

Bölüm 11

EMS (ELEKTROMYOSTİMÜLASYON) ANTRENMANLARI VE ETKİSİ

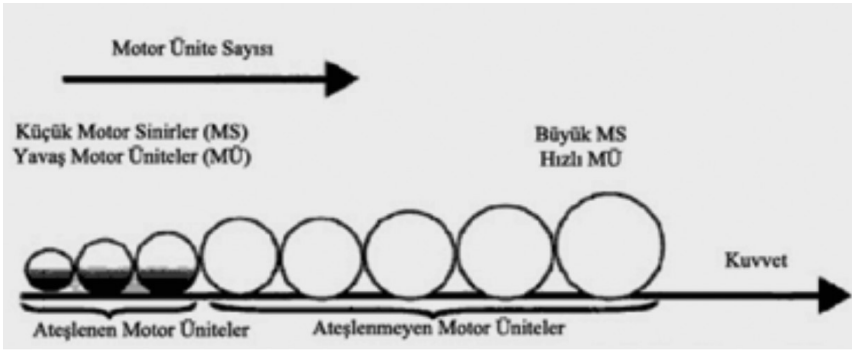
Yaşar KÖROĞLU¹

Endüstriyel değişim ve kentleşme ile birlikte teknolojiadaki hızlı gelişmeler insanlığın hareket etmesini kısıtlamıştır. Hareketsiz yaşamla birlikte sağlığımız olumsuz bir şekilde etkilenmiş ve yaşam standartlarını kısıtlamıştır. Birçok hastalığın ortaya çıkmasına neden olmuştur (Levine, 2015). Spor yapan birçok bireyin amacı yağsız kas kütlelerini artırarak hipertrofi oluşumunu sağlamaktır. Ağırlık antrenmanı ile kas protein sentezinde artış meydana gelir. Ağırlık antrenmanlarına devam edilmesi ile kas lifi hipertrofinde artışlar görülür (Gonzalez & 2016). Son yıllarda birçok bilim adamı ve sporcu performanslarını artırmak ve var olan performanslarını koruyarak devam ettirmek için çeşitli antrenman yöntemlerine başvurmaktadır. Kuvveti bir direnç karşısında uzun süre kasılma ile karşı koyma yetisi olarak açıklanmaktadır (Bompa & Haff, 2017). Rakipten daha hızlı ve daha yüksek seviyede kuvvet uygulamak başarı elde etmek için gerekli olan bir özelliktir (Stone & Ark., 2016). Vücudumuzu korumak ve geliştirmek için sadece istemli olarak yapılan hareketlerle değil EMS metodu ile de vücut gelişimine katkı sağlayabiliriz. EMS'yi bütün kas gruplarını harekete geçirerek küçük ve büyük kas gruplarının katılımıyla elektrik uyarılarının belirlenen hız ve sürede verilmesi olarak tanımlayabiliriz (Kemmler, Kleinöder & Fröhlich, 2020). Elektriksel akım yardımıyla kasta kasılmaların meydana gelebileceği ilk olarak 1790 yılında Luigi Galvani tarafından telafuz edilmiştir. O günden sonra sürekli ilgi odağı olmuş ve çeşitli akım şekilleri kullanılarak çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır. (Kırdı, Tunca & Meriç, 1998). Spor alanında EMS antrenmanlarının kullanılmaya başlanması Rus bilim adamı Yakov Kots'un yaptığı çalışmada kısa süreli uygulanan yüksek frekanslı elektriksel kas uyarımı antrenmanının kuvvet kazanımlarında % 40 artış sağladığını belirtmesiyle artmıştır (Ward & Shkuratova, 2002). EMS antrenmanı bireye sinir ve kaslara elektrotlar yardımı ile farklı frekans ve şiddette elektrik akımları vererek istemli olarak kasılan kasların nöromusküler

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Spor Sağlık Bilimleri AD Korogluyasar38@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-4662-3353

iletim hızlarında değişikliklere neden olduğu açıklanmaktadır (Marqueste & Ark., 2003). Eskiden kullanılanların aksine yeni nesil EMS cihazları birkaç kas grubunu aktive ederek kas gelişimine katkı sağlamaktadır. Teknolojideki gelişmelerle EMS'yi uygulamak çok daha kolay olmuştur. Sağlam ve güçlü bataryası ve kablosuz elektrik stimülatörü kullanarak çalışmayı kolaylaştırmaktadır (Pano-Rodriguez & Ark., 2019). Yeni model EMS cihazları motor modele herhangi bir zarar vermeden agonist ve antagonist kasların aktivasyonunu artırdığı ve aerobik güç ve kapasitenin artmasına katkı sağlayacağını söyleyebiliriz (Hashida & Ark., 2016). Uygulama esnasında herhangi bir dışsal direnç olmamakta ve istemli olarak kasın kasılma kuvvetinde artışlar meydana gelmektedir. Özellikle cerrahi operasyonları sonrası bireylerde kaslarda meydana gelen kas kuvvet kayıplarını geri kazanılmasında önemli katkı sunmaktadır. Sadece cerrahi sonrası hastalarda değil aynı zamanda sağlıklı bireylerinde var olan kas kuvvetlerinin artırılması konusunda olumlu katkısı olmaktadır (Holcomb, 2006). EMS antrenmanlarının kas kuvvetindeki artışı istemli olarak yapılan antrenmanların etkisiyle paralel olduğunu belirten birçok çalışma mevcuttur (Garhammer, 1983; Sanchez Puche & Gonzalez-Badillo, 2005; Seyri & Maffiuletti, 2011). EMS antrenmanları ile kuvvet artışıyla birlikte kasın çapraz kesit alanında artışların meydana geldiği fakat antrenmana verilen aralarda ise antrenman öncesi döneme dönüşlerin olduğu açıklanmıştır (Gondin & Ark., 2006). Yapılan bir araştırmada EMS antrenmanları kas fonksiyonunda artışlar olmakla birlikte kas aktivasyonunda da değişimler sağlayarak maksimal istemli kasılmayı artırıp yorgunluğa karşı direncin artmasına katkı sunmuştur. Ayrıca antrenmanı takip eden 6 haftalık toparlanma periyodu süresince elde edilen kazanımların devam ettiği vurgulanmıştır. Elit düzeyde antrenman veya müsabakaya katılan sporcularda dakikalar veya günlerce süren yorgunluklar olabilmektedir. EMS antrenmanları ile kas kan akışla birlikte kas metabolitlerin giderilmesi ile hızlanma ve stimülasyonun analjezik etkisiyle antrenman sonrası oluşan kas ağrılarında azalmalar olmaktadır (Babault & Ark., 2011). Kasların aktive edilmesi çok zor olduğu motor üniteleri daha kolay ve hızlı bir şekilde aktive edebilmesi EMS'nin olumlu etkisi olarak görülmektedir (Mendell, 2005). Normal bir antrenmanda motor ünitelerin kasılması küçük ünite birimlerinden büyük ünite birimlerine doğru ilerleyerek kas kasılmalarını artırmaktadır (Dudley & Stevenson, 2008). EMS antrenmanında ise durum biraz daha farklı olmaktadır. Motor ünitelerde küçükten büyüğe motor ünite ayrımı olmaksızın senkronize bir biçimde kasılma meydana gelmektedir (Bickel, Gregory & Dean, 2011). EMS antrenmanı ile birlikte daha küçük motor üniteler daha fazla uyarılabilmekte ve daha fazla kas bu uyarımdan birlikte etkilenmektedir (Gregory

& Bickel, 2005; Bickel, Gregory & Dean, 2011). Kasların elektrik akımıyla birlikte aktive edilmesi ile kasların tümü aktive olarak kasılmakta ve aktivasyonu da daha kolay bir şekilde gerçekleşmektedir (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). EMS antrenmanı üzerinde Mendell çalışmasında istemli kasılmalarda seçici sekronize olduğu belirtilirken, (Mendell, 2005), Bickel ve Ark., yaptığı çalışmada EMS antrenmanlarının kasılmaların seçici olmayan senkronize olduğu şeklinde açıklamışlardır Bickel, Gregory & Dean, 2011). Başka bir çalışmada EMS'ye dayalı antrenmanı ile maksimal kasılma %25-90 arasında olduğu ve istemli olarak kasılma şiddetine ulaşamadığı belirtilmiştir (Vanderthommen & Duchateau, 2007). EMS antrenmanı ile kas aktivasyonu uygulanan bölgedeki kasa odaklıdır ve uygulanan akım sadece elektrotların altındaki motor akson dallarını aktive eder. Fakat istemli kasılmada bu durum farklıdır. İstemli kasılmada kas aktivasyonu sinerjist olup uyarı kas içi sinir dallarıyla iletim sağlanmaktadır Maffiuletti, 2010).



Şekil 1. Henneman'ın Boyut Prensipleri (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006)

EMS uygulanması bir izometrik kasılma olduğu için agonist ve antagonist hareketler meydana gelmemektedir (Holcomb, 2005). EMS antrenmanlarının vücut üzerinde etkili olabilmesi için istemli antrenmanlarla birlikte aynı anda uygulanması motor ünitelerin daha fazla aktive olmasını sağlayabilir (Deley & Ark., 2011). Açıkçası EMS antrenmanları kasların uyarılması için tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir (Duchateau & Hainaut, 1988). EMS antrenmanı üzerine farklı görüşler vardır. Bazı araştırmacılar EMS'nin motor ünite aktivasyon sırasının tersine dönerek hızlı olan motor ünitelerin ilk olarak aktive edildiğini ileri sürmektedir Delitto & Snyder-Mackler, 1990; Feiereisen, Duchateau & Hainaut, 1997; Sheffler & Chae, 2007). Bazı araştırmacı grubu ise senkron motor ünite katılımının olduğu savunmuşlardır (Gregory & Bickel, 2005; Seyri & Maffiuletti, 2011). Knaflitz ve Ark., ise motor ünite katılımının istemli olarak uygulanan

kasılmalarla benzer olduğunu ve aynı etkiye sahip olduğu belirtmişlerdir (Knaflitz, Merletti & De Luca, 1990). Bununla birlikte elektriksel uyarı ve istemli uygulamalar sırasındaki kasılmalar esnasında motor ünite katılımı arasında kesin olarak ayrılıkların olmadığı konusunda araştırmalar mevcuttur (Sanchez, Puche & Gonzalez-Badillo, 2005; Dudley & Stevenson, 2008).

EMS ANTRENMAN UYGULAMALARI VE NÖRAL ADAPTASYONLAR

Öncesinde herhangi bir spor geçmişi olmayan bireylerin istemli bir şekilde birkaç kere antrenman uygulaması neticesinde kuvvette meydana gelen hızlı gelişme ile birlikte kas kütlelerinde bir artışın olmaması nöral adaptasyonla ifade edilmektedir (Folland & Williams, 2007). Nöral adaptasyon MSS' den aktif olan kaslara efferent çıktıda artış oluşmasını sağlayan nöral sürüş miktarında ortaya çıkan bir gelişim olarak tanımlanmaktadır (Gabriel & Kamen Frost, 2006). Kısa süreli olarak istemli kuvvet antrenmanları ile kas kuvvetinde nörolojik ve morfolojik adaptasyonlarda artış meydana gelir. Antrenmanın ilk zamanlarında nöral adaptasyonlar çok daha baskın görünürken ilerleyen zamanlarda bu yerini plato oluşumuna bırakarak kassal adaptasyonlar artmakta ve hipertrofi oluşmaktadır. Kassal adaptasyonlarda belli bir süre sonra sürece uyarak plato oluşumuna girmektedir (Farthing, 2009). EMS antrenmanının birkaç kere uygulanması ile hipertrofi olmamakla birlikte maksimal istemli kasılma kuvvetinde artışlar meydana gelir (Hortobágyi & Maffiuletti, 2011). Birçok benzer araştırmada da EMS antrenmanı sonucu kas kuvvetinde kas hipertrofinin oluşmadığı bununla birlikte maksimal istemli kasılma kuvvetinin oluşması EMS'nin nöral adaptasyonlarda etkili olduğu desteklemektedir. Buz hokeyi sporcularında 3 haftalık EMS antrenmanları sonrasında kuvvet, sürat ve spora özgü performans artışları olmuştur. Normalde 8-12 haftalık bir zaman diliminde oluşması gereken özelliklerin kısa sürede ortaya çıkması EMS'nin nöral faktörler üzerindeki etkisini akla getirmektedir (Farthing, 2009). İstemli olarak yapılan 5 haftalık yüksek şiddetli ünilateral dorsifleksiyon kuvvet çalışmasında agonist antagonist spinal adaptasyonlar oluşumu olduğu belirtilmiştir. EMS antrenmanları da kasta hipertrofi olmaksızın kuvvet gelişiminin olduğu ve nöral adaptasyonların etkin mekanizma olduğu açıklanmıştır (Bezerra & Ark., 2009). Kısa süreli uygulanan EMS antrenmanları kasta hipertrofi yapmakta değil, nöral faktörler üzerinde olumlu etki sağlamaktadır (Martin & Ark., 1993). EMS uygulaması afferent ve efferent uyarılara etki ederek eksremiteyle ilgili propriyoseptif girdi oluşturmaktadır (Lindquist & Ark., 2007). Kısa süreli uygulanan EMS antrenmanlarında hipertrofi olmadığı fakat 8 haftalık çalışma sonrası % 4 lük artışın olduğu belirtilmiştir (Gondin & Ark., 2005).

Benzer şekilde 8 haftalık uygulama sonucunda lif tiplerinde (%12-23) artışların olduğu ifade edilmiştir (Gondin & Ark., 2011). Bir diğer çalışmada ise EMS antrenmanlarının nöromusküler adaptasyonları etkileyebileceğini söylenmiştir (Maffiuletti & Ark., 2006).

EMS VE SPİNAL ADAPTASYONLAR

EMG, nöral adaptasyonları tahmin etmek için uygulanan bir yöntemdir. EMG sistemi kas üzerine elektrotların yerleştirilerek aktif motor ünitelerin ortaya çıkardığı elektriksel uyarılarla tahmin eder. Var olan bazı sınırlamalara rağmen nöromusküler sistemin hem periferal özellikleri göstermesi bakımından sürekli olarak kullanılan bir yöntem olmuştur (Farina & Ark., 2010). EMS antrenmanları üzerine yapılan çalışmalarda farklı etkilerinin olduğu görülmektedir. Colson ve Ark., yapmış oldukları araştırmada 7 hafta süresince EMS antrenmanı uyguladılar. Çalışma sonunda EMG sonuçlarında herhangi bir değişimin olmadığını belirtirken (Colson, Martin & Hoecke, 2009), 8 haftalık EMS antrenmanı sonrası vastus lateralis (%69) ve vastus medialis kaslarının (%39) EMG aktivitesinde artışların olduğunu fakat rectus femoris kasında herhangi bir değişimin olmadığını açıklamışlardır (Gondin & Ark., 2005). Kas aktivasyonunu belirlemek için kullanılan twitch interpolasyon tekniğidir. İstemli olarak aktive edilemeyen motor ünitelerin aktive edilmesini amaçlayan bir yöntemdir. 4 haftalık EMS antrenmanları sonucunda kas aktivasyonunda artışların olduğu belirtilmiştir (Maffiuletti, NA, Pensini & Martin, 2002a). Twitch interpolasyon tekniğinin kullanıldığı farklı bir araştırmada diz artroplastisi nedeniyle ortaya çıkan kuvvet ve aktivasyon kayıplarının 6 haftalık EMS antrenmanı sonrası çok hızlı bir şekilde tekrar kazanıldığı açıklanmıştır (Stevens, Mizner & Snyder-Mackler, 2004). Godin ve Ark., 5 haftalık EMS antrenmanı sonrası kuvvet, EMG aktivitesinde ve V- dalgası genliğinde önemli artışların olduğunu ve 5 haftalık EMS antrenmanı uygulanmadığında elde edilen kazanımların düşüş göstermeyerek devam ettirildiğini söylemişlerdir. Bu çalışma bize daha uzun süre nöral adaptasyonlar sağlama konusunda etkili olduğunu göstermektedir (Gondin, Duclay & Martin, 2006b). Twitch interpolasyon ölçümü, V-dalgası (istemli) genlik ölçümü ve EMG ölçümleriyle elde edilen sonuçlar incelendiğinde 4 haftalık kısa EMS antrenmanlarının kuvvet artışı sağladığı, 8 haftalık Uygulanan EMS antrenmanı sonrası hipertrofinin oluştuğu ve ünilateral EMS antrenmanı sonrası kontralateral homolog kasta kuvvet kazanımlarının elde edilmesi bizlere EMS'nin nöral adaptasyonlar yardımıyla kuvvet artışına katkı sağladığını göstermektedir (Maffiuletti & Ark., 2002a; Stevens & Ark., 2004; Gondin & Ark., 2006a; Gondin

& Ark., 2005; Farthing, 2009).

EMS ANTRENMANININ FARKLI SPOR BRANŞLARINDA PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ

EMS antrenmanları üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde EMS'nin performans üzerine olumlu etkileri olduğu görülmektedir. Delitto ve Ark., Menisküs Operasyonu geçirenler üzerine yaptığı çalışmasında 5 hafta (250 sn, 50 Hz, 60 uyarım) çalışma sonunda kuvvet artışlarının olduğunu söylemiştir (Delitto & Ark., 1988). Pichon Yüzücüler üzerine yaptığı çalışmada izometrik latissimus dorsi bölgesine (300 sn, 80 Hz) 27 uyarım gerçekleştirmiş. Çalışma sonuçları incelendiğinde izometrik kuvvet, Eksantrik kuvvet ve konsantrik kuvvette ve yüzme sprint kuvvetinde artışlar meydana gelmiştir (Pichon & Ark., 1995). Atletizm sporcularında 6 hafta uygulanan EMS antrenmanının kuvvet ve sıçrama performansını artırdığı görülmüştür (Willoughby & Simpson, 1998). Maffiuletti basketbolcular üzerine çalıştığı araştırmasında 4 hafta boyunca (100 Hz) toplamda 16 uyarım gerçekleştirmiştir. Çalışmada diz ektensör kuvveti ve skuat sıçrama performansında artışların olduğu açıklanmıştır (Maffiuletti & Ark., 2000). Voleybolcular üzerine yapılmış olan benzer bir çalışmada ise 4 hafta (50-120 Hz, 20-22 uyarım) EMS antrenmanlarının skuat sıçrama ve aktif sıçrama performanslarını artırdığı belirtilmiştir (Malatesta & Ark., 2003). Tenis sporcularında EMS antrenmanının etkisinin araştırıldığı çalışmada 4 haftalık (400 sn, 85 Hz, 20 uyarım) uygulamanın tenis sporcularının kuvvet, sprint ve sıçrama performanslarını artırdığı ifade edilmiştir (Maffiuletti & Ark., 2009). Billot ve Ark., futbolcular üzerinde EMS antrenmanının performans üzerine etkisini inceledikleri çalışmada kuvvet ve şut performansını önemli derecede artırdığı rapor edilmiştir (Billot & Ark., 2010). Jimnastikçiler üzerine yapılan çalışmada Quadriceps kasına 400 sn, 75 Hz, 3 hafta 30 uyarım gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda diz ektensör kuvvetinde artışların olduğu görülmüştür (Deley & Ark., 2011). Benzer şekilde voleybol sporu ile ilgilenen sporculara 4 hafta (400 sn, 120Hz, 53 uyarım) EMS antrenmanı uygulanmış ve maksimal hızlanma ve dikey sıçramada artışlar olduğu açıklanmıştır (Herrero & Ark., 2006).

SEDANTER BİREYLER VE EMS

Sedanter bireyler üzerine çalışmalarda yapılmıştır. Çalışmaların olumlu etkileri olduğu gibi herhangi bir etkisinin de olmadığını gösteren birçok çalışma vardır (Amiridis & Ark., 2005; Porcari & Ark., 2005). Sağlıklı bireyler üzerine uygulanan

çalışmada el bileği ekstensör kaslarına (sağ el) 1 saniye akım 1 saniye dinlenme şeklinde (200sn, 30Hz) EMS antrenmanı uygulanmış ve fMRI (Kan oksijenasyon düzeyine bağlı fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme) Primer motor korteks aktivasyonu ve Primer sensör korteks aktivasyonunda artışların olduğu rapor edilmiştir (Han & Ark., 2003). Sağlık bilimlerinde okuyan öğrencilere quadriceps kasına 5 hafta haftada 3 kez EMS antrenmanı uygulandı ve çalışma sonrası dikey sıçrama performansında artışların olduğu açıklanmıştır (Paillard & Ark., 2008). Benzer çalışmada üniversite öğrencilerine 6 hafta quadriceps bölgesine 3 hafta EMS antrenmanı yaptırıldı ve sıçrama performansının EMS çalışan grupta önemli oranda arttığı görüldü (Gulick & Ark., 2011). Sedanter bireylerde 6 haftalık EMS antrenmanının (29 seans quadriceps, hamstring, gluteal ve calf kaslarına) uygulanan elektriksel kas uyarımının çalışmaya katılan bireylerde fiziksel uygunluğun gelişimine olumlu katkı sağladığı ifade edilmiştir Banerjee & Ark., 2005). EMS uygulaması sadece sporcu yada genç bireylerde değil aynı zamanda yaşlı bireylerde de uygulanmıştır. Amiridis ve Ark., yaşlı bireylere 4 hafta haftada 4 kez izometrik dorsifleksiyonda EMS antrenmanı yapmıştır. Araştırma sonunda yaşlı bireylerin postural salınım ve ayak bileği kaslarının kullanımının azaldığı açıklanmıştır (Amiridis & Ark., 2005). Bu çalışmaların aksine Üniversite öğrencilerine 8 haftalık EMS antrenmanı uygulanmıştır. Çalışma biceps femoris, quadriceps, biceps, triceps, abdominal kaslarına uygulanmış ve vücut kompozisyonu, kas kuvveti ve fiziksel görünümde önemli etkisinin olmadığı görülmüştür (Porcari & Ark., 2002). Yetişkin bireylerde yapılan başka bir çalışmada abdominal kaslarına 8 hafta süresince haftada 5 kez EMS antrenman protokolü uygulandı. Çalışma sonuçları incelendiğinde abdominal kuvvette artış, bel çevresi bölgesinde önemli bir azalış olurken, vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi ve skinfold ölçümlerinde anlamlı farkın olmadığı açıklanmıştır (Porcari & Ark., 2005). Üniversite öğrencilerine yapılan benzer bir çalışmada ise dirsek fleksör kaslarına uygulanan çalışma sonrası maksimal istemli kasılmada % 20,4 oranında artış olduğu ve bu sonucun dinamik kas antrenmanının etkisinden daha az olduğu rapor edilmiştir (Holcomb, 2006). Erkek öğrenciler üzerinde yapılan çalışma EMS antrenmanlarının dikey sıçrama performansını ve gücü tek başına etkilemediği açıklanmıştır (Venable & Ark., 1991). EMS antrenmanı sonrasında deney grubunda beyaz kan hücrelerinde, hemogloblin konsantrasyonunda, hematocrit ve trombosit oranlarında önemli bir akut etki meydana gelmedi. Antrenmana başlamadan önceki değerler ile EMS antrenmanı sonrası kırmızı kan hücresi ve nitrik asit sentaz arasında önemli bir artışın meydana geldiği görüldü (Filipovic & Ark., 2015).

SONUÇ

EMS antrenmanları farklı hız ve şiddette uygulanmaktadır. Birçok çalışmada farklı gün ve haftalarda çalışmalar yapılmıştır. Kısa süren EMS antrenmanının kas gelişimine olumlu etkisinin fazla olmadığı 8-12 haftalık çalışmaların daha faydalı olabilecektir. EMS antrenmanları ile hipertrofi olmaksızın kas kuvvetinde gelişmeler olmaktadır. Kas kuvveti ve sıçrama kuvvetinde olumlu katkıları olmaktadır. Özellikle sıçrama kuvvetinin önemli olduğu spor branşlarında EMS antrenmanının uygulanması gelişime olumlu katkılar sunabilir. EMS antrenmanının tek başına kullanmak yerine istemli kasılmalarla uygulanması EMS antrenmanının amacına daha hızlı oluşmasını sağlayacaktır. Spor sakatlığı sonrası hareket etmekte zorluk çeken bireylerin daha hızlı sürede toparlanmasına olanak sağlayabilecektir. Ayrıca belirli süre spor yapamayan hareket etmekte zorluk çeken yaşlı bireyler içinde EMS antrenmanlarının uygulanması yaşlılık ve hareketsizlikle oluşan kas kuvveti azalmasına olumlu katkı sunabilecektir. Kanser hastaları için hareket etmek belli tempoda bisiklet sürmek veya düşük tempoda yürüyüş yapmak hastaların sağlığına kavuşmasında ve motivasyonun artmasında önemli bir etkiye sahiptir. Fakat bu tür hastaların hareket etmekte zorlandığı ya da spor yapmama isteği olabilmektedir. Bu tür durumlarda doktor ve spor eğitmeni eşliğinde ve belirlenen hızda EMS antrenmanının planlı ve düzenli olarak uygulanması belirli kanser hastalarının sağlığına daha hızlı kavuşmasına katkı sağlayabilir. EMS antrenmanı ayrıca nöral adaptasyonu uyararak çok daha fazla miktarda motor ünitenin aktif olmasına yardımcı olmaktadır. EMS antrenmanının sedanter, sporcu, yaşlı ve tedavi amaçlı uygulanacak EMS antrenmanının frekans genişliği ve haftada kaç gün ve kaç hafta uygulanması gerektiği konusunda belli bir standartın olması gerekmektedir. Yaşlı bireye uygulanan antrenmanın aynısını sporcu olan bireye de uygulanmamalı kişinin ihtiyacı olan frekans genişliği ve hafta süresince uygulanarak istenilen amaca doğru bir yöntemle ulaşılması önerilmektedir

KAYNAKÇA

- Amiridis IG, Arabatzi F, Violaris P, Stavropoulos E, Hatzitaki V. (2005). Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training. *European Journal of Applied Physiology*, 94(4), 424-433
- Babault N, Cometti C, Maffiuletti NA, Deley G. (2011). Does electrical stimulation enhance post-exercise recovery? *European Journal of Applied Physiology*, 111(10), 2501-2507
- Banerjee P, Caulfield B, Crowe L, Clark A. (2005). Prolonged electrical muscle stimulation exercise improves strength and aerobic capacity in healthy sedentary adults. *Journal of Applied Physiology*, 99(6), 2307-2311

- Bezerra P, Zhou S, Crowley Z, Brooks L, Hooper A.(2009). Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross sectional area. *Muscle & Nerve*, 40(3), 430-437
- Bickel CS, Gregory CM, Dean JC. (2011). Motor unit recruitment during neuromuscular electrical stimulation: a critical appraisal. *European Journal of Applied Physiology*, 111(10), 2399-2407
- Billot M, Martin A, Paizis C, Cometti C, Babault N. (2010). Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1407-1413
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2017). *Dönemleme: Antrenman kuramı ve yöntemi*. 5. basım. (Tanju Bağırhan, çev). Ankara: Spor Yayın ve Kitabevi, s- 293-300
- Colson SS, Martin A, Hoecke JV. (2009). Effects of electromyostimulation versus voluntary isometric training on elbow flexor muscle strength. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), 311-319
- Deley G, Cometti C, Fatnassi A, Paizis C, Babault N.(2011). Effects of combined electromyostimulation and gymnastics training in prepubertal girls. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 520-526
- Delitto A, Rose SJ, McKowen JM, Lehman RC, Thomas JA, Shively RA. (1988). Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Physical Therapy*, 68(5), 660-663
- Delitto A, Snyder-Mackler L. (1990). Two Theories of Muscle Strength Augmentation Using Percutaneous Electrical Stimulation. *Physical Therapy*, 70(3), 158-164
- Dudley GA, Stevenson SW. (2008). Use of Electrical Stimulation in Strength and Power Training, in *Strength and Power in Sport*, Second Edition (ed P. V.Komi), Blackwell Science Ltd, Oxford, UK. 426-437
- Farina D, Holobar A, Merletti R, Enoka RM. (2010). Decoding the neural drive to muscles from the surface electromyogram. *Clinical Neurophysiology*, 121(10) 1616-1623
- Farthing JP. (2009). Cross-education of strength depends on limb dominance: implications for theory and application. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(4), 179-187
- Feiereisen P, Duchateau J, Hainaut K. (1997). Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior. *Experimental Brain Research*, 114(1), 117-123
- Filipovic, A. Kleinoder, H. Pluck, D. Hollmann, W. Bloch, W. Grau, M. (2015). Influence Of Whole-Body Electrostimulation On Human Red Blood Cell Deformability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(9)/2570–2578
- Folland JP, Williams, AG. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-68
- Gabriel DA, Kamen G, Frost G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149
- Garhammer J. (1983). An introduction to the use of electrical muscle stimulation with athletes. *NSCA Journal*, 5(4), 44-45
- Gondin J, Brocca L, Bellinzona E, D'Antona G, Maffiuletti NA, Miotti D., ve diğ. (2011). Neuromuscular electrical stimulation training induces atypical adaptations of the human skeletal muscle phenotype: a functional and proteomic analysis. *Journal of Applied Physiology*, 110(2), 433-450

- Gondin J, Duclay J, Martin A. (2006b). Neural drive preservation after detraining following neuromuscular electrical stimulation training. *Neuroscience Letters*, 409(3), 210-214
- Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. (2005). Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(8), 1291-1299
- Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. (2006). Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *European Journal of Applied Physiology*, 97(2), 165-173.
- Gonzalez AM, Hoffman JR, Stout JR, Fukuda DH, Willoughby DS.(2016). Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following resistance exercise: Implications for muscle hypertrophy. *Sports Med.*46(5):671-685
- Gregory CM, Bickel CS. (2005). Recruitment Patterns in Human Skeletal Muscle During Electrical Stimulation. *Physical Therapy*, 85(4) ,358-364
- Gulick DT, Castel JC, Palermo FX, Draper DO.(2011). Effect of patterned electrical neuromuscular stimulation on vertical jump in collegiate athletes. *Sports Health*, 3(2), 152-157
- Han BS, Jang SH, Chang Y, Byun WM, Lim SK, Kang DS. (2003). Functional magnetic resonance image finding of cortical activation by neuromuscular electrical stimulation on wrist extensor muscles. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(1), 17-20
- Hashida R, Matsuse H, Takano Y, Omoto M, Nago T, Shiba N.(2016). Walking exercise combined with neuromuscular electrical stimulation of antagonist resistance improved muscle strength and physical function for elderly people: A pilot study. *J Phys Fitness Sports Med.* 5(2):195-203
- Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, Garcia-Lopez J. (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International Journal of Sports Medicine*, 27(7), 533-539
- Holcomb WR. (2005). Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 76-79
- Holcomb WR. (2006). Effect of training with neuromuscular electrical stimulation on elbow flexion strength. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(2),276-281
- Hortobágyi T, Maffiuletti NA. (2011). Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 111(10), 2439-2449
- Kemmler W, Kleinöder H, Fröhlich M. (2020). Wholebody electromyostimulation: A training technology to improve health and performance in humans? *Front Physiol*;11:523
- Kırdı N, Tunca Ö, Meriç A. (1998). Fonksiyonel elektrikstimülasyonu. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları
- Knaflitz M, Merletti R, De Luca CJ, (1990). Inference of motor unit recruitment order in voluntary and electrically elicited contractions, *Journal of Applied Physiology*, 68(4), 1657-1667
- Levine JA. Sick of sitting. *Diabetologia*. 2015;58(8):1751-1758
- Lindquist ARR, Prado CL, Barros RML, Mattioli R, Costa PHL, Salvini TF. (2007). Gait training combining partial body-weight support a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait. *Physical Therapy*, 87(9), 1144-115

- Maffiuletti NA, (2010). Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 223-234
- Maffiuletti NA, Bramanti J, Jubeau M, Bizzini M, Deley G, Cometti G. (2009). Feasibility and efficacy of progressive electrostimulation strength training for competitive tennis players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 677-682
- Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine*, 21(6), 437-443
- Maffiuletti NA, Pensini M, Martin A. (2002a). Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *Journal of Applied Physiology*, 92(4), 1383-1392
- Maffiuletti NA, Zory R, Miotti D, Pellegrino MA, Jubeau M, Bottinelli R. (2006). Neuro-muscular adaptations to electrostimulation resistance training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 85(2), 167-75
- Malatesta D, Cattaneo F, Dugnani S, Maffiuletti NA. (2003). Effects of Electromyostimulation Training and Volleyball Practice on Jumping Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 573-579
- Marqueste T, Hug F, Decherchi P, Mes Y. (2003). Changes in neuromuscular function after training by functional electrical stimulation. *Muscle & Nerve*, 28(2), 181-188
- Martin L, Cometti G, Pousson M, Morlon B. (1993). Effect Of Electrical stimulation on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 67(5), 457-461
- Mendell LM. (2005). The size principle: a rule describing the recruitment of motoneurons. *J. Neurophysiol*, 93(6), 3024-3026
- Paillard T, Noe F, Bernard N, Dupui P, Hazard C. (2008). Effects of two types of neuromuscular electrical stimulation training on vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1273-1278
- Pano-Rodriguez A, Beltran-Garrido JV, Hernández-González V, Reverter-Masia J. Effects of whole-body electromyostimulation on health and performance: A systematic review. *BMC Complement Altern Med*. 2019;19(1):87
- Pichon F, Chatard JC, Martin A, Cometti G. (1995). Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(12), 1671-1676
- Porcari JP, McLean KP, Foster C, Kernozek T, Crenshaw B, Swenson C. (2002). Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 165-172
- Porcari JP, Miller J, Cornwell K, Foster C, Gibson M, McLean K, ve diğ. (2005). The effects of neuromuscular electrical stimulation training of abdominal strength, endurance, and selected anthropometric measures. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(1), 66-75
- Sanchez BR, Puche PP, Gonzalez-Badillo JJ. (2005). Percutaneous electrical stimulation in strength training: an update. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 438-448
- Seyri MK, Maffiuletti NA. (2011). Effect of Electromyostimulation Training on Muscle Strength and Sports Performance. *Strength Conditioning Journal*, 33(1), 70-75
- Sheffler LR, Chae J. (2007). Neuromuscular Electrical Stimulation in Neurorehabilitation. *Muscle & Nerve*, 35(5), 562-590

- Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L. (2004). Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strengthening after bilateral total knee arthroplasty: a case series. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(1), 21-29
- Stone, M. H., Cormie, P., Lamont, H., & Stone, M. (2016). Developing strength and power. In Jeffreys, I. (eds.), *Strength and Conditioning for Sports Performance*. New York, NY: Routledge
- Vanderthommen M, Duchateau J. (2007). Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 35(4), 180-185
- Venable M, Collins MA, O'Bryant HS, Denegar CR, Sedivec MJ, Alon G. (1991). Effect of supplemental electrical stimulation on the development of strength, vertical jump performance and power. *Journal of Applied Sport Science Research*, 5(3), 139-143
- Ward AR, Shkuratova N. (2002). Russian electrical stimulation: the early experiments. *Physical Therapy*, 82(10), 1019-1030
- Willoughby DS, Simpson S. (1998). Supplemental EMS and dynamic weight training: Effects on knee extensor strength and vertical jump of female college track&field athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(3), 131-137
- Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. (2006). *Science and Practice of Strength Training, Second Edition*. Human Kinetics. 132