

Sportif Performans ve Spor-Sağlık Amacıyla Elektromiyostimülasyon Uygulamaları


Şengül TOĞANÇ*¹ 

Yeliz PINAR² 

Hayri ERTAN¹ 

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, *ESKİŞEHİR*

² Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, *İSTANBUL*

 **10.31680/gaunjss.1479482**

Orijinal Makale / Original Article

Geliş Tarihi / Received: 06.05.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 07.06.2024

Yayın Tarihi / Published: 24.06.2024

Öz

Elektromiyostimülasyon (EMS), istemsiz kas kasılmaları elde etmek için kas veya periferik sinirlere elektrik akımları uygulanması ile oluşmaktadır. EMS uygulaması, birçok rehabilitasyon ortamında istemli kas aktivasyonunu desteklemek, sağlıklı bireylerde ve hastalık nedeniyle geleneksel istemli egzersizi yapamayan hastalarda zindeliği ve sağlığı iyileştirmek, kas hareketinin yeniden eğitimi, kas kasılmasının kolaylaştırılması, ve uzun süreli hareketsizlik dönemleri sırasında kas kütesinin ve gücünün korunması, kuvvet kayıplarının geri kazanılması ve sporcularda istemli egzersizi tamamlayıcı olarak, uzun süredir kullanılmaktadır. Ortopedik tedavide ve rehabilitasyon amaçlı yaygın olarak uygulanan geleneksel lokal EMS, gelişen teknoloji ile birlikte tüm beden elektromiyostimülasyon (TB-EMS) yöntemine ilerlemiştir. Artan popüleritesi, zaman verimliliği, ortak kullanım kolaylığı ve bireyselleştirilmiş uygulaması nedeniyle TB-EMS giderek daha fazla bilimsel araştırmanın konusu haline gelmiştir. Yapılan EMS uygulamasından beklenen hedefler doğrultusunda; farklı egzersiz protokolleri, EMS parametrelerindeki değişkenlerin farklı kullanımı, farklı çalışma grupları (sedanter, sporcu, hasta, yaşlı) ile birlikte uygulanan elektromiyostimülasyon uygulamasının fizyolojik olarak farklı etkiler oluşturabilmesi mümkündür. Uygulama noktasında bu değişkenlerde yapılan bir değişiklik ile farklı bulgular elde edilmesi muhtemeldir. Bulgulardaki bu tür farklılıklar, bu faktörlerin EMS etkinliği üzerindeki olası etkisini dikkate alan daha sistematik araştırmaların yapılmasını gerektirmektedir. Bu derleme çalışması ile uygulama boyutunda farklı popülasyonlar üzerinde sportif performans ve spor-sağlık yönüyle kullanılan elektromiyostimülasyon uygulamasına genel bir bakış ile birlikte güncel yaklaşımlara yönelik bilgiler, değerlendirmeler sunmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektriksel Kas Uyarımı, Tüm Beden Elektromiyostimülasyonu, Sportif Performans

Electromyostimulation Applications for Sportive Performance and Sports-Health

Abstract

Electrical muscle stimulation (EMS) consists of applying electrical currents to muscle or peripheral nerves to produce involuntary muscle contractions. EMS has long been used in many rehabilitation settings to support voluntary muscle activation, to improve fitness and health in healthy individuals and patients who are unable to perform traditional voluntary exercise due to illness, to retrain muscle movement, to facilitate muscle contraction, to strengthen muscle and to maintain muscle mass and strength during prolonged periods of inactivity, to restore strength losses and to complement voluntary exercise in athletes. Traditional local EMS, which is widely used in orthopedic treatment and rehabilitation, has progressed to whole-body electromyostimulation (TB-EMS) with advancing technology. Due to its increasing popularity, time efficiency, ease of common use and individualized application, TB-EMS has become the subject of more and more scientific research. In line with the goals expected from the EMS application; it is possible that electromyostimulation application applied with different exercise protocols, different use of variables in EMS parameters, and different study groups (sedentary, athlete, patient, elderly) may create different physiological effects. It is possible to obtain different findings with a change in these variables at the point of application. Such differences in findings require more systematic research that takes into account the possible influence of these factors on EMS effectiveness. With this review study, it is aimed to provide an overview of the electromyostimulation application used in sports performance and sports-health aspects on different populations in the application dimension, as well as information and evaluations on current approaches.

Keywords: Electrical Muscle Stimulation, Whole Body Electromyostimulation, Sportive Performance

*Sorumlu Yazar: Şengül TOĞANÇ

E-mail: togancs@gmail.com

Giriş

Sportif performans boyutunda işlevsel hareket çıktıları oluşturarak performansta artışlar sağlamak için farklı antrenman modelleri kullanılmaktadır. Son yıllarda kas kasılmalarını elektriksel uyarılar yoluyla sağlayan elektromiyostimülasyon (EMS) yöntemi oldukça tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.

EMS, istemsiz kas kasılmaları elde etmek için kas veya periferik sinirlere elektrik akımları uygulanmasını içerir (Martínez-López ve ark., 2012). Banerjee ve ark. (2005), çalışmalarında EMS'nin fiziksel kondisyonun iyileştirilmesi için kullanılabileceğini, geleneksel egzersiz yöntemlerine alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. EMS yönteminin rehabilitasyon, performans, sağlık ve wellness boyutunda 3 temel uygulamasından söz edilebilir (Rodrigues-Santana ve ark., 2022). Yapılan EMS uygulamasından beklenen hedefler doğrultusunda; farklı egzersiz protokolleri, EMS parametrelerindeki değişkenlerin farklı kullanımı, farklı çalışma grupları (sedanter, sporcu, hasta, yaşlı) ile birlikte uygulanan elektromiyostimülasyon uygulamasının fizyolojik olarak farklı etkiler oluşturabilmesi mümkündür (Doucet ve ark., 2012). Bu geleneksel derleme çalışması ile uygulama boyutunda farklı popülasyonlar üzerinde sportif performans ve spor-sağlık yönüyle kullanılan elektromiyostimülasyon uygulamasına genel bir bakış ile birlikte güncel yaklaşımlara yönelik bilgiler, değerlendirmeler sunmak amaçlanmaktadır.

Geleneksel Elektromiyostimülasyon ve Tüm Beden Elektromiyostimülasyon

EMS, kas içi sinir dallarının aktivasyonuna bağlı olarak kas kontraksiyonları oluşturmayı amaçlayan bir uygulamadır. Bu uygulama, motor aksonların ve sinirlerin bir elektrik akımı yoluyla uyarılması ile iskelet kasının istemsiz kasılmasını tetikleyen alternatif bir yöntemdir (Collins, 2007; Bergquist ve ark., 2011). Bu yöntemin bilinen en eski kullanımı, 2000 yıl önce balıkların elektriksel özelliklerini keşfeden ve bunları bazı hastalıkların tedavisinde kullanan Mısırlılara aittir. 1747'de Jean Jallabert (1712-1768), bir Leyden kavanozundan (bir pilden) elektrik stimülasyonu kullanarak bir hastanın felçli sağ üst ekstremitelerini kronik olarak uyarmayı başarmış ve 3 aylık bir tedavi süresinden sonra kas fonksiyonunu iyileştirdiği görülmüştür (Gondin ve ark., 2011). 1970'li yıllardan itibaren fizyoterapi ve fitness amaçlı kullanımı popüler hale gelmiştir.

EMS uygulaması, birçok rehabilitasyon ortamında istemli kas aktivasyonunu desteklemek, sağlıklı bireylerde ve hastalık nedeniyle geleneksel istemli egzersizi yapamayan hastalarda zindeliği ve sağlığı iyileştirmek, kas hareketinin yeniden eğitimi,

kas kasılmasının kolaylaştırılması, uzun süreli hareketsizlik dönemleri sırasında kas kütlelerinin ve gücünün korunması, kuvvet kayıplarının geri kazanılması ve sporcularda istemli egzersizi tamamlayıcı olarak, uzun süredir kullanılmaktadır (Filipovic ve ark., 2016).

Ortopedik tedavide ve rehabilitasyon amaçlı yaygın olarak uygulanan geleneksel lokal EMS, gelişen teknoloji ile birlikte tüm beden elektromiyostimülasyon (TB-EMS) yöntemine ilerlemiştir. Lokal EMS, akımın bir veya iki kas grubunun motor noktasına uygulanmasına dayanırken, TB-EMS, toplam 2650 cm² elektrot boyutuna ve bölge başına farklı yoğunluklara sahip 16 bölge ya da 8-12 kas grubunun eş zamanlı aktivasyonunu sağlar (Kemmler ve ark., 2016).

Ems Parametreleri

Frekans, akım genliği, darbe özellikleri (şekil ve süre), görev döngüsü, rampalama, elektrot malzemesi, boyutu ve yerleşimi elektromiyostimülasyonun ana uyarıcı parametreleridir. Elektriksel stimülasyonda yer alan ilgili stimülasyon parametrelerini ayarlayarak yorgunluğu azaltmak ve kuvvet çıkışını optimize etmek için bu parametreler özelleştirilebilir.

Frekans

Frekans, stimülasyon sırasında saniyede üretilen darbeleri ifade eder ve Hertz birimleriyle belirtilir (Hz, örneğin, 40 Hz = saniyede 40 darbe). Mevcut literatürde 50 Hz'nin altındaki elektromiyostimülasyon frekansı genellikle düşük frekans olarak kabul edilirken, 50 Hz veya üzeri frekans yüksek frekans olarak kabul edilir (Jabbour ve ark., 2015; Hamada ve ark., 2003; Erickson ve ark., 2017; Galvan ve ark., 2022). Kullanılan elektrik stimülasyonunun frekansları, EMS uygulamasının hedeflerine bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir, ancak çoğu klinik rejim, optimum sonuçlar için 20-50Hz modellerini kullanmaktadır (Baker ve ark., 1988; De Kroon ve ark., 2005).

Stimülasyon Frekansının Artırılması

Sıklıkla, kişilerin konforu için istenen frekans ve yoğunluğa kadar kademeli bir stimülasyon kullanılır. Artırma süresi, stimülasyonun açıldığı andan istenen frekansın gerçek başlangıcına kadar geçen süreyi ifade eder (Baker ve ark., 2000). Artırma süresi, kişinin uyarılan harekete karşı direnç oluşturan artmış kas tonusu olabileceği durumlarda klinik uygulamalarda kullanılır. Rehabilitasyon rejimlerinde 1 ila 3 saniyelik artırma süreleri yaygındır ve bazen hipertonic veya spastik kaslar için veya stimülasyona duyarlılığı artmış kişiler için daha uzun artırma süreleri kullanılır (Baker ve ark., 2000).

Darbe Genişliği ve Süresi

Elektrik stimülasyon cihazları, genellikle kare, tepe veya sinüs dalgası gibi geometrik şekillerle temsil edilen dalga biçimi modellerinde darbeler iletir. Bazı araştırmacılar, kısa darbe sürelerine (500µs-1000µs) sahip düşük frekanslı stimülasyonun daha düşük bir yorulma indeksi sergileyeceğini belirtmişlerdir (Kralj ve Bajd, 2022). Bununla birlikte, daha kısa darbe genişliklerinin (10µs-50µs) bile kas liflerinin motor ünite aktivitesini etkilediği ve başka bir kas fasikülünde kasılmaya neden olmadan önce daha az sayıda lifte daha büyük bir maksimum tork oluşturabildiği gösterilmiştir (Grill ve Mortimer, 1996).

Görev Döngüsü

Görev döngüsü, bir elektromiyostimülasyon uygulamasında elektrik akımı alma süresi ile akımın olmadığı dinlenme süresini tanımlar (Baker ve ark., 2000). Yaygın klinik uygulamalarda standart olarak 1:3 görev döngüsü kullanılır, ancak bu oran kişinin ihtiyaçlarına ve uygulamanın hedeflerine uyacak şekilde değiştirilebilir. Elektriksel akımın açılıp kapatılması (aralıklı stimülasyon), kuvvet gelişimini korumak ve konforu artırmak için yaygın bir uygulamadır (Doucet ve ark., 2012).

Genlik-Yoğunluk

Yorulmaya neden olan bir diğer parametre de uygulanan akımın gücü veya stimülasyonun verildiği yoğunluk/genliktir (Mesin ve ark., 2010). Stimülasyon için en uygun parametreleri inceleyen son çalışmalar, daha düşük yoğunlukların daha yüksek yoğunluklara göre daha fazla merkezi sinir sistemi girdisine neden olabileceğini öne sürmüştür (Bergquist ve ark., 2011). Elektrik akımı yoğunluğu (miliamper cinsinden) ve kuvvet (maksimum istemli kasılmanın yüzdesi olarak), EMS antrenman yoğunluğunun dikkatli bir şekilde ölçülmesine olanak sağlamak için tutarlı bir şekilde kontrol edilmelidir (Stevens ve ark., 2004).

Stimülasyon Darbe Modelleri

EMS uygulamasında çalışılan yaygın stimülasyon modelleri sabit frekanslı sinyaller, değişken frekanslı sinyaller ve çift frekanslı sinyallerdir (Janssen ve ark., 2004; Kebaetse ve ark., 2001; Kebaetse ve ark., 2002). Bu sinyal modellerinin etkisi inceleyen bir çalışmada, değişken frekanslı sinyallerin daha yüksek kuvvet üretmede, kuvvet çıkışını sürdürmede sabit frekanslı sinyal kullanımına kıyasla daha etkili olduğu gösterilmektedir (Binder-Macleod ve ark., 1998). Bir diğer araştırmada ise 3 farklı sinyal modeli arasından değişken frekanslı sinyaller hedefe ulaşma süresinde en iyi genel performansa sahip olmuştur (Kebaetse ve ark., 2001). Bu bulgular, birkaç

optimal stimülasyon paterni olabileceğini düşündürmektedir, ancak bunlar göreve, çalışılan popülasyona ve araştırılan kas grubuna bağlı olacaktır.

Stimülasyon Süresi ve Sıklığı

EMS programlarının dozu büyük ölçüde değişebilir ve sonuç itibarıyla uyarılan kasa, kullanılan parametrelere ve müdahalenin genel hedefine bağlı olacaktır. Araştırmacılar, tedavi süresinin artmasının daha başarılı sonuçlarla doğrudan ilişkili olmadığını; kısa programlarda (2,5 saat/hafta) olumlu faydalar görüldüğünü ve daha uzun programlarda (21 saat/hafta) sınırlı faydalar görüldüğünü tespit etmiştir (Thrasher ve Popovic, 2008).

Sportif Performans ve Spor-Sağlıkta Ems Uygulamaları

Yapılan çalışmalarda, sağlıklı genç bireyler, sporcular (Filipovic ve ark., 2011), yaşlılar (von Stengel ve ark., 2015) , komorbiditelerden muzdarip bireyler,obezite (Ricci ve ark., 2020) , kanser (Schink ve ark., 2018; Niels ve ark., 2020) gibi çeşitli hastalıklara sahip bireyler ve sarkopeni (Chisari ve ark., 2019) gibi zayıflatıcı kas kaybı olan kişiler dahil olmak üzere çeşitli popülasyonlarda EMS'nin kas fonksiyonu, beden kompozisyonu, hormonal ve kan parametreleri, psikofizyolojik parametreler ve fiziksel performans üzerindeki etkinliği incelenmiştir (Rodrigues-Santana ve ark., 2023; Kemmler ve ark., 2012; Filipovic ve ark., 2015; Fernández-Elías ve ark., 2022; Berger ve ark., 2020; Micke ve ark., 2018; Álvarez-Barrio ve ark., 2023; Filipovic ve ark., 2012; Kemmler ve ark., 2014).

EMS'nin üst düzey sporda kullanılmasının temelinde, bu yöntemin nöromüsküler ve metabolik açıdan yeni bir stres biçimi olarak görülmesi yer alır. EMS, birkaç yıl süren antrenman ve yarışmadan sonra performansı sabit kalan sporcular için yararlı olabileceği belirtilmektedir (Maffiuletti, 2006). EMS'nin elit sporcular için bir diğer faydası da tek bir EMS seansının geleneksel istemli egzersiz seanslarına kıyasla genellikle daha az zaman alıcı (12-18 dakika) olmasıdır. Bu, kondisyon için sınırlı zamanı olan sporcular (örneğin tenis oyuncularını) için son derece caziptir. EMS'nin geleneksel kuvvet antrenmanı yöntemlerinin yerini alabileceğini öne sürmekten ziyade EMS geleneksel (gönüllü) antrenman programlarının önemli bir tamamlayıcısı olarak düşünölmelidir (Maffiuletti, 2006).

Willoughby ve Simpson (1998), halter egzersizleri sırasında uygulanan EMS ve EMS ile desteklenmiş dinamik kasılmaların diz ekstansör kuvvetini ve dikey sıçrama performansını artırmak için EMS veya izole ağırlık antrenmanından daha etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir (Willoughby ve Simpson, 1998). Bu sonuçlar, aynı

yazarların üniversite öğrencisi basketbolcularda EMS antrenmanına bağlı kuvvet kazanımlarını inceleyen önceki bulgularıyla uyumludur (Willoughby ve Simpson, 1996).

Elit futbolcularda TB-EMS uygulamasının kuvvet, sprint, sıçrama ve topa vuruş kapasitesi üzerine etkilerini inceleyen çalışmada, maksimum kuvvet (1RM) ile ilgili olarak, bu çalışmadaki profesyonel futbolcuların bacak kuvvetinde (1RM) 7 hafta (14 seans) sonrasında ve 14 hafta (28 seans) sonrasında önemli artışlar gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, haftada 6-7 futbol seansına ek olarak iki seans dinamik TB-EMS antrenmanının, müsabaka dönemi boyunca profesyonel oyuncuların futbolla ilgili performans kapasitelerini önemli ölçüde artırmada etkili olabileceği belirtilmiştir (Filipovic ve ark., 2016).

4 ila 8 hafta boyunca haftada 2 ila 3 kez yapılan EMS antrenmanı ve pliometrik egzersizlerin kombinasyonunun alt ekstremitelerde maksimum kuvveti, sprint ve sıçrama performansını artırdığı bulunmuştur (Herrero ve ark., 2005). Maffiuletti ve ark., (2000), diz ekstansör kaslarına yönelik 4 haftalık EMS antrenmanının, bir grup basketbol oyuncusunda squat jump (SJ) performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini, counter movement sıçrama (CMJ) yüksekliğinin, ilave 4 haftalık standart basketbol antrenmanından sonra önemli ölçüde arttığını bildirmiştir.

2 farklı antrenman türünün kas kuvveti üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma, 60 kadın sorfbol oyuncusunun 8 haftalık programdan önce ve sonra 3RM bench press ve 3RM squat testiyle değerlendirilen üst vücut ve alt vücut kuvvetinin, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında hem geleneksel direnç antrenmanı grubunda hem de TB-EMS gruplarında önemli ölçüde arttığını göstermektedir (Raja Hussain ve Shari, 2021). 30 erkek amatör buz hokeyi oyuncusu ile yapılan bir çalışmada 12 haftalık TB-EMS antrenmanından sonra, TB-EMS gruplarında sıçrama gücü ve 300o/s'deki maksimum izokinetik kuvvetin önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Ek olarak TB-EMS uygulaması sonrası normal antrenmana devam ettikten sonra antrenman etkisinin gerilediği belirtilmiştir (Schuhbeck ve ark., 2019).

Profesyonel ragbi oyuncularındaki uzun vadeli (12 hafta) antrenman etkilerini inceleyen bir çalışmada, 15 katılımcının diz ekstansör, plantar fleksör ve gluteus maximus kaslarına EMS uygulanmış ve 10 kişi kontrol grubu olarak yer almıştır. EMS grubu, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında maksimum eşmerkezli/eksantrik torkta, sıçrama yüksekliğinde önemli bir artış olduğu belirtilmektedir (Babault ve ark., 2007).

Yazar ve Yıl	Çalışma Grubu	Değerlendirme	EMS/TB-EMS Protokolü	Uygulama Protokolü
(Álvarez-Barrio ve ark., 2023)	18-35 yaş aralığında sağlıklı katılımcılar n: 120 (Kadın, Erkek) TB-EMS gr: 40 EMS gr: 40 Kontrol gr: 40	Karın kasları kalınlığı, rektus arası mesafe), Kardiyak parametreler (KAH, Sistolik, Diyastolik Kan Basıncı), Vücut Isısı	RPE 4/5/6 (Borg Ölçeği-10) 85 Hz, 350 µs uyarı. 4" akım /4" dinlenme	Tek seanslık TB-EMS ve geleneksel EMS ile dinamik egzersizler (squat, side lunge, lateral trunk flexion, forward lunge, fitball tilting, fitball front plank, dynamic crunches diagonally, side plank), 2x8 tekrar
(Babault ve ark., 2007)	Elit Rugby Oyuncuları n:25 EMS gr:15 Kontrol gr:10	Maksimum eksantrik tork, maksimum konsantrik tork, squat kuvveti		12 Hafta (İlk 6 hafta, haftada 3 seans/ Son 6 hafta, haftada 1 seans) diz ekstansör, plantar fleksör ve gluteus kaslarına EMS uygulaması
(Berger ve ark., 2020)	17 yaş erkek yol bisikletçisi n:1	Postür, sırt ağrısı, gövde kuvveti (ekstansör, fleksör)		8 haftalık TB-EMS uygulaması
(Erickson ve ark., 2017)	Omurilik yaralanması olan katılımcılar n: 14	İskelet kasları oksidatif kapasitesi		14 haftalık dayanıklılık antrenmanı ile EMS uygulaması
(Fernández-Elías ve ark., 2022)	Sağlıklı ve fiziksel olarak aktif katılımcılar n:20 (10 Erkek, 10 Kadın)	Kreatin kinaz düzeyi, kan laktat düzeyi, KAH değişkenliği, kan oksijen doygunluğu, algılanan efor oranı (RPE)	85 Hz, 250/350 µs (sürekli akım) 85 Hz, 250/350 µs, 1 saniyelik akım/ 2 saniyelik dinlenme	3 gün ara ile yapılan 3 farklı TB-EMS uygulaması, bench press (BP) ve squat (SQ) içeren iki egzersizden oluşan tek bir maksimum kuvvet antrenmanı (%90 1RM).5x5 tekrar.
(Filipovic ve ark., 2016)	Elit futbolcular n: 22 TB-EMS gr:12 Kontrol gr: 10	Kas kuvveti, sprint, dikey sıçrama ve topa vuruş hızı	RPE 13-15 (Borg Ölçeği-20) Aşamalı olarak artırıldı. 85 Hz, 350 µs uyarı	Her iki grup 14 hafta, haftada 2 gün 3x10 maximal squat jump
(Galvan ve ark., 2022)	18-54 yaş aralığında aşırı kilolu veya obez, sedanter kadınlar n: 10	Kan parametreleri, açlık kan şekeri, glikoz seviyesi, BKI, kan basıncı, %yağ	50 Hz, 300 µs uyarı	4 hafta/ haftada 3 kez seans başına 30 dakikalık EMS uygulaması
(Hamada ve ark., 2004)	Sağlıklı erkek katılımcılar n:8	Enerji tüketimi, kan laktat konsantrasyonu, glikoz alımı, CHO oksidasyonu	20 Hz 1" akım /1" dinlenme	Tibialis anterior, triceps surae, kuadriseps ve hamstring kaslarına 20 dk'lık EMS uygulaması

Yazar ve Yıl	Çalışma Grubu	Değerlendirme	EMS/TB-EMS Protokolü	Uygulama Protokolü
(Herrero ve ark., 2006)	n:40 EMS gr: 10 Pliometrik gr: 10 Kombinegr(EMS+Pliometrik):10 Kontrol gr:10	20 m sprint, sıçrama yeteneği		4 hafta, haftada 4 kez EMS ve pliometrik antrenman uygulaması
(Jabbour ve ark., 2015)	Tip 2 diyabetli hastalar n:8 (5 Erkek, 3 Kadın)	Kan şekeri, glikoz alımı	8 Hz, 200 µs uyarı.	2 hafta, 1 saatlik bir süre boyunca diz ekstansörlerine uygulanan EMS ile EMS olmadan bir glikoz tolerans testi uygulaması
(Kemmler ve ark., 2014)	Sarkopeni riski taşıyan kadınlar n:60 EMS gr: 32 Kontrol gr: 28	Vücut kompozisyonu	85 Hz, 350 µs uyarı. 6" akım /4" dinlenme	12 ay, toplam seans sayısı 80; seansların toplam hacmi 24 saat EMS uygulaması ile core egzersizleri
(Kemmler ve ark., 2016)	Orta yaşlı, sağlıklı, antrenmansız erkekler n:46 TB-EMS gr:23 HIIT gr: 23	Vücut kompozisyonu ve kas gücü	RPE 6–7 (Borg Ölçeği-10) 85 Hz, 350 µs uyarı. 6" akım /4" dinlenme	16 hafta, HIIT grubu (2 seans/hafta) veya TB-EMS grubu (3 seans/2 hafta)
(Maffiuletti ve ark., 2000)	Basketbolcular n:10	Diz ekstansör kuvveti ve dikey sıçrama performansı		4 hafta, haftada 3 seans EMS uygulaması
(Micke ve ark., 2018)	Genç sporcular n:18 TB-EMS gr: 9 Kontrol gr: 9	Bacak kasları kuvvet parametreleri	85 Hz, 350 µs uyarı.	8 hafta(2 gün/hafta) TB-EMS grubu dinamik egzersizler ile EMS uygulaması, kontrol grubu yalnızca dinamik egzersizler
(Pano-Rodriguez ve ark., 2020)	Postmenopozal kadınlar n: 32 TB-EMS gr: 16 Kontrol : 16	Vücut kompozisyonu, güç ve hız	RPE 15 (Borg Ölçeği-20) ile 55 Hz, 200–400 µs uyarı.	10 hafta. Haftada 2 seans × 20 dakika. TB-EMS grubu; EMS+ 3 egzersizden (squat, deadlift ve bench press) 20 tekrar, Kontrol grubu aynı egzersiz protokol (EMS'siz)
(Parker ve ark., 2003)	Sağlıklı katılımcılar n:27 EMS(2) grubu EMS(3) grubu Kontrol grubu	Kuadriseps femoris kası kuvvet değişimi	50 Hz, 200 µs uyarı.	4 hafta, EMS(2) grubu haftada 2 seans(10 dk) EMS uygulaması, EMS(3) grubu haftada 3seans (10 dk) EMS uygulaması, kontrol grubunda uygulama yok

Yazar ve Yıl	Çalışma Grubu	Değerlendirme	EMS/TB-EMS Protokolü	Uygulama Protokolü
(Ricci ve ark., 2020)	18-50 yaş aralığında obez erkek ve kadın hastalar n: 20 TB-EMS gr: 10 Kontrol gr: 10	Fonksiyonel kapasite, vücut kompozisyonu, kalp atım hızı değişkenliği		6 hafta (5 gün/hafta) dinamik egzersizler ile EMS uygulaması
(Schink ve ark., 2018)	Kanserli hastalar n:131 TB-EMS gr: 96 Kontrol gr: 35	Vücut kompozisyonu	85 Hz, 350 µs uyarı. 6" akım /4" dinlenme	12 hafta (2 gün/hafta) TB-EMS grubu, EMS uygulaması ile yapılan bir fiziksel egzersiz programı ve bireyselleştirilmiş beslenme desteği, kontrol grubu ise beslenme desteği ile fiziksel egzersiz programı uygulaması
(Schuhbeck ve ark., 2019)	Erkek amatör buz hokeyi oyuncusu n: 30	Şut hızı, counter-movement-jump, 10 m-sprint, diz ekstansör kası izokinetik maksimum kuvveti	85 Hz, 350 µs uyarı. 4" akım /4" dinlenme	12 hafta (1 gün/hafta) standart buz hokeyi antrenmanına ek olarak TB-EMS uygulaması
(Tanaka ve ark., 2022).	Akut kalp yetmezliği olan yaşlı hastalar n: 31(17 Kadın,14 Erkek) TB-EMS gr: 15 Kontrol gr: 16	Fiziksel fonksiyon (El kavrama kuvveti, yürüyüş hızı, ortalama adım sayısı)		2 hafta, Haftada 5 gün, 30-40 dk'lık seanslar ile kuadriseps femoris, hamstringler, tibialis anterior dahil olmak üzere her iki bacağın tüm kas gruplarına EMS uygulaması
(Von Stengel ve ark., 2015)	Osteopenisi olan kadınlar n= 60 TB-EMS gr: 32 Kontrol gr: 28	Kemik mineral yoğunluğu, yağsız vücut kütlesi ve kavrama kuvveti	RPE 14–16 (Borg Ölçeği-20) 85 Hz, 350 µs uyarı	54 hafta, haftada 1,5 seans × 18–19 dakika. TB-EMS grubu EMS uygulaması ile 10-14 egzersiz, 1-2 set, 8 tekrar. Kontrol grubu yalnızca egzersizler.
(Willoughby ve Simpson, 1998)	Kadın atletizm sporcuları n:20 Grup 1: EMS /Grup 2: ağırlık antrenmanı /Grup 3:EMS ve ağırlık antrenmanı/ Grup 4: Kontrol grubu	Diz ekstansör kuvveti (1-TM), dikey sıçrama yüksekliği		6 hafta (3 gün/hafta) 1-TM'lerinin % 85'iyle 3X 8-10 tekrardan oluşan antrenman
(Zink-Rückel ve ark., 2021)	Amatör golfçüler n :54 TB-EMS gr : 27 Kontrol gr: 27	Maksimum izometrik gövde kuvveti, bacak ekstansör kuvveti,%Yağ	RPE 6–7 (Borg Ölçeği-10) ile 85 Hz, 350 µs uyarı. 6" akım /4" dinlenme	16 hafta. Haftada 20 dakikalık 1 seans. TB-EMS grubu EMS uygulaması ile 6-8 tekrarlı hareketler, kontrol grubu TB-EMS grubuyla aynı egzersiz protokolü

EMS seans sayısının kuadriseps femoris kuvvetindeki değişim üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada, elektriksel uyarının olmadığı kontrol grubu, haftada 2 kez ve haftada 3 kez 10'ar dakikalık EMS uygulamasının yer aldığı 3 gruba ayrılmıştır. 4 hafta süren program sonunda, kontrol grubu ile haftada 3 kez 10'ar dakikalık EMS uygulamasının yapıldığı gruplar arasında kuadriseps femoris kasının maksimal istemli kasılma kuvvetinde anlamlı düzeyde farklılık rapor edilmiştir (Parker ve ark., 2003).

EMS'nin alt ekstremitelerdeki akut metabolik etkilerini incelemek için yapılan bir çalışma, EMS uygulamasının düşük yoğunluklu egzersizlerde enerji tüketimini, karbonhidrat oksidasyonunu ve tüm vücut glikoz alımını önemli ölçüde artırabildiğini göstermektedir (Hamada ve ark., 2004). Kan parametreleri üzerindeki etkilerle ilgili olarak analiz edilen çalışmalarda TB-EMS ile antrenman sonrasında toplam kolesterol/HDL-C ve kreatin kinaz aktivitesi dışında anlamlı değişiklikler bildirilmemiştir (Kemmler ve ark., 2018). Araştırmacılar, EMS'nin akut kalp yetmezliği olan yaşlı hastalarda kuadriseps kuvvetini ve alt ekstremitte fonksiyonunu iyileştirdiğini (Tanaka ve ark., 2022), sarkopenili hastalarda kas kütlesini ve fonksiyonunu koruduğunu (Kemmler ve ark., 2014; Pano-Rodriguez ve ark., 2019), yaşlılarda dengeyi iyileştirdiğini ve düşme riskini azalttığını (Nishida ve ark., 2016), artroskopik rotator manşet onarımından sonra deltoid atrofiyi azalttığını (Lee ve ark., 2019), diz osteoartriti olan hastalarda kuadriseps kuvvetini artırdığını ve ağrıyı azalttığını belirtmektedir (Langeard ve ark., 2017).

Parkinson hastalarında fiziksel performans, yorgunluk algısı ve serum biyobelirteçlerinin değerlendirildiği bir çalışmada, 24 katılımcıya (yaş: 72,13 ± 6,20 yıl), farklı EMS frekans ve darbe genişliği ile kuvvet antrenmanı (85 Hz, 350 µs, 4" akım /4" dinlenme) ve dayanıklılık antrenmanı (7 Hz, 350 µs, sürekli akım) uygulanmıştır. TB-EMS ile eş zamanlı uygulanan dayanıklılık antrenmanının, parkinson hastalarında fiziksel performansın, yorgunluk algısının ve serum biyobelirteçlerinin gelişimi ve devamlılığı için iyi bir seçim olduğu belirtilmektedir (Di Cagno ve ark., 2023). Tip 2 diyabetli hastalarda EMS uygulamasının metabolik ve immünolojik parametreler üzerine etkisi (Rose ve ark., 2008), glikoz metabolizması ve oksijen alımı (Van Buuren ve ark., 2015), postprandiyal (yemek sonrası) glikoz düzeyleri (Holzer ve ark., 2021), hemoglobin A1c düzeyleri üzerindeki etkilerini (Crowe ve Caulfield, 2012) inceleyen çalışmalar mevcuttur.

Elektromiyostimülasyonun vücut kompozisyonu, kas kuvveti ve fiziksel görünüm üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada vücut yağı, izometrik ve izokinetik kuvvet ve

fiziksel görünüm üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Porcari ve ark., 2002). Obez katılımcıların yer aldığı bir çalışmada, TB-EMS uygulaması ile vücut yağ parametreleri üzerinde anlamlı etkiler belirlenmemiştir (Rodrigues-Santana ve ark., 2022). BKİ değerleri 30'un üzerinde, vücut yağı %28'in üzerinde olan 18 yaş üstü 28 obez kadın katılımcı ile yürütülen bir çalışmada, (n:15 TB-EMS grubu, n:13 Kontrol grubu) 12 hafta/ haftada 2 kez 20 dk'lık seanslarla TB-EMS uygulaması yapılmıştır. 12 haftalık TB-EMS uygulaması sonrası yapılan analizlerde, vücut kompozisyonu (iskelet kası kütlesi, vücut kitle indeksi, vücut yağı ve bel çevresi), fiziksel performans (maksimum oksijen tüketimi, sıçrama ve sprint performansı), plazma lipid düzeyi ve inflamatuvar belirteçlerde (C-reaktif protein seviyeleri) anlamlı farklılıklar rapor edilmiştir (Salhi ve ark., 2024).

54 erkek amatör golfçüden oluşan bir katılımcı grubunda, 16 haftalık haftada bir TB-EMS uygulamasının ardından, maksimum izometrik gövde kuvveti, bacak ekstansör kuvveti, yağsız vücut kütlesi üzerinde önemli TB-EMS etkileri gözlemlenmiş olup vücut yağı üzerinde anlamlı bir etki bulunamamıştır (Zink-Rückel ve ark., 2021). Atletik olmayan yetişkin gruplarda TB-EMS ile kas kütlesi ve kuvvet parametreleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (Kemmler ve ark., 2021). Spesifik olmayan sırt ağrısı ve postüral bozukluğu olan 17 yaşında bir erkek yol bisikletçisine, tam performans parametrelerini ve sağlık sorunlarını iyileştirmek için 8 hafta TB-EMS uygulanan bir çalışmada, sporcunun postürünün ve sırt ağrısının (%54) iyileştiği ve gövde kuvvetinin arttığı (ekstansiyon %15,5, fleksiyon %29,2) belirtilmiştir (Berger ve ark., 2020).

Bax ve ark. (2005), herhangi bir yaralanma, sakatlık sonrası hasar görmüş veya cerrahi bir müdahale sonrası hareketsiz kalan kuadriseps femoris kasları için EMS uygulamasının gönüllü uygulamadan daha etkili olabileceği, buna karşın, kuadriseps femoris kasları hasar görmemiş sağlıklı kişiler için EMS uygulamasının etkinliğinin, gönüllü yöntemlere kıyasla genellikle daha düşük olduğu sonucuna varmıştır. EMS kullanımının iskelet kası kesit alanını ve tip IIA ve tip IIB kas lifleri başına kılcıl damar sayısını artırdığı rapor edilmiştir (Dudley ve ark., 1999). Kots ve Xvilon (1971) optimal bir kuvvet kazanma programının, her iki lif tipinin (Tip I-Tip II) kuvvet üretimini artırmak için hem egzersizsiz hem de elektriksel stimülasyonu içermesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Sonuç

EMS, kas hareketi ve performansındaki değişiklikleri kolaylaştırmak için şu anda birçok şekilde kullanılmaktadır. EMS uygulamasının etkinliği kısmen antrenman

yoğunluğu, mevcut özellikler (örn. yoğunluk, nabız süresi) veya antrenman protokollerinin tasarımı (seans başına kasılma sayısı, haftalık seans sayısı) gibi çeşitli ayarlanabilir harici faktörlerle ilişkili olabilirken, anatomik özgülükler (örneğin, kas içindeki aksonal dalların morfolojik organizasyonu), elektromiyostimülasyon tepkisindeki farklılıkları açıklayan ana faktörler olarak görünmektedir.

Klinik ortamlarda, EMS kas kuvvetini artırmak, hareket aralığını artırmak, ödemi azaltmak, atrofiyi azaltmak, dokuyu iyileştirmek ve ağrıyı azaltmak için kullanılabilir. Hem bireysel hem de takım sporları için pratik bir öneri olarak EMS antrenmanının, spora özel antrenmanlara aşırı müdahale etmeden kas kuvvetini ve anaerobik performansı artırmak için kullanılabileceği bildirilmektedir. EMS antrenmanı, antrenman sezonunun başlarında (yani hazırlık antrenman sezonunun başlangıcında), 10-15 dakikalık uygulamalarla, 3-4 hafta boyunca haftada 2-3 seansla kullanılabilir. EMS'nin, en azından ilk birkaç antrenman seansında (bir antrenman programının ilk haftası), EMS egzersizinin metodolojik ve fizyolojik yönlerini bilen eğitimli kişiler tarafından uygulanması tavsiye edilir. Giderek artan sayıda çalışma, elektromiyostimülasyon temelli müdahalenin kas fonksiyonunu korumanın yanı sıra kuvvet gelişiminde de güçlü bir potansiyele sahip olduğunu öne sürse de, bu tür bir tekniğin etkinliği konusunda hala net bir fikir birliği yoktur.

Çok sayıda çalışma, sporcular da dahil olmak üzere sağlıklı, antrenmanlı ve sedanter bireyler üzerinde EMS'nin etkinliğini göstermiştir. Ancak gözlemlenen gelişmelerin önemi, katılımcıların uygulama öncesi durumu, yöntemlerin standardizasyon eksikliği veya test protokolleri gibi faktörler nedeniyle kısmen tehlikeye atılmaktadır. Ek olarak bulgulardaki farklılıklar EMS yöntemlerinin türüne, antrenman yöntemine, stimülasyon parametrelerine, kişinin yaşına ve fiziksel durumuna, grup büyüklüklerine, kontrol gruplarının türüne, test tasarımlarına ve kullanılan EMS ekipmanına (EMS cihazı ve elektrotlar) göre farklılık gösterir. Tüm bu değişken parametreler bir araya geldiğinde çalışma sonucunu farklı derecede etkileyebilir ve dolayısıyla sonuçların karşılaştırılmasını zorlaştırabilir. Bulgulardaki bu tür farklılıklar, bu faktörlerin EMS etkinliği üzerindeki olası etkisini dikkate alan daha sistematik araştırmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Kaynaklar

- Álvarez-Barrio, L., Rodríguez-Pérez, V., Calvo-Lobo, C., Leirós-Rodríguez, R., Alba-Pérez, E., & López-Rodríguez, A. F. (2023). Immediate effects of whole-body versus local dynamic electrostimulation of the abdominal muscles in healthy people assessed by ultrasound: a randomized controlled trial. *Biology*. 12(3), 454.
- Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M., & Chatard, J. C. (2007). Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 21(2), 431-437.
- Baker, C., Wederich, D., McNeal, C., Newsam, R., & Waters, R. (2000). Guidelines for adjustment of stimulation parameters. *Neuromuscular Electrical Stimulation: A Practical Guide*. 4th edition. Downey, CA: Los Amigos Research & Education Institute.
- Baker, L. L., Bowman, B. R., & Mcneal, L, D. R. (1988). Effects of waveform on comfort during neuromuscular electrical stimulation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. (1976-2007), 233, 75-85.
- 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.
- Bax, L., Staes, F., & Verhagen, A. (2005). Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*. 35, 191-212.
- Berger, J., Ludwig, O., Becker, S., Kemmler, W., & Fröhlich, M. (2020). Effects of an 8-week whole-body electromyostimulation training on cycling performance, back pain, and posture of a 17-year-old road cyclist. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 26(2), 96-100.
- Bergquist, A. J., Clair, J. M., Lagerquist, O., Mang, C. S., Okuma, Y., & Collins, D. F. (2011). Neuromuscular electrical stimulation: implications of the electrically evoked sensory volley. *European journal of applied physiology*. 111, 2409-2426.
- Binder-Macleod, S. A., Lee, S. C., Russ, D. W., & Kucharski, L. J. (1998). Effects of activation pattern on human skeletal muscle fatigue. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 21(9), 1145-1152.

- Chisari, E., Pavone, V., Sessa, G., Ravalli, S., & Musumeci, G. (2019). Electromyostimulation and whole-body vibration effects in fielder sarcopenic patients. *Muscles Ligaments Tendons J.* 9, 433-441.
- Collins, D. F. (2007). Central contributions to contractions evoked by tetanic neuromuscular electrical stimulation. *Exercise and sport sciences reviews.* 35(3), 102-109.
- Crowe, L., & Caulfield, B. (2012). Aerobic neuromuscular electrical stimulation—an emerging technology to improve haemoglobin A1c in type 2 diabetes mellitus: results of a pilot study. *BMJ open*, 2(3), e000219.
- De Kroon, J. R., IJzerman, M. J., Chae, J., Lankhorst, G. J., & Zilvold, G. (2005). Relation between stimulation characteristics and clinical outcome in studies using electrical stimulation to improve motor control of the upper extremity in stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine.* 37(2), 65-74.
- Di Cagno, A., Buonsenso, A., Centorbi, M., Manni, L., Di Costanzo, A., Casazza, G., ... & WB-EMS Parkinson's Group. (2023). Whole body-electromyostimulation effects on serum biomarkers, physical performances and fatigue in Parkinson's patients: A randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 15, 1086487.
- Doucet, B. M., Lam, A., & Griffin, L. (2012). Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *The Yale journal of biology and medicine.* 85(2), 201.
- Dudley, G. A., Castro, M. J., Rogers, S., & Apple Jr, D. F. (1999). A simple means of increasing muscle size after spinal cord injury: a pilot study. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* 80, 394-396.
- Erickson, M. L., Ryan, T. E., Backus, D., & McCully, K. K. (2017). Endurance neuromuscular electrical stimulation training improves skeletal muscle oxidative capacity in individuals with motor-complete spinal cord injury. *Muscle & nerve*, 55(5), 669-675.
- Fernández-Elías, V. E., Tobía, D., Recarey, A., Fernández, Á., Clemente-Suárez, V. J., & Burgos-Postigo, S. (2022). Acute effects of whole-body electromyostimulation during a single maximal strength training session. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 13753.
- Filipovic, A., Grau, M., Kleinöder, H., Zimmer, P., Hollmann, W., & Bloch, W. (2016). Effects of a whole-body electrostimulation program on strength, sprinting,

- jumping, and kicking capacity in elite soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 15(4), 639.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2011). Electromyostimulation—a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3218-3238.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2012). Electromyostimulation—a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2600-2614.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Plück, D., Hollmann, W., Bloch, W., & Grau, M. (2015). Influence of whole-body electrostimulation on human red blood cell deformability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2570-2578.
- Galvan, M.J., Sanchez, M.J., McAinch, A.J., Covington, J.D., Boyle, J.B., & Bajpeyi, S. (2022). Four weeks of electrical stimulation improves glucose tolerance in a sedentary overweight or obese Hispanic population. *Endocrine Connections*, 11(2).
- Gondin, J., Cozzone, P.J., & Bendahan, D. (2011). Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes?. *European journal of applied physiology*, 111, 2473-2487.
- Grill, W. M., & Mortimer, J. T. (1996). The effect of stimulus pulse duration on selectivity of neural stimulation. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 43(2), 161-166.
- Hamada, T., Hayashi, T., Kimura, T., Nakao, K., & Moritani, T. (2004). Electrical stimulation of human lower extremities enhances energy consumption, carbohydrate oxidation, and whole body glucose uptake. *Journal of Applied Physiology*. 96(3), 911-916.
- Hamada, T., Sasaki, H., Hayashi, T., Moritani, T., & Nakao, K. (2003). Enhancement of whole body glucose uptake during and after human skeletal muscle low-frequency electrical stimulation. *Journal of Applied Physiology*. 94(6), 2107-2112.

- Herrero, J.A., Izquierdo, M., Maffiuletti, N. A., & Garcia-Lopez, J. (2005). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International journal of sports medicine*. 533-539.
- Holzer, R., Schulte-Körne, B., Seidler, J., Predel, H. G., & Brinkmann, C. (2021). Effects of acute resistance exercise with and without whole-body electromyostimulation and endurance exercise on the postprandial glucose regulation in patients with type 2 diabetes mellitus: a randomized crossover study. *Nutrients*, 13(12), 4322.
- Jabbour, G., Belliveau, L., Probizanski, D., Newhouse, I., McAuliffe, J., Jakobi, J., & Johnson, M. (2015). Effect of low frequency neuromuscular electrical stimulation on glucose profile of persons with type 2 diabetes: a pilot study. *Diabetes & metabolism journal*. 39(3), 264.
- Janssen, T. W., Bakker, M., Wyngaert, A., Gerrits, K. H., & De Haan, A. (2004). Effects of stimulation pattern on electrical stimulation-induced leg cycling performance. *Journal of rehabilitation research and development*. 41(6A), 787-796.
- Kebaetse M. B, Turner AE, Binder-Macleod S. A. (2002). Effects of stimulation frequencies and patterns on performance of repetitive, nonisometric tasks. *J Appl Physiol*. 92(1), 109-16.
- Kebaetse, M. B., Lee, S. C., & Binder-Macleod, S. A. (2001). A novel stimulation pattern improves performance during repetitive dynamic contractions. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 24(6), 744-752.
- Kemmler, W., Bebenek, M., Engelke, K., & von Stengel, S. (2014). Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: the Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). *Age*, 36, 395-406.
- Kemmler, W., Shojaa, M., Steele, J., Berger, J., Fröhlich, M., Schoene, D., & Kohl, M. (2021). Efficacy of whole-body electromyostimulation (WB-EMS) on body composition and muscle strength in non-athletic adults. A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*. 12, 640657.
- Kemmler, W., Teschler, M., Weißenfels, A., Bebenek, M., Fröhlich, M., Kohl, M., & von Stengel, S. (2016). Effects of whole-body electromyostimulation versus high-intensity resistance exercise on body composition and strength: a randomized controlled study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.

- Kemmler, W., Von Stengel, S., Schwarz, J., & Mayhew, J. L. (2012). Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 26(1), 240-245.
- Kemmler, W., Weissenfels, A., Willert, S., Shojaa, M., von Stengel, S., Filipovic, A., & Fröhlich, M. (2018). Efficacy and safety of low frequency whole-body electromyostimulation (WB-EMS) to improve health-related outcomes in non-athletic adults. A systematic review. *Frontiers in physiology*. 9, 573.
- Kots, Y.M., & Xvilon, V.A. (1971). Trenirovka mishechnoj sili metodom elektrostimulatsii: soobschenie 2, trenirovka metodom elektricheskogo razdrazenii mishechi. *Teor Pract Fis Cult*. 4, 66-72.
- Kralj, A., & Bajd, T. (2022). *Functional electrical stimulation: standing and walking after spinal cord injury*. Routledge.
- Langeard, A., Bigot, L., Chastan, N., & Gauthier, A. (2017). Does neuromuscular electrical stimulation training of the lower limb have functional effects on the elderly?: A systematic review. *Experimental gerontology*. 91, 88-98.
- Lee, G. J., Cho, H., Ahn, B. H., & Jeong, H. S. (2019). Effects of electrical muscle stimulation for preventing deltoid muscle atrophy after rotator cuff repair: preliminary results of a prospective, randomized, single-blind trial. *Clinics in Shoulder and Elbow*, 22(4), 195.
- Maffiuletti, N. A. (2006). The use of electrostimulation exercise in competitive sport. *International journal of sports physiology and performance*. 1(4), 406-407.
- Maffiuletti, N. A., Gometti, C., Amiridis, I. G., Martin, A., Pousson, M., & Chatard, J. C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*. 21(06), 437-443.
- Martínez-López, E.J., Benito-Martínez, E., Hita-Contreras, F., Lara-Sánchez, A., & Martínez-Amat, A. (2012). Effects of electrostimulation and plyometric training program combination on jump height in teenage athletes. *Journal of sports science & medicine*. 11(4), 727.
- Mesin, L., Merlo, E., Merletti, R., & Orizio, C. (2010). Investigation of motor unit recruitment during stimulated contractions of tibialis anterior muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 20(4), 580-589.
- Micke, F., Kleinöder, H., Dörmann, U., Wirtz, N., & Donath, L. (2018). Effects of an eight-week superimposed submaximal dynamic whole-body

- electromyostimulation training on strength and power parameters of the leg muscles: a randomized controlled intervention study. *Frontiers in physiology*. 9, 414805.
- Niels, T., Kersten, J., Tomanek, A., & Baumann, F. (2020). Pilot Case-Series: Can Short-Term WB-EMS be Effective in Cancer Patients?. *Oncol. Res. Treat.* 43, 245-246.
- Nishida, M. M., Tsuboyama, T., Moritani, T., & Arai, H. (2016). Review of the evidence on the use of electrical muscle stimulation to treat sarcopenia. *European Geriatric Medicine*. 7(3), 267-271.
- Pano-Rodriguez, A., Beltran-Garrido, J.V., Hernández-González, V., & Reverter-Masia, J. (2019). Effects of whole-body electromyostimulation on health and performance: A systematic review. *BMC complementary and alternative medicine*. 19, 1-14.
- Parker, M. G., Bennett, M. J., Hieb, M. A., Hollar, A. C., & Roe, A. A. (2003). Strength response in human quadriceps femoris muscle during 2 neuromuscular electrical stimulation programs. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 33(12), 719-726.
- Porcari, J.P., McLean, K.P., 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 & Conditioning Research*, 16(2), 165-172.
- Raja Hussain, R. N. J., & Shari, M. (2021). Effects of Resistance Training and Whole-Body Electromyostimulation on Muscular Strength in Female Collegiate Softball Players. *Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities*. 29(3).
- Ricci, P. A., Di Thommazo-Luporini, L., Jürgensen, S. P., André, L. D., Haddad, G. F., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2020). Effects of whole-body electromyostimulation associated with dynamic exercise on functional capacity and heart rate variability after bariatric surgery: a randomized, double-blind, and sham-controlled trial. *Obesity surgery*. 30, 3862-3871.
- Rodrigues-Santana, L., Adsuar, J. C., Denche-Zamorano, Á., Vega-Muñoz, A., Salazar-Sepúlveda, G., Contreras-Barraza, N., & Louro, H. (2022). Bibliometric analysis of studies on whole body electromyostimulation. *Biology*. 11(8), 1205.
- Rodrigues-Santana, L., Hugo, L., Pérez-Gómez, J., Hernández-Mocholí, M. A., Carlos-Vivas, J., Saldaña-Cortés, P., & Adsuar, J. C. (2023). The effects of whole-body

- muscle stimulation on body composition and strength parameters: A PRISMA systematic review and meta-analysis. *Medicine*. 102(8), e32668.
- Rose, B., Lankisch, M., Herder, C., Röhrig, K., Kempf, K., Labrenz, S., ... & Martin, S. (2008). Beneficial effects of external muscle stimulation on glycaemic control in patients with type 2 diabetes. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes*, 577-581.
- Salhi, A., Ouerghi, N., Zouhal, H., Baaziz, M., Salhi, A., Ben Salah, F. Z., & Ben Abderrahman, A. (2024). The Effect of Whole-Body Electromyostimulation Program on Physical Performance and Selected Cardiometabolic Markers in Obese Young Females. *Medicina*, 60(2), 230.
- Schink, K., Herrmann, H. J., Schwappacher, R., Meyer, J., Orlemann, T., Waldmann, E., & Zopf, Y. (2018). Effects of whole-body electromyostimulation combined with individualized nutritional support on body composition in patients with advanced cancer: a controlled pilot trial. *BMC cancer*. 18, 1-17.
- Schuhbeck, E., Birkenmaier, C., Schulte-Göcking, H., Pronnet, A., Jansson, V., & Wegener, B. (2019). The influence of WB-EMS-training on the performance of ice hockey players of different competitive status. *Frontiers in Physiology*. 10, 1136.
- Stevens, J. E., Mizner, R. L., & 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.
- Tanaka, S., Kamiya, K., Matsue, Y., Yonezawa, R., Saito, H., Hamazaki, N., & Ako, J. (2022). Effects of electrical muscle stimulation on physical function in frail older patients with acute heart failure: a randomized controlled trial. *European Journal of Preventive Cardiology*. 29(8), e286-e288.
- Thrasher, T. A., & Popovic, M. R. (2008). Functional electrical stimulation of walking: function, exercise and rehabilitation. In *Annales de réadaptation et de médecine physique*. 51(6), No. 6, 452-460.
- Van Buuren, F., Horstkotte, D., Mellwig, K. P., Fründ, A., Vlachoianis, M., Bogunovic, N., ... & Niebauer, J. (2015). Electrical myostimulation (EMS) improves glucose metabolism and oxygen uptake in type 2 diabetes mellitus patients—results from the EMS study. *Diabetes technology & therapeutics*, 17(6), 413-419.

- Von Stengel, S., Bebenek, M., Engelke, K., & Kemmler, W. (2015). Whole-body electromyostimulation to fight osteopenia in elderly females: the randomized controlled training and electrostimulation trial (TEST-III). *Journal of osteoporosis*.
- Willoughby, D.S., & Simpson, S. (1996). The effects of combined electromyostimulation and dynamic muscular contractions on the strength of college basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 10(1), 40-44.
- Willoughby, D. S., & 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 & Conditioning Research*. 12(3), 131-137.
- Zink-Rückel, C., Kohl, M., Willert, S., von Stengel, S., & Kemmler, W. (2021). Once-weekly whole-body electromyostimulation increases strength, stability and body composition in amateur golfers. a randomized controlled study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(11), 5628.