

**ALT BEDEN ELEKTROMYOSTİMÜLASYON
ANTRENMANI ve DETRAINING'İN
PERFORMANSA ETKİLERİ**

Celil KAÇOĞLU

Doktora Tezi

**ALT BEDEN
ELEKTROMYOSTİMÜLASYON
ANTRENMANI ve DETRAINİNG'İN
PERFORMANSA ETKİLERİ**

Celil KAÇOĞLU

Doktora Tezi

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı

Eskişehir, Ağustos 2015

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mehmet KALE

Bu tez çalışması, Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 1108S131).

TEŞEKKÜR

Bu uzun ve zorlu süreçte bana en büyük desteği sağlayan çok değerli hocalarıma, aileme ve dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunmaktan onur ve mutluluk duyuyorum. Öncelikle, beni bu konuda çalışmaya teşvik eden danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet KALE'ye teşekkür ederim.

Araştırmanın izleme aşamalarında öneriler ve eleştirilerde bulunarak araştırmaya katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER'e ve Sayın Prof. Dr. Hayri ERTAN ile savunma jürisi esnasındaki değerli eleştiri ve değerlendirmeleri için Sayın Yrd. Doç. Dr. Ayhan Taner ERDOĞAN ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan KATIRCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma için gerekli olan gönüllü katılımcılara ulaşmamda bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Gülsün AYDIN, Yrd. Doç. Dr. Barış GÜROL, Yrd. Doç. Dr. Süleyman MUNUSTURLAR, Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KÖSE, Yrd. Doç. Dr. Müge AKYILDIZ MUNUSTURLAR, Araş. Gör. Dr. Elvin O. GÜNGÖR, Uzm. Öğrt. Dr. Halil Orbay ÇOBANOĞLU, Öğr. Gör. Ahmet USLU, Öğr. Gör. Evrensel HEPER, Öğr. Gör. Ahmet ŞENER, Uzm. Hakan SİVRİSERVİ, Ansay HIZAL, Nurullah ÇİTPIŞ, Mustafa GÜNEŞ ve adını yazamadığım tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

İstatistiksel analizlerde yapmış olduğu çok değerli yönlendirmeleri için Sayın Araş. Gör. Duygu AYDIN HAKLI'ya teşekkür ederim.

Doğduğum günden beri her zaman yanımda olan ve her anımda bana desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve canımdan çok sevdiğim ablalarıma sonsuz teşekkürlerimi, dünyanın en güzel üç kızı olan yeğenlerime de (☺) en derin ve karşılıksız sevgilerimi sunarım.

Araştırma boyunca destek, ilgi ve sabırlarını esirgemeyen ve minnettar olduğum değerli katılımcı arkadaşlarıma tümüne teşekkürlerin en büyüğünü sunarım.

Celil KAÇOĞLU

Eskişehir, 2015

CANIM ANNEME

ALT BEDEN ELEKTROMYOSTİMÜLASYON ANTRENMANI ve DETRAINING'İN PERFORMANSA ETKİLERİ

ÖZET

Elektromyostimülasyon (EMS), kas ya da sinir bölgelerine dışsal olarak uygulanan elektriksel akımlarla kassal aktivasyon elde etme ve bu yolla istemli olarak aktive edilmesi zor olan hızlı motor ünitelerin yavaş motor ünitelerle beraber senkronize katılımıyla antrene edilerek sportif performansta fonksiyonel artışlar elde etme amaçlı kullanılan konvansiyonel olmayan bir antrenman metodudur. Bu çalışmanın amacı 6 haftalık alt beden EMS antrenmanının ve takip eden 4 haftalık detraining periyodunun performansa etkilerini araştırmaktır. Çalışmada yarışmacı sporcu olmayan fiziksel olarak aktif 38 gönüllü katılımcı (yaş: 21.5 ± 2.5 yıl, boy uzunluğu: 175 ± 6.5 cm, vücut ağırlığı: 67.7 ± 7.7 kg, beden kütle indeksi: 21.7 ± 1.9 kg/m², vücut yağ yüzdesi: $\%14.4 \pm 5.3$) EMS grubu (EG, n=16) ve istemli grup (İG, n=22) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Antrenman öncesi, sonrası ve detraining sonrası antropometrik ve vücut yağ yüzdesi ölçümleri, skuat ve aktif sıçrama, 40m sprint, izokinetik kuvvet (60, 180 ve 300°·s⁻¹ açısız hızlarda diz ekstansiyon-fleksiyonu), anaerobik güç ve kapasite testleri yapılmıştır. EG, 6 hafta boyunca haftanın 2 günü 110-120° diz eklem açısı aralığında maksimal istemli izometrik kasılmalarla senkronize olacak şekilde baldır, uyluk ve kalça bölgesi majör kaslar üzerine yerleştirilen şerit elektrotlar aracılığıyla uygulanan EMS antrenmanına katılmıştır. İG ise EG grubuyla aynı uygulamayı EMS olmadan yapmıştır. Takip eden detraining süreci boyunca katılımcıların hiçbiri herhangi bir alt beden egzersizine katılmamıştır. Antrenman öncesi, sonrası ve detraining sonrası yapılan test ve ölçümler arasında fark olup olmadığı tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analiziyle incelenmiştir. Normal dağılım göstermeyen verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. ANOVA testi sonucunda anlamlı fark gösteren ortalamaların belirlenmesinde post-hoc testlerinden LSD (En küçük önemli fark) testi kullanılmıştır. Antrenman süreci ve bunu takip eden detraining sonrası skuat sıçramada gruplararası ($p=0.043$) ve grup içi ($p=0.034$) anlamlı fark bulunmuştur. Antropometrik ve vücut yağ yüzdesi ölçümleri, aktif sıçrama, 40m sprint, 60, 180 ve 300°·s⁻¹ açısız hızlarda sağ ve sol diz ekstansiyon ve fleksiyon izokinetik kuvveti, anaerobik güç ve kapasite değişkenlerinde ise gruplararası istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Bu bulgular skuat sıçrama haricindeki diğer tüm değişkenler açısından 6 haftalık alt beden EMS antrenmanının ve 4 haftalık detrainingin performansa etkisi olmadığını göstermiştir. Sonuç olarak maksimal izometrik kasılmalar üzerine maksimal tolere edilebilen akım şiddetinde uygulanan alt beden EMS antrenmanının yarışmacı sporcu olmayan fiziksel olarak aktif bireylerde konvansiyonel antrenmanlardan daha etkili olmadığı ve farklı protokollerle daha ayrıntılı çalışmalara gereksinim olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektromyostimülasyon, detraining, sprint, anaerobik performans, sıçrama, izokinetik kuvvet

THE EFFECTS of LOWER BODY ELECTROMYOSTIMULATION TRAINING and DETRAINING on PERFORMANCE

ABSTRACT

Electromyostimulation (EMS), is the electrical current applied externally muscle or nerve area to get muscle activation for the synchronous recruitment of fast motor units with slow motor units, which hard to be activated in voluntary contraction and unconventional training method used for the purpose of obtaining functional increases in athletic performance. The purpose of this study was to investigate of the effects of a six-week lower body EMS training and a following four-week detraining on performance. Physically active but non-competitive volunteered 38 participants [age: 21.5 ± 2.5 year, body height: 175 ± 6.5 cm, body weight: 67.7 ± 7.7 kg, body mass index: 21.7 ± 1.9 kg/m², body fat percent: $14.4 \pm 5.3\%$] was divided into two groups as EMS group (EG, n=16) and voluntary group (IG, n=22). Pre-, post-training, and post-detraining anthropometric measurements, squat and countermovement jump, 40m sprint, isokinetic strength (knee extension-flexion at 60, 180 and 300°.s⁻¹ angular velocities), anaerobic power and capacity were tested. EG participated a six week, two days a week EMS training with self-adhesive bands attached to major muscles of upper and lower leg and buttocks. It was synchronously adjusted to maximal voluntary isometric contractions with at the knee joint angle of 110-120°. EG participated the same training application without EMS. Nobody from the groups participated to lower body exercises during the detraining period. The differences among pre-, post-training, post detraining tests and measurements were tested with two way variance analysis. Logarithmic transformation was conducted on data baseline that violated of normality assumption. LSD (Least Significant Difference) post hoc test was used to the significant difference in ANOVA. There was a significant difference in training and detraining period between the groups ($p=0.043$) and within the groups ($p=0.034$) related to squat jumps. There were no significant differences between two groups in anthropometric and body fat percent measurements, countermovement jump, 40m sprint, left and right knee extension and flexion isokinetic strength values at 60, 180, and 300°.s⁻¹ angular velocities, anaerobic power and capacity. These findings proved that the 6-week lower body EMS training and 4-week detraining were ineffective training period to the performance variables except squat jump. In conclusion, the findings indicated that lower body EMS training with maximal isometric contractions including maximally tolerated current intensity, applied to non-competitive physically active individuals, is not more effective than the conventional training. There are necessities for more comprehensive and detailed studies with different protocols.

Keywords: Electromyostimulation, detraining, sprint, anareobic performance, jumping, isokinetic strength

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZGEÇMİŞ	i
TEZ SÜRESİNCE KONUYLA İLGİLİ YAPILAN BİLİMSEL YAYINLAR	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
GİRİŞ ve AMAÇ	1
Giriş	1
Amaç	2
Problem	2
Denenceler	2
Sınırlılıklar	4
Varsayımlar	5
Tanımlar	5
Önem	6
KAYNAK BİLGİSİ	8
EMS'nin Kimyasal Mekanizması	10
<i>Aksiyon Potansiyeli</i>	11
<i>Elektriksel Akımların Şiddet-Süre Eğrisi</i>	13
EMS'nin Fizyolojik Mekanizması	14
EMS'nin Nöral Mekanizması	16
EMS Parametreleri ve Düzenlemeleri	20
<i>Genlik</i>	22
<i>Genlik Yükseliş ve Düşüş Zamanı</i>	23
<i>Frekans</i>	23
<i>Atım Süresi</i>	26
<i>İş Zamanı</i>	27
<i>Elektrotlar</i>	27

GEREÇ ve YÖNTEM	30
Araştırma Grubu	30
Veri Toplama Araçları	30
<i>Antropometrik Ölçüm Araçları</i>	30
<i>Vücut Yağ Yüzdesi Ölçüm Aracı</i>	31
<i>Sıçrama Ölçüm Aracı</i>	32
<i>Sprint Koşusu Ölçüm Araçları</i>	33
<i>İzokinetik Kas Kuvveti Ölçüm Aracı</i>	33
<i>Anaerobik Güç ve Kapasite Ölçüm Aracı</i>	34
<i>Saha ve Laboratuvar Koşulları Ölçüm Aracı</i>	34
Araştırmanın Deseni	35
EMS Antrenmanı	36
Verilerin Toplanması	39
<i>Antropometrik Ölçümler</i>	39
<i>Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümü</i>	41
<i>Sıçrama Yüksekliği Ölçümleri</i>	41
<i>Sprint Koşu Testi</i>	41
<i>İzokinetik Kas Kuvveti Ölçümü</i>	42
<i>Anaerobik Güç ve Kapasite Testi</i>	42
Verilerin Analizi	43
BULGULAR ve TARTIŞMA	44
Bulgular	44
<i>Antropometri Ve Vücut Yağ Yüzdesi Bulguları</i>	45
<i>Sıçrama Bulguları</i>	50
<i>40m Sprint Koşu Süresi Bulguları</i>	52
<i>İzokinetik Kuvvet Bulguları,</i>	54
<i>Anaerobik Güç Ve Kapasite Bulguları</i>	66
Tartışma	68
<i>Antropometrik ve Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümlerindeki Değişimler</i>	69
<i>Sıçrama Parametrelerindeki Değişimler</i>	74
<i>40 Metre Sprint Koşu Süresindeki Değişimler</i>	81
<i>İzokinetik Kuvvet Parametrelerindeki Değişimler</i>	84
<i>Anaerobik Güç ve Kapasitedeki Değişimler</i>	89
SONUÇ ve ÖNERİLER	91

Sonuç	91
Öneriler	92
KAYNAKLAR	93
EKLER	110
EK-1 Etik Kurul Onayı	111
EK-2 Doktora Tez Veri Kayıt Formu	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL NO ve ADI	SAYFA	
Şekil 1	Bir sinir membranı içi ve dışının üç durumda pozitif ve negatif iyon dağılımı	11
Şekil 2	Bir aksiyon potansiyeli	12
Şekil 3	Lapicque modeli	14
Şekil 4	Henneman'ın motor nöron katılımında boyut prensibi	15
Şekil 5	EMS ve İKA'ların kaynağını karşılaştıran afferent girdi modeli	17
Şekil 6	H-Refleks arkı ve M-dalgası	18
Şekil 7	H-Refleksi, M-Dalgası, Mmax ve V-dalgası potansiyelleri	19
Şekil 8	V-Dalgası	19
Şekil 9	Monofazik akım, bifazik akım ve polifazik akım	21
Şekil 10	Dalga formlarının şekilleri	22
Şekil 11	EMS' de kullanılan bifazik ve kesikli akımların karşılaştırılması	24
Şekil 12	Modüle edilmemiş bifazik akım, Rus akımı, modifiye atım serili bifazik akıma bir örnek	26
Şekil 13	İş zamanı kavramının hesaplanması	27
Şekil 14	İş zamanı, akım süresi ve dinlenme süresi	27
Şekil 15	<i>Quadriceps</i> kası motor noktalarının konumları	28
Şekil 16	Sabit stadiometre	31
Şekil 17	Laboratuvar baskülü	31
Şekil 18	Deri kıvrım kaliperi, antropometrik mezura ölçüm aracı	31
Şekil 19	Vücut kompozisyon analizörü	32
Şekil 20	Sıçrama ölçüm cihazı	32
Şekil 21	Telemetrik kronometre sistemi	33
Şekil 22	İzokinetik kuvvet ölçüm cihazı	33
Şekil 23	Anaerobik güç ve kapasite ölçüm sistemi	34
Şekil 24	Nem/sıcaklık ölçer	34
Şekil 25	Araştırma protokolünün şematik gösterimi	36
Şekil 26	Alt beden elektromyostimülasyon ekipmanları	37
Şekil 27	Görsel anagol skala	37

Şekil 28	AB-EMS antrenman protokolü	38
Şekil 29	Katılımcıların baldır çevresi ortalamaları	46
Şekil 30	Katılımcıların uyluk çevresi ortalamaları	47
Şekil 31	Katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı ortalamaları	48
Şekil 32	Katılımcıların uyluk deri kıvrım kalınlığı ortalamaları	49
Şekil 33	Katılımcıların VYY ortalamaları	50
Şekil 34	Katılımcıların skuat sıçrama yükseklikleri ortalamaları	51
Şekil 35	Katılımcıların aktif sıçrama yükseklikleri ortalamaları	52
Şekil 36	Katılımcıların 40m sprint dereceleri ortalamaları	53
Şekil 37	Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları	55
Şekil 38	Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları	56
Şekil 39	Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları	57
Şekil 40	Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları	58
Şekil 41	Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları	59
Şekil 42	Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları	60
Şekil 43	Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları	61
Şekil 44	Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları	62
Şekil 45	Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları	63
Şekil 46	Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları	64
Şekil 47	Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları	65
Şekil 48	Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları	66
Şekil 49	Katılımcıların anaerobik güç değerleri ortalamaları	67
Şekil 50	Katılımcıların anaerobik kapasite değerleri ortalamaları	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE NO ve ADI	SAYFA
Çizelge 1	Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri 30
Çizelge 2	EMS parametreleri 38
Çizelge 3	Katılımcıların ön ölçüm, ön test değerleri ve gruplar arasındaki anlamlılık düzeyleri 44
Çizelge 4	Katılımcıların baldır çevresi ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları 45
Çizelge 5	Katılımcıların baldır çevresi tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri 45
Çizelge 6	Katılımcıların uyluk çevresi ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları 46
Çizelge 7	Katılımcıların uyluk çevresi tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri 46
Çizelge 8	Katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları 47
Çizelge 9	Katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri 47
Çizelge 10	Katılımcıların uyluk deri kıvrım kalınlığı ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları 48
Çizelge 11	Katılımcıların uyluk deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri 48
Çizelge 12	Katılımcıların VYY ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları 49
Çizelge 13	Katılımcıların VYY tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri 49
Çizelge 14	Katılımcıların skuat sıçrama ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları 50
Çizelge 15	Katılımcıların skuat sıçrama tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri 50
Çizelge 16	Katılımcıların aktif sıçrama ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları 51
Çizelge 17	Katılımcıların aktif sıçrama tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri 52
Çizelge 18	Katılımcıların 40m sprint ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları 52

Çizelge 19	Katılımcıların 40m sprint tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	53
Çizelge 20	Katılımcıların $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları	54
Çizelge 21	Katılımcıların $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	54
Çizelge 22	Katılımcıların $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet değişkeninin ön test, ara test ve son test sonuçları	56
Çizelge 23	Katılımcıların $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	56
Çizelge 24	Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları	58
Çizelge 25	Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	58
Çizelge 26	Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları	60
Çizelge 27	Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	61
Çizelge 28	EG ve İG'nin $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları	62
Çizelge 29	Katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	63
Çizelge 30	Katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları	64
Çizelge 31	Katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	65
Çizelge 32	Katılımcıların anaerobik güç ön test, ara test ve son test sonuçları	66
Çizelge 33	Katılımcıların anaerobik güç tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	67

Çizelge 34	Katılımcıların anaerobik kapasite ön test, ara test ve son test sonuçları	67
Çizelge 35	Katılımcıların anaerobik kapasite tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri	68

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Amper
AG	: Anaerobik güç
AK	: Anaerobik kapasite
AB-EMS	: Alt beden elektromyostimülasyon
AÖB	: Ataletsel ölçüm ünitesi
AS	: Aktif sıçrama
BA	: Bifazik akım
BİA	: Biyoelektrik impedans analizi
BKİ	: Beden kitle indeksi
D	: Atım süresi
dk	: Dakika
DOMS	: Gecikmiş kas ağrısı
EG	: Elektromyostimülasyon grubu
EB	: Etki büyüklüğü
EMG	: Elektromyografi
EMS	: Elektromyostimülasyon
Gs	: Elektriksel alan eşiği
Hz	: Hertz
Is	: Akım
İG	: İstemli izometrik grup
İKA	: İstemli kasılma
kHz	: Kilohertz
kcal	: Kilokalori
KT	: Kare toplamları
mA	: Miliamper
MASOFBA	: Modifiye atım serili orta frekans bifazik akım
MİİK	: Maksimal istemli izometrik kasılma
Mmax	: Maksimum M-dalgası
mV	: Milivolt
MAZ	: Miyozin ağır zincir
Nm	: Newton metre
Ort	: Ortalama
s	: Saniye

SD	: Serbestlik derecesi
SS	: Skuat sıçrama
Ss	: Standart sapma
Vs	: Voltaj
VYY	: Vücut yağ yüzdesi
WAnT	: Wingate anaerobik test
W.kg ⁻¹	: Watt/kilogram
μA	: Mikroamper
μs	: Mikrosaniye
°.s ⁻¹	: Derece/saniye
Ω	: Ohm

GİRİŞ ve AMAC

Giriş

Elektromyostimülasyon (EMS), deri üzerinden kas ya da sinir bölgelerine uygulanan elektriksel akımlarla kas aktivasyonu elde etme yöntemidir ve normal fonksiyonunu yitirmiş kaslarda rehabilitasyon ya da sağlıklı kaslarda fiziksel performans artışı sağlama amaçlı olarak kullanılmaktadır (Cardinale ve ark., 2010; Seyri ve Mafiuletti, 2011; Gregory ve Bickel, 2005).

Bölgesel EMS uygulamalarının sporcularda ve sağlıklı bireylerde nöromusküler parametreler üzerinde pozitif etkileri olduğunu gösteren çalışmalar olmasına rağmen birden fazla eklemi içeren alt beden elektromyostimülasyonun (AB-EMS) sportif performans üzerindeki etkileri konusunda bir araştırmaya literatürde ihtiyaç duyulmaktadır ve bu antrenman teknolojisinin sağlıklı bireylerde uygulanabilirliği, kabul edilebilirliği ve sahaya dönük etkileri de önem taşımaktadır (Kemmler ve ark., 2010a).

EMS hakkındaki mevcut bilgiye dayanarak yapılacak antrenman önerisi temel olarak tatmin edici değildir. EMS antrenmanlarının kuvvet gelişimi sağladığını belirten araştırmaların çoğunluğu tek eklem antrenmanları ile yapılmış çalışmalardır. Bilateral çoklu eklem alt beden performans gelişimine yönelik EMS çalışmaları oldukça sınırlıdır. Porcari ve ark. (2002)'nin yaptıkları çalışmanın sonuçları çoklu eklem içeren dinamik kasılmalar üzerine uygulanan EMS antrenmanlarının antropometrik ölçümlere, kuvvet ve fiziksel görünüme etkisinin olmadığını göstermiştir. Sportif amaçlı EMS kullanımından beklentiler daha ayrıntılı çalışmalarla araştırılmalıdır (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006). EMS'de çok farklı protokoller kullanılmaktadır. Bu farklı protokoller, atım süresi (mikrosaniye, μ s), frekans (Hertz, Hz), uygulama süresi (saniye, s), aktivasyon genliği (miliamper, mA) gibi parametrelerin çeşitli şekillerde kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır (Dudley ve Stevenson, 2008).

EMS antrenmanı sonucu supraspinal merkezlerden sinirsel sürüş miktarında artış olduğu belirtilmektedir. Bunun yanında genel izometrik kasılmalar sırasında yüksek şiddetli uygulanan EMS motor koordinasyonu bozabilmektedir. EMS antrenmanı sonrası merkezi sinir sisteminde, sıçrama performansı gibi önceden programlanmış kas uyarım kalıplarının gecikmiş optimizasyonu performans gelişimini geciktirir (Malatesta ve ark., 2003; Mafiuletti ve ark., 2002b; Seyri ve Mafiuletti, 2011). Bu nedenle bu çalışmada EMS antrenmanı sonrasında gecikmiş adaptasyon etkisini de araştırmak için detraining süreci verilmiştir.

Bu araştırmada temel uygulama alanı olan ayarlanabilir elektriksel akımlar uygulayabilen EMS teçhizatlarıyla çoklu eklem EMS ile uygulama süresinin düşürülmesi, uygulama yöntemi olarak belirlenen ve etki bakımından üzerinde farklı görüşler olan izometrik kasılmalar üzerine uygulanan çoklu eklem EMS tekniği kullanılarak antrenmanların yapılması ile mevcut bilgilere göre EMS'nin var olan sınırlılıklarıyla netlik kazanmamış bazı noktalarına açıklık getirmek, sporsal aktivitelerin ihtiyaç duyduğu patlayıcılık gibi hızlı kasılan liflerin gerekli olduğu aktivitelerin fonksiyonel şekilde bireylere kazandırılması hedeflenmiştir.

Bu hedeflerden hareketle bu çalışmanın amacı; sağlıklı bireylerde AB-EMS antrenmanının ve sonrasındaki detraining'in belirli performans, antropometri ve vücut yağ yüzdesi parametrelerine etkilerini incelemektir.

Amaç

Bu çalışmanın amacı 6 haftalık AB-EMS antrenmanı ve bunu takip eden 4 haftalık detraining sürecinin belirli performans, antropometri ve vücut yağ yüzdesi değişkenlerine etkilerini incelemektir.

Problem

1. Altı hafta AB-EMS antrenmanının performans, antropometri ve vücut yağ yüzdesi değişkenlerine etkisi var mıdır?
2. Altı hafta AB-EMS antrenmanı takip eden 4 hafta detraining sürecinin performans, antropometri ve vücut yağ yüzdesi değişkenlerine etkisi var mıdır?

Denenceler

1. Altı hafta AB-EMS antrenmanının antropometrik değişkenlere etkisi vardır.
 - 1.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanının baldır çevresine etkisi vardır.
 - 1.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanının uyluk çevresine etkisi vardır.
 - 1.3. Altı hafta AB-EMS antrenmanının baldır deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır.
 - 1.4. Altı hafta AB-EMS antrenmanının uyluk deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır.
2. Altı hafta AB-EMS antrenmanının vücut yağ yüzdesine etkisi vardır.
3. Altı hafta AB-EMS antrenmanının sıçramaya etkisi vardır.
 - 3.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanının skuat sıçramaya etkisi vardır.
 - 3.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanının aktif sıçramaya etkisi vardır.
4. Altı hafta AB-EMS antrenmanının 40m sprinte etkisi vardır.
5. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik diz kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sağ diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sağ diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.3. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sol diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.4. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sol diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.5. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sağ diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.6. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sağ diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.7. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sol diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.8. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sol diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
 - 5.9. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açışal hızda sağ diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.

- 5.10. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 5.11. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 5.12. Altı hafta AB-EMS antrenmanının izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
6. Altı hafta AB-EMS antrenmanının anaerobik performansa etkisi vardır.
- 6.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanının anaerobik güce etkisi vardır.
- 6.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanının anaerobik kapasiteye etkisi vardır.
7. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin antropometrik değişkenlere etkisi vardır.
- 7.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin baldır çevresine etkisi vardır.
- 7.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin uyluk çevresine etkisi vardır.
- 7.3. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin baldır deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır.
- 7.4. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin uyluk deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır.
8. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin vücut yağ yüzdesine etkisi vardır.
9. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin sıçramaya etkisi vardır.
- 9.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin skuat sıçramaya etkisi vardır.
- 9.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin aktif sıçramaya etkisi vardır.
10. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin 40m sprinte etkisi vardır.
11. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik diz kuvvetine etkisi vardır.
- 11.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.3. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.4. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.5. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.6. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.7. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.8. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.

- 11.9. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.10. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.11. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon kuvvetine etkisi vardır.
- 11.12. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin izokinetik $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır.
12. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin anaerobik performansına etkisi vardır.
- 12.1. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin anaerobik güce etkisi vardır.
- 12.2. Altı hafta AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sürecinin anaerobik kapasiteye etkisi vardır.

Sınırlılıklar

1. Bu araştırma Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören 18-26 yaş aralığındaki sağlıklı, fiziksel olarak aktif, yarışmacı sporcu olmayan ve düzenli fiziksel aktivite yapmayan kadın (n=9) ve erkek (n=29) toplam 38 katılımcı ile sınırlandırılmıştır.
2. Bu araştırma maksimal izometrik kasılmalar sırasında uyluk, baldır ve kalça bölgesi kaslarına uygulanan elektriksel uyarımlarla sınırlandırılmıştır.
3. Bu araştırmanın antropometrik ölçümleri baldır ve uyluk çevre ölçümleri, baldır ve uyluk deri kıvrım kalınlığı ölçümleriyle sınırlandırılmıştır.
4. Bu araştırmanın vücut yağ yüzdesi ölçümleri bioelektrik impedans analizi yöntemiyle yapılan ölçümlerle sınırlandırılmıştır.
5. Bu araştırmanın izokinetik diz kuvvet testi 60, 180 ve $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızlarda konsantrik/konsantrik, ekstansiyon/fleksiyon maksimal 5 tekrardan elde edilen ortalama zirve tork değerleriyle sınırlandırılmıştır.
6. Bu araştırmanın sıçrama test ölçümleri skuat ve aktif sıçrama ile sınırlandırılmıştır.
7. Bu araştırmanın sprint testi 40m sprint koşu testi ile sınırlandırılmıştır.
8. Bu araştırmanın anaerobik güç (AG) ve kapasite (AK) testi bisiklet ergometresinde yapılan 30s süreli Wingate anaerobik test (WAnT) ile sınırlandırılmıştır.
9. Bu araştırma sırasında EMS'nin etki edebileceği koaktivasyon faktörü göz önüne alınarak çalışma izometrik istemli kasılmalar (İKA) ile sınırlandırılmıştır.
10. AB-EMS'li istemli izometrik ve AB-EMS'siz istemli izometrik antrenmanlar 6 hafta, haftada 2 antrenman ve $110-120^{\circ}$ diz eklem açısıyla sınırlandırılmıştır.
11. Bir birim antrenman bir tekrarı 5s maksimal istemli kontraksiyon ve sonrasında 10s pasif dinlenmelerden oluşan, 20'şer tekrarlı 3 set, setlerarası 5dk dinlenmeli toplam 25dk'da 60 tekrarın yapıldığı antrenmanla sınırlandırılmıştır.
12. Ölçüm ve test süreci 6 hafta AB-EMS antrenman sürecin öncesinde, sonrasında ve AB-EMS antrenmanını takip eden 4 hafta detraining sonrasında olmak üzere 3 defa olacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Varsayımlar

1. Tüm katılımcılar çalışma öncesi açıklanan çalışma süresince uygulanması gerekenleri, ölçüm ve testlerde uyulması gerekenleri eksiksiz olarak anlamışlardır.
2. Katılımcılar ölçümler ve antrenmanlar sırasında maksimal efor sergilemişlerdir.
3. Çalışma süresince katılımcılar herhangi bir ekstra alt beden egzersizine katılmamışlardır.

Tanımlar

Deri Kıvrım Kalınlığı: Deri ve deri altı adipoz dokunun, derinin doğal kavisine göre iki kat olacak şekilde iki parmak yardımıyla kas dokusundan ayrılarak iki kat şeklinde ölçülen kalınlık miktarı

Çevre Ölçümü: Kol, göğüs, bel gibi vücut bölümlerinin çevresinin esnek olmayan bir mezurayla dokulara baskı uygulamadan yapılan ölçümü

Vücut Yağ Yüzdesi: Vücuttaki toplam yağ miktarının vücut ağırlığına göre yüzdesi

Skuat Sıçrama: Komi ve Bosco (1978), Bosco ve Komi (1979) ve (1980), Picerno ve ark. (2011)'nin belirtmiş olduğu gibi ayaklar frontal düzlemde omuz genişliğinde abduksiyonda, diz eklemi sagittal düzlemde bilateral 90° fleksiyonda, gövde frontal düzlemde öne doğru hafif fleksiyonda ve gergin olacak şekildeki pozisyonun yaklaşık 1s korunmasından sonra aşağı yönlü bir hareket olmaksızın dikey yönlü yapılan maksimal sıçrama

Aktif Sıçrama: Komi ve Bosco (1978), Bosco ve Komi (1979) ve (1980)'nin belirtmiş olduğu gibi ayaklar frontal düzlemde omuz genişliğinde abduksiyondaki ayakta duruş pozisyonundan, aşağı yönlü bir skuat hareketini takip eden ve duraklama olmaksızın akıcı bir şekilde dikey yönlü yapılan maksimal sıçrama

Sprint Koşusu: Doğrusal bir şekilde vücudun sergilediği en hızlı koşu

İzokinetik Kuvvet: Murray ve ark. (1980), Braddom (2010) ve Şahin (2010)'e göre eklem hareket açısının sabit olduğu kasılma sırasında belirli bir açısal hızda üretilen maksimal tork ya da dönme moment değeri

Anaerobik Güç: 30s'lik Wingate testi sırasında testin ilk 5s'lik diliminde ortaya konan maksimal güç

Anaerobik Kapasite: Wingate testinde 30s süresince sergilenen ortalama güç

Transkutenöz: Deri üzerinden, deri yoluyla uygulanan

Süperempoze EMS: EMS'nin istemli kas kontraksiyonları sırasında uygulanması

Detraining: Fleck ve Kraemer (2014)'e göre antrenmanı bırakma, Jenkins (2005)'e göre antrenmanlar sonucu ortaya çıkan adaptasyonların, antrenman uyarısının eksikliği ya da yetersizliğine yanıt olarak kısmen ya da tamamıyla kaybedilmesi

Önem

Sporda performans gelişimi sağlamak için yenilikçi antrenman metotlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Uzun bir geçmişe sahip olan elektriksel uyarım yönteminin ilk uygulamaları olan, normal fonksiyonunda düşüş olan kasların kuvvet kayıplarını gidermeye yönelik rehabilitasyon amaçlı kullanımının etkileri doğrultusunda sağlıklı bireylerde sportif performansı geliştirme amaçlı olarak da çok farklı uygulamalarla popülerlik kazanmıştır. EMS'nin kuvvet artışı sağladığı fenomeninin etkisiyle son 30 yılda sağlıklı bireyler üzerinde sportif performansı arttırma amaçlı olarak yapılan EMS çalışmalarında büyük artışlar olmuştur. Bunun sonucunda performansın geliştirilmesi konusunda EMS antrenmanları farklı spor dallarında yaygın olarak ilgi görmeye başlayan yeni bir antrenman metodu olmuştur. Ancak, antrenman protokollerinin ve uygulama yöntemlerinin farklılığı, sonuçların da farklılıklar göstermesine neden olmaktadır. Buna rağmen teorik olarak EMS ile kısmen ya da tamamıyla nöromusküler adaptasyonun mümkün olabileceği görülmektedir.

İstemli kasılmalara göre hızlı kasılan motor üniteleri daha kolay aktive etmesi EMS'nin en büyük avantajı olarak görülmektedir. Hızlı motor ünite aktivasyonlarının istemli olarak aktive edilmesi yavaş motor ünitelere göre daha zordur. İstemli kasılma sırasında motor ünite aktivasyonu seçiciyken EMS sırasında hızlı ve yavaş motor ünitelerin senkron aktivasyonu söz konusudur. Bu şekilde EMS ile hızlı motor ünitelerin istemli aktivasyonunu kolaylaştırmak amaçlanır.

Hedef kas odaklı EMS uygulamalarının sporcularda ve sağlıklı bireylerde nöromusküler parametreler üzerinde pozitif etkileri olduğunu gösteren çalışmalar olmasına rağmen çoklu eklem EMS'nin performans üzerine etkileri konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. İstemli kasılmalar ve EMS sonucu elde edilen fizyolojik etkiler birbirinden ayrılmakla birlikte alt bedene uygulanan çoklu eklem EMS'nin etkileri konusunda bir netlik yoktur. Fakat spora özgü istemli antrenmanlar ile kombine uygulanan EMS uygulamalarının motor faktörler ve kompleks hareketler üzerine pozitif etkileri olduğunu gösteren araştırmalar mevcuttur. Bununla beraber EMS hakkındaki mevcut bilgiye dayanarak yapılacak antrenman önerisinin temel olarak tatmin edici olmadığı söylenebilir. Sportif antrenmanlarda EMS kullanımından beklentiler daha ayrıntılı çalışmalarla araştırılmalıdır. Bölgesel EMS uygulamalarının sporcularda ve sağlıklı bireylerde nöromusküler parametreler üzerinde pozitif etkileri olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi etkisi olmadığını belirten çalışmalar da vardır. Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda alt beden bilateral çok eklemli izometrik istemli kasılmalarla senkron EMS'nin performans üzerindeki etkileri konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yeni antrenman teknolojisinin uygulanabilirliği ve kabul edilebilirliği konusu önem taşımaktadır. Buna rağmen farklı uygulama protokolleriyle farklı sonuçların elde edildiği çalışmaların sayısı literatürde oldukça fazladır. Bu farklılıklar nedeniyle elektriksel kas uyarımı antrenman metotları konusunda ortak bir görüş bulunmamaktadır. Çünkü farklı elektriksel akım parametreleri, farklı protokollerle ve farklı uygulamalarla spor yapmayan, elit veya elit olmayan sporcularda farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ayrıca EMS'nin sinir kas iletimini önce bozduğu daha sonra antrenmana ara verilen belli bir süre sonunda iletimin normale dönerken kuvvet gelişiminin ortaya çıktığı

belirlenmektedir ve buna gecikmiş adaptasyon denmektedir. Buradan hareketle de literatürde bu araştırmada uygulanan yöntemin gecikmiş adaptasyona etkisine yönelik bir çalışmaya da raslanmamıştır. Bu noktada yapılan araştırmalar sonucunda mevcut çalışmalar arasında izometrik bilateral çok eklem içeren bir elektriksel uyarım antrenman sürecinin sportif performansa ve takip eden detraining sürecinin gecikmiş adaptasyon etkilerinin incelendiği bir çalışmanın eksikliği hissedilmiştir. Bunun yanında EMS'nin performansa etkilerine yönelik çalışmaların çoğunluğunda bilateral ya da ünilateral tek eklem EMS içerirken çoklu eklem, bilateral ve izometrik bacak itme egzersizi sırasında yapılan AB-EMS antrenmanlarının performansa etkileri konusunda yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır.

Sıçrama, sprint, izokinetik kuvvet, anaerobik güç ve kapasite, antrenman ve müsabakalarda gerek duyulan önemli performans bileşenleriyken, vücut yağ yüzdesi, çevre ölçümleri ve deri kıvrım kalınlıkları da antropometrinin önemli göstergelerindedir. Bu parametrelerin konvansiyonel olmayan yenilikçi antrenman modelleriyle geliştirilme çabası sportif performans alanında araştırılmamış bazı noktalara açıklık getirmeye ve bu yöntemin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olması ve bunun sonucunda da EMS antrenmanlarının bilimsel anlamda eksik yönlerinin anlaşılması yolunda bilimsel literatürde yerini alması düşünülmüştür. Buna göre bu çalışmanın amacı bu sınırlılıkları aşmak, literatürdeki eksikliği gidermek ve bu şekildeki bir protokolün performansa ve gecikmiş adaptasyon etkilerini ortaya koymak için alt beden elektromyostimülasyon antrenmanının ve detraining'in sportif performansa etkilerinin araştırılmasıdır. Araştırmanın ortaya koyduğu bulguların bu konuda yapılacak diğer araştırmalara yardımcı olması ve bu şekilde sporda elektromyostimülasyon alanında araştırma yapmak isteyenlere, antrenör ve sproculara yol gösterici olabilecek yeni bir uygulama şekli olarak literatürde yerini alması planlanmıştır.

KAYNAK BİLGİSİ

Deri üzerinden kas dokusu ya da motor noktalara elektrotlar aracılığıyla, kas içi sinir dallarına, ağrı oluşturmayacak şiddette uygulanan elektriksel akımlarla nöromusküler sistemde yapay bir kontraktıl aktivite oluşturmanın mümkün olabileceği 18. yüzyıldan beri bilinmektedir (Bax ve ark., 2005; Feiereisen ve ark., 1997; Seyri ve Maffiuletti, 2011; Vanderthommen ve Duchateau, 2007). EMS son 20 yıldır öncelikle rehabilitasyon amaçlı olarak immobilizasyona bağlı atrofiyi azaltma, sakatlık ve operasyon sonrası dönemde kas kuvvetini koruma ve kuvvet kayıplarını geri kazanma yöntemi olarak kullanılmaktadır ve bu alanlarda istemli kasılmaya göre daha etkilidir (Lake, 1992; Snyder-Mackler ve ark., 1994). Bunun yanı sıra Lieber ve ark. (1996) çapraz bağ ameliyatı sonrası zayıflayan kasta aynı şiddette uygulanan EMS ve istemli antrenmanların benzer etkiye sahip olduğunu belirlemiştir. Genel görüş daha az aktif olan kaslarda EMS'nin daha etkili olduğudur (Garhammer, 1983). Bunun yanında spor alanında konvansiyonel kuvvet antrenman metotlarını destekleyici yenilikçi bir antrenman yöntemi olarak popülerlik kazanmasının yanında çok geniş klinik amaçlı kullanım alanları da bulunmaktadır (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006; Seyri ve Maffiuletti, 2011).

Teknolojideki son ilerlemeler ve yenilikçi alternatif egzersiz yöntemleri geliştirme ihtiyacı konvansiyonel direnç antrenmanlarına benzer bir şekilde iskelet kasında uyarıya yol açan çeşitli konvansiyonel olmayan sistemlerin kullanımını son birkaç yıldır artmıştır. Yapay olarak kas ve sinir aktivasyonu elde etme yöntemi olan EMS özellikle elit sporcuların sakatlık sonrası rehabilitasyonlarında ve rehabilitasyon sonrasında kas hareketinin yeniden eğitiminde, uzun süren hareketsizlik dönemlerinde kas kütlesi ve kuvvetinin devamlılığını sağlamada, kas aktivasyonunu kolaylaştırma amaçlı, iskelet-kas sistemini etkileyen yaralanma ya da rahatsızlıklardan en sık rastlananları olan birinci derece kas gerilmeleri, tendinit, omurilik yaralanmaları, ezilme, myozit ve birinci derece burkulma tedavisinde önerilmektedir. Sağlıklı bireylerde ve performans sporcularında kas kuvveti ve dayanıklılığını, kardiovasküler verimi, toparlanma hızını, kan dolaşımını, eklem hareket açısını arttırmak, ağrıyı, kas spazmlarını ve ödemi azaltmak, masaj etkisi yaratmak ve performansı maksimize etmek için kullanılmaktadır. Fakat yapılan çalışmalar halen bu tür yöntemlerin farklı popülasyonlarda nasıl kullanılabileceğini açıklama ve anlamaya çalışırken maalesef abartılmış ve yanlış bilimsel iddialara dayanan ve ticari yönde pazarlama stratejileriyle EMS'ye olan ilgi muazzam bir şekilde artış göstermiştir (Siff, 1990; Cardinale ve ark., 2010; Frontera, 2008; Seyri ve Maffiuletti, 2011; Gregory ve Bickel, 2005; Press ve Bergfeld, 2007; Ziv ve Lidor, 2010; Gulick ve ark., 2011; Herrero ve ark., 2010a; Brocherie ve ark., 2005; Maffiuletti ve ark., 2009; Maffiuletti ve ark., 2000; Blickenstorfer ve ark., 2009).

Elektrikle tedavi ve terapilerin geçmişi milattan öncelere dayanmaktadır. Antik Mısırlılar, Yunanlar ve Romalılar elektrik üreten balıkları ağrı tedavisinde kullanmışlardır. Onsekiz ve 19. yüzyıllarda bu doğal elektriksel akımlar zaman içerisinde gelişen teknolojiyle insan yapımı elektrik cihazlarıyla elde edilmeye başlanmıştır. Bu süreç birkaç farklı tarihsel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama statik elektrik akımının (Franklinizm) kullanıldığı dönemdir. Sonrasında Galvanik akım (Galvanizm) kesintisiz ve monofazik akım şeklinde deri üzerinden uygulanmıştır.

Üçüncü aşamada elektrik akımı aralıklı olarak bifazik akım (alternatif akım) şeklinde uygulanmıştır (Faradizm). Dördüncü aşama ise yüksek frekanslı akımın (Arsonvalizm) kullanıldığı aşamadır (Heidland ve ark., 2013).

Elektrik terimini 1646'da ilk kullanan Thomas Browne'den bu yana elektrik alanındaki gelişmelerle birlikte elektriksel akımların tedavi amaçlı kullanımında hızlı gelişmeler ortaya çıkmıştır (Singh, 2005; Browne, 1672). Onyedinci yüzyılın sonlarında hem Jan Swammerdam hem de Giovanni Borelli, bir kurbağa kasını uyaran sinire statik elektrik akımları uygulayarak kas kontraksiyonlarını dışsal olarak tetiklemeyi başarmalarına rağmen bunu açıklamada yetersiz kalmışlardır (Smith, 2007; Gondin ve ark., 2011b).

Tıbbi amaçlı elektrik kullanımı Petrus van Musschenbroek'in 1746'da Leyden Kavanozu olarak bilinen basit kondansatörü geliştirmesinden hemen sonra daha kolay hale gelmiş ve medikal olarak kullanım alanı bulmuştur (Beaudreau ve Finger, 2006). İtalyan fizikçi Jean Jallabert 1747'de bir hastasının paralize eline Leyden kavanozuyla elektrik stimülasyonu kullanarak uyarmış ve 3 aylık bir periyot boyunca bu uygulamaya devam etmiş ve çalışmasının sonunda gelişim elde etmiştir. Bu çalışması tedavi amaçlı elektriksel kas uyarımının başlangıcı olmuştur (Malmivuo ve Plonsey, 1995; Singh, 2005; Gondin ve ark., 2011b).

Luigi Galvani 1789 yılında evinde deneyler yaptığı sırada asistanının bir kurbağa diseksiyonunun siyatik sinirine statik elektrik yüklü metal bir neşterle dokunmasıyla bir kıvılcım ortaya çıkmış ve kurbağa bacağı güçlü şekilde kasılmıştır. Galvani bununla dışsal elektrik akımlarıyla kas kasılmalarına neden olabilecek aksiyon potansiyelleri oluşturulabileceğini ve ayrıca sinirlerin iyi birer iletken olduğunu keşfetmiş ve 1791 yılında en bilinen çalışması *the De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*'u (Kassal harekette elektrik gücünün yorumu), *De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*'de yayınlanmıştır (Geddes ve Hoff, 1971; Bresadola, 1998; Burns, 2003; Loeb, 2005; Hamid ve Hayek, 2008; Gondin ve ark., 2011b; Barr, 2015).

Galvani, kıvılcımla bir kontraksiyon tetikleme konusunda kafasında oluşan bakış açısını, çalışmasında şu şekilde özetlemiştir;

"Elektriksel atmosfer, kıvılcım aracılığıyla vurur, zorlar, titretir ve sinire ulaştığında benzer şekilde son derece hareketli bir itiş ve zorlamaya neden olarak nöromuskuler kuvvette bir hareket oluşturacak şekilde siniri uyarır." (Piccolino, 1998).

Modern elektroterapinin en önde gelen isimlerinden olan Guillaume Duchenne de Boulogne 19. yüzyılın ortalarında Faraday'in geliştirdiği faradik akımları kullanarak yüz kaslarını uyarmayı başaran ilk kişidir (Dehail ve ark., 2008; de Boulogne, 1990; Parent, 2005; Gondin ve ark., 2011b; Singh, 2012).

Nöromusküler sistemde kontraksiyon oluşturmak için gerekli elektriksel akımları oluşturmak için batarya ya da kapasitörlerin kullanılmasında yaşanan kontrol zorluğunu ortadan kaldırmak için Louis Lapicque 1907 yılında, aksiyon potansiyeli oluşturacak elektriksel akımların uygun şiddet ve süresi olarak tanımlanabilecek kronaksi ve reobaz kavramlarını ilk tanımlayan kişidir (Brunel ve van Rossum, 2007).

Elektriksel akımların rehabilitasyon ve tedavi amaçlı kullanımı üzerine yapılan araştırmalar 20. yüzyılın başlarında artmaya başlamıştır. Sportif amaçlı kullanımına olan ilginin çoğu eski Sovyetler Birliği'nde Yakov Kots'un çalışmalarından kaynaklanmıştır. Rus bilim insanı Yakov Kots 1977 yılında Concordia Üniversitesinde verdiği bir konferansta yüksek frekanslı kısa vadeli bir EMS yöntemiyle üst düzey sporcularda hızlı ve anlamlı derecede kuvvet kazanımları sağlanabileceğini iddia etmiştir (Lloyd ve ark., 1986; Strauss ve Domenico, 1986; Delitto, 2002; Ward ve Shkuratova, 2002; Parker ve ark., 2003; Yanagi ve ark., 2003; Vanderthommen ve Duchateau, 2007; Dudley ve Stevenson, 2008; Gondin ve ark., 2011b). Son 30 yıldır sağlıklı bireyler üzerinde yapılan EMS çalışmalarında büyük artışlar olmuş, çok çeşitli uygulamalar ve cihazlar üretilmiş ve bunun sonucu olarak EMS sporcular için yeni bir kuvvet antrenman metodu olarak dikkat çekmeye başlamıştır (Malatesta ve ark., 2003; Zatsiorsky, 2006).

EMS, sağlıklı kas dokusunda kuvvet gelişiminde eksantrik kasılmalar hariç istemli antrenmanlar kadar etkin olmamakla beraber antrenmansız bireylerde ya da sakatlık sonrası rehabilitasyon sürecindeki bireylerde mevcut tüm kas liflerini başarılı bir şekilde aktive etmedeki potansiyel yetersizliğin olduğu durumlarda istemli antrenmana oranla daha etkilidir (Paillard ve ark., 2005; Bax ve ark., 2005; Seyri ve Mafiuletti, 2011).

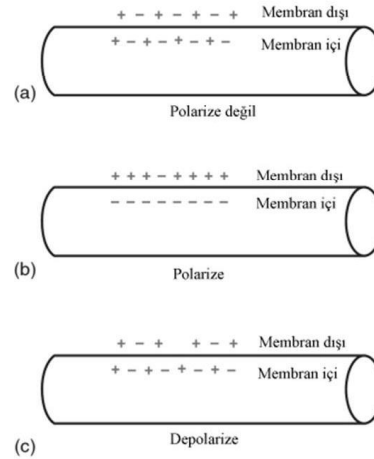
EMS ile tek kas grubunda hipertrofi ve maksimal kuvvet artışı mümkündür. Ancak bu artış için sadece EMS kullanımı çok miktarda zaman ve enerji gerektirir. Bunun yanı sıra sinir sistemindeki değişikliklere dayanan konvansiyonel istemli antrenmanlarla elde edilen kuvvet kazanımları, kaslar elektriksel olarak uyarıldığında meydana gelmemektedir (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006). Sporcular için konvansiyonel kuvvet antrenmanlarının önemli bir tamamlayıcısı olarak kabul gören EMS, özel kuvvetten ziyade genel kuvvet gelişimi için etkili olduğu belirtilmektedir (Seyri ve Mafiuletti, 2011).

EMS'nin Kimyasal Mekanizması

EMS'nin kimyasal etkisi vücuttaki iyonları hareket ettirmesidir. Uyarılabilir dokulara elektriksel bir akım uygulandığında vücuttaki pozitif yüklü iyonlar negatif kutba doğru (katod), negatif yüklü iyonlar ise pozitif kutba doğru hareket ederler (anod). Eğer uyarı aralıklıysa akışın olmadığı aralıklarda elektronlar başlangıç pozisyonlarına geri dönerler. Normal bir sinirin içindeki ve dışındaki iyon konsantrasyonu sinir membranının dışındaki birikmiş sodyum ve kalsiyum konsantrasyonu ile membran içi sıvıda birikmiş potasyum iyonlarından dolayı farklıdır. Bundan dolayı bir sinirin içi ve dışı arasında -60 ile -90 milivolt (mV) arası potansiyel fark vardır. Dinlenim halindeki bir sinirde pozitif iyonlar hücre dışındayken negatif iyonlar hücre içindedir. Dinlenik membran potansiyelinde hücre dışı sodyum konsantrasyonu hücre içi sodyum konsantrasyonundan daha fazlayken potasyum için de bunun tam tersi söz konusudur. Bunun yanında membranın potasyum geçirgenliği sodyum geçirgenliğinden daha fazladır. Çünkü membranda sodyum kapısız-kanalından daha fazla potasyum kapısız-kanalı vardır. Bu yüzden dinlenik membran potansiyeli sodyum denge potansiyeline göre potasyum denge potansiyeline çok daha yakındır. Denge potansiyeli sinirde sodyum için +60mV potasyum için ise -100mV'dir. İyon dengesi membran

boyunca yayılmış kanallardan etkilenir. Bu kanallar seçici şekilde belli iyonların geçişine izin verirken bazılarını engeller. Açık ya da kapalı halde bulunan iki tip kapı vardır. Bunlar voltaj kapılı ve kapısız kanallardır. Dinlenik potansiyelin korunmasında en büyük öneme sahip kapısız kanallar daima açıktır ve dış faktörlerden belirgin şekilde etkilenmezler. Bu geçitler sodyum ve potasyum iyonlarının pasif geçişlerine izin verirler (Nanda, 2008; Forehand, 2009; Treacy, 2013).

Uyarım olmadığında hücre membranı kutuplaşmamıştır (**Şekil 1 a**). Pozitif iyon sayısı membranın diğer tarafındaki negatif iyon sayısına eşittir. Elektriksel bir uyarıyla uyarılan bölge üzerinden plazma membranı boyunca potansiyel farkta bir düşüş meydana gelir. Bu düşüş belirli bir seviyeye ulaştığında membran sodyum iyonlarına karşı geçirgen hale gelir ve membran içi ve dışı arasında eşit olmayan iyon geçişi olur. Bundan dolayı membranda polarizasyon meydana gelir (**Şekil 1 b**). Membranın dışında negatif iyonlardan çok pozitif iyonlar, membran içinde ise pozitif iyonlardan çok negatif iyonlar vardır. Geçirgenliğin artmasıyla sodyum iyonları hücre içine hızlı bir şekilde akmaya başlar. Bu geçirgenlik hücre içindeki ve dışındaki iyon konsantrasyonunda farka neden olur. Potansiyel farktaki düşüş +25 ile +50 mV eşliğine gelene kadar polarizasyon ters yönlü olarak devam eder. Bu durumda membranın içi pozitif, dışı ise negatif yüklü olur ve buna sinirin depolarizasyonu denir (**Şekil 1 c**). Bu aktiviteden hemen sonra sodyum iyonları tekrar geri çekilirler ve uyarılmış bölüm dinlenik membran potansiyeline geri döner. Buna repolarizasyon denir. Membran potansiyellerindeki bu değişim aksiyon potansiyelidir ve aksiyon potansiyelinin oluşması için uyarının 12 mV'den büyük olması gerekir. Bu durumda sinirin aktif ve dinlenik bölümleri arasındaki potansiyel fark, aktif ve dinlenik bölümler arasında lokal elektron akışına neden olur (Nanda, 2008; Knight ve Draper, 2012).

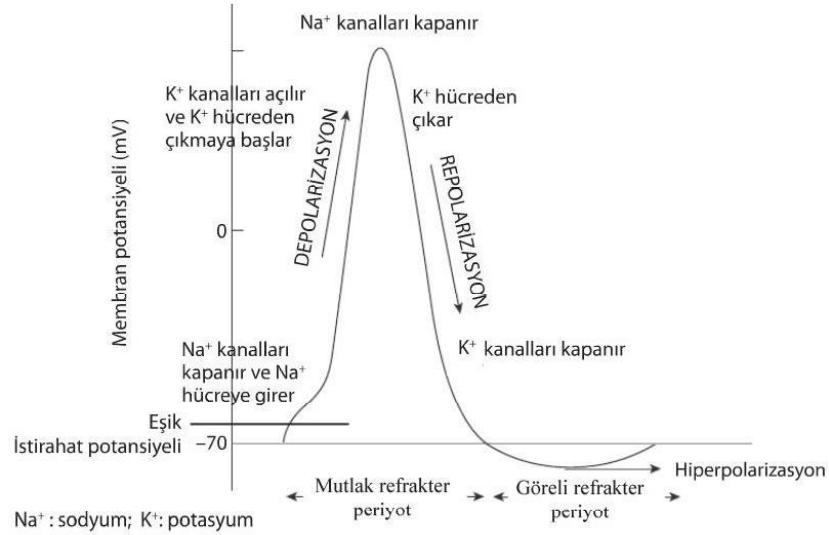


Şekil 1. Bir sinir membranı içi ve dışının üç durumda (polarize değil, polarize, depolarize) pozitif ve negatif iyon dağılımı (Knight ve Draper, 2012)

Aksiyon Potansiyeli

Aksiyon potansiyeli temel sinir iletim birimidir ve uyarıya yanıt olarak ortaya çıkan birbirini izleyen depolarizasyon ve repolarizasyonlarla gerçekleşir. Bunun anlamı bir uyarının sinir boyunca yayılmasıdır. Bir sinirin dinlenik haldeyken içi dışından daha negatif yüklüdür ve hücre içi ve dışı arasında -60 ile -90 mV potansiyel fark vardır (dinlenik membran potansiyeli). Bir sinir elektriksel olarak

yeterli şiddet ve süreyle uyarıldığında membran uyarı bölgesi hızlı bir şekilde depolarize olur ve pozitif iyonlar hücre içine hareket ederken negatif iyonlar dışarı çıkar. Elektrik potansiyelindeki değişim, yakın membran dokusunun depolarize olmasına neden olur. Bu da yakındaki dokuda depolarizasyona neden olur ve depolarizasyon bu şekilde ilerlemeye devam eder. Bu membran potansiyeli +30 mV'a ulaşana kadar devam eder. Bundan sonra membranın sodyum geçirgenliği düşer ve potasyum kanalları açılarak potasyum geçirgenliği artar. Çünkü hücre içi potasyum konsantrasyonu artar. Daha sonra potasyum iyonları hücre dışına çıkar. Bu da sinirin repolarizasyonuna neden olur ve membran potansiyeli -60 ila -90 mV olan dinlenik duruma geri döner. Hücre membranının bu birbirini izleyen depolarizasyon ve repolarizasyonu hücre membranı boyunca iyon akışıyla oluşur ve buna aksiyon potansiyeli denir. Uyarının şiddetini ya da süresini arttırmak için oluşan aksiyon potansiyelinin hızına ya da genliğine etkisi yoktur. Potansiyel oluşturabilecek bir uyarı bu uyarıdan binlerce kez daha şiddetli uyarıyla aynı aksiyon potansiyelinin oluşmasına neden olur. Bir aksiyon potansiyeli aynı zamanda sinir boyunca ilerleyen depolarizasyon dalgası olarak da tanımlanabilir (Şekil 2) (Nanda, 2008; Knight ve Draper, 2012).



Şekil 2. Bir aksiyon potansiyeli (Nanda, 2008; Treacy, 2013'ten uyarlanmıştır)

Aksiyon potansiyeli akson terminaline ulaştığında postsinaptik sinir ya da kas hücresiyle sinaps yaparak siniri uyarır. Bir motor sinirin akson dalları çok sayıda kas fibriliyle (bazı kaslarda binlerce) sinaps yapar. Bir motor sinirin sinaps yaptığı bütün kas fibrilleri motor ünite olarak tanımlanır.

Bir motor ünite kas fibrillerinin tümü sinaps yaptığı sinir hücresinden gelen eşik seviyede uyarıyla (-70 ila +40 mV arası) tek bir aksiyon potansiyeline yanıt olarak maksimum kasılırlar. Yani eşik değerinde bir uyarıyla sodyum kanalları açılarak aksiyon potansiyeli tetiklenir. Bir aksonun başlangıcından itibaren aynı hızda ve birbirini izleyecek şekilde devam ederek azalma göstermeden aksonun sonlanım noktasına kadar devam eder. Eşik altı uyarılar ise aksiyon potansiyeli oluşturmak için yetersiz kalır. Eşik altı uyarılar sodyum kanallarının açılmasına yetecek kadar şiddetli olmadığından aksiyon potansiyeli oluşmaz. Bu fenomene "ya hep ya hiç" yasası denir. Bu bir silahın tetiğini çekmeye benzer, tetik yeterli

kuvvette çekilmezse silah ateş almaz. Yeteri kadar kuvvetli çekilirse ateş alır. Tetiği çok aşırı kuvvetli çekmek ise daha güçlü bir patlamaya neden olmaz ya da tetiği yarım çekmek yarım bir ateşlemeye neden olmaz. Tıpkı bunun gibi yarım bir aksiyon potansiyeli oluşturmak da mümkün değildir (Knight ve Draper, 2012; Sherwood, 2006; Sircar, 2008; Clark, 2005; MacIntosh ve ark., 2006; Plotnik ve Kouyoumdjian, 2013; Khurana, 2005; Forehand, 2009).

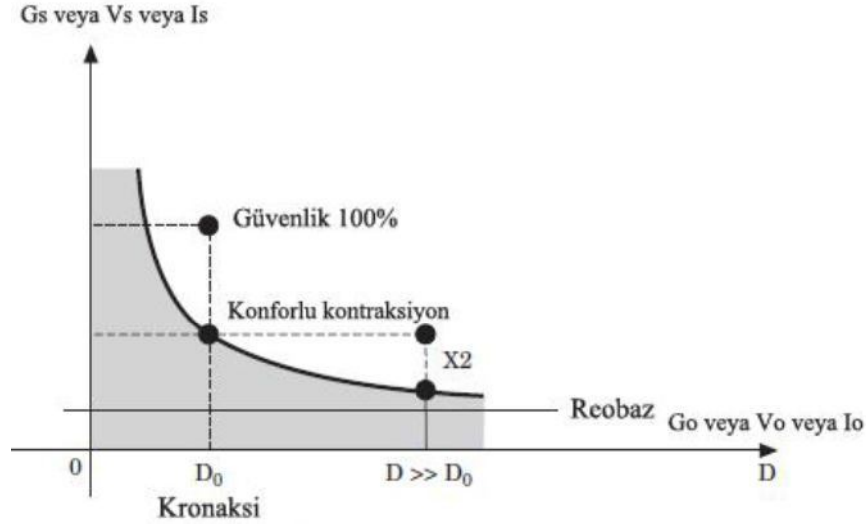
Bir aksiyon potansiyeli başladıktan sonra sinir repolarize olana kadar bir başka aksiyon potansiyeli oluşturulamaz. Membranın depolarizasyonunun başlangıcından tekrar uyarılabilir olacağı hiperpolarizasyon sonuna kadar olan süreye refrakter periyot denir (**Şekil 2**). Bu periyot görelî ve mutlak refrakter periyot olmak üzere iki fazdan oluşur. Mutlak refrakter periyotta depolarizasyon ve repolarizasyon süresini içeren bu süre sırasında sodyum kanallarının açık olmasından dolayı hücre membranı bir aksiyon potansiyeli oluşturamaz. Bir aksiyon potansiyelinin repolarizasyon fazı sırasında aktive edilemeyen kanalların kapanmasından sonra kanallar bir süre daha kapalı kalır ve hiçbir şekilde başka bir aksiyon potansiyeli oluşturulamaz. Yani sinire güçlü bir uyarı uygulansa bile sinir daha fazla uyarılamaz. Mutlak refrakter periyodun önemi aksiyon potansiyeli ateşleme oranını sınırlaması ve aksiyon potansiyelinin yanlış yöne gitmesini engellemesidir. Görelî refrakter periyotta ise sodyum kanallarının bazıları kapanmıştır ve bir sonraki aksiyon potansiyeli için hazır durumdadır. Bazen bir aksiyon potansiyelinin repolarizasyonu dinlenik potansiyeli aşar ve dinlenik potansiyele dönmeden önce membranda kısa bir hiperpolarizasyon oluşturur. Bu potasyum geçirgenliği yüksek olduğu zaman meydana gelir. Böylece membran potansiyeli potasyum denge potansiyeline yaklaşır. Bu hiperpolarizasyon süresine karşılık gelen görelî refrakter periyotta membran uyarılabilir. Fakat bunun için daha büyük bir uyarı gerekir. Uyarılabilirlik bu periyotta kademeli olarak geri kazanılır. Böylece yeni bir aksiyon potansiyeli için membran kısa zaman sonra uyarılabilir olur (Reilly, 1992; Knight ve Draper, 2012; Forehand, 2009; MacIntosh ve ark., 2006; Nanda, 2008).

Elektriksel Akımların Şiddet-Süre Eğrisi

Luigi Galvani, pil ve kapasitör kullanarak sinir uyarısı oluşturma çalışmaları sırasında bir sinir uyarısı oluşturmak için uyarının ne kadar şiddette ve süreyle uygulanacağı, uyarı ve uyarılabilirlik arasındaki ilişkisinin nasıl açıklanacağı gibi zorluklarla karşılaşmıştır. Akımın şiddet ve süresi arasındaki ilişki Hoorweg ve Weiss tarafından daha önce empirik olarak tanımlanmış olmasına rağmen ilk olarak Louis Lapicque bunu açıklayan teorik bir model oluşturmuştur. Lapicque, bir kontraksiyon oluşması için gerekli minimum akım şiddeti olan reobaz ve reobaz değerinin iki katı şiddetteki akımın bir uyarıya neden olması için gereken minimum süre olan kronaksi kavramlarını literatüre kazandırmıştır (Brunel ve Van Rossum, 2007; Irnich, 2002; Irnich, 2010).

Sinir fibrili eğer yeterli şiddette ve sürede uyarılırsa bir aksiyon potansiyeli ortaya çıkar. Belirli bir süre boyunca uygulanan minimum şiddette bir uyarı aksiyon potansiyeli oluşturur ve bu değer eşik şiddet olarak tanımlanır. Bir doku uyarılabilirliğinin uyarının şiddeti ve süresi tarafından belirlenmesi şiddet-süre eğrisi olarak tanımlanır (Ashley ve ark., 2005; Merrill ve ark., 2005). Uyarının şiddeti ve süresi arasındaki ilişki uyarının farklı sürelerde uygulanmasıyla her süre

için farklı eşik şiddet değeri ortaya çıkar ve bunun sonucunda grafik şiddet-süre eğrisi ortaya çıkar (Khurana, 2005). Bu eğri atım süresi artarken uyarı genliğinin (şiddeti) düşüşüyle karakterizedir (**Şekil 3**) (Holsheimer ve ark., 2000). Şiddet ve süre ilişkisi sinir fibrili boyunca ilerleyen potansiyele göre değişiklik gösterir. Elektrot boyutuna, ısıya, polarizasyona ve elektrotlar arası mesafeye göre değişiklik gösterir (Tasaki, 1939; Irnich, 2010).



Şekil 3. Lapique modeli: Elektriksel alan eşiği (G_s) ve atım süresi arasındaki ilişki (D). Gri bölge depolarizasyon için yetersiz elektriksel alan, beyaz bölge elektriksel alan için yeterli alan. İki bölgeyi ayıran eğri zamana göre eşik değer varyasyonlarını göstermektedir. Zamana bağlı olarak akım (I_s) ya da Voltaj (V_s) değerlerini kullanarak aynı eğri elde edilebilir (Clementy ve ark., 2002).

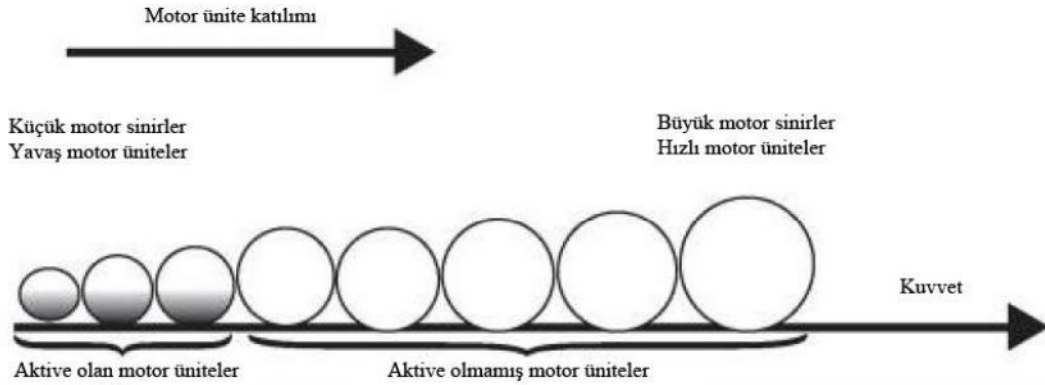
EMS'nin Fizyolojik Mekanizması

Deri üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla kas ve sinirlere iletilen elektriksel akımlar motor nöronların depolarizasyonu ile direk, duyuşal afferentlerin depolarizasyonu ile indirek aksiyon potansiyelleri oluşturarak kasta istemsiz bir kasılmaya neden olmaktadır. Uyarı bölgesine bakılmaksızın kontraksiyonlar öncelikle uyarı elektrodunun altındaki motor aksonları uyarır. Bununla beraber duyuşal aksonları da aktive edebilir. Uyarıyı ileten elektrotlar lokal bir elektriksel alan yaratırlar ve bu da nöronlara yakın olan hücre membranlarını depolarize eder. Eğer depolarizasyon kritik eşik değere ulaşırsa hücre dışı boşluktan hücre içi boşluğa olan sodyum iyonlarının akışı uyarı bölgesinden her iki yöne doğru ilerlemeye başlayan bir aksiyon potansiyeli oluşturur. Distal yönlü olan potansiyel motor son plağa ulaşır ve kas fibrilinin kasılmasına neden olur (Siff, 1990; Dehail ve ark., 2008; Peckham ve Knutson, 2005; Kemmler ve von Stengel, 2012; Bergquist ve ark., 2011a).

İstemli olarak aktive edilmesi zor olan çoğunlukta hızlı motor liflerin aktivasyonu EMS'nin teoride tek avantajıdır. EMS sırasında Henneman'ın motor ünite katılımını ifade eden boyut prensibi, geçerliliğini kaybetmektedir (**Şekil 4**) (Henneman ve ark., 1965; Zatsiorsky ve Kraemer, 2006; Dudley ve Stevenson, 2008; Ratamess, 2008). Bu boyut prensibine göre istemli kas kontraksiyonları sırasında inen yönlü nöral sürüş ve refleksif girdiler tarafından aktive edilen motor ünitelerin katılımı öncelikle küçük ünitelerden (daha az sayıda, daha küçük çaplı, yorgunluğa daha dirençli, yavaş kasılan fibriller) büyük ünitelere (daha çok

sayıda, daha büyük çapta, çabuk yorulan, hızlı kasılan fibriller) doğrudur (Bergquist ve ark., 2011a; Henneman ve ark., 1965; Dudley ve Stevenson, 2008). EMS sırasında ise motor ünite katılımında bu tür bir sıralama ve seçicilik olmadığından motor ünitelerin senkronize katılımı söz konusudur (Gregory ve Bickel, 2005). Katılım şeklinin elektrotların tipine, yüzeyine, yerleştirildiği konuma, uyarının geçtiği dokuların iletkenliğine ve elektrik akımının şiddetine bağlıdır (Dehail ve ark., 2008).

Elektriksel uyarılı kontraksiyonlar esnasında aktive olan motor ünitelerin aktivasyon sırasının istemli kasılma esnasındaki aktivasyon sırasının tersine dönerek hızlı motor ünitelerin ilk olarak aktive olduğu teorisini destekleyen araştırmalar (Delitto ve Snyder-Mackler, 1990; Sinacore ve ark., 1990; Trimble ve Enoka, 1991; Enoka, 2002; Sheffler ve Chae, 2007; Paillard, 2008) olduğu gibi seçici olmayan senkron motor ünite katılımını destekleyen araştırmalar (Gregory ve Bickel, 2005; Jubeau ve ark., 2007; Maffiuletti, 2010; Seyri ve Maffiuletti, 2011) ve motor ünite katılımının istemli kasılmalar sırasındaki katılımı aynı olduğunu belirten araştırmalar (Thomas ve ark., 2002; Knaflitz ve ark., 1990; Binder-Macleod ve ark., 1995) da bulunmaktadır. Bunun yanında elektriksel uyarılı ve istemli kontraksiyonlar esnasındaki motor ünite katılımı arasında net bir ayırım olmadığını belirten araştırmalar (Requena ve ark., 2005; Dudley ve Stevenson, 2008) da bulunmaktadır.



Şekil 4. Henneman'ın motor nöron katılımında boyut prensibi (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006)

EMS sırasında dışsal olarak uygulanan düşük elektriksel akımlarla büyük motor ünitelerin büyük çaplı aksonlarındaki ranvier boğumlarının, küçük aksonlara göre daha geniş aralıklarla sıralanmasından dolayı hücre zarında voltaj değişimi artar. Bu nedenle büyük motor üniteler daha düşük akson direncine sahiptirler ve dışsal olarak uygulanan akımlarla daha kolay depolarize olurlar (Bergquist ve ark., 2011a; Peckham ve Knutson, 2005).

Böylelikle elektriksel akımlarla kastaki motor üniteler seçici olmayan ve senkron katılımı ile aktive olurlar. Bununla beraber EMS sırasında ağrı reseptörleri aracılığıyla (yani refleks yolla) büyük motor üniteler de aktive olmaktadır. Elektriksel akımlarla uyarılmış kasta motor ünite aktivasyon şekli ve enerjisi ile ilgili yapılmış olan çalışmalara ve duyuşal nöronlar aracılığıyla yayılan EMS'nin kontraksiyon oluşturmak için boyut prensibinin izlediği spinal ve supraspinal yollardan birini izlemesine dayanarak elektriksel uyarılı kontraksiyonların

karakteristiklerinde seçicilik olduğu da iddia edilmektedir (Bergquist ve ark., 2011a; Hainaut ve Duchateau, 1992; Vanderthommen ve Duchateau, 2007; Aagaard ve ark., 2002). Hızlı kasılan kasların çoğu, kas lifi demetlerinin dış yüzeylerine yakın bölgelerde bulunmasına rağmen elektriksel akımlarla aktive edildiğinde kasın tümü aktive olmaktadır. Bu noktadan hareketle EMS ile hızlı motor ünitelerin aktivasyonunu kolaylaştırmak hedeflenir (Strauss ve Domenico, 1986; Knaflitz ve ark., 1990; Fuentes ve ark., 1998; Gregory ve Bickel, 2005; Zatsiorsky ve Kraemer, 2006).

EMS'nin en önemli avantajı daha önce de belirtildiği gibi istemli olarak aktive edilmesi zor olan hızlı motor ünitelerin aktivasyonudur (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006). Bunun yanında EMS'nin kuvvet (nöral ve kassal) (Brocherie ve ark., 2005; Maffiuletti ve ark., 2002b; Pichon, 1995; Singer, 1986; Farthing, 2009), kas kütlesi (hipetrofi) (Maffiuletti ve ark., 2006; Gondin ve ark., 2011a), sıçrama yüksekliği (Babault ve ark., 2007; Maffiuletti ve ark., 2002a; 2009), sprint (Brocherie ve ark., 2005; Maffiuletti ve ark., 2009), atrofiden korunma (Bax ve ark., 2005; Hainaut ve Duchateau, 1992; Delitto ve ark., 1988; Maffiuletti, 2010), toparlanma (Babault ve ark., 2011), vücut yağ yüzdesi (Kaçoğlu ve Kale, 2014b) ya da spor dalına özgü performans (Pichon, 1995; Brocherie ve ark., 2005) üzerine pozitif etkilerini ortaya koyan çalışmalar literatürde bulunmaktadır.

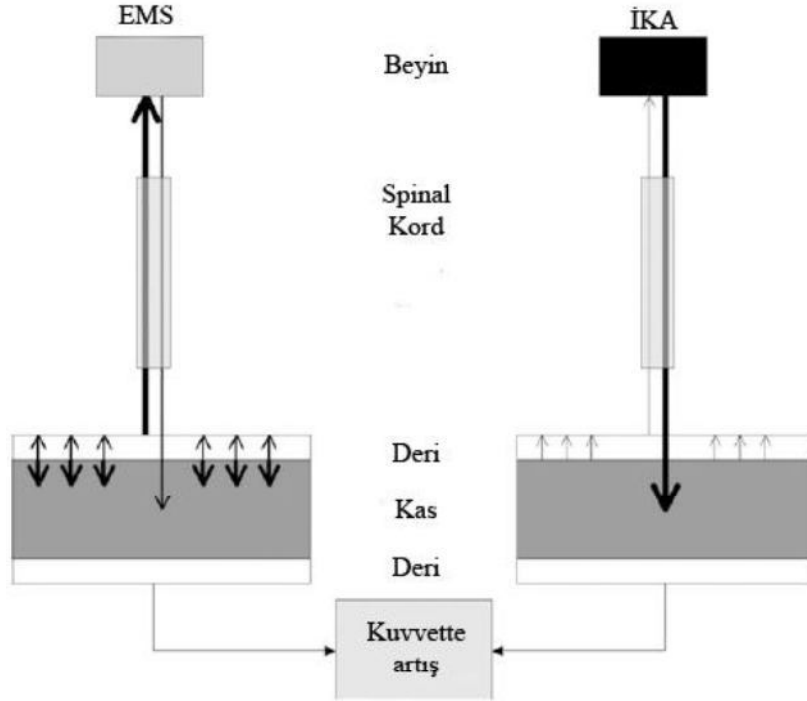
Bununla beraber sağlıklı bir istemli kasılmanın kas kuvveti açısından EMS'den daha üstün olduğu bilinmektedir (Garhammer, 1983; Hainaut ve Duchateau, 1992; Holcomb, 2005; Requena ve ark., 2005; Seyri ve Maffiuletti, 2011). Bunun nedenlerinden biri optimal spatial motor ünite aktivitesini sınırlayan kesintisiz elektrik akımıdır. Diğer bir neden ise istemli kasılma sırasında aktive olan sinerjist ve stabilizör kas gruplarının EMS sırasında stimüle edilmemesi ve EMS'nin kaslar arası koordinasyonu kolaylaştırmada etkisiz kalmasıdır. Ayrıca EMS sırasında gerekli enerjinin anaerobik glikoliz sisteminden sağlanmasına dayalı olarak fosfokreatin ve glikojen azalması, laktik asit birikimi ve hücre içi Ph düşüşü nedeniyle erken yorgunluğa neden olmaktadır. EMS'nin tek sınırlılığı motor ünitelerin senkron katılımı ve sabit aralıklı aktivasyonlar nedeniyle kaslarda yorgunluğun istemli efora göre daha çabuk ortaya çıkmasıdır (Paillard, 2008; Sheffler ve Chae, 2007; Papaiordanidou ve ark., 2010; Hennessy ve ark., 2010; Kemmler ve ark., 2012).

EMS'nin Nöral Mekanizması

İstemli egzersizler gibi EMS antrenmanları sonucunda elektromyografi (EMG), twitch interpolasyon ve V-dalgası (istemli) ölçümüyle kas aktivasyonlarında artışın, kısa süreli EMS antrenmanları sonucu (3 hafta) hipertrofisiz kuvvet artışlarının ve ünilateral EMS sonrası kontralateral kasta kuvvet artışlarının meydana gelmesi EMS'nin nöral adaptasyonlarla da kuvvet artışı sağladığını ortaya koymaktadır (Kale ve ark., 2014).

EMS antrenmanları sonucunda hipertrofisiz kuvvet gelişimlerinin ortaya çıkması elektriksel uyarılı kuvvet antrenmanlarının da istemli eforlarda olduğu gibi nöral etkisi olduğunu göstermektedir. Ünilateral EMS antrenmanlarına bağlı olarak kontralateral homolog kasta da kuvvet artışları oluşması EMS antrenmanlarının supraspinal merkezlere ve kortikal bölgelere etkisi olduğunu ortaya koymaktadır (Kale ve ark., 2014).

EMS'de yukarı yönlü afferent girdiler sensorimotor kortikal bölgelere yayılırlar ve aşağı yönlü motor yolları etkilerler. **Şekil 5**'te görülebileceği gibi elektriksel uyarılar çıkan yönlü (kalın ok) afferentleri uyarır ve EMS'nin nöral mekanizması da genel olarak bununla ilgilidir (Hortobagyi ve Maffiuletti, 2011).



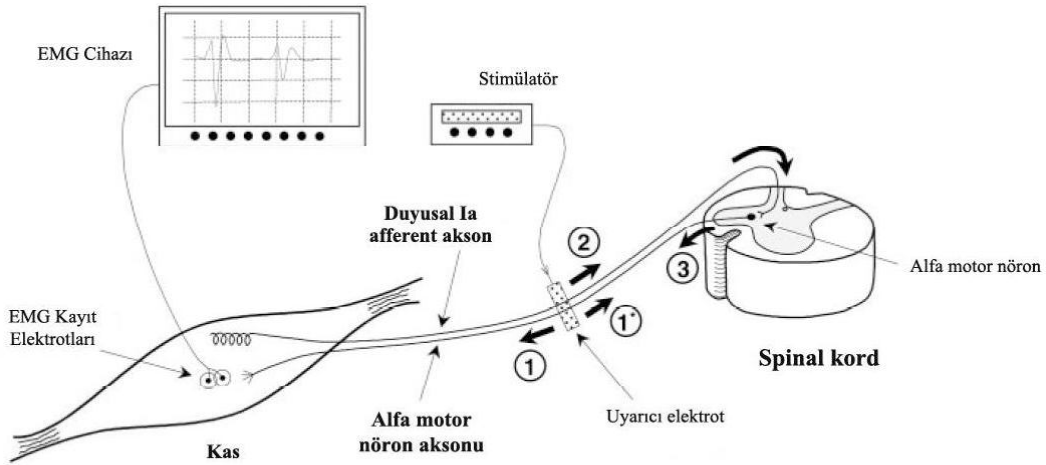
Şekil 5. EMS ve İKA'ların kaynağını karşılaştıran afferent girdi modeli (Hortobagyi ve Maffiuletti, 2011)

Periferal duyu sinirleri kas fibrillerini saran sarkolemma ile karşılaştırıldığında daha düşük uyarılma eşiğine sahiptirler ve bu nedenle EMS kütanöz ve nosiseptif girdilere neden olmaktadır. Bu yukarı yönlü duysal potansiyel sensorimotor kortese ulaşır beyindeki motor alanlara girdi sağlar. Buradan da kortikospinal yol ve motor nöronlarla daha sonrasında kasta kontraksiyon sağlayacak olan aşağı yönlü potansiyeller olarak gönderilir. Bu afferent etkili çıktıya ek olarak deri üzerinden uygulanan elektriksel akım süperfisyel kas fibrillerini direkt olarak uyarır ve kas kasılmasına neden olur. Yani EMS sadece afferent fibrilleri değil aynı zamanda motor nöronları da uyarır (alfa, gama ve beta motor nöronlar, alfa-gama koaktivasyonu). EMS, hem kasiçi sinir dallarında hem de kütanöz reseptörlerde aksiyon potansiyeli oluşturarak motor aksonların aktivasyonu ile direkt spinal motor nöronların refleks katılımıyla da endirekt güç üretimi sağlar (Collins ve ark., 2001; Pierrot-Deseilligny ve Burke, 2005; Lindquist ve ark., 2007; Hortobagyi ve Maffiuletti, 2011).

Submaksimal elektrik stimülasyonu öncelikle Ia afferent fibrilleri aktive eder. Ia afferent fibriller spinal kordun dorsal boynuzuna bağ yapar ve ventral boynuzdaki alfa motor nöron hücre gövdesine sinaps yapar. Bu alfa motor nöron aksonu boyunca yayılan bir aksiyon potansiyeli başlatır ve sonraki potansiyel kasin plazma membranı boyunca ilerlemesiyle sonuçlanır. Afferent sinirlerin submaksimal stimülasyonu sonucu oluşan bu elektriksel potansiyel H-refleksi (Hoffmann Refleksi) olarak tanımlanmaktadır (**Şekil 6**). H-refleksi motor üniteleri

afferent ve monosinaptik yolla aktive eder (Duclay ve Martin, 2005; Schieppati, 1987; Aagaard ve ark., 2002; Hardy ve ark., 2002; Knikou, 2008).

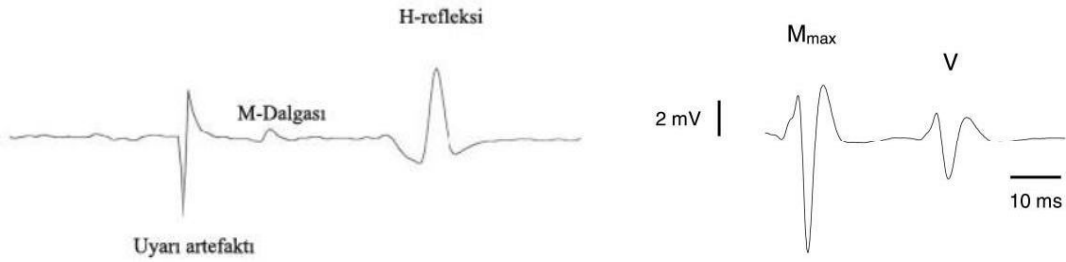
H-refleksi spinal gerilme refleksinin elektriksel olarak uyarıldığı bir analogudur ve aynı zamanda submaksimal elektriksel uyarıların izlediği refleks yoldur. H-refleksi ve spinal gerilme refleksi arasındaki fark H-refleksinin kas iğciklerini ve gama motor nöronları atlayarak başladığı için spinal gerilme refleksinde varolan kas iğciklerinin deşarj ve gama motor nöronların etkileri H-refleksinde yoktur. Spinal gerilme refleksi bir kas gerilmesi sonucu uyarılırken H-refleksi elektriksel stimülasyon yoluyla uyarılmaktadır. H-refleksi ve spinal gerilme refleksi aynı yolu izlemektedirler. Uygun bir elektriksel uyarı sonrası aksiyon potansiyelleri kas iğciklerini atlayarak Ia afferentler aracılığıyla spinal korda ulaşır. Alfa motor nöronlarla sinaps yaparak efferent yollarla kasa doğru hareket eden bu refleks uyarı kasa ulaşır ve sonrasında kasta bir kasılma yanıtıyla sonlanır (Zehr, 2002; Brooke ve ark., 1997; Schieppati 1987; Aagaard ve ark., 2002; Pierrot-Deseilligny ve Burke, 2005).



Şekil 6. H-refleks arkı ve M-dalgası (Aagaard ve ark., 2002)

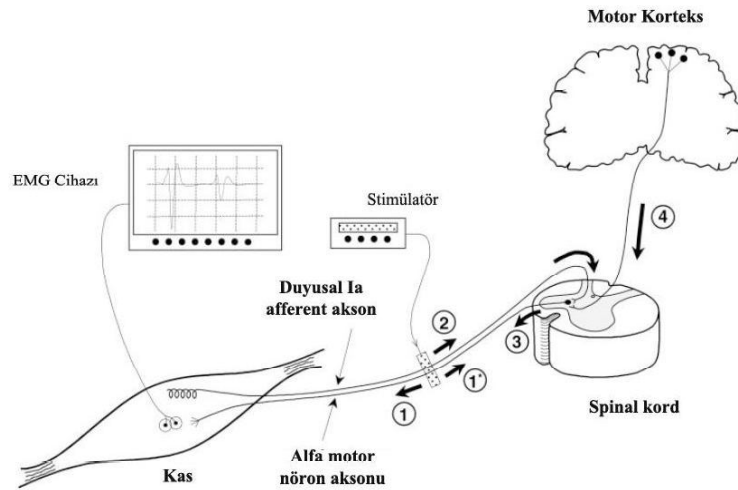
Kısa süreli ve submaksimal elektriksel uyarı sinire iletildiğinde aksiyon potansiyelleri büyük çaplı aksonlarından dolayı daha önce de belirtildiği gibi seçici olarak Ia afferentlerde oluşur (yanıt 2). Bu aksiyon potansiyelleri uyarıcı postsinaptik potansiyeller oluşturacakları spinal korda doğru hareket eder ve sonrasında aşağı yönlü alfa motor nöron aksonlarından kasa doğru hareket eden aksiyon potansiyelleri oluştururlar (yanıt 3). Daha sonrasında efferent aksiyon potansiyelleri kasta H-refleksi olarak kaydedilir. Kademeli olarak artan uyarı şiddeti en küçük çaplı alfa motor nöronların aksonlarında direkt kasa doğru hareket eden ve M-dalgası olarak adlandırılan aksiyon potansiyelleri oluşmasına neden olur (yanıt 1). Aynı zamanda alfa motor nöronlarda antidromik (spinal korda doğru) olarak spinal korda doğru yayılan aksiyon potansiyelleri (yanıt 1*), refleks yanıt olarak uyarılan aksiyon potansiyelleriyle çarpışır (yanıt 3) ve bu durum refleks yanıtın kısmi olarak bozulmasıyla sonuçlanır (Şekil 6). Supramaksimal uyarı şiddetlerinde tüm alfa motor nöronların aksonları aksiyon potansiyelini hem ortodromik (kasa doğru) hem de antidromik olarak yayırlar. Antidromik potansiyel Ia afferent fibriller tarafından aktive edilen alfa motor nöron hücre gövdelerinin aktivasyonu ile ilişkili olan ortodromik potansiyelle çarpışır ve ilk olarak maksimum M-dalgası (Mmax) oluşmasına ve sonrasında ise

H-refleksinin tamamen iptal olmasıyla sonuçlanır. H-refleksine katılan afferent ve efferent yolların yanı sıra çevresel sinirlerin elektriksel olarak stimüle edilmesi stimülasyon noktasından motor son plağa doğru gönderilen direk aksiyon potansiyelleriyle efferent fibrillerin direk aktivasyonuna neden olur. Bu efferent yol elektromyogramda kas yanıtı olarak bir sinyal oluşturur. Maksimal stimülasyon sonucu oluşan bu elektriksel potansiyeli M-dalgası olarak tanımlanmaktadır (**Şekil 7**) (Aagaard ve ark., 2002; Smith ve Motl, 2005).



Şekil 7. H-refleksi, M-dalgası, Mmax ve V-dalgası potansiyelleri (Zehr, 2002; Aagaard ve ark., 2002)

İstemli yanıt olarak tanımlanan V-dalgası maksimal istemli efor sırasında supramaksimal elektriksel sinir stimülasyonu uygulanarak kaydedilen H-refleksinin elektrofizyolojik bir varyasyonudur ve maksimal istemli kasılmalar (MİİK) sırasında uygulanan maksimal elektriksel uyarıların izlediği sinir yolunu ifade eder (**Şekil 8**). Uyarılmış V-dalgası yanıtları maksimal istemli kas kontraksiyonu sırasında Ia afferent ve alfa motor nöronların sinapslarındaki iletimin etkinliğini değerlendirmek (presinaptik inhibisyon gibi) ve spinal alfa motor nöronlardan çıkan efferent nöral sürüşün derecesini yansıtmak için kullanılabilir (Upton ve ark., 1971; Aagaard ve ark., 2002; Pensini ve Martin 2004; Duclay ve Martin 2005).



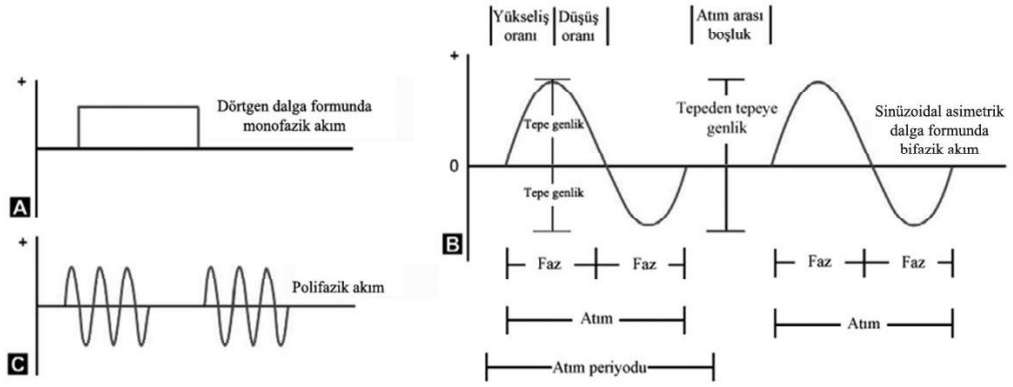
Şekil 8. V-dalgası (Aagaard ve ark., 2002)

EMS Parametreleri ve Dzenlemeleri

Bir EMS antrenmanında, belirlenen amaçlar doğrultusunda farklı EMS protokolleri ve parametreleri kullanılabilir. Bununla beraber EMS antrenmanı sırasında sporcunun güvenliğini sağlamak, uygulamanın başarısını arttırmak, yorgunluğu azaltmak ya da optimal kuvvet çıktısı sağlamak için elektriksel uyarı parametrelerinin anlaşılması ve bunların dzenlenmesi çok önemlidir. Elektriksel akımların temel parametreleri frekans, süre ve genlik grafik gösterimlerinin farklı modülasyonlarıdır. Kas kontraksiyon kuvveti bu parametrelerin farklı şekillerde dzenlenmesiyle belirlenir. Bunların yanında elektrotların özellikleri (boyut, malzeme, konumlandırma), dinlenme süresi, iş zamanı, genlik yükseliş ve düşüş ayarlaması, elektrik akımlarının dalga formları, antrenman sayısı ve süresi vb. özellikler de EMS antrenmanlarının parametreleri içerisinde sıralanabilir (Lake, 1992; Peckham ve Knutson, 2005; Cardinale ve ark., 2010; Singh, 2011; Doucet ve ark., 2012). Bu uyarı parametreleri adaptasyonların büyüklüğü konusunda önemli belirleyicilerdir (Siff, 1990; Hortobagyi ve Maffiuletti, 2011).

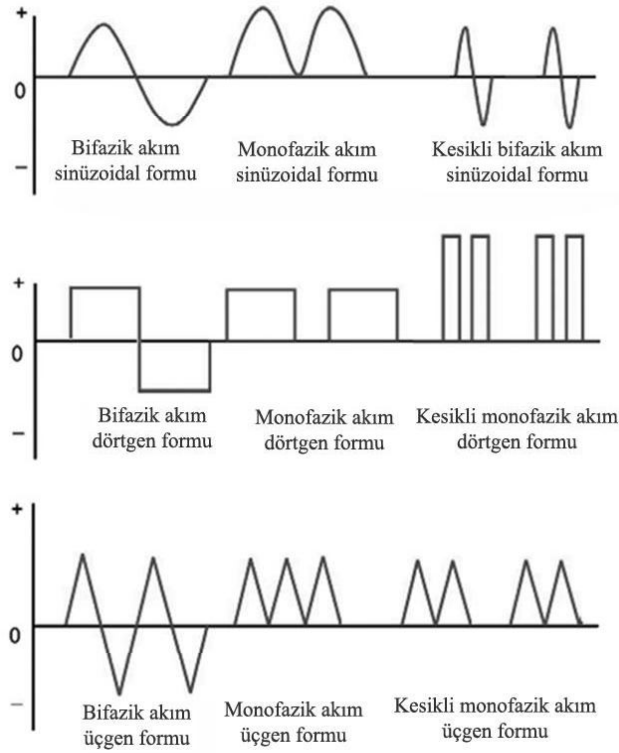
EMS ile ilgili parametreler öncesinde elektrik akımının ve insan bedenindeki hareketinin incelenmesi gerekir. Elektrik akımı (I); belli bir zaman diliminde (t) iletken maddeden geçen elektrik yüklü (elektron) partikül miktarı (q) yani elektrik yüklü partiküllerin bir kondüktör boyunca olan hareket oranı olarak ifade edilebilir ($I = \Delta q / \Delta t$). Bu akım elektronların hareketiyle ortaya çıkar ve elektronların hareket yönü daha çok oldukları negatif kutuptan daha az oldukları pozitif kutba doğrudur. Fakat genel gösterimi pozitiften negatife doğrudur. Elektrik akımı üretmek için cisimlerin içinde serbest hareket edebilen yüklü partiküllere ve bu partiküllerin hareketini sağlayacak bir kuvvete ihtiyaç vardır. Metal bir devredeki elektronlar hareket edebilir yüklü partiküllerdir. Biyolojik sistemlerde de vücut sıvılarındaki iyonlar yüklü partiküllerdir. Biyolojik sıvılarda akımı tetikleyen kuvvetler uygulanan voltajlardır. İletken bir cisim üzerindeki akımın büyüklüğü direk uygulanan voltajla doğru orantılıdır. EMS'de uygulanan akımlar çok küçüktür ve genellikle miliamperle ölçülürler (mA, amperin binde biri) (Nanda, 2008; Robinson, 2008).

Osiloskopta görünen tekil dalga formuna atım denir. Bir atım bir ya da iki fazdan oluşabilir ve belirli bir zamanda nötr düzeyden başlayarak yükselişler ve düşüşler içeren dalgalanmalar sergileyebilir (Singh, 2011). Güncel EMS çalışmalarında kullanılan elektrik akımları genel olarak monofazik (tek fazlı) akım, bifazik (iki fazlı) akım ve polifazik (kesikli akım) akım olmak üzere üç tiptedir (Robinson, 2008). Akım yönünün değişmeyip genliğinin değiştii ya da değişmediği tek yönlü akım türüne monofazik akım, akım genliği ve yönünün periyodik olarak değişip çift yönlü pozitif ve negatif iki faza sahip akım türüne ise bifazik akım denmektedir ve en bilinen türü sinüzoidal akımdır (Nanda, 2008; Robinson, 2008). Bunun yanında akımın aralıklı olarak verilmesi polifazik akım olarak ifade edilmektedir ve yüklü partiküllerin periyodik, tek ya da çift yönlü akışının kısa sürelerle kesildiği akımdır. Akımın kesildiği bölüm atım arası boşluk olarak ifade edilmekte olup EMS'nin antrenman ve rehabilitasyon uygulamalarında sıklıkla kullanılan akım formudur (Aldayel ve ark., 2010; Robinson, 2008; Singh, 2011) (Şekil 9).



Şekil 9. Monofazik akım (A), bifazik akım (B) ve polifazik akım (C) (Robinson, 2008 ve Singh, 2011'den uyarlanmıştır)

Monofazik akımlar her atımda sadece tek faz içerirler ve galvanik süreçlerden dolayı deri yanıkları, elektrot polarizasyonu ve doku hasarları oluşturma potansiyelleri vardır. Bu nedenle bifazik akımlar transkutenöz (deri üzeri) elektrik uyarıları için daha uygundur. Bifazik akımlarda ortaya çıkan dalga formları her atımda iki farklı faz içerirler. İlk faz aksiyon potansiyeli üretirken ikinci faz uygulanmış elektrik yükünü vücuttan uzaklaştırır. Bu durum ilk faz sırasında elektrot ile doku arasında oluşabilme olasılığı olan zararlı bir takım elektrokimyasal süreçleri tersine çevirerek doku hasarının meydana gelmesini önler. Bifazik dalga formları simetrik ya da asimetrik olabilirler. Her iki fazın şekil ve genliğinin aynı olması durumu simetrik bifazik dalga formu şeklinde ifade edilir. Bu dalga formları döngüsel olarak bifazik atım ikinci fazının birinci fazın aynada yansıması olarak ifade edilebilir. Asimetrik dalga formlarında ise bifazik atımların ikinci fazındaki akım genlik değişimleri birinci fazın aynadaki yansıması değildir (Enoka, 1988; Popovic ve ark., 2001; Robinson, 2008; Blickenstorfer ve ark., 2009; Singh, 2011; Peckham ve Knutson, 2005). Dalga formları akımı üreten jeneratörün özellikleri doğrultusunda döngüsel fazların zamana bağlı değişimiyle ortaya çıkan geometrik şekillerini (üçgen, dörtgen, sinüzoidal) ifade eder (Şekil 10). Aldayel ve ark. (2010), Robinson (2008), Paillard ve ark. (2005), Kramer ve ark. (1984) geometrik şekilli dalga formları arasında kuvvet ve hissedilen zorluk açısından fark olmadığını, asimetrik bifazik dörtgen dalga formunun katılımcılar açısından daha konforlu olduğunu belirtmiştir.



Şekil 10. Dalga formlarının şekilleri (Singh, 2011)

Genlik

Genlik her birim zamanda sıfır akım noktasına göre elektriksel akımın kuvveti (genellikle mA) olmasının yanında akımı tetiklemek için uygulanan itici kuvvetin (voltaj) voltaj zaman grafiğinde ortaya çıkardığı dalga formunun ölçü birimi olarak tanımlanabilir. Elektriksel akımın voltaj büyüklüğünü belirtmek için de kullanılabilir. Tepe genlik monofazik bir atım ya da her bifazik atım için ulaşılan maksimum akım (ya da voltaj)'dır. Tepeden-tepeye genlik ise bifazik bir atımda ilk fazın tepe değeriyle ikinci fazın tepe değeri arasında ölçülen maksimum akım (ya da voltaj)'dır (Şekil 9). Her atımın genliği o akımın şiddetidir. Voltaj, amplitüd ya da akım şiddeti ifadesinin eşanlamlısıdır (Robinson, 2008; Singh, 2011; Doucet ve ark., 2012).

Dokuya uygulanan akımın büyüklüğü elektrot ve doku arayüzünde ortaya çıkan empedansa bağlıdır (Peckham ve Knutson, 2005). Empedans iletken üzerinden geçen elektronların hareketleri sırasında karşılaştıkları zorluk ya da direnç olarak tanımlanır. Direnç ohm (Ω) cinsinden ölçülür. Büyük çaplı aksonlar daha düşük dirence ve daha büyük akım geçiş hızına sahiptirler (Robinson, 2008; Krebs ve ark., 2012). Biyolojik dokularda empedansın büyüklüğü EMS'nin frekansına bağlıdır ve daha büyük frekanslı EMS daha düşük doku empedansına neden olur (Robinson, 2008). Yüzeysel elektrotlar kullanıldığında elektrotların kuru olması ya da doku ile temasının kaybolması elektrot ve doku arayüzündeki empedansı artırır. Elektrot empedansı artarken akım düşer. Yüksek empedans ısı oluşmasına neden olur ve yüksek empedansın olduğu durumlarda uygulanan yüksek şiddetli akımlar deri yanıklarına neden olabilir (Peckham ve Knutson, 2005). Yüksek şiddetli akımlar elektrot altındaki bölgede daha güçlü depolarizasyon etkisine

neden olarak kuvvette artışlar sağlayabildiğinden daha fazla sayıda kas fibrilini aktive eder. Fakat antidromik potansiyellere neden olur. Antidromik potansiyeller spinal motor havuzdan çıkan motor ve sensör uyarıları bloke etmesi nedeniyle merkezi sinir sistemi aktivasyonu azalır (Doucet ve ark., 2012). Yüksek şiddetli uyarılar az tolere edilebilir olması nedeniyle daha az konforludurlar ve hassas derileri olanlarda derialtı ağrı sensörlerinden dolayı acı hissine neden olabilir (Peckham ve Knutson, 2005; Doucet ve ark., 2012).

EMS sırasında kuvvet gelişimine en önemli engel bireyin acıya intoleransıdır. Bu noktada yüksek frekanslı uyarılar daha tolere edilebilir olması nedeniyle önerilmektedir (Dudley ve Stevenson, 2008). Fakat Doucet ve ark. (2012) düşük şiddetli akımların yüksek şiddetlere göre merkezi sinir sistemi girdisini daha fazla tetikleyebileceğini belirtmiştir. Bunun yanında elektrik akımlarına tolerans antrenman şiddetinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Maksimal tolere edilebilen akım şiddeti, konforlu tolere edilebilen akım şiddetine göre daha büyük kuvvet ortaya çıkarır (Hartsell ve Kramer, 1992). Maksimal tolere edilebilen akım şiddeti ilk birkaç günlük antrenmandan sonra yüksek şiddetlere tolerans gösterilebildiğinden EMS antrenmanı süresince tolerans giderek artar ve daha sonra sabit duruma gelir. Bu da EMS'den kaynaklı ağrı hissini belli oranda düşüğünü ve böylece daha yararlı bir uygulamaya olanak sağladığını gösterir (Siff, 1990; Delitto ve ark., 1992; Balogun ve ark., 1993; Gondin ve ark., 2011b; Kaçoğlu ve Kale, 2014a; Dudley ve Stevenson, 2008).

Genlik Yükseliş ve Düşüş Zamanı

Bireyin konforlu tolere edebilmesi için akımın istenen şiddet ve frekansa ayarlandığı akımın başlangıcı olan sıfır noktasından yükselmesi ve akımın sonlanması olan sıfır noktasına düşmesi arasındaki süredir. Bu süre genelde 1-3s arasında olmasına rağmen optimal bir süre bulunmamaktadır. Bu nedenle bireyin konforlu tolere etmesine göre bireysel olarak ayarlanmalıdır. Akımın dereceli ve yumuşak şekilde istenen şiddete yükselmesi ve dereceli olarak düşmesi bireyin konforlu tolere etmesi için önemlidir (Lake, 1992; Doucet ve ark., 2012).

Frekans

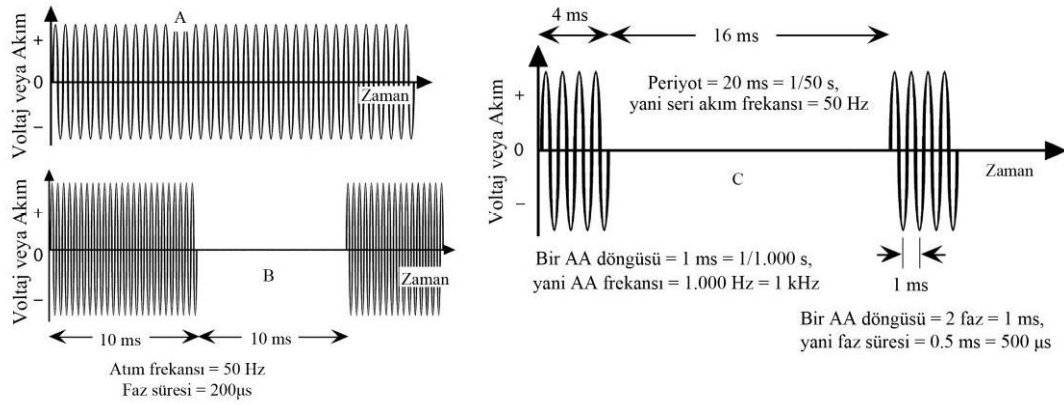
Frekans uyarınının 1 saniyedeki atım sayısını ifade eder ve Hertz (Hz) birimiyle ifade edilir. EMS sırasında uygulanan tekli atımlar motor ve duyuşal aksonlar boyunca ilerleyen aksiyon potansiyellerinin frekansını belirler (Bergquist ve ark., 2011a) iken frekans ve şiddet ortaya çıkan kas kasılmasının kalitesini belirler. Robinson (1995) 1-1000Hz arası atım frekanslarının düşük, 1000-10.000Hz arası atım frekanslarının orta, 10.000Hz'i aşan frekansların ise yüksek frekans olduğunu belirtmiştir.

Elektriksel akımların frekansı amaca göre farklılık gösterir. Yüksek frekanslar yüksek kuvvetler üretmesine rağmen kassal yorgunluğa ve kasılma kuvvetinde kısa sürede düşüşlere neden olurlar. Fakat artan akım süresi ve akım şiddetiyle elektriksel akımlar elektrot altındaki daha derin bölgelerdeki nöronlara kadar ulaşarak aktivasyon sağlarlar. Ayrıca yüksek frekanslar kuvvet yanıtının acıcılık sergilediği, karıncalanma etkisi, elektrot ve deri arası düşük empedansa sahip olduğu için daha konforlu tolere edilebilir olurken düşük frekanslar bunların aksine tekli atımlarda gözle görülebilen vurum etkisi yaratabilir (**Şekil 11**) (Siff, 1990; Doucet ve ark., 2012; Sheffler ve Chae, 2007; Dudley ve Stevenson, 2008).

düzenli bir şekilde devam ettiğini dile getirmişlerdir. Paillard ve ark. (2005)'a göre bir çok araştırmada tam bir kas katılımına ulaşmak ve ateşleme frekansını optimize etmek için tetanik kasılma sağlayan EMS modlarının tercih edilmesi gerektiği savunulmaktadır. Bunun yanında Balogun ve ark. (1993) kuvvet gelişimi açısından 20, 45 ve 80Hz frekanslar arasında bir fark olmadığını savunmuştur.

Frekans denildiğinde ilk akla Rus araştırmacı Kots'un geliştirdiği Rus tekniği ya da daha tanımlayıcı bir ifadeyle *modifiye atım serili orta frekans (kilohertz, kHz) bifazik akım yöntemi* (MASOFBA) gelmektedir. Bu yöntemde bifazik akımlar (BA) fizyolojik frekans aralığı olan ortalama 100Hz atım serileri şeklinde uygulanır. Rus tekniği 1-15kHz (genelde 2.5kHz) frekans aralığında bifazik (sinüzoidal ya da dörtgen), kare, simetrik, polifazik akım dalga formuna modüle edilerek atımları 10ms EMS, 10ms dinlenme olan atım serisi frekansına (50Hz) indirilmiş çalışma süresi 10s'lik atım ve 50s'lik dinlenmeden oluşan 10dk'lık bir uygulamadır (**Şekil 12**) (Ward, 2009; Ward ve Shkuratova, 2002; Parker ve ark., 2005; Vaz ve ark., 2012). Modüle edilmemiş atımlarda akım kesintisizdir, MASOFBA'da ise kesikli hale getirilmiştir. Polifazik modüle etmenin temel amacı doku zedelenme riskini azaltmaktır (Dudley ve Stevenson, 2008; Ward ve Shkuratova, 2002; Ward, 2006; Ward, 2009). Örneğin, 10.000Hz sinüzoidal bir taşıyıcı frekans akımının 100Hz'e ayarlanarak iş zamanının %20'si süresince uygulandığı bir uygulamada 10.000Hz atım süresinin 100µs olduğunu gösterir. 100Hz'lik ayarlama, akımın 10ms'lik bloklar ve bunu takip eden 10ms'lik aralıklar şeklinde verildiğini belirtir. Sonuç olarak iş zamanının %20'si akımın her 10ms'lik bloklarda ilk 2ms süresince uygulandığını belirtir. Böylece 20 sinüzoidal 100µs uyarı 10ms'lik bloğun ilk 2ms'si süresince devamlı olarak iletilir. Tetanik uyarının süresi 4-5s'lik dinlenme arası ile 1-2s civarındadır. Modüle edilmiş kHz frekanslar düşük frekanslara kıyasla daha fazla konforlu tolere edilebilir durumdadır (Dudley ve Stevenson, 2008; Ward, 2006; Ward ve Shkuratova, 2002). Fizyolojik etkiler bakımından polifazik akım ve MASOFBA'nın arasında sumasyon etkisi açısından fark vardır. Sumasyon sinir kas fibrili gevşmeden önce uygulanan atımlar sırasında ortaya çıkar. MASOFBA'da çoklu atımlar ms süresinde birbirlerine çok yakındırlar ve bu da bir atım serisi sumasyon oluşturabilir. Polifazik akımlar arası süre (100Hz ve daha düşük fekanslar için ms) sumasyon oluşturmak için uzundur. Bu nedenle MASOFBA polifazik akımların oluşturamadığı sumasyonu oluşturmak ve daha derin bölgelerdeki sinirleri uyarmak için daha uygun görünmektedir (Ward ve ark., 2002; Ward ve ark., 2007).

Şekil 12'deki örnekte atım süresi 4ms ve atımlar arası süre 16ms, bir periyot 20ms (tek atım döngüsü) ya da atım tekrar frekansı 50Hz'dir ve her atım tek bifazik akım döngüsü içermektedir. Bu örnekte her 4ms'lik atım, 4 bifazik akım sinüs dalgası içermektedir. Her sinüs dalgası 1ms'lik süreye sahip olduğundan frekansı 1kHz'dir. Bu sinüs dalgası frekansı "taşıyıcı frekans" olarak tanımlanır ve seri atımlar içerisindeki atım frekansını ifade eder. Yani bifazik akım frekansına ait sinüs dalgalarının tamamının ifade edildiği frekans taşıyıcı frekansdır. Modifiye taşıyıcı frekans ise seri atım olarak tanımlanır. Her 1ms'lik sinüs dalgası pozitif ve takip eden negatif faz olmak üzere 2 fazdan oluşur. Her fazın süresi 0.5ms ya da 500µs'dir (Rooney ve ark., 1992; Parker ve ark., 2005; Ward, 2009).



Şekil 12. Modüle edilmemiş bifazik akım (A), Rus akımı (B), Modifiye atım serili bifazik akıma bir örnek (Aussie akımı) (C). Dalga formunu tanımlamak için minimum 5 parametre gerekir. Örneğin, sinüzoidal dalgalar, 1kHz frekanslı bifazik akım, dörtgen atımlar, atım frekansı 50Hz, atım süresi 4ms (Ward, 2006 ve Ward, 2009)

Atım Süresi

EMS cihazlarının uyguladığı atımlar sıfır noktasından başlayarak akımın formuna göre yükseliş (monofazik akım) ya da birbirini izleyen yükseliş ve inişler (bifazik ya da polifazik akım) sergilerler. Tek bir atımın kapsadığı zaman dilimi atım süresi ya da atım genişliği olarak tanımlanır (Doucet ve ark., 2012). Monofazik akımlarda faz süresi aynı zamanda atım süresidir (Singh, 2011). Bifazik akımlarda ise iki fazı da kapsar (pozitif ve negatif faz) (Doucet ve ark., 2012). Polifazik akımların bazı durumlarda da monofazik ve bifazik akımların çeşitli zaman dilimlerinde, elektriksel akıma aralıklar verilebilir. Bu dinlenme ya da atımlar arası boşluk atım periyodu olarak tanımlanır (**Şekil 9**) (Singh, 2011).

Atım süresi deri iritasyonu ve doku zedelenmelerini minimize etme konusunda önemlidir (Siff, 1990). EMS sırasında uygulanan atım sürelerinin değiştirilmesi motor ve duyuşal aksonların katılımını da değiştirir (Bergquist ve ark., 2011a). Kısa atım süreleri (50-400 μs) öncelikle motor aksonları aktive ederken uzun atım süreleri (0.5-1ms) daha çok duyuşal aksonları aktive eder (Bergquist ve ark., 2011a). Kısa atım süreleri (50-1000 μs) daha az yorgunluğa neden olur. Ayrıca kısa atım sürelerinin daha konforlu tolere edilebilir durumdadır. Düşük atım süreleri motor yanıt oluşturmak için daha büyük akım şiddetlerine ihtiyaç duyarlar (Llyod ve ark., 1986). Yapılan EMS çalışmalarının çoğunluğunda 200-400 μs aralığında atım süresi kullanılmıştır (Filipovic ve ark., 2011). Büyük atım süreleri daha güçlü kasılma ortaya çıkarırlar ve kontraktıl yapılarda daha fazla yayılma alanı bulurlar. Deri altı dokularda daha derinlere kadar ilerleyerek derin kas fiberlerinin kasılmaya olan katılımını artırırlar. Buna rağmen daha kısa atım süreleri (10-50 μs) de kas fiberlerini aktive edebilirler (Doucet ve ark., 2012). Daha uzun atım süreleri merkezi katılımı artırırken çevresel katılımı düşürürler (Bergquist ve ark., 2011a). Optimal bir EMS antrenmanı bulunmamasına rağmen birçok araştırmacı (Lake, 1992; Strojnik, 1995; Vanderthommen ve Duchateau, 2007; Nosaka ve ark., 2011) bifazik, dörtgen, simetrik dalga formunda, 100-500 μs atım süreli, 50-100Hz frekanslı ve maksimal tolere edilebilen şiddetteki akımları istemli izometrik kasılmalarla birlikte uygulanmasını önermiştir. Locicero (1991), Dehail ve ark. (2008) ve Paillard (2008) elektriksel akımların istemli kasılmalarla

birlikte uygulandığında tek olarak uygulanan istemli kasılmalara göre daha büyük nöromusküler adaptasyonlar sağlamamakla birlikte tek başına uygulanan EMS'den daha etkili olduğu da belirtmiştir.

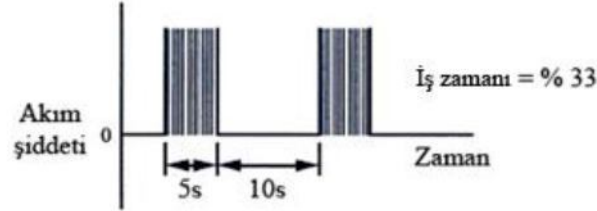
İş Zamanı

İş zamanı kuvvet gelişimini korumak, toparlanma ve konforu arttırmak için akımlara aralıklar uygulanmasıdır. İş zamanı elektriksel akım ve dinlenmelerden oluşan toplam uygulama süresi içindeki akım süresinin yüzdesini ifade etmektedir. Akım süresi EMS antrenmanında bir tekrar sırasındaki atım periyodunu tanımlarken dinlenme süresi ise bir tekrar sırasında atımdan sonraki dinlenme süresini tanımlar. Toplam döngü zamanı ise tek bir atım ve dinlenme süresinin toplamıdır (**Şekil 13**) (Robinson, 1995; Doucet ve ark., 2012; Lake, 1992).

$$\text{İş zamanı} = \frac{\text{atım süresi}}{(\text{atım süresi} + \text{dinlenme süresi})} \times 100$$

Şekil 13. İş zamanı kavramının hesaplanması (Robinson, 1995)

Örneğin, 5s akım süresi ve 5s dinlenme süresinin olduğu döngülerden oluşan bir programın iş zamanı %50 iken 5s akım 10s dinlenme süresi olan döngülerden oluşan bir programın iş zamanı ise %33'tür (**Şekil 14**). İş zamanı yüzdesinin düşmesi yorgunluğun daha geç ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Filipovic ve ark., (2011) maksimal kuvvet, çabuk kuvvet, sprint, sıçrama, güç geliştirmede akım süresinin 3-10s olduğu %20-25 iş zamanının etkili olduğunu belirtmiştir.



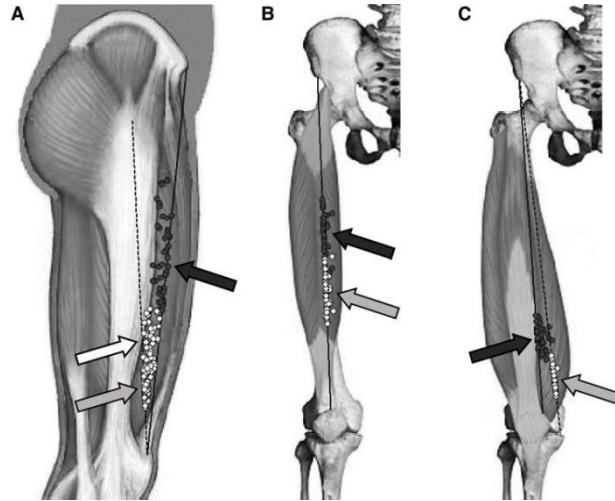
Şekil 14. İş zamanı, akım süresi ve dinlenme süresi (Robinson, 1995)

Elektrotlar

Elektriksel potansiyel boşluktaki iki nokta arası olarak tanımlanır. EMS cihazı ve uygulanan bireyin dokusu arasında akımı taşıyan elektrot biyoyumlu, dokuda toksik tepkiye neden olmayan, genellikle bipolar, alüminyum, paslanmaz çelik, gümüş, gümüş klorür, platin, altın kaplama, polimer ya da karbon kaplı iletken silikon lastikler gibi çok farklı materyalden yapılabilir. Akımı deri üzerinden (transkutenöz) diğeri ise deri altından (perkutenöz) ileten iki farklı elektrot türü vardır (Mortimer ve Bhadra, 2004; Robinson, 1995; Merrill ve ark., 2005; Dudley ve Stevenson, 2008). Deri üzerinden uygulanan sistemlerin noninvaziv ve göreceli olarak basit teknoloji içermeleri gibi avantajları olmasına rağmen derin kasların aktivasyonu ya da izole kasılmalar sağlama konusunda dezavantajları da vardır (Peckham ve Knutson, 2005).

Polarizasyon elektrot altındaki bölgede başlar ve pozitif elektrottan negatif elektroda doğru uzunlamasına yayılım gösterir (Lapicque, 1932). Elektrotların boyutu ve konumları en kritik faktörlerden biri olmakla beraber tipleri, sayıları ve

hatta elektrot-deri ara yüzündeki direnci azaltmak için kullanılan jeller kaslara ulaşan elektriksel uyarının miktarını, katılımcının konforunu ve ortaya çıkan kasılmanın kuvvetini etkileyen önemli faktörlerdir (Enoka, 1988; Gondin ve ark., 2011b; Siff, 1990). Farklı uygulamalar için farklı türde, boyutta ve konfigürasyonda elektrotlar kullanılmaktadır (Keller ve Kuhn, 2008). Elektrotlar sinir ya da motor noktalar üzerine yerleştirilmelidir. Motor nokta kas grubunun orta noktasında kasılma için en az akım şiddetine ihtiyaç duyan bölgedir. En düşük akım şiddetlerinde en izole kasılmalar ortaya koymak, maksimal kas gerilimi sağlamak ve konforsuzluğu minimize etmek için uyarım bölgeleri yani elektrotların konumları motor noktalar üzerinde olmalıdır. Örneğin, *quadriceps* motor noktalarının pozisyonları **Şekil 15**'te verilmiştir (Gobbo ve ark., 2011; Botter ve ark., 2011; Lake, 1992; Forrester ve Petrofsky, 2004; Peckham ve Knutson, 2005). Uygun olmayan elektrot pozisyonu motor sinir dallarını uyarmak için daha yüksek akım seviyelerine ihtiyaç duyar ve bu ağrı reseptörlerine ait afferent fibrillerin de daha fazla uyarılmasına neden olur (Gobbo ve ark., 2014). Negatif elektrot (aktif elektrot) genellikle hedef kas grubunun motor noktası üzerine yerleştirilir. Pozitif elektrot (aktif olmayan elektrot) ise distaline yerleştirilir. Ayrıca her iki elektrodun da kas grubunun yüzeyine yerleştirilmesi gerekmektedir (Dudley ve Stevenson, 2008; Botter ve ark., 2011).



Şekil 15. *Quadriceps* kas grubu motor noktalarının konumları. a- *Vastus lateralis* kası motor noktaları b- *Rectus Femoris* kası motor noktaları c- *Vastus medialis* kası motor noktaları. Oklar motor nokta referans bölgelerinin ortalama pozisyonunu belirtmektedir (siyah ok: proksimal motor noktalar, beyaz ok: merkez motor noktalar, gri ok: distal motor noktalar). Kesikli siyah çizgiyle proksimal motor noktalar için referans hat, düz siyah çizgiyle ise distal motor noktalar için referans hat belirtilmiştir (Botter ve ark., 2011).

Kasın orta noktasından uygulanan EMS çevresel yolu (**Şekil 6**'da yanıt 1.) izlerken sinir bölgesi üzerinden uygulanan EMS merkezi yolu (**Şekil 6**'da yanıt 2.) izlemektedir. Sinir üzeri uygulama kasın orta noktası yapılan uygulamaya göre kasılma kalitesini sürdürmek ve kas kontraksiyon yorgunluğunu düşürmek için daha avantajlıdır (Bergquist ve ark., 2011b). Elektrotların yerleştirildikleri bölgeler elektriksel uyarılı kuvvet büyüklüğü ve konfor üzerine etki etmektedir. Bunun yanında kasın şekline göre uzunlamasına yerleştirilen elektrotlar, dikey yerleştirilen elektrotlara göre daha konforludur ve aynı zamanda daha fazla

elektriksel uyarılı kuvvet üretmektedir (Ferguson ve ark., 1989; Brooks ve ark., 1990; Hartsell ve Kramer, 1992; Lyons ve ark., 2004). Elektrot, üzerine yerleştirildiği kasın büyüklüğüne ve yağ tabakasının kalınlığına uygun olmalıdır. Çünkü elektrot boyutunun akım yoğunluğu üzerine direk etkisi vardır. Örneğin büyük bir kas olan *quadriceps* kası hem 10cm x 5cm ebatında tek elektrot hem de 5cm x 5cm ebatında birkaç elektrot bu kasın dört farklı başına yerleştirilebilir. Olması gerekenden küçük elektrot akım yoğunluğunu artırarak ve EMS'ye toleransı düşürerek ağrı hissini artırır. Ağrı hissi elektrot-deri ara yüzeyinin homojen olmamasından oluşmaktadır. Bunun sonucu elektrot altı bölgede akım şiddeti aşırı artar ve ısınır, bu da doku hasarı eşiğinin üzerine çıkabilecek direnç düşmeleriyle sonuçlanabilir. Bu nedenle EMS antrenmanı öncesinde elektrotları ıslatma ya da nemlendirme daha stabil direnç sağlar ve sıcak noktaların oluşmasını azaltır. Büyük elektrotlar daha az ağrı hissiyle daha güçlü kasal kontraksiyonlar üretmede daha etkilidir. Büyük elektrotlar hem azalan akım şiddeti ile ağrı hissini azaltabilir hem de akımın kasın büyük bir miktarına yayılmasına neden olabilir. Fakat olması gerekenden büyük ya da yanlış şekildeki elektrotlar hedef kasın yanında farklı kas gruplarını da aktive eder. Elektrot boyutu, konforu ve elektriksel uyarılı kuvveti etkilemektedir (Alon ve ark., 1994; Robinson, 1995; Lake, 1992; Forrester ve Petrofsky, 2004; Keller ve Kuhn, 2008; Lyons ve ark., 2004; Dudley ve Stevenson, 2008; Gondin ve ark., 2011b).

Tekstil elektrotlar olan metalden imal edilen kumaşlardan üretilen elektrot pedler, deri yüzeyine yerleştirilmektedir. Düşük akımlar (<8mA) için tekstil elektrotlar doğrudan ciltle temas edilebilir. Fakat daha yüksek şiddetlerde iletkenliği arttırmak için hidrojel ya da karbon nanotüplerle harmanlanmış biyouyumlu maddeden yapılmış arayüz materyale ihtiyaç vardır (Keller ve Kuhn, 2008).

EMS parametrelerinin modülasyonu bu tekniğin etkililiğini arttırsa da araştırmacılar EMS'ye yanıt olarak önemli bireysel farklılıkların olduğu ve optimizasyonun kendilerine uygulanan uyarım parametrelerinden çok bireylerin bazı içsel anatomik ve nöromusküler karakteristikleriyle ilgili olduğu konusunda ortak görüşe sahiptir. Aynı şekilde EMS'nin etkililiği dışsal kontrollü faktörlerden ziyade (uyarı parametreleri, elektrot boyutu vb.) motor sinir dallanmaları, kas içindeki akson dallarının morfolojik yapısı gibi bazı içsel anatomik özelliklere bağlıdır. Bu durum EMS başarısının kısmen kontrol dışı faktörler tarafından belirlendiği fikri ile uyumaktadır (Cardinale ve ark., 2010; Seyri ve Maffiuletti, 2011; Gondin ve ark., 2011b).

GEREÇ ve YÖNTEM

Araştırma Grubu

Bu araştırmaya Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören, daha önce bir EMS çalışmasına katılmamış, 18-26 yaşları arası, fiziksel olarak aktif, yarışmacı sporcu olmayan ve düzenli egzersiz yapmayan kadın ve erkek 52 gönüllü katılmıştır. Çalışma için Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığından Etik Kurul Onayı alınmıştır (Ek-2). Her katılımcıya çalışmayla ilgili bilgi verilerek çalışma öncesinde bilgilendirilmiş gönüllü onam formu onaylatılmıştır. Katılımcılara çalışmanın herhangi bir bölümünde neden göstermeksizin özgür bir şekilde çalışmadan ayrılma hakkı tanınmış olduğu belirtilmiştir. Katılımcılar ön testler sonrası rastgele olarak maksimal istemli izometrik kasılmalarla senkron EMS grubu (EG, n=26) ve EMS'siz maksimal istemli izometrik kasılma (İG, n=26) grubu olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. EG'de çalışma dışı nedenlerle yaşadığı sakatlıktan dolayı 2 kişi, çalışma sırasındaki sağlık problemi nedeniyle 1 kişi, çalışma sürecinde ise 7 kişi kendi rızalarıyla çalışmadan ayrılmıştır. İG'de ise çalışma dışı nedenlerle yaşadığı sakatlıktan dolayı 1 kişi, detraining sonrası ölçüm sürecinde 3 kişi olmak üzere toplam 4 kişi kendi rızalarıyla ayrılarak çalışma 38 gönüllü katılımcı (EG=16, İG=22) ile tamamlanmıştır. EG'nin 4'ü kadın (%33.3), 12'si erkek (%66.6), İG'nin 5'i kadın (%18.5), 17'si erkek (%81.5)'tir. Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri **Çizelge 1**'de verilmiştir.

Çizelge 1. Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri (n=38)

	Grup	\bar{x}	Ss	n
Yaş (yıl)	EG	21.8	2.8	16
	İG	21.2	2.3	22
Boy uzunluğu (cm)	EG	178.0	6.0	16
	İG	173.0	7.0	22
Vücut ağırlığı (kg)	EG	67.9	6.1	16
	İG	67.5	9.4	22
Beden Kitle İndeksi (BKİ) (kg/m ²)	EG	21.3	1.8	16
	İG	22.2	2.1	22
Vücut Yağ Yüzdesi (VYY) (%)	EG	14.3	6.1	16
	İG	14.5	4.6	22

Veri Toplama Araçları

Antropometrik Ölçüm Araçları

Katılımcıların boy uzunlukları ölçümü duvara monte edilen ± 0.1 mm hassasiyete sahip stadiometre (Holtain Ltd, UK) (**Şekil 16**) aracılığıyla yapılmıştır. Stadiometrenin doğruluğu 60cm'lik metal kalibrasyon çubuğuyla kontrol edilmiştir. Vücut ağırlığı ölçümü ± 0.1 kg hassasiyete sahip elektronik baskül (Seca, Vogel&Halke, Hamburg) (**Şekil 17**) ile yapılmıştır. Baskülün doğruluğu sabit ağırlıklarla kontrol edilmiştir. Çevre ölçümleri ± 0.1 cm hassasiyete ölçüm yapabilen antropometrik mezura (Holtain Ltd, UK) (**Şekil 18**) ile yapılmıştır. Deri kıvrım kalınlıkları ± 0.02 mm hassasiyete sahip kaliper (Holtain Ltd, UK) (**Şekil 18**) ile ölçülmüştür. Kaliperin doğru ölçüm yaptığı her mm²'ye standart basınç uyguladığı kalipere farklı ağırlıklar takılarak, kaliper asılı durumdayken kontrol edilmiştir.



Şekil 16. Sabit stadiometre



Şekil 17. Laboratuvar baskülü



Şekil 18. Deri kıvrım kaliperi, antropometrik mezura ölçüm aracı

Vücut Yağ Yüzdesi Ölçüm Aracı

Vücut yağ yüzdesi biyoelektrik impedans analizi (BIA) yöntemiyle ölçüm yapan vücut kompozisyonu analizörüyle (Tanita MC 180MA, Japan) (Şekil 19) ölçülmüştür.



Şekil 19. Vücut kompozisyon analizörü

Sıçrama Ölçüm Aracı

Skuat sıçrama (SS) ve aktif sıçrama (AS) yükseklikleri elastik bir kemer aracılığıyla bel çevresinden gövdeye takılan kablosuz ataletsel ölçüm ünitesi (AÖB) (Freejump, Sensorize, Italy) (Şekil 20) ile test edilmiştir ve kablosuz olarak bilgisayara aktarılmıştır (100Hz).



Şekil 20. Sıçrama ölçüm cihazı

Sprint Koşusu Ölçüm Araçları

Katılımcıların yüksek çıkış 40m sprint koşusu tartan zeminli atletizm salonunda 2 fotosel ve yansıtıcıları başlangıç noktasına ve 40. metreye yerleştirilmiş, telemetrik çalışan, koşu zamanını $\pm 0.01s$ hassasiyetle ölçebilen telemetrik kronometre sistemi (Sport Expert MPS501, Tümer Elektronik Ltd, Türkiye) (Şekil 21) test edilmiştir.



Şekil 21. Telemetrik kronometre sistemi

İzokinetik Kas Kuvveti Ölçüm Aracı

Katılımcıların 60 , 180 ve $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızlarda diz eklemi izokinetik kas kuvvetleri izokinetik dinamometreyle (Humac Norm Testing & Rehabilitation System, Model TM 770, USA) (Şekil 22) test edilmiştir.



Şekil 22. İzokinetik kuvvet ölçüm cihazı

Anaerobik Güç ve Kapasite Ölçüm Aracı

Katılımcıların anaerobik güç ve kapasitelerinin test edilmesinde, 1kg, 500gr ve 100gr ağırlıklar ve mekanik sürtünmeli frenleme sistemine sahip kefeli bisiklet ergometresi (Peak Bike, Monark Exercise AB 894E, Sweden) olan WAnT sistemi (Monark Exercise AB, Sweden) kullanılmıştır (Şekil 23) kullanılmıştır.



Şekil 23. Anaerobik güç ve kapasite ölçüm sistemi

Saha ve Laboratuvar Koşulları Ölçüm Aracı

Saha ve laboratuvar ortamının ısısını $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nem oranını $\pm 2\% \text{RH}$ hassasiyetle ölçüm yapabilen taşınabilir nemölçer cihazıyla (Testo 175 H1, Testo Elektronik Ltd, Türkiye) (Şekil 24) ölçülmüştür.



Şekil 24. Nem/sıcaklık ölçer

Araştırmanın Deseni

Ölçüm ve testler her iki gruba antrenman programı öncesi, sonrası ve detraining sonrası olmak üzere toplam üç kere yapılmıştır. Uygulanan ölçümler ve performans testleri; antropometrik ölçümler, VYY ölçümü, her iki bacak izokinetik diz kuvveti (konsantrik/konsantrik, 60, 180 ve 300°.s⁻¹), Wingate anaerobik güç ve kapasite testi, 40m sprint testi, skuat ve aktif sıçrama testleridir. Ön testler öncesi 1 haftalık süreçte tüm katılımcılara ölçüm ve testlerin tanıtımı ve denemesi yaptırılarak adaptasyonları (familiarizasyon) sağlanmıştır. Ayrıca Paillard ve ark. (2005) ile Aldayel ve ark. (2010)'nın belirttiği gibi katılımcıların familiarizasyon olmadan katıldıkları ilk EMS antrenmanı kaygıya, endişeye, gecikmiş kas ağrısına (DOMS) ve daha fazla acı hissine neden olabileceği için familiarizasyon sürecinde bir EMS antrenmanı da uygulanmıştır.

Ön testler sonrasında EG grubuna 6 hafta süresince, ardışık olmayan günlerde haftada 2 kez, Jubeau ve ark. (2008)'nin belirttiği protokolden uyarlanarak, oturarak bacak itme egzersiz aletinde 110-120° diz eklem açısı aralığında, MİİK'lerle senkronize olarak AB-EMS antrenman programı uygulanmıştır. İG ise EG ile aynı uygulamayı EMS olmadan yapmıştır. Altı haftalık antrenman sürecinde tüm katılımcılar birim antrenman olarak oturarak bacak itme egzersiz aletinde belirtilen pozisyonda Dreibati ve ark. (2011)'nin çalışmasından uyarlanarak, 20'şer tekrarlı 3 set, toplamda 60 MİİK uygulamışlardır. Setler arasında 5dk dinlenme verilmiştir. Katılımcıların uyguladıkları hareket 5s süreli bir tekrar olan EMS ile senkronize maksimal istemli izometrik bacak itme hareketidir. Bu 5s'lik tekrarları 10s'lik dinlenmeler izlemiştir ve dinlenme sırasında katılımcılar herhangi bir kasılma uygulamamışlardır. Altı haftalık antrenman programı sonrası her 2 grup ara testlere katılmıştır. Mafiuletti ve ark. (2002a) ile Malatesta ve ark. (2003)'nin çalışmalarından uyarlanarak ara testlerden sonraki detraining süreci boyunca katılımcılar hiçbir alt beden egzersizine katılmamışlardır. Katılımcıların ölçüm ve testleri ardışık üçer günde alınmıştır. İlk gün sabah antropometrik ölçümler ve vücut yağ yüzdesi ölçümleri yapılmıştır. Antropometrik ölçümlerin ardından SS ve AS testleri yapılmış ve sonrasında 40m sprint koşu testi yapılmıştır. İzokinetik testler 2. gün öğleden sonra ve anaerobik güç ve kapasite testi 3. gün öğleden sonra yapılmıştır (**Şekil 25**). Test ve ölçümler için Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Atletizm Salonu, İnsan Performans Laboratuvarı, Fonksiyonel Hareket Laboratuvarı ve Antropometri Laboratuvarı kullanılmıştır.

1. Hafta: Test Haftası			
Saat	1. Gün	2. Gün	3. Gün
08:00 - 10:00	Antropometri ve VYY ölçümleri		
	Sıçrama testleri		
15:00 - 16:00	40m sprint testi	İzokinetik testler	Anaerobik güç ve kapasite testleri
2. ve 7. Haftalararası: Antrenman Evresi			
EMS: Haftada 2 kez, AB-EMS (uyluk, baldır ve kalça bölgesi) Stimülasyon protokolü: 5s kontraksiyon, 10s ara, 60 kontraksiyon, 100Hz frekans, 400µs atım süresi, maksimal tolere edilebilen akım şiddetinde			
8. Hafta: Test Haftası			
Saat	1. Gün	2. Gün	3. Gün
08:00 - 10:00	Antropometri ve VYY ölçümleri		
	Sıçrama testleri		
15:00 - 16:00	40m sprint testi	İzokinetik testler	Anaerobik güç ve kapasite testleri
9. ve 12. Haftalararası : Detraining Evresi			
Antrenmanı bırakma evresi			
13. Hafta: Test Haftası			
Saat	1. Gün	2. Gün	3. Gün
08:00 - 10:00	Antropometri ve VYY ölçümleri		
	Sıçrama testleri		
15:00 - 16:00	40m sprint testi	İzokinetik testler	Anaerobik güç ve kapasite testleri

Şekil 25. Araştırma protokolünün şematik gösterimi

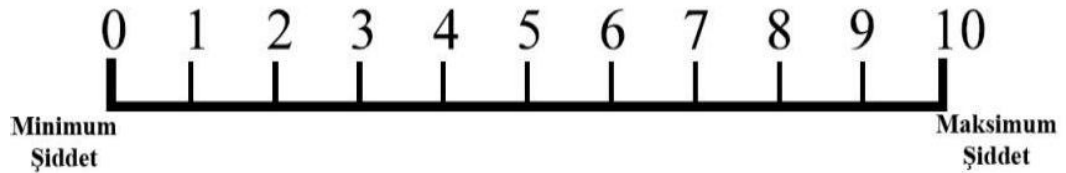
EMS Antrenmanı

EG'deki katılımcılara vücudun alt bedeninde 3 bölgeyi (baldır, uyluk ve kalça bölgesi major kasları) farklı şiddetlerde eşzamanlı aktive edebilme özelliğine sahip EMS cihazı (Miha Bodytec, GmbH, Germany) (**Şekil 26**) kullanılarak haftada 2 gün, 110-120° diz eklem açısında, istemli izometrik bacak itme egzersizi sırasında elektriksel akım uygulamasını içeren AB-EMS antrenmanı yaptırılmıştır.



Şekil 26. Alt beden elektromyostimülasyon ekipmanları

AB-EMS uygulamasında her katılımcının bir önceki EMS antrenmanında uyguladığı tolere edilebilen konforlu maksimal akım şiddetleri kaydedilmiştir ve uygulama boyunca ilerleyen bir şekilde artırılmıştır. Balogun ve ark. (1993), Gondin ve ark. (2011b), Kaçoğlu ve Kale (2014a)'nin çalışmalarında belirttiği gibi elektriksel akımlara tolerans gelişim sağlandığından akım şiddeti uygulama boyunca katılımcıların algıladıkları maksimal tolere edilebilen konforlu akım şiddeti olacak şekilde artırılmıştır. AB-EMS antrenmanı sırasında hissedilen nosiseptif zorlanmanın belirlenmesi için Gould ve ark. (2001), Bijur ve ark. (2001)'ına göre algısal değerlendirme ölçümlerinde en yaygın şekilde kullanılan skalalardan 10cm'lik görsel analog skala (VAS) (Şekil 27) kullanılmıştır. Bu görsel skalada algılanan değer 1 olarak belirlendiğinde "minimum şiddet" derecesine karşılık geldiği, 10 olarak belirlendiğinde ise "maksimum şiddet" derecesine karşılık geldiği katılımcılara söylenmiştir. McLoda ve Carmack (2000)'ın belirttiği gibi her setin 3.dk'sında şiddet artımı uygulanmış ve bu artış katılımcının algıladığı zorluk derecesi 8-9 arası olduğu anda durdurulmuştur.



Şekil 27. Görsel analog skala

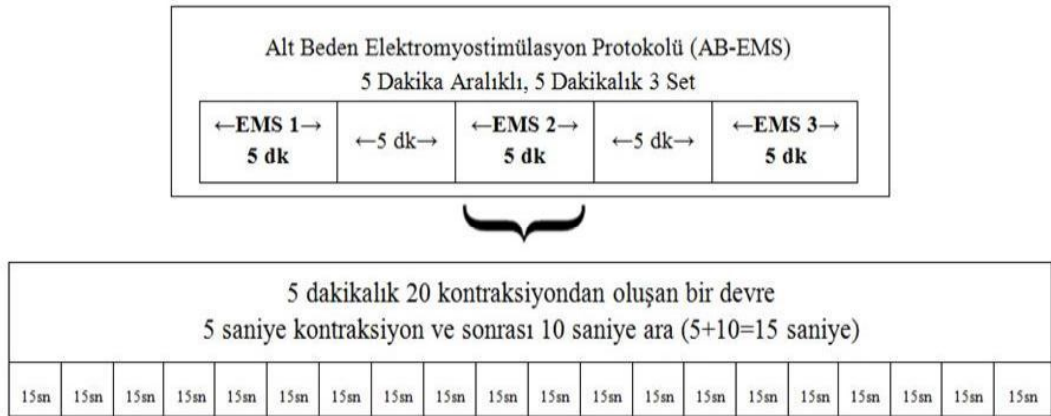
Bu çalışma protokolü için seçilmiş elektriksel uyarıların özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Dalga formu ile ilgili olarak en basit uyarım protokolü dörtgenel atım uygulamasıdır ve yaygın olarak kabul gören konvansiyonel uyarıcı bu gibi dalgalar (bifazik dörtgen atımlar) motor ünitelere gönderilen uyarıları arttırdığından kuvvet antrenmanlarında avantaj sağlayabilmektedir. Motor aksonların kronaksi değerleri 200 ile 400µs arasında olduğundan dörtgenel

atımların da benzer sürelerde olmasına dikkat edilerek bu çalışmada uzun atım süreli protokollerin (300-400µs) daha güçlü kontraksiyonlar sağlaması için atım süresi 400µs olarak belirlenmiştir. Tekrarlı stimülasyonların en etkili frekansı 50-120Hz arasında olduğundan frekans aralığı 100Hz olarak seçilmiştir. Uyarım dozajının kas yorgunluğu etkilerini en aza indirgeyecek bir iş zamanından oluşması gerektiğinden EMS uygulaması sırasında optimal dinlenme periyodu olarak bilinen iş zamanı %33 olarak belirlenmiştir. Dinlenme sırasında herhangi bir elektriksel akım uygulanmıştır.

Çizelge 2. EMS parametreleri (Dreibati, 2011; Deley ve ark., 2011)

Dalga formu	Bifazik simetrik dikdörtgenel atımlar
Atım süresi	400µs
Atım frekansı	100Hz
İş zamanı	5s EMS, 10s dinlenme (%33)
Genlik	Maksimum tореle edebilen değer
Uygulama süresi	5x3dk=15dk EMS, 2x5dk= 10dk dinlenme, toplam= 25dk
Toplam kontraksiyon sayısı	20x3=60 kontraksiyon

AB-EMS antrenmanından 1 hafta önce tüm katılımcılar deneme amaçlı AB-EMS uygulamasına katılmışlardır. Antrenman sürecinde ise EG'deki katılımcılar haftada 2 gün 25dk'lık AB-EMS antrenmanına katılmışlardır. Deley ve ark. (2011)'nin uyguladığı şekilde AB-EMS antrenmanları en az bir gün arayla ve günün aynı saatlerinde olacak şekilde uygulanmıştır. Dreibati ve ark. (2011)'nin belirtildiği üzere kuvvet kazanımı için gereken maksimum istemli kasılmanın (MİK) %60 ve üzeri antrenman şiddetini büyük oranda sağlaması (EMS sırasında uygulanan maksimal 60 kontraksiyondan 39'u MİK≥%60, diğer kontraksiyonların büyük kısmı MİK>%50 kuvvet üretimi) nedeniyle AB-EMS antrenmanı öncesi 3-5dk'lık genel ısınma (submaksimal izometrik ve dinamik kontraksiyonlar) uygulanmış ve sonrasında 3dk'lık dinlenme verilmiştir. AB-EMS antrenmanı için Dreibati ve ark. (2011)'nin 15 kontraksiyon ve 10dk'lık toparlanmalarla birbirinden ayrılmış 4 bölümden oluşan ve bu toparlanma aralarıyla antrenman süresince kuvvetin büyük oranda devamlılığını sağlamada etkili olan uygulamasından revize edilen protokol kullanılmıştır (**Şekil 28**).



Şekil 28. AB-EMS antrenman protokolü (Dreibati ve ark., 2011'den uyarlanmıştır)

Verilerin Toplanması

Ölçüm ve testler 6 haftalık AB-EMS antrenmanı öncesi, sonrası ve AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining periyodu sonrası aynı araştırmacı tarafından ve günün aynı saatlerinde (± 1 saat) yapılmıştır. Antropometrik ölçümler olarak katılımcıların boy uzunluğu, vücut ağırlığı, deri kıvrım kalınlığı, çevre ölçümleri ikişer kez yapılmış ve iki ölçümün ortalaması analize alınmıştır. VYY BİA analizörüyle, şort, tişört ve ayakkabısız olarak, vücut dik ve gözler karşıya bakar pozisyonda ölçülmüştür. Katılımcılara test günlerinden önceki 24 saat içerisinde ağır fiziksel aktivitelere katılmamaları, rutin diyetlerini değiştirmemeleri, kafein ve alkol almamaları söylenmiştir. Çalışma gününde hidrasyonu sağlamak amaçlı testlerden 1 saat önce 500ml su içmeleri söylenmiştir. Laboratuvar şartlarında yapılan ölçüm ve testler esnasında ısı 23.0-26.0°C ve nem %24-35 arasında değişiklik göstermiştir. Sprint koşu testi sırasında atletizm salonunun ısısı 22.0-27.0°C ve nem %25-33 aralığında olduğu ölçülmüştür. Ölçüm ve testler kronobiyojik etkiler göz önünde bulundurularak 08:00-10:00 ve 15:00-16:00 arasında yapılmıştır.

Katılımcılar çalışmanın başlangıcında (ön), 6 haftalık AB-EMS antrenmanından sonra (ara) ve AB-EMS antrenmanının bitiminden 4 hafta sonra (son) ölçümlere ve testlere alınmıştır. Her test öncesinde yaklaşık 15dk bisiklet ergometresinde pedal çevirme ve çeşitli alt ekstremite kas kontraksiyonları içeren (skuat, bacak ekstansiyon, bacak itme, sıçramalar) standart ısınma uygulanmıştır. Sıçrama testlerinde katılımcının yaptığı 3 denemede elde ettiği en yüksek sıçrama yüksekliği değerlendirmeye alınmıştır. Sprint koşusu kapalı saha şartlarında yapıldığı için herhangi bir rüzgar etkisi söz konusu olmamıştır. Kırk metre sprint koşusu testi 3 defa tekrar edilmiş ve en iyi derece analize alınmıştır. Anaerobik güç ve kapasite, izokinetik diz kuvveti testleri birer kez uygulanmıştır. Test sürecinde bir gün antropometrik ölçümler, sıçrama testleri yapılmış sonrasında ise sprint testi uygulanmıştır. Denemeler arası verilen dinlenme sürelerinde katılımcılara düşük şiddetteki aktiviteler ve esnetmeler uygulamalarına izin verilmiştir. İkinci gün izokinetik kuvvet ve 3. gün anaerobik güç ve kapasite testi yapılmıştır.

Tüm performans testlerinden önce katılımcılara maksimal performans sergilemeleri yönünde açıklamalar yapılmış ve testler sırasında maksimal efor sergilemelerine yardımcı olmak için sürekli sözlü olarak cesaretlendirilmiştir. Antropometrik ölçümler, sprint dereceleri, sıçrama yükseklikleri veri toplama formuna (Ek-2) kaydedilmiştir. Vücut yağ yüzdesi, izokinetik kuvvet, anaerobik güç ve kapasite verileri ise direk bilgisayara kaydedilmiştir. Ön testlerden 10 gün önce test, ölçüm ve yapılacak olan antrenmanın deneme ve tanıtımları birebir aynı olacak şekilde yapılmıştır. Yapılan her testten önce testin içeriği katılımcılara sözlü olarak tekrar edilmiştir.

Antropometrik Ölçümler

Antropometrik ölçümler Malina'nın (1995) belirttiği şekilde diüurnal etkiler göz önünde bulundurularak günün erken saatleri olmak kaydıyla aynı saat aralığında alınmıştır (08:00-10:00) ve veri toplama formuna (Ek-2) kaydedilmiştir. Çevre ölçümleri ve deri kıvrım kalınlıkları Kravitz ve Heyward (1999)'ın belirttiği gibi vücudun sağ tarafından ikişer kez temiz ve losyon sürülmemiş deri üzerinden

alınmıştır. İki ölçüm kaydedilmiş ve 2 ölçümün ortalaması değerlendirmeye alınmıştır. İki ölçüm arasındaki fark %10'dan fazla ise tekrar ölçüm yapılmıştır. Antropometrik ölçümlerde hidrasyon durumlarını etkileyecek faktörleri kontrol altına almak için katılımcıların ölçüm öncesi 48 saatlik süreçte alkol kullanmamaları, testten önceki 24 saatlik süreçte diüretik ürünler (kahve, çikolata) kullanmamaları, testten önceki 12 saatlik süreçte egzersiz yapmamaları, testten önceki 4 saatlik süreçte herhangi bir şey yememeleri ve içmemeleri, testten önceki 30dk'lık süreçte mesanelerini boşaltmaları istenmiştir.

Boy uzunluğu Malina (1995) ile Lohman ve ark. (1988)'nin belirttiği şekilde çıplak ayakla, topuk, kalça, omuzlar ve baş yere 90° açı yapacak şekilde anatomik duruş pozisyonunda, topuklar birbirine temas edecek şekilde ayaklar 60° derece yapacak şekilde birbirinden ayrı, topuklar, kalça, üst sırt ve baş duvara monteli stadiometreye (Holtain Ltd, UK) temas eder pozisyonda, baş frankfort horizontal düzlemde, kollar iki yanda serbest, inspirasyon sonrası stadiometrenin baş üstü tablası başın verteks noktasına temas edecek şekilde yerleştirildikten sonra ayakların zemine sadece temas noktası ve başın verteks noktası arasındaki mesafe cm cinsinden 0.1cm hassasiyetle ölçülmüştür.

Vücut ağırlığı Malina (1995), Lohman ve ark. (1988), Baumgartner ve ark. (1988)'nin belirttiği şekilde çıplak ayak, sadece tişörtlü ve şortlu olarak elektronik laboratuvar baskülü (Seca, Vogel & Halke, Hamburg) üzerinde anatomik pozisyondayken topuklar, kalça, omuzlar ve baş yere 90° derece açı yapar pozisyonda, vücut ağırlığı iki ayağa eşit dağılmış şekilde, kg cinsinden ve 0.1kg hassasiyetle ölçülmüştür.

Uyluk çevresi Norton ve ark. (1996), Mcdowell ve ark. (2008)'nin belirttiği şekilde uyluğun uzun aksına dik olarak femurun orta noktasından, baldır bölgesi için belirtilen vücut pozisyonunda antropometrik mezura (Holtain Ltd, UK) ile ölçülmüştür. Baldır çevresi Malina (1995)'nin belirttiği şekilde vücut ağırlığı her iki ayağa eşit dağıtılmış ayakta duruş pozisyonunda ve baldır bölgesinin en geniş olduğu bölgeden serbest pozisyonda antropometrik mezura (Holtain Ltd, UK) ile ölçülmüştür.

Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri kaliper (Holtain Ltd, UK) ile Eston ve ark. (2009)'nin belirttiği şekilde katılımcının kolları ve omuzları rahat bir şekilde ayakta durur pozisyonda alınmıştır. Katılımcının deri ve deri altı adipoz doku derinin doğal kavisine göre iki kat olacak şekilde baş parmak ve işaret parmağıyla kas dokusundan ayrılmıştır. Tüm ölçümler bedenin sağ tarafından alınmıştır. Kaliperin baskı uygulayan uçları deriyi kavrayan el parmaklarının 1cm aşağısından deriye dik olacak şekilde uygulanmıştır. Kaliper ölçüm alınmadan önce bu pozisyonda 2s tutulmuş ve 0.2mm hassasiyetle ölçüm alınmıştır. Ölçümler ikişer kez alınmış iki ölçüm arasında %5'ten fazla fark varsa üçüncü ölçüm yapılmıştır. Uyluk bölgesi deri kıvrım kalınlığı Kravitz ve Heyward (1999) ile Eston ve ark. (2009)'nin belirttiği şekilde kaliper dikey olarak *inguinal crease* ve *patella*'nın proksimal sınırı arasındaki orta noktadan anterior yönünde ölçülmüştür. Baldır bölgesi deri kıvrım kalınlığı, baldır çevresinin maksimum olduğu bölgeden medial *calf* üzerinden ölçülmüştür.

Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümü

Katılımcıların VYY'leri BIA yöntemiyle ölçüm yapan vücut kompozisyonu analizörüyle (Tanita MC 180MA, Japan) ölçülmüştür. Katılımcılar sabah 08:00-10:00 arası saatlerde çıplak ayakla, şort ve tişörtle ölçüme alınmışlardır. Antropometrik ölçümlerde olduğu gibi hidrasyon durumlarını etkileyecek faktörleri kontrol altına almak için katılımcıların ölçüm öncesi 48 saatlik süreçte alkol kullanmamaları, testten önceki 24 saatlik süreçte diüretik ürünler (kahve, çikolata) kullanmamaları, testten önceki 12 saatlik süreçte egzersiz yapmamaları, testten önceki 4 saatlik süreçte herhangi bir şey yememeleri ve içmemeleri, testten önceki 30dk'lık süreçte mesanelerini boşaltmaları istenmiştir.

Sıçrama Yüksekliği Ölçümleri

SS ve AS yükseklikleri, Picerno ve ark. (2011)'nin da belirtmiş olduğu bir 3D akselometre ve bir 3D jiroskop içeren verileri kablosuz bir şekilde bilgisayara gönderebilen (100Hz) üç eksenli (3D) AÖB kullanılarak ölçülmüştür (Sensorize, Italy). Bu AÖB katılımcıların bel bölgesini saran elastik bir kemere, omurganın L5 hizasına yerleştirilmiştir. Sıçrama testleri sırasında üst beden etkisini minimize etmek için Harman ve ark. (1990)'nin belirttiği şekilde katılımcılara iliak krest üstü bölgeden ellerle bellerinden tutmaları söylenmiştir. Innocenti ve ark. (2006)'nin belirttiği şekilde üst beden torsonun minimum fleksiyon ve ekstansiyon uygulayacak şekilde standartlaştırılmıştır. Sıçrama testleri Komi ve Bosco (1978), Bosco ve Komi (1979), (1980), Linthorne (2001)'un belirttiği şekilde yapılmıştır. Buna göre SS ayakların omuz genişliğinde açık ve diz ekleminin $\sim 90^\circ$ ($\pm 5^\circ$) fleksiyonda, gövde frontal düzlemde öne doğru hafif fleksiyonda, yarım skuat pozisyonunun 1s korunmasından sonra aşağı yönlü bir hareket olmaksızın maksimal şekilde yaptırılmıştır. AS ayakların frontal düzlemde omuz genişliğinde açık olduğu ayakta duruş pozisyonundan, aşağı yönlü bir hareketle diz eklemi açısının serbest olduğu skuat pozisyonunu duraklama olmaksızın takip edecek şekilde (gerilme kasılma döngüsü) maksimal olarak yaptırılmıştır. Her iki test yönteminde katılımcılardan 3dk'lık aralarla 3 kere mümkün olduğu kadar yükseğe sıçramaları istenmiştir. Her katılımcının en yüksek SS ve AS yüksekliği değerlendirmeye alınmıştır.

Sprint Koşu Testi

Katılımcıların sprint dereceleri 40m sprint koşusu testi ile belirlenmiştir. Başlangıç noktası ve 40. metreye fotosel ve yansıtıcıları yerleştirilmiştir. Katılımcıların kapalı atletizm pisti sprint koşu performansları 0.01s hassasiyetle ölçüm yapabilen ve katılımcının fotoselden geçişi ile süreyi çalıştıran, 0. ve 40. metrelerdeki fotoseller arası geçiş süresini kaydeden elektronik kronometre sistemiyle (Tümer Elektronik Ltd, Türkiye) test edilmiştir. Sprint koşusu katılımcı başlangıç noktasının 1m gerisinden yüksek çıkışla başlangıç noktasındaki fotoseli ulaştığında başlamış ve 40m çizgisindeki fotosele ulaştığında tamamlanmıştır. Katılımcılara 40m'lik mesafeyi mümkün olduğu kadar hızlı koşmaları konusunda talimatlar verilmiştir. Sprint testleri öncesi katılımcılar düşük şiddetli koşu, ivmelenme koşuları ve çeşitli sprint alıştırmaları içeren 10dk'lık standart bir ısınma uygulamıştır. Katılımcılara en az 2dk'lık (Woolford ve ark., 2013) dinlenme araları olan 3 maksimal 40m sprint koşusu yaptırılmış ve en iyi derece değerlendirmeye alınmıştır.

İzokinetik Kas Kuvveti Ölçümü

İzokinetik testler bilgisayar kontrollü izokinetik dinamometre (Humac Norm Testing & Rehabilitation System, Model TM 770, USA) kullanılarak yapılmıştır. Her test süreci öncesinde dinamometrenin kalibrasyonu CSMI'nin (2006) kullanma kılavuzunda belirtildiği üzere tork doğrulama şekilde yapılmıştır. Chan ve Mafulli (1996)'nin belirttiği gibi katılımcılara test öncesi bisiklet ergometresinde 10dk orta şiddette (50W) ısınma ve bunu takiben test edilecek eklem bölgelerindeki kaslara yönelik standart statik germeler uygulanmıştır. Chan ve Mafulli (1996) ile Davies ve ark. (2000)'nın belirttiği gibi ısınma sonrası test edilecek bireyin fiziksel özelliklerine göre cihazın ayarlamaları yapılmıştır. Uygulanacak olan protokol test öncesi katılımcılara açıklanmıştır ve katılımcılar test boyunca sözlü olarak cesaretlendirilmişlerdir. Ayrıca görsel geri bildirim sağlaması için ekrandaki tork eğrilerini görmeleri sağlanmıştır. Bilgisayara katılımcı ile ilgili gerekli veriler girildikten sonra Dvir (2004), Chan ve Mafulli (1996)'nin belirttiği şekilde gövde ve baldır kemerleri rahatsızlık vermeyecek halde koltuk ile gövde ve diz eklemi bölgeleri arasına 3 parmak girecek şekilde sıkılarak katılımcıların sabitlenmesi sağlanmıştır. Brown ve Whitehurst (2000)'un belirttiği şekilde dinamometrenin ayarlanabilir kolunun yumuşak pedi, ayak bileğinin tam dorsal fleksiyonuna izin verecek şekilde katılımcının *medial malleol*'ünün proksimali hizasından bacağına sabitlenmiştir. Dinamometre kolunun aksis rotasyonu lateral femoral epikondil hizasına ayarlanmıştır. Daha sonra 0-90° diz hareket genişliği düşük hız yapılarak bulunmuştur. Katılımcılara koltuğun iki yanında bulunan desteklerden tutması söylenmiştir. Chan ve Mafulli'nin (1996) belirttiği şekilde her açısal hız testi öncesi ısınma ve alışma amaçlı 3 submaksimal tekrar yapılmış ve sonrasında Davies ve ark. (2000)'nin belirttiği şekilde 30s'lik dinlenme arası verilmiştir. Test süreci açısal hızlar arası birer dk'lık dinlenme aralarıyla 60°, 180° ve 300°.s⁻¹ açısal hızlarda konsantrik istemli 5 maksimal fleksiyon/ekstansiyon hareketi yapılarak tamamlanmıştır. Test sonucunda cihaza bağlı bir bilgisayar aracılığıyla ortalama zirve tork değerleri (Nm) değerlendirme için kaydedilmiştir.

Anaerobik Güç ve Kapasite Testi

Katılımcıların anaerobik güç ve kapasiteleri laboratuvar ortamında optik sensörü, sürtünmeli frenlemesi ve bilgisayar bağlantısı bulunan bir bisiklet ergometresiyle (Peak Bike, Monark Exercise AB 894E, Sweden) WAnT ile belirlenmiştir. Bu test Inbar ve ark. (1996) ile Maud ve ark. (2006)'nın belirttiği şekilde uygulanmıştır. Buna göre her test öncesinde bisiklet ergometresi kalibre edilmiş, daha sonrasında katılımcının bacak boyuna göre oturma yüksekliği ayarlanmış ve katılımcının ayakları test sırasında pedallardan çıkmaması için kayışlı pedallara sabitlenmiştir. Katılımcının test öncesinde ölçülen vücut ağırlığının kilogramı başına 75g'lık sabit yük test öncesinde ergometrenin serbest ve sürtünmeli yük kesesine yerleştirilmiştir. Daha sonra bisiklet ergometresinde herhangi bir yük olmaksızın 60-70 devir/dk pedal hızında 3-4dk'lık ısınma uygulanmış ve bu ısınmayı takiben 3-5dk pasif dinlenme verilmiştir. Dinlenmeden sonra famularizasyon periyodunda olduğu şekilde test süreci bir kez daha katılımcıya açıklanmış, testin ilk 3-4s'sinde yüksüz olarak maksimal pedal hızına çıkması istenmiş, pedalları test süresi boyunca maksimum hızda çevirmesi gerektiği ve test süresince bisiklette oturur pozisyonda olması gerektiği söylenmiştir. Test araştırmacının "başla" işaretiyle

başlamış ve testin ilk 3-4'sinde mümkün olan maksimal hıza ulaştığı görüldüğünde daha önce hesaplanan yük uygulanmış (75g/kg) ve 30s'lik test başlatılmıştır. Katılımcılar bu 30s süresince sabit yükte maksimal hızla pedal çevirmişlerdir ve sözlü olarak sürekli olarak cesaretlendirilmişlerdir. Testin son 10-15s'lik zorlanmanın en çok olduğu bölümde bu cesaretlendirme en fazla motivasyon sağlayacak şekilde güçlü yapılmıştır. Testin ilk 5s'inde sergilenen en yüksek güç anaerobik güç olarak ve 30s test süresince sergilenen ortalama güç ise anaerobik kapasite olarak belirlenmiştir. Test sonrası katılımcılarda baş dönmesi, mide bulantısı problemlerini azaltmak için 2-3dk düşük şiddette pedal çevirme uygulanmıştır. Absolut güç değerleri ve vücut ağırlığının kilogramı başına düşen rölatif değerler ($W.kg^{-1}$) anaerobik güç ve kapasite değerleri olarak belirlenmiştir.

Verilerin Analizi

Testler sonucu elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizi için "SPSS-20 for Windows" paket programı kullanılmıştır. Tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri olarak Ort ve Ss'ları belirlenmiştir. Değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığı Kolmogorov Smirnov testiyle belirlenmiş ve normal dağılım göstermeyen değişkenlere normal dağılım uygunluğu sağlayabilmeleri için logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Çalışma öncesi EG ve İG'nin ön test değerleri arasında fark olup olmadığı Mann-Whitney U Testi belirlenmiştir. Tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizi uygulanırken varyanslarının homojenliği Box M testi ile analiz edilmiştir. Grup içi ve gruplararası karşılaştırma ve uygulanan antrenmanın temel etkilerini değerlendirmek için tek faktörü tekrarlı ölçümler içeren iki faktörlü ANOVA testi uygulanmıştır. ANOVA testi sonucunda anlamlı farkın kaynağının belirlenmesi için post-hoc testlerinden LSD testi kullanılmıştır. Tekrarlı ölçümler içeren ANOVA'nın varsayımlarından olan olası tüm kombinasyonlar arasındaki korelasyonların eşit olması (kovaryansların eşitliği) ve küresellik varsayımı (Sphericity) testi yapılmıştır. Etki büyüklüğü için kısmi eta kare (Partial Eta Squared) kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bulgular

Tüm değişkenlerin ön ölçüm ve test değerlerinin Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki anlamlılık düzeyleri **Çizelge 3**'te verilmiştir. Buna göre değişkenlerde gruplar arasında anlamlı fark yoktur ($p>0.05$).

Çizelge 3. Katılımcıların ön ölçüm, ön test değerleri ve gruplar arasındaki anlamlılık düzeyleri

		Grup	Ort	Ss	n	p		
Vücut kompozisyonu	Çevre (cm)	Baldır*	EG	36.2	1.7	16	0.438	
			İG	35.8	1.8	22		
		Uyluk*	EG	53.7	3.7	16	0.942	
			İG	54.0	3.4	22		
	Deri kıvrım kalınlığı (mm)	Baldır	EG	9.6	5.5	16	1.000	
			İG	8.4	3.5	22		
		Uyluk*	EG	15.7	8.7	16	0.672	
			İG	13.3	6.5	22		
	VYY (%)*		EG	5.3	6.1	16	0.715	
			İG	8.0	4.6	22		
Sıçrama yüksekliği (cm)	Skuat sıçrama*	EG	30.4	5.5	16	0.693		
		İG	31.7	6.0	22			
	Aktif sıçrama	EG	34.5	6.7	16	0.715		
		İG	35.4	6.7	22			
Sprint süresi (s)	40m sprint koşusu	EG	5.7	0.6	16	0.804		
		İG	5.7	0.5	22			
İzokinetik diz kuvveti (Nm)	60°.s ⁻¹	Sağ	Fleksiyon	EG	133.5	33.9	16	0.759
			İG	132.0	29.1	22		
		Ekstansiyon	EG	186.3	50.5	16	0.919	
			İG	179.0	38.8	22		
	180°.s ⁻¹	Sağ	Fleksiyon*	EG	129.7	34.7	16	0.284
			İG	130.2	28.2	22		
		Ekstansiyon	EG	183.2	51.4	16	0.919	
			İG	177.5	35.7	22		
	300°.s ⁻¹	Sağ	Fleksiyon	EG	103.6	24.9	16	0.715
			İG	99.7	22.3	22		
		Ekstansiyon	EG	129.1	32.8	16	0.715	
			İG	123.2	27.3	22		
	300°.s ⁻¹	Sağ	Fleksiyon	EG	103.4	25.2	16	0.895
			İG	99.6	22.2	22		
		Ekstansiyon	EG	124.8	32.8	16	0.693	
			İG	119.3	24.6	22		
	300°.s ⁻¹	Sağ	Fleksiyon	EG	85.8	20.0	16	0.988
			İG	84.1	20.1	22		
		Ekstansiyon	EG	96.0	25.7	16	0.759	
			İG	92.1	20.6	22		
300°.s ⁻¹	Sağ	Fleksiyon	EG	85.5	20.3	16	0.827	
		İG	85.9	19.4	22			
	Ekstansiyon*	EG	92.7	26.7	16	0.804		
		İG	88.9	18.5	22			
Anaerobik güç ve kapasite (W.kg ⁻¹)	Anerobik güç*	EG	12.3	2.0	16	0.872		
		İG	12.0	1.3	22			
	Anaerobik kapasite*	EG	6.9	1.1	16	0.827		
		İG	6.8	0.8	22			

*Bu değişkenlere ait veriler normal dağılım göstermedikleri için bu değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmış ve sonrasında analizler yapılmıştır.

Bulgular bölümü sırasıyla antropometri ve vücut yağ yüzdesi bulguları, sıçrama bulguları, 40m sprint koşu süresi bulguları, izokinetik kuvvet bulguları, anaerobik güç ve kapasite bulguları başlıkları altında ele alınmıştır. EG ve İG olarak 2 gruba ayrılan katılımcıların tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizi şeklinde yapılan ölçüm ve testlerinin ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla Çizelge 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34'te tekrarlı ölçüm ya da grup içi ve gruplararası fark değerleri sırasıyla Çizelge 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35'te ve ortalamaları sırasıyla Şekil 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50'de verilmiştir.

Antropometri ve Vücut Yağ Yüzdesi Bulguları

Çizelge 4. Katılımcıların baldır çevresi ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları

Baldır Çevresi (cm)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön ölçüm	36.2±1.7	35.8±1.8
Ara ölçüm	36.3±1.7	35.9±1.7
Son ölçüm	36.6±1.9	35.9±1.6

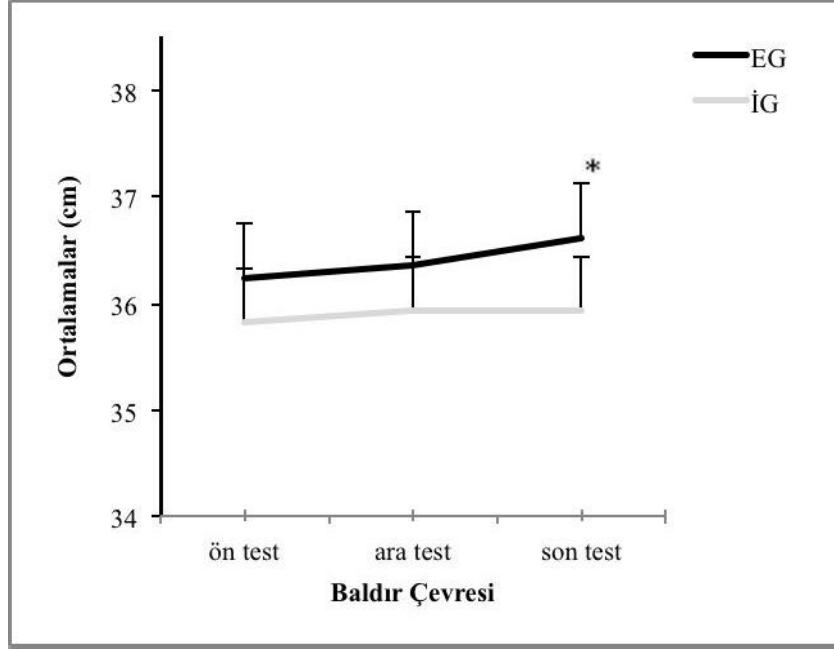
Çizelge 4'te katılımcıların baldır çevresi ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm sonuçları verilmiştir. Tekrarlı ölçümü yapılan bağımlı değişkenin her seviyesinden alınan değerlerin farkının toplam varyansın her seviyesi için eşit olup olmadığını belirlemek için yapılan küresellik (sphericity) varsayım testi sonuçlarına göre varyans ve kovaryansların eşit olduğu varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's $W=0.995$, $p>0.05$).

Çizelge 5. Katılımcıların baldır çevresi tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Baldır çevresi grup içi	0.844	3.243	2.000	35.000	0.048*	0.156
Baldır çevresi gruplararası	0.929	1.334	2.000	35.000	0.277	0.710

* $p<0.05$

Çizelge 5'te görüldüğü üzere baldır çevresi tekrarlı ölçümleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grup içi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde baldır çevresi miktarında meydana gelen değişim $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamlıdır [$F=3.243$, $p<0.048$]. Aynı zamanda baldır çevresi tekrarlı ölçümleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı belirlenmiştir. Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalarla (LSD) baldır çevresi son ölçüm değerlerinin (Ort=36.2, Ss=1.7) ön ölçüm değerlerinden (Ort=36.0, Ss=1.7) daha yüksek olduğu görülürken, gruplararası anlamlı fark olmadığı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre 1.1 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının baldır çevresine etkisi vardır ve 7.1 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin baldır çevresine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Ayrıca antrenman sonucunda katılımcıların baldır çevresinde istatistiksel olmayan artışın olduğu **Şekil 29'da** görülmektedir.



*p<0.05

Şekil 29. Katılımcıların baldır çevresi ortalamaları

Çizelge 6. Katılımcıların uyluk çevresi ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları

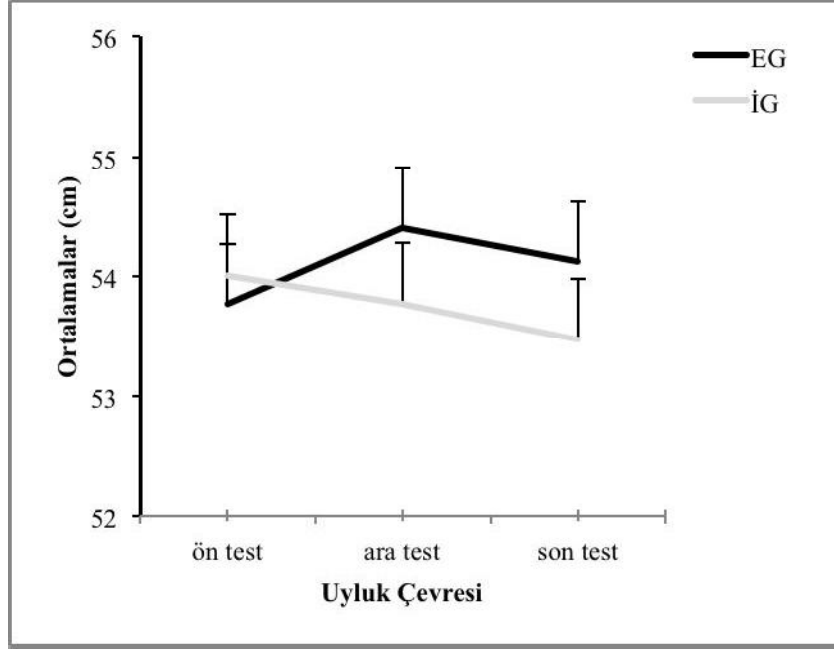
Uyluk Çevresi (cm)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön ölçüm	53.7±3.7	54.0±3.4
Ara ölçüm	54.4±3.8	53.7±3.3
Son ölçüm	54.1±3.4	53.4±3.4

Çizelge 6'da katılımcıların uyluk çevresi ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's $W=0.874$, $p>0.05$).

Çizelge 7. Katılımcıların uyluk çevresi tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Uyluk çevresi grup içi	0.995	0.817	2.000	35.000	0.450	0.045
Uyluk çevresi gruplararası	0.930	1.321	2.000	35.000	0.280	0.700

Çizelge 7'de görüldüğü üzere uyluk çevresi tekrarlı ölçümleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grup içi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde uyluk çevresi miktarında meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda uyluk çevresi tekrarlı ölçümleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı belirlenmiştir. Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre 1.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının uyluk çevresine etkisi vardır ve 7.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin uyluk çevresine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Bununla birlikte uygulanan antrenman sonucunda EG'de uyluk çevresinde istatistiksel olmayan bir artışın olduğu İG'de azalmanın olduğu aşağıda Şekil 30'da görülmektedir.



Şekil 30. Katılımcıların uyluk çevresi ortalamaları

Çizelge 8. Katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları

Baldır Deri Kıvrım Kalınlığı (mm)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön ölçüm	9.6±5.5	8.4±3.5
Ara ölçüm	11.3±6.2	8.1±3.3
Son ölçüm	10.7±5.8	8.9±4.1

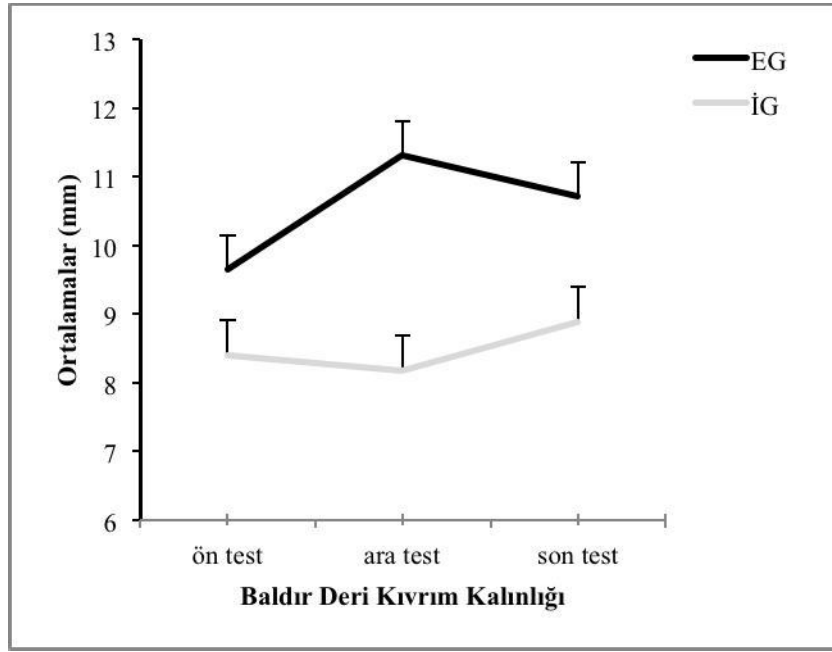
Çizelge 8'de katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's $W=0.937$, $p>0.05$).

Çizelge 9. Katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Baldır deri kıvrım kalınlığı grupiçi	0.920	1.516	2.000	35.000	0.234	0.080
Baldır deri kıvrım kalınlığı gruplararası	0.846	3.196	2.000	35.000	0.053	0.154

Çizelge 9'da görüldüğü üzere baldır deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde baldır deri kıvrım kalınlığı miktarında meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda baldır deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 1.3 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının baldır deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır ve 7.3 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin baldır deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Bununla birlikte uygulanan antrenman

sonucunda EG'de baldır deri kıvrım kalınlıklarında istatistiksel olmayan bir artışın olduğu İG'de azalmanın olduğu görülmektedir (Şekil 31).



Şekil 31. Katılımcıların baldır deri kıvrım kalınlığı ortalamaları

Çizelge 10. Katılımcıların uyluk deri kıvrım kalınlığı ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları

Uyluk Deri Kıvrım Kalınlığı (mm)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön ölçüm	15.7±8.7	13.3±6.5
Ara ölçüm	16.1±10.4	14.2±8.4
Son ölçüm	15.1±8.3	13.4±6.0

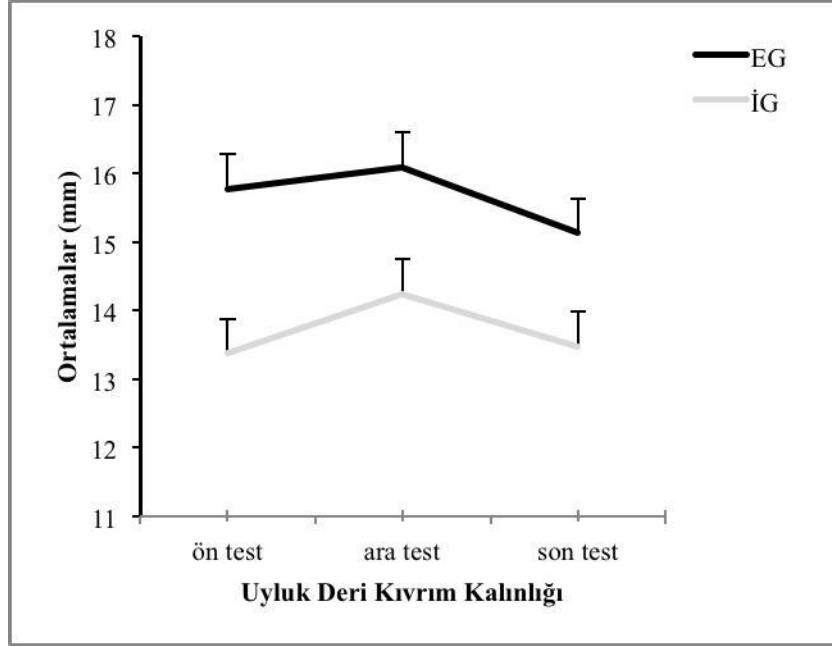
Çizelge 10'da EG ve İG'nin uyluk deri kıvrım kalınlığı ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmamıştır (Mauchly's W= 0.829, p<0.05).

Çizelge 11. Katılımcıların uyluk deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri

	Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Uyluk deri kıvrım kalınlığı grupiçi	0.000	1.707	0.000	0.044	0.937	0.029
Uyluk deri kıvrım kalınlığı gruplararası	0.004	1.707	0.003	0.527	0.565	0.006

Çizelge 11'de görüldüğü üzere uyluk deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde uyluk deri kıvrım kalınlığı miktarında meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda uyluk deri kıvrım kalınlığı tekrarlı ölçümleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 1.4 numaralı 6 haftalık AB-EMS

antrenmanın uyluk deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır ve 7.4 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin uyluk deri kıvrım kalınlığına etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Bununla birlikte uygulanan antrenman sonucunda İG ve EG'de benzer değişimler olduğu, ara ölçümlerde her iki grupta istatistiksel olmayan artış olduğu ve son ölçümlerde ise azalma olduğu görülmüştür (Şekil 32).



Şekil 32. Katılımcıların uyluk deri kıvrım kalınlığı ortalamaları

Çizelge 12. Katılımcıların VYY ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm ortalama ve standart sapmaları

VYY (%)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön ölçüm	14.3±6.1	14.5±4.6
Ara ölçüm	13.6±6.1	14.8±4.7
Son ölçüm	14.2±6.2	15.1±4.7

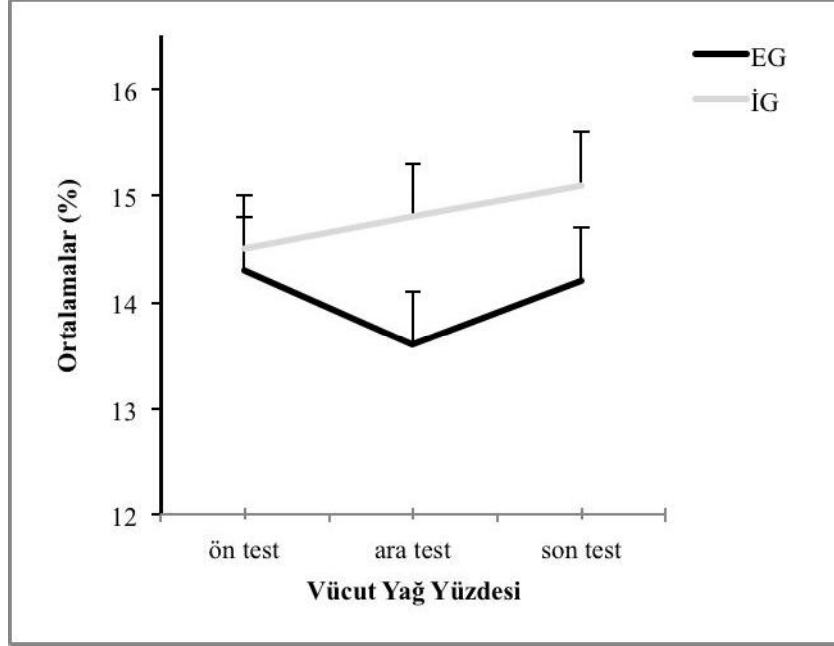
Çizelge 12'de katılımcıların VYY ön ölçüm, ara ölçüm ve son ölçüm sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre ise varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmamıştır (Mauchly's $W = 0.756$, $p < 0.05$).

Çizelge 13. Katılımcıların VYY tekrarlı ölçümleri ANOVA ve EB değerleri

	Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
VYY grupiçi	0.003	1.608	0.002	0.666	0.486	0.156
VYY gruplararası	0.005	1.608	0.003	0.861	0.407	0.710

Çizelge 13'te görüldüğü üzere VYY tekrarlı ölçümleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda VYY tekrarlı ölçümleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı belirlenmiştir. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar

(LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı fark olmadığı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara 2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının vücut yağ yüzdesine etkisi vardır ve 8 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin vücut yağ yüzdesine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 33'te görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların VYY'inde ara ölçüm sonuçlarında EG'de bir azalma İG'de ise artış görülmekte, son ölçüm sonuçlarında ise hem EG ve hem de İG'de artış görülmektedir.



Şekil 33. Katılımcıların VYY ortalamaları

Sıçrama Bulguları

Çizelge 14. Katılımcıların skuat sıçrama ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

Skuat Sıçrama (cm)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön test	30.4±5.5	31.7±6.0
Ara test	31.1±5.5	32.6±6.1
Son test	31.8±5.5	31.5±5.5

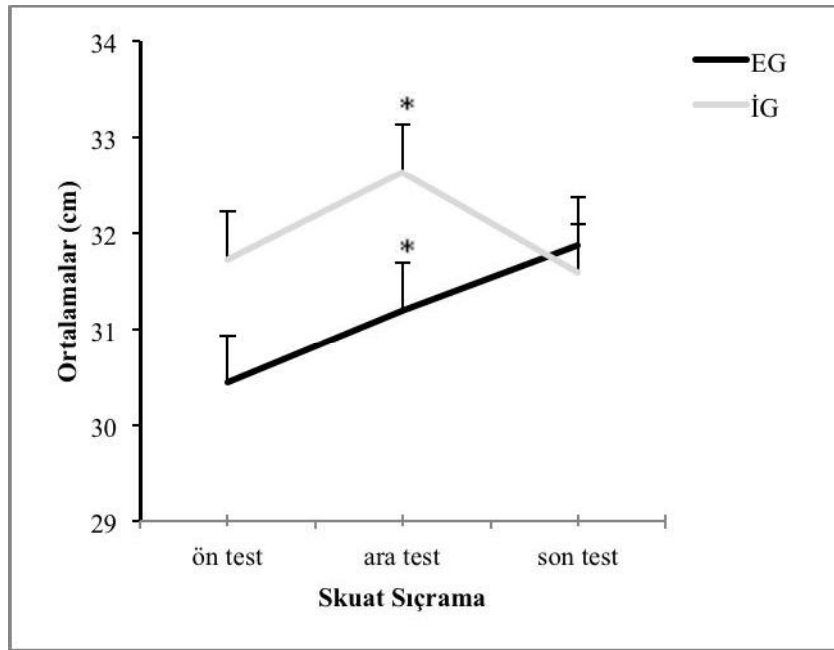
Çizelge 14'te katılımcıların skuat sıçrama ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmamıştır (Mauchly's W= 0.694, p<0.02).

Çizelge 15. Katılımcıların skuat sıçrama tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

	Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Skuat sıçrama grubu içi	0.003	1.531	0.002	3.986	0.034†	0.100
Skuat sıçrama gruplararası	0.003	1.531	0.002	3.966	0.043†	0.092

†p<0.05

Çizelge 15'te görüldüğü üzere skuat sıçrama tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde skuat sıçrama miktarında meydana gelen değişim $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamlıdır [$F=3.986$, $p=0.34$]. Aynı zamanda skuat sıçrama tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ($p<0.05$) ortak etkisi bulunmuştur [$F=3.966$, $p=0.43$]. Grupiçi yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda skuat sıçrama ara test değerlerinin (Ort=32.0, Ss=5.8) ön test değerlerinden (Ort=31.1, Ss= 5.8) istatistiksel anlamlı ($p=0.01$) farklı olduğu belirlenmiştir. Gruplararası da istatistiksel anlamlı fark ($p<0.05$) bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre 3.1 numaralı *6 haftalık AB-EMS antrenmanının skuat sıçramaya etkisi vardır* denencesi kabul edilmiştir ve 9.1 numaralı *6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin skuat sıçramaya etkisi vardır* denencesi reddedilmiştir. **Şekil 34** incelendiğinde skuat sıçrama yüksekliğinde EG'de ara test ve son testte artış olduğu İG'de ara testte artış, son testte ise düşüş olduğu görülmektedir. Buna göre uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların skuat sıçramalarında istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur. Detraining sürecinin sadece EG'de istatistiksel anlamlı olmayan etkisi olduğu görülmektedir.



* $p<0.05$

Şekil 34. Katılımcıların skuat sıçrama yükseklikleri ortalamaları

Çizelge 16. Katılımcıların aktif sıçrama ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

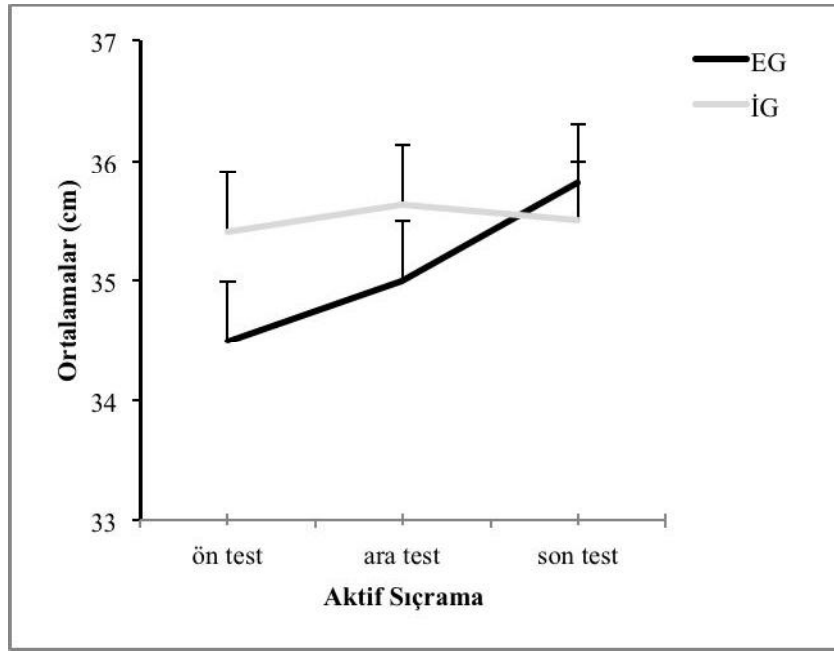
Aktif Sıçrama (cm)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön test	34.5±6.7	35.4±6.7
Ara test	35.0±6.8	35.6±6.0
Son test	35.8±6.4	35.5±6.3

Çizelge 16'da katılımcıların aktif sıçrama ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre ise varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's $W= 0.925$, $p>0.05$).

Çizelge 17. Katılımcıların aktif sıçrama tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Aktif sıçrama grupiçi	0.941	1.091	2.000	35.000	0.347	0.038
Aktif sıçrama gruplararası	0.945	1.027	2.000	35.000	0.369	0.032

Çizelge 17'de görüldüğü üzere aktif sıçrama tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde aktif sıçramada istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Aynı zamanda aktif sıçrama tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi bulunmamıştır. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda da istatistiksel anlamlı fark yoktur. Elde edilen sonuçlara göre 3.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının aktif sıçramaya etkisi vardır ve 9.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin aktif sıçramaya etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. **Şekil 35'te** görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda EG ve İG'nin aktif sıçrama yüksekliklerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 35. Katılımcıların aktif sıçrama yükseklikleri ortalamaları

40m Sprint Koşu Süresi Bulguları

Çizelge 18. Katılımcıların 40m sprint ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

40m Sprint (s)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön test	5.79±0.60	5.72±0.55
Ara test	5.74±0.59	5.62±0.50
Son test	5.77±0.53	5.67±0.51

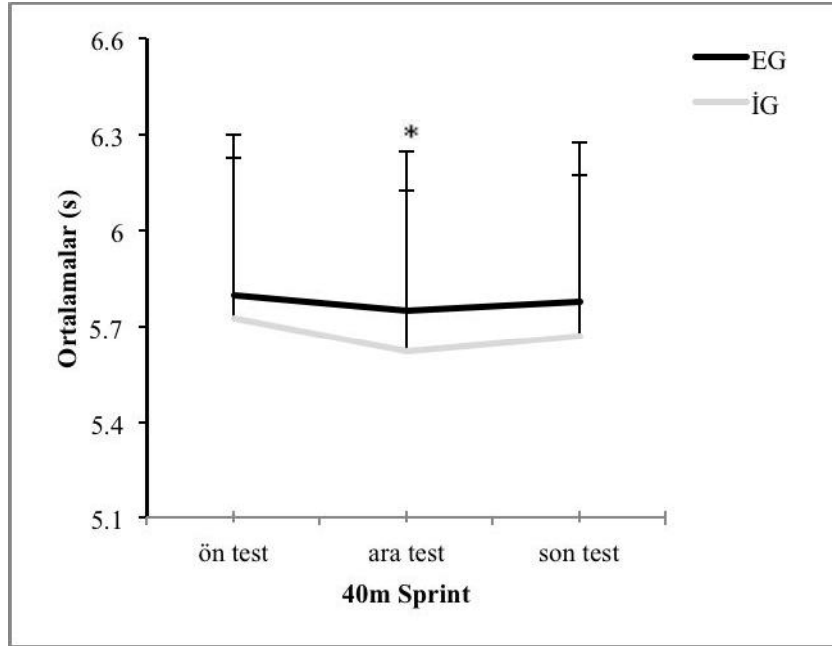
Çizelge 18'de katılımcıların sprint ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's $W=0.935$, $p>0.05$).

Çizelge 19. Katılımcıların 40m sprint tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
40m sprint grupüçi	0.710	7.134	2.000	35.000	0.003†	0.133
40m sprint gruplararası	0.954	0.842	2.000	35.000	0.439	0.018

† $p<0.05$

Çizelge 19'da görüldüğü üzere 40m sprint tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupüçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde 40m sprintte meydana gelen değişim $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamlıdır [$F=7.134$, $p=0.03$]. Aynı zamanda 40m sprint tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupüçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı ($p<0.05$) 40m sprint ara test derecelerinin (Ort=5.67, $Ss=0.54$) ön test derecelerinden (Ort=5.75, $Ss=0.56$) daha düşük olduğu bulunmuştur. Gruplararasıda ise istatistiksel anlamlı fark yoktur. Elde edilen sonuçlara göre 4 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının 40m sprinte etkisi vardır ve 10 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin 40m sprinte etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Bununla birlikte **Şekil 36'**da görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda EG ve İG'nin 40m sprint derecelerinde istatistiksel anlamlı olmayan artış vardır.



Şekil 36. Katılımcıların 40m sprint dereceleri ortalamaları

İzokinetik Kuvvet Bulguları

Çizelge 20. Katılımcıların 60°.s⁻¹ açısız hızda sağ diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

Sağ Diz 60°.s ⁻¹ İzokinetik Kuvvet Değişkenleri (Nm)		EG (n=16)	İG (n=22)
		Ort±Ss	Ort±Ss
Fleksiyon Zirve Torku	Ön test	133.5±33.9	132.0±29.1
	Ara test	122.9±26.1	129.5±26.3
	Son test	123.0±28.3	122.7±25.2
Ekstansiyon Zirve Torku	Ön test	186.3±50.5	179.0±38.8
	Ara test	170.0±38.0	175.0±34.1
	Son test	170.4±43.2	172.0±36.3

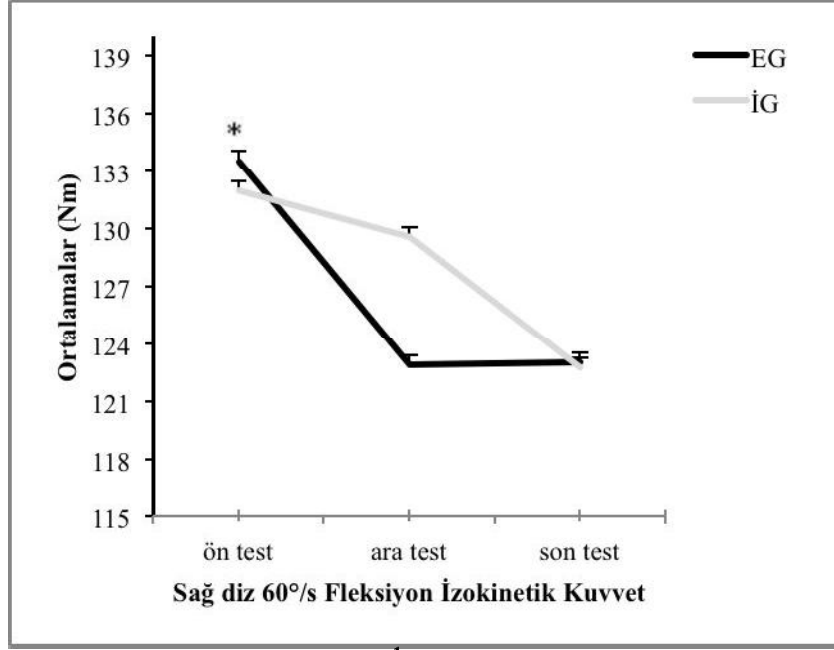
Çizelge 20'de katılımcıların 60°.s⁻¹ açısız hızda sağ diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon zirve torkları için karşılanmazken (Mauchly's W=0.668, p<0.05), ekstansiyon için karşılanmıştır (Mauchly's W=0.906, p>0.05).

Çizelge 21. Katılımcıların 60°.s⁻¹ açısız hızda sağ diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

		Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Sağ diz 60°.s ⁻¹	Fleksiyon grupiçi	1864.524	1.501	1242.124	6.441	0.006†	0.152
	Fleksiyon gruplararası	362.278	1.501	241.346	1.252	0.286	0.034
izokinetik kuvvet		Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
	Ekstansiyon grupiçi	0.794	4.545	2.000	35.000	0.018†	0.138
	Ekstansiyon gruplararası	0.941	1.094	2.000	35.000	0.346	0.039

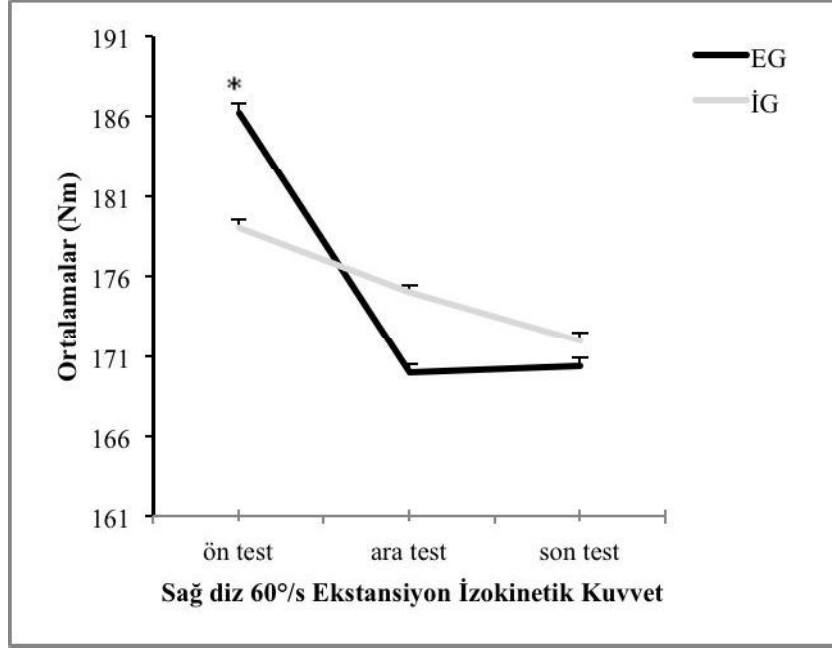
†p<0.05

Çizelge 21'de görüldüğü üzere sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon izokinetik kuvvette meydana gelen değişim p<0.05 düzeyinde istatistiksel anlamlıdır [F=6.441, p=0.006]. Aynı zamanda sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon izokinetik kuvvet ön test zirve tork değerinin (Ort=132.6, Ss=30.7) hem ara test (Ort=126.7, Ss=26.0) hem de son test değerinden (Ort=122.8, Ss=26.2) daha yüksek olduğu ve gruplararası istatistiksel anlamlı fark olmadığı bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlara göre 5.1 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sağ diz 60°.s⁻¹ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.1 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanı takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sağ diz 60°.s⁻¹ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 37'de uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler olduğu görülebilir.



Şekil 37. Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sağ diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları

Sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamlıdır [$F=4.545$, $p=0.018$]. Sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi bulunmamıştır. Sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değişkeni için Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı ($p<0.05$) ön test zirve tork değerlerinin (Ort=182.1, Ss=43.6) hem ara test zirve tork değerlerinden (Ort=172.8, Ss=35.4) hem de son test zirve tork değerlerinden (Ort=171.3, Ss=38.8) yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 5.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 38'de uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda fleksiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler olduğu görülebilir.



Şekil 38. Katılımcıların izokinetik 60°.s⁻¹ açısız hızda sağ diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları

Çizelge 22. Katılımcıların 60°.s⁻¹ açısız hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet değışkeninin ön test, ara test ve son test sonuçları

Sol Diz 60°.s ⁻¹ İzokinetik Kuvvet Değişkenleri (Nm)	EG (n=16)	İG (n=22)	
	Ort±Ss	Ort±Ss	
Flexiyon Zirve Torku	Ön test	129.7±34.7	130.2±28.2
	Ara test	125.5±25.9	125.1±26.4
	Son test	124.3±25.2	124.5±26.8
Ekstansiyon Zirve Torku	Ön test	183.2±51.4	177.5±35.7
	Ara test	169.8±37.7	171.0±36.3
	Son test	169.3±39.0	170.7±31.6

Çizelge 22'de katılımcıların 60°.s⁻¹ açısız hızda sol diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı sağ diz 60°.s⁻¹ açısız hızda hem fleksiyon (Mauchly's W= 0.759, p<0.05) hem de ekstansiyon zirve torkları için karşılanmamıştır (Mauchly's W= 0.765, p<0.05).

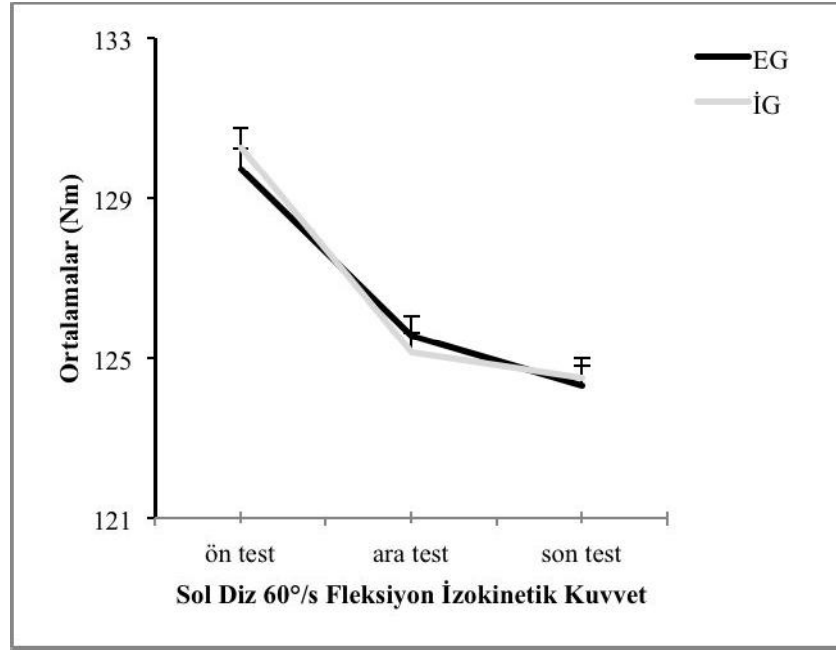
Çizelge 23. Katılımcıların 60°.s⁻¹ açısız hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değeri

		Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Sol diz 60°.s ⁻¹ izokinetik kuvvet	Fleksiyon grupiçi	667.448	1.611	414.297	2.482	0.103	0.064
	Fleksiyon gruplararası	4.290	1.611	2.663	0.016	0.968	0.000
	Ekstansiyon grupiçi	2535.578	1.619	1566.186	5.625	0.009†	0.135
	Ekstansiyon gruplararası	308.455	1.619	190.528	0.684	0.479	0.019

†p<0.05

Çizelge 23'te görüldüğü üzere sol diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değışkeni ve grup bağımsız değışkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değeriğine göre zaman içerisinde sol diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değışim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda sol diz 60°.s⁻¹ açısız hızda fleksiyon

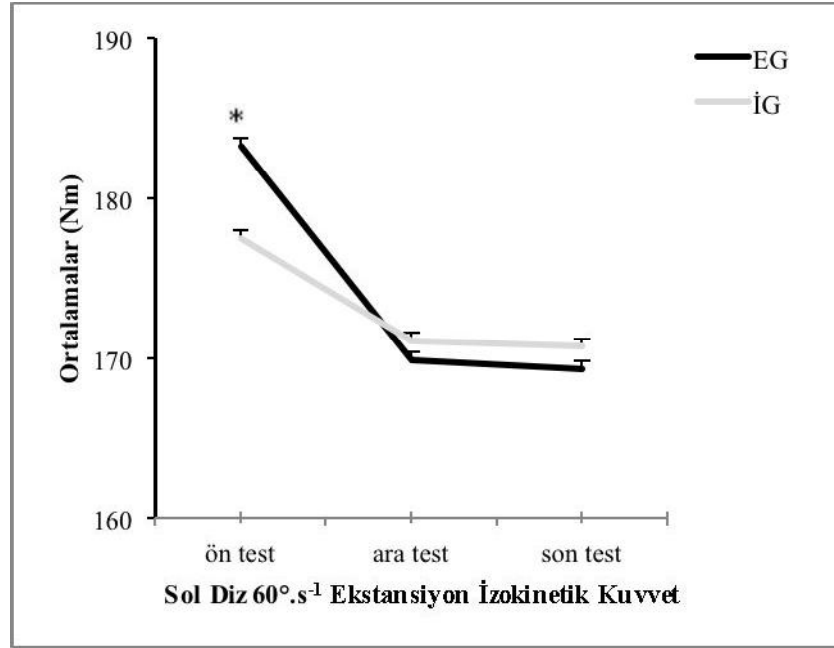
izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda fleksiyon izokinetik kuvvet test zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 5.3 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.3 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 39'da görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda fleksiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 39. Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sol diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları

Sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grup içi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamlıdır [$F=5.625$, $p=0.009$]. Sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi bulunmamıştır. Sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değişkeni için Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı ($p < 0.05$) ön test değerlerinin (Ort=179.9, Ss=42.4) hem ara test zirve tork değerlerinden (Ort=170.5, Ss=36.4) hem de son test zirve tork değerlerinden (Ort=170.1, Ss=34.4) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Gruplararası ise istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre 5.4 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.4 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 40'da

görülebileceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sol diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 40. Katılımcıların izokinetik $60^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları

Çizelge 24. Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

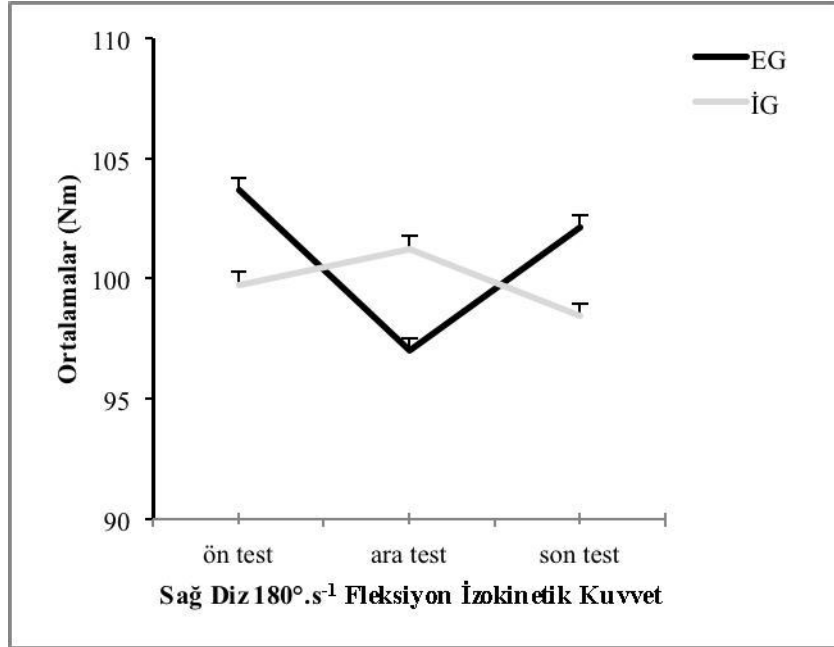
Sağ Diz $180^{\circ}.s^{-1}$ İzokinetik Kuvvet Değişkenleri (Nm)	EG (n=16)		İG (n=22)	
	Ort±Ss	Ort±Ss	Ort±Ss	Ort±Ss
Flexiyon Zirve Torku	Ön test	103.6±24.9	99.7±22.3	
	Ara test	97.0±20.2	101.2±18.6	
	Son test	102.1±21.2	98.4±21.0	
Ekstansiyon Zirve Torku	Ön test	129.1±32.8	123.2±27.3	
	Ara test	122.4±28.3	123.2±23.2	
	Son test	127.0±28.0	122.9±24.5	

Çizelge 24'te katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı hem fleksiyon (Mauchly's $W=0.934$, $p>0.05$), hem de ekstansiyon zirve torkları için karşılanmıştır (Mauchly's $W= 0.993$, $p>0.05$).

Çizelge 25. Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

		Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ izokinetik kuvvet	Fleksiyon grup içi	0.960	0.727	2.000	35.000	0.491	0.021
	Fleksiyon gruplararası	0.852	3.044	2.000	35.000	0.060	0.065
	Ekstansiyon grup içi	0.933	1.249	2.000	35.000	0.299	0.037
	Ekstansiyon gruplararası	0.931	1.306	2.000	35.000	0.284	0.038

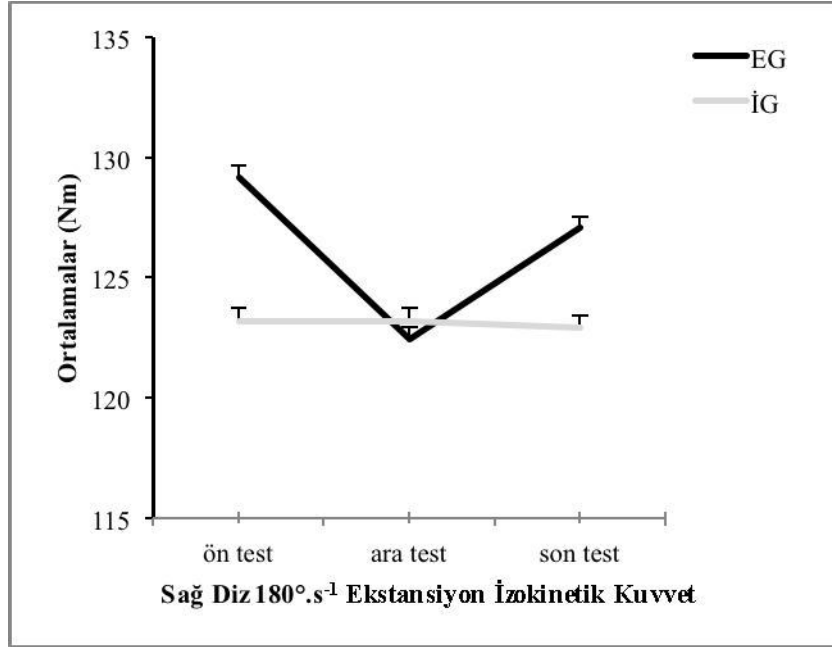
Çizelge 25'te görüldüğü üzere sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grup içi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik kuvvet test değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 5.5 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.5 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. **Şekil 41** görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik kuvvet zirve torkları değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 41. Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları

Sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grup içi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi bulunmamıştır. Sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değişkeni için Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda ekstansiyon zirve tork değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 5.6 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.6 numaralı 6 haftalık AB-EMS

antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 42'de görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sağ diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 42. Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sağ diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları

Çizelge 26. Katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sol diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

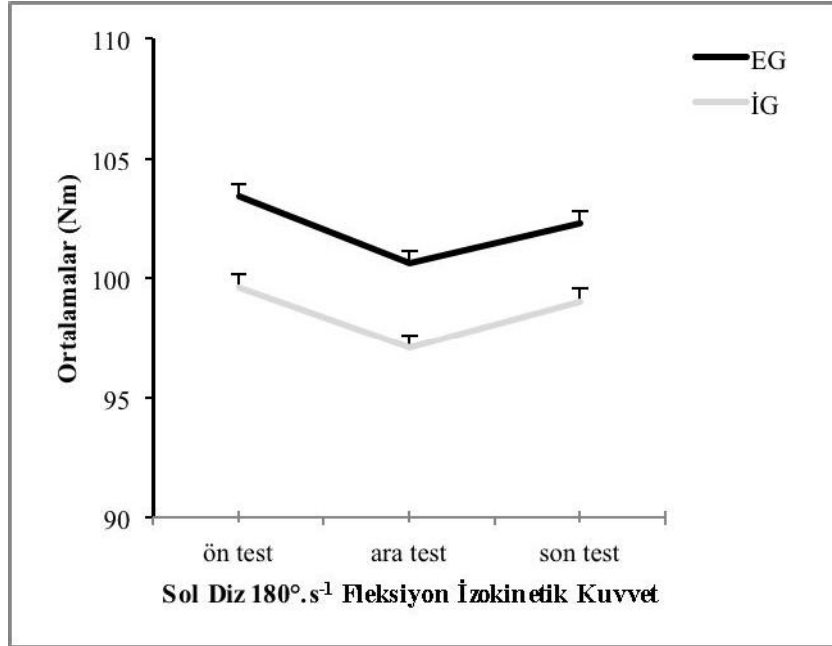
Sol Diz $180^{\circ}.s^{-1}$ İzokinetik Kuvvet Değişkenleri (Nm)		EG (n=16)	İG (n=22)
		Ort±Ss	Ort±Ss
Flexiyon Zirve Torku	Ön test	103.4±25.2	99.6±22.2
	Ara test	100.6±18.6	97.1±19.5
	Son test	102.3±18.5	99.0±20.2
Ekstansiyon Zirve Torku	Ön test	124.8±32.8	119.3±24.6
	Ara test	120.3±26.8	118.5±21.8
	Son test	124.6±27.6	120.9±20.0

Çizelge 26'da katılımcıların $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sol diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı sağ diz $60^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda hem fleksiyon (Mauchly's $W=0.687$, $p<0.05$), hem de ekstansiyon zirve torkları için karşılanmamıştır (Mauchly's $W=0.789$, $p<0.05$).

Çizelge 27. Katılımcıların 180°.s⁻¹ açısal hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

		Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Sol diz 180°.s ⁻¹	Fleksiyon grupiçi	138.690	1.524	91.021	0.854	0.404	0.023
	Fleksiyon gruplararası	1.321	1.524	.867	0.008	0.978	0.000
izokinetik kuvvet	Ekstansiyon grupiçi	233.771	1.652	141.532	1.759	0.186	0.047
	Ekstansiyon gruplararası	62.964	1.652	38.120	0.474	0.589	0.013

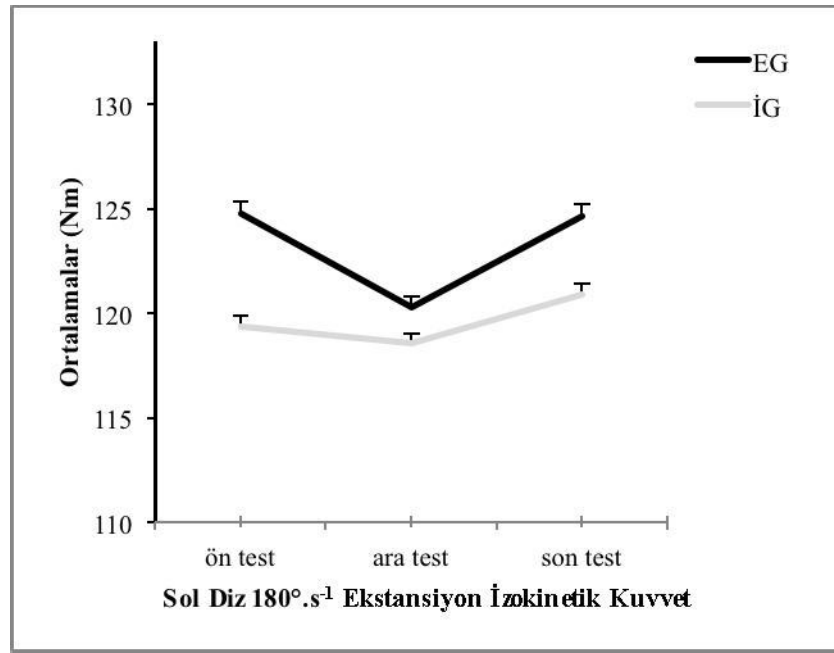
Çizelge 27'de görüldüğü üzere sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvveti tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda fleksiyon izokinetik kuvvet test zirve tork değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 5.7 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sol diz 180°.s⁻¹ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.7 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sol diz 180°.s⁻¹ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 43'te görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda fleksiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 43. Katılımcıların izokinetik 180°.s⁻¹ açısal hızda sol diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları

Sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvveti tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde sol diz 180°.s⁻¹ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Sol diz 180°.s⁻¹

açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi bulunmamıştır. Sol diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değışkeni için Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 5.8 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sol diz $180^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.8 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sol diz $180^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 44'te görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sol diz $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değışimler vardır.



Şekil 44. Katılımcıların izokinetik $180^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sol diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları

Çizelge 28. EG ve İG'nin $300^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sağ diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

Sağ Diz $300^{\circ}.s^{-1}$ İzokinetik Kuvvet Değişkenleri (Nm)	EG (n=16)		İG (n=22)			
	Ön test	Ara test	Son test	Ön test	Ara test	Son test
Fleksiyon Zirve Torku	Ön test	85.8±20.0	84.1±20.1	83.7±14.4	83.7±16.0	82.4±18.8
	Ara test	88.6±13.7	82.4±18.8	96.0±25.7	92.1±20.6	94.6±22.4
	Son test	94.6±22.4	92.9±18.4	97.0±21.1	90.5±18.4	
Ekstansiyon Zirve Torku	Ön test	96.0±25.7	92.1±20.6	94.6±22.4	92.9±18.4	97.0±21.1
	Ara test	94.6±22.4	92.9±18.4	97.0±21.1	90.5±18.4	
	Son test	97.0±21.1	90.5±18.4			

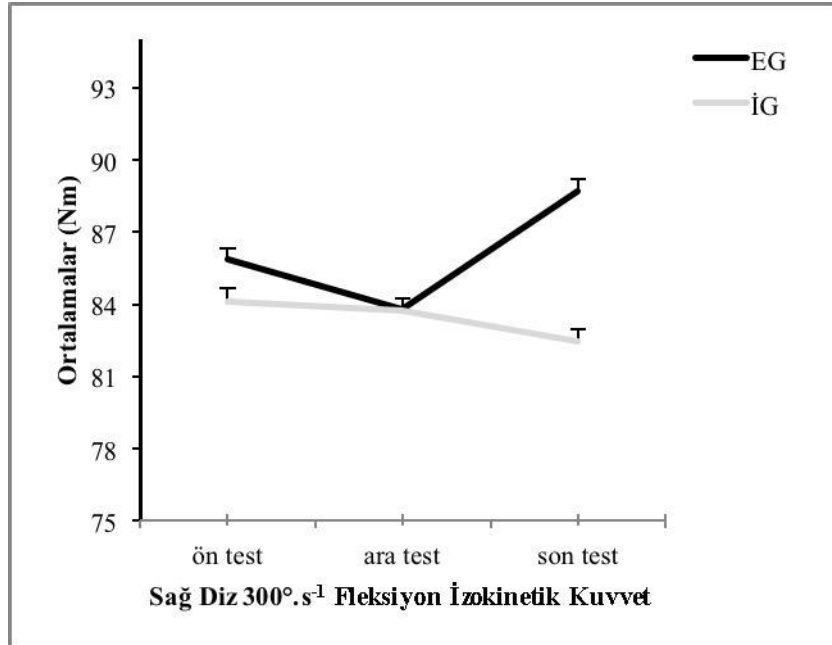
Çizelge 28'de katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda sağ diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısız hızda fleksiyon zirve torkları için karşılanmamış (Mauchly's $W=0.800$,

$p < 0.05$), ekstansiyon zirve torkları içinse karşılanmıştır (Mauchly's $W = 0.947$, $p > 0.05$).

Çizelge 29. Katılımcıların $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

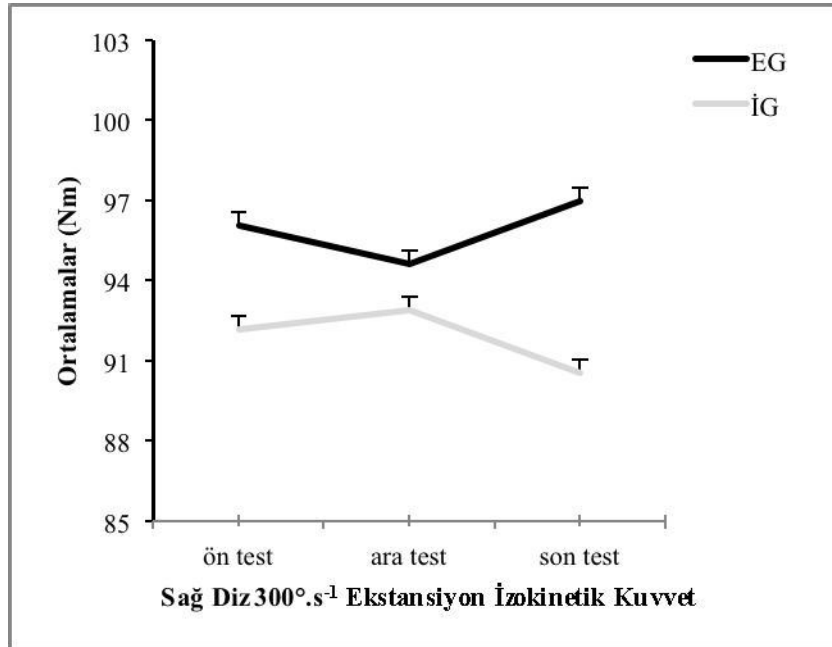
		Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ izokinetik kuvvet	Fleksiyon grupiçi	64.728	1.667	38.829	0.499	0.576	0.014
	Fleksiyon gruplararası	191.640	1.667	114.961	1.477	0.237	0.039
		Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
	Ekstansiyon grupiçi	0.952	0.873	2.000	35.000	0.427	0.001
	Ekstansiyon gruplararası	0.890	2.161	2.000	35.000	0.130	0.022

Çizelge 29'da görüldüğü üzere sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvveti tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvveti değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 5.9 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.9 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. **Şekil 45'**te görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sağ diz $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 45. Katılımcıların izokinetik $300^\circ.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları

Sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grup içi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi bulunmamıştır. Sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değişkeni için Grup içi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 5.10 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.10 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanı takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. **Şekil 46**da görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sağ diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 46. Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sağ diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları

Çizelge 30. Katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test ortalama ve standart sapmaları

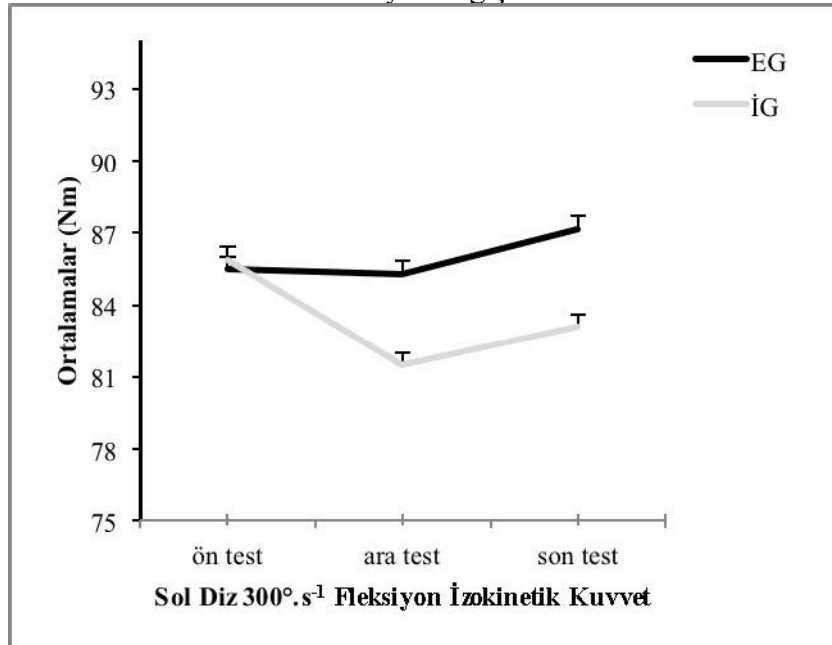
Sol Diz $300^{\circ}.s^{-1}$ İzokinetik Kuvvet Değişkenleri (Nm)	EG (n=16)	İG (n=22)	
	Ort±Ss	Ort±Ss	
Flexiyon Zirve Torku	Ön test	85.5±20.3	85.9±19.4
	Ara test	85.3±14.4	81.5±15.6
	Son test	87.1±14.1	83.0±15.9
Ekstansiyon Zirve Torku	Ön test	92.7±26.7	88.9±18.5
	Ara test	89.8±18.6	89.7±16.6
	Son test	93.1±19.9	90.5±15.8

Çizelge 30'da katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon zirve torkları için karşılanmamış (Mauchly's $W=0.660$, $p<0.05$), ekstansiyon içinse karşılanmıştır (Mauchly's $W= 0.939$, $p>0.05$).

Çizelge 31. Katılımcıların $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon/ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

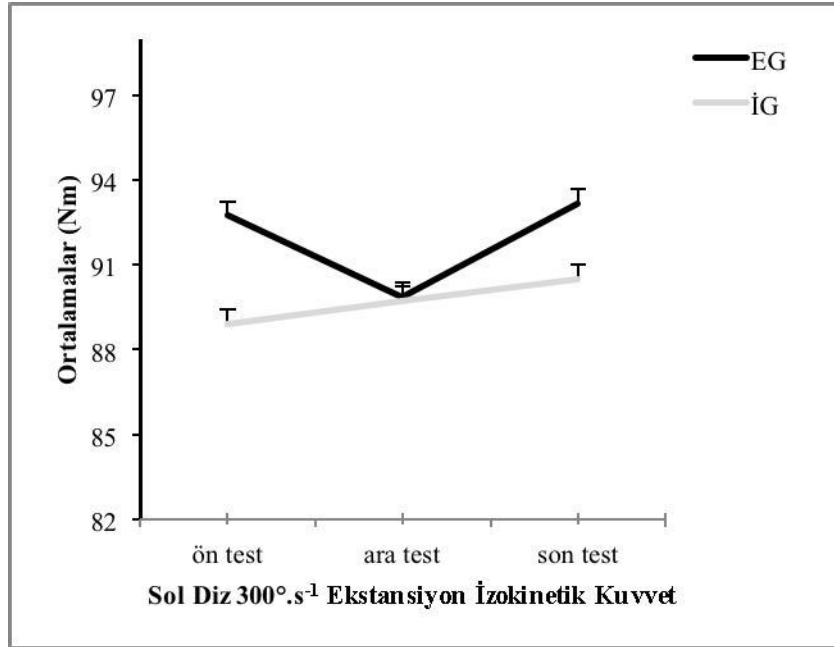
		Tip III KT	SD	Kare Ort	F	p	EB
Sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$	Fleksiyon grupiçi	0.002	1.493	0.001	0.701	0.461	0.019
	Fleksiyon gruplararası	0.004	1.493	0.003	1.527	0.227	0.041
izokinetik kuvvet		Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
	Ekstansiyon grupiçi	0.947	0.978	2.000	35.000	0.386	0.053
	Ekstansiyon gruplararası	0.974	0.472	2.000	35.000	0.628	0.026

Çizelge 31'de görüldüğü üzere sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik kuvvet test değerlerinde istatistiksel anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 5.11 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.11 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ fleksiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. **Şekil 47'**de görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda fleksiyon izokinetik kuvvet zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 47. Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz fleksiyon zirve torkları ortalamaları

Sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA sonuçlarına göre zaman içerisinde sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvetinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik diz kuvvet tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin istatistiksel anlamlı düzeyde ortak etkisi bulunmamıştır. Sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değişkeni için Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 5.12 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının izokinetik sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır ve 11.12 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin izokinetik sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ ekstansiyon kuvvetine etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Şekil 48'de görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların sol diz $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda ekstansiyon izokinetik kuvvet değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler vardır.



Şekil 48. Katılımcıların izokinetik $300^{\circ}.s^{-1}$ açısal hızda sol diz ekstansiyon zirve torkları ortalamaları

Anaerobik Güç ve Kapasite Bulguları

Çizelge 32. Katılımcıların anaerobik güç ön test, ara test ve son test sonuçları

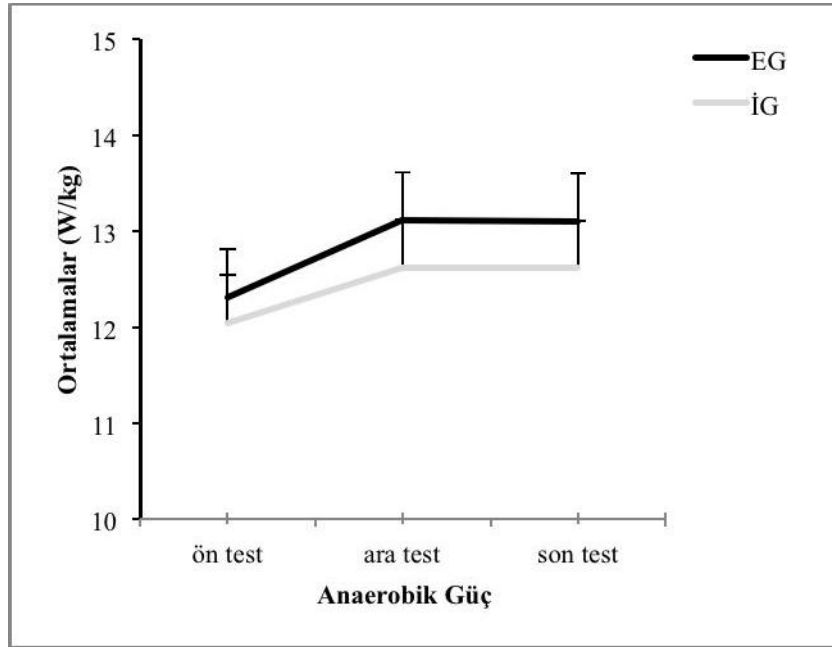
Anaerobik Güç (W.kg ⁻¹)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön test	12.31±2.03	12.04±1.32
Ara test	13.12±3.15	12.62±1.59
Son test	13.09±3.19	12.61±1.99

Çizelge 32'de katılımcıların anaerobik performans değişkenlerinden anaerobik güç ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's $W=0.910$, $p>0.05$).

Çizelge 33. Katılımcıların anaerobik güç tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Anaerobik güç grupiçi	0.859	2.871	2.000	35.000	0.070	0.141
Anaerobik güç gruplararası	1.000	0.008	2.000	35.000	0.992	0.00

Çizelge 33'te görüldüğü üzere anaerobik güç tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde anaerobik güç miktarında meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda anaerobik güç tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin de istatistiksel anlamlı ortak etkisi olmadığı bulunmuştur. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre 6.1 numaralı *6 haftalık AB-EMS antrenmanının anaerobik güce etkisi vardır* ve 12.1 numaralı *6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin anaerobik güce etkisi vardır* denenceleri reddedilmiştir. Bununla birlikte Şekil 49'da görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda katılımcıların anaerobik güçlerinde istatistiksel anlamlı olmayan bir artış vardır.



Şekil 49. Katılımcıların anaerobik güç değerleri ortalamaları

Çizelge 34. Katılımcıların anaerobik kapasite ön test, ara test ve son test sonuçları

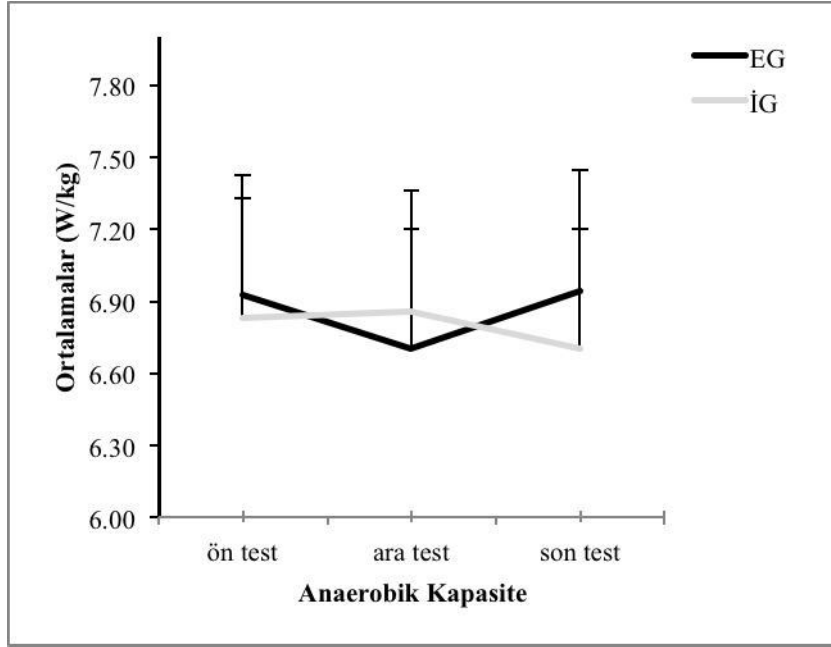
Anaerobik Kapasite (W.kg ⁻¹)	EG (n=16)	İG (n=22)
	Ort±Ss	Ort±Ss
Ön test	6.92±1.17	6.82±0.80
Ara test	6.70±1.46	6.85±0.90
Son test	6.94±1.18	6.69±0.78

Çizelge 34'te katılımcıların anaerobik performans değişkenlerinden anaerobik kapasite ön test, ara test ve son test sonuçları verilmiştir. Küresellik test sonuçlarına göre, varyans ve kovaryansların eşitliği varsayımı karşılanmıştır (Mauchly's W= 0.903, p>0.05).

Çizelge 35. Katılımcıların anaerobik kapasite tekrarlı testleri ANOVA ve EB değerleri

	Değer	F	Hipotez SD	Hata SD	p	EB
Anaerobik kapasite grupiçi	0.944	1.029	2.000	35.000	0.368	0.056
Anaerobik kapasite gruplararası	0.855	2.973	2.000	35.000	0.064	0.145

Çizelge 35'te görüldüğü üzere anaerobik kapasite tekrarlı testleri bağımlı değişkeni ve grup bağımsız değişkeni için grupiçi etkilerin ANOVA değerlerine göre zaman içerisinde meydana gelen değişim istatistiksel anlamlı değildir. Aynı zamanda anaerobik kapasite tekrarlı testleri ile grup düzeyleri etkileşiminin de istatistiksel anlamlı ortak etkisi bulunmamıştır. Grupiçi ve gruplararası yapılan ikili karşılaştırmalar (LSD) sonucunda istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre 6.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanının anaerobik kapasiteye etkisi vardır ve 12.2 numaralı 6 haftalık AB-EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık detraining sürecinin anaerobik kapasiteye etkisi vardır denenceleri reddedilmiştir. Bununla birlikte Şekil 50'de görüleceği üzere uygulanan antrenman sonucunda anaerobik kapasite açısından istatistiksel anlamlı olmayan EG'de azalma İG'de artış vardır.



Şekil 50. Katılımcıların anaerobik kapasite değerleri ortalamaları

Tartışma

Bu çalışmada, sağlıklı bireylerin 6 hafta süreyle uyguladıkları MİK'lerle senkronize AB-EMS antrenmanının ve daha sonrasındaki 4 haftalık detraining sürecinin baldır ve uyluk çevresi ve deri kıvrım kalınlıkları, vücut yağ yüzdesi, aktif ve skuat sıçrama yükseklikleri, 40m sprint süresi, izokinetik diz kuvveti ve anaerobik güç ve kapasite değişkenleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tartışma bölümü sırasıyla, antropometri ve vücut yağ yüzdesindeki değişimler, sıçrama parametrelerindeki değişimler, 40m sprint koşu süresindeki değişimler, izokinetik kuvvet parametrelerindeki değişimler, anaerobik güç ve kapasite parametrelerindeki değişimler başlıkları altında ele alınmıştır.

Antropometri ve Vücut Yağ Yüzdesindeki Değişimler

Bu çalışmada uyluk çevresi, baldır ve uyluk deri kıvrım kalınlığı ve vücut yağ yüzdesi değişkenlerinde grup içi ve gruplararası ölçüm sonuçlarına göre istatistiksel anlamlı fark yoktur. Baldır çevresi ölçümlerinde ise tekrarlı ölçümler arasında istatistiksel anlamlı düzeyde fark ($p < 0.05$) bulunmuşken gruplararası tekrarlı ölçümlerde istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır. Elde edilen bu bulgular doğrultusunda uygulanan antrenmanın antropometri ve vücut yağ yüzdesine etki etmediği ve EMS antrenmanları ve detraining sonucunda antropometri ve vücut yağ yüzdesi ölçümlerinin istemli egzersizle karşılaştırıldığında değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Antropometri ve vücut yağ yüzdesi değişimleriyle ilgili literatürde çok farklı sonuçlar ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır.

Porcari ve ark. (2002)'nin sağlıklı 27 lise öğrencisinde EMS'nin vücut kompozisyonuna etkilerini araştırdıkları kontrollü çalışmasında (8 hafta, haftada 3 gün, 45Hz, 10s EMS, 35s dinlenme, 5-6. ve 7-8. haftalarda giderek artan frekans ve sürelerde, maksimal tolere edilebilen akım şiddeti, bilateral *biceps femoris*, *quadriceps*, *biceps*, *triceps*, *rectus abdominis*, *obliques*) vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, çevre ölçümleri, deri kıvrım kalınlığı ölçümleri ve fiziksel görünüm karşılaştırmaları sonuçlarının hiçbirinde istatistiksel fark bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre EMS'nin sağlıklı bireylerde vücut kompozisyonu, çevre ölçümleri (üst kol, bel, uyluk çevre ölçümü) üzerinde etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Porcari ve ark. (2005)'nin 40 katılımcı (25-50 yaş arası, BKİ 18-30 arası) üzerinde yaptıkları bireysel EMS programının antropometrik ölçümlere etkilerini araştırdıkları kontrollü çalışmasında 8 hafta boyunca haftada 5 gün uyguladıkları EMS programının (50-60Hz, 200µs, 3.5-5.5s EMS, 3.5-5.5s dinlenme, 20dk'dan 40dk'a giderek artan sürelerde, maksimal tolere edilebilen şiddette, abdominal bölge) başlangıcında, ortasında ve sonunda yaptıkları ölçümlere göre bel çevresi EMS grubunda 3.5cm azalırken kontrol grubunda istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir. Algılanan vücut kompozisyonu değerlendirmesinde ise EMS grubundaki 24 katılımcının tümü abdominal bölgelerinde sıkılaşma olduğunu ve 13'ü postürlerinden gelişim hissettiklerini belirtmişlerdir. Kontrol grubundaki katılımcıların hiçbiri bu parametrelerde değişim hissettiklerini belirtmemişlerdir. Vücut ağırlığı, beden kitle indeksi ve deri kıvrım kalınlığı parametrelerinde ise istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir. Buna göre EMS ile abdominal bölgede algılanan vücut şekli ve algısal memnuniyette artışlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre bölgesel yapılan EMS'nin lokal etkileri olmakla birlikte EMS uygulama metodunun daha detaylandırılması gereken bir çalışma olduğu söylenebilir. Katılımcıların yaş ve BKİ aralığının geniş olması ve EMS uygulamasının bireysel olması standardizasyon için önem arz etmektedir. Bununla beraber sağlıklı bireylerde ortaya çıkan gelişimlerin nedeni haftalık antrenman sayısının çokluğu olabilir. Aynı antrenman yükü ve sıklığı düşünüldüğünde hiç aktivite yapmayan kontrol grubu yerine istemli antrenmanlarla kıyaslanmanın daha farklı sonuçlar vereceği düşüncesi yanlış olmayacaktır. Şimdiki çalışmanın ve Porcari ve ark. (2005)'nin çalışmasındaki deri kıvrım kalınlığı sonuçları benzerlik göstermektedir.

Kemmler ve ark. (2010a) dinamik egzersizlerle birlikte uygulanan 14 haftalık TB-EMS antrenman programının (üst kol, üst bacak, kalça, karın, göğüs, alt sırt, üst sırt, *latissimus dorsi*) postmenapozal kadınlarda [Yaş(ort)=64.5yıl] antropometrik parametrelere etkisini fiziksel olarak aktif (>3 yıl) 30 kadın üzerinde inceledikleri çalışmada kontrol (n=15) ve TB-EMS (n=15) gruplarındaki katılımcılara 1 saat süreli dayanıklılık ve dinamik kuvvet programını haftada 2 gün uygulamışlardır. TB-EMS grubu bu egzersiz programına ek olarak TB-EMS antrenmanı (4-5 günde bir 20dk'lık dinamik TB-EMS antrenmanının 10dk'sı 85Hz, 350µs, 4s EMS, 4s dinlenme, 10dk'sı; 7Hz, 350µs, sürekli akım) uygulamışlardır. Ön ölçüm ve son ölçüm olarak deri kıvrım kalınlığı, çap çevre ölçümleri yapılmıştır. Araştırma grubunda deri kıvrım kalınlıklarında (%28.6) ve bel çevre ölçümlerinde (%22.3) istatistiksel anlamlı azalma, kontrol grubunda artma (sırasıyla %1.4 ve 0.1) belirlenmiştir (p=0.001). Kuvvet ve dayanıklılık egzersizlerine ek olarak yapılan TB-EMS antrenmanlarının fiziksel görünüm ve obezite parametrelerine etkisinin sadece kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca yağsız vücut kütlesi, kuvvet ve gücün sürdürülmesi için dinamik kuvvet egzersizleriyle yapılan EMS antrenmanlarının yetersiz ya da isteksiz yaşlı bireylerde alternatif bir yöntem olabileceği sonucuna varmışlardır. Kemmler ve ark. (2010b)'nın yaşlı erkek popülasyonunda [Yaş (ort)=69yıl, n=28] TB-EMS'nin vücut kompozisyonuna etkilerini inceledikleri diğer çalışmada (10 günde 2 antrenman, 30dk) abdominal yağ kütlesinde (p=0.001), toplam yağ kütlesinde (p=0.008) ve bel çevresinde (p=0.023) istatistiksel anlamlı azalma olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlara göre fiziksel olarak göreceli yetersiz olan yaşlı bireylerde dinamik egzersiz sırasında uygulanan EMS'nin vücut kompozisyonunda etkili olduğu, TB-EMS uygulamasıyla senkron olarak aktive edilen birçok kas grubunda ortaya çıkan etkiyi arttırdığı ve uzun süreli EMS uygulamasının bu popülasyonda yaşam kalitesini arttıracak gelişimler sağladığı belirtilmiştir. Kemmler ve ark. (2014)'nin dinamik egzersizler sırasında uygulanan süperempoze TB-EMS'nin yaşlı kadınlarda vücut kompozisyonuna etkilerini araştırdıkları diğer bir çalışmada 26 kadına [Yaş (ort)= 75yıl] 54 hafta uyguladıkları EMS programı (14 günde 3 antrenman, 85Hz, 350µs, 18dk, 6s EMS, 4s dinlenme, bipolar) sonrası toplam yağ kütlesinde değişim olmadığını abdominal bölge yağlılığında ise istatistiksel olmayan azalma (%2.9) belirtmişlerdir. Bu sonuçların istemli dinamik egzersizler üzerine uygulanan TB-EMS antrenman sıklığının Kemmler ve ark. (2010a) ve Kemmler ve ark. (2010b)'nin çalışmalarındakinden az olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu çalışmalarla şimdiki çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında EMS antrenman sıklığının vücut kompozisyonunda belirleyici olduğu düşüncesi desteklenmektedir.

Kemmler ve von Stengel (2013) 12 aylık TB-EMS (14 günde 3 kez, 18dk, 85Hz) programının sarkopeni riski taşıyan, abdominal obezitesi olan ve egzersiz için yetersiz ya da isteksiz olan yaşlı kadınlarda [Yaş(ort)=46yıl, n=46] abdominal yağ kütlesine etkilerini araştırdıkları çalışmalarının sonuçlarında abdominal yağ kütlesinde kontrol grubuna göre istatistiksel anlamlı azalma (%5.9±1.2) belirlemişlerdir. Özel popülasyon üzerinde yapılmış bu çalışmada düşük şiddetli ve yaklaşık bir yıl süren uzun süreli ağırlıksız dinamik egzersizlerle süperempoze TB-EMS antrenman programının abdominal yağ miktarında düşüş ortaya çıkarması katılımcı popülasyon portföyüne göre EMS'nin farklı etkiler ortaya

koyacağı fikrini desteklemektedir. Şimdiki çalışmanın yaşlı popülasyon grubundan daha genç bir grupta yapılmış olması sonuçlar arasında farklılık görülmesinin nedeni olabilir ve farklı yaş gruplarında farklı sonuçlar ortaya koyabileceği sonucu çıkarılabilir.

Martin ve ark. (1994)'nin çalışmasında sağlıklı beden eğitimi öğrencilerine (n=12) uygulanan EMS antrenman programı (4 hafta, haftada 3 kez, 70Hz, 200µs, 5s EMS, 15s dinlenme, 10dk) sonrası yapılan tomografi sonuçlarında kontrol grubuna göre EMS grubunda *triceps surae* kasının çapraz kesit alanında değişim olmadığını ortaya koymuştur. Benzer sonuç olarak Singer (1986)'in çalışmasında diz yaralanması sonucu zayıf *quadriceps* sahip olan bireylerde diz ekstensör kaslarına 4 hafta boyunca her gün günde 15dk uygulanan EMS sonucunda *quadriceps* çevresinde fark bulunmamıştır. Fakat kuvvette artış belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre normal fonksiyonlarında kayıplar olan kaslarda EMS'nin hipertrofi olmaksızın kuvvet artışları sağlaması nöral etkilerinin bu durumda öne çıktığı fikrini desteklemektedir. Bu çalışmaların aksine Russ ve ark. (2012)'nin yaptıkları 5 haftalık EMS çalışmasında (80Hz, 150µs, 10s EMS, 50s dinlenme, 3 set, 20 tekrar, MİK'in %30 şiddetinde, diz ekstensörleri iç, orta ve dış bölgeleri) çapraz kesit alanda istatistiksel anlamlı artış (%3) olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma farklı EMS protokolleriyle etki elde etmenin mümkün olduğunu göstermektedir. Ayrıca Gondin ve ark. (2005a) 4 haftalık EMS antrenman periyodu sonrasında ultrason ile ölçülen *quadriceps* çapraz kesit alanında artış meydana gelmezken 8. hafta sonunda (detraining) istatistiksel anlamlı ($p<0.001$) %6 artış meydana geldiğini belirlemişlerdir. Gondin ve ark. (2011a) 8 haftalık EMS antrenmanı sonrası Tip I kas fibrillerinde %12, Tip IIa kas fibrillerinde %23 çapraz kesit alan artışı meydana geldiğini bulmuşlardır. Bu bulgu EMS programının geç fazında kas hipertrofisinin ortaya çıktığını ortaya koymakla beraber bu kuvvet artışlarının kas fibrilleri arasındaki artış oranlarıyla da ilgili olduğunu ortaya koyar niteliktedir.

Delitto ve ark. (1989)'nin elit bir haltercide yaptıkları EMS çalışmasında ağırlık antrenmanına ilave olarak 1 ay süreyle uygulanan yüksek şiddetli EMS antrenmanı sonrasında yapılan kas biyopsi sonuçlarına göre Tip I alanında artış (%13) bulunmuşken Tip IIa ve Tip IIb fibril alanında azalma (sırasıyla %25 ve %33) bulunmuştur. Bu sonuçlar elit haltercilerde ağırlık antrenmanına ek olarak yapılan yüksek şiddetli EMS antrenmanının pozitif etkileri olduğunu desteklemektedir. Fakat araştırmanın tek birey üzerinde yapılması ve ağırlık antrenmanlarına ek olarak yapılması sonucun kaynağını net olarak ortaya koymada bir sınırlılık olarak görülebilir.

Cabric ve ark. (1987) 22 erkek beden eğitimi öğrencisinde 21 gün süreyle uyguladıkları EMS antrenmanı (Grup 1=50Hz, Grup 2=2000Hz) sonrası *gastrocnemius* kasından alınan biyopsi sonuçlarına göre fibril boyutu sadece Grup 1'de istatistiksel anlamlı artış göstermiştir. Bigard ve ark. (1993)'nin bu bulguları destekler nitelikte olan EMS'nin iskelet kasındaki adaptasyonel değişikliklere etkilerini inceleme amaçlı olarak primatlar üzerinde yaptıkları çalışmada *triceps* kasına 3 hafta süreli EMS uygulaması (60Hz) sonrası kas biyopsi sonuçlarında kas çapraz kesit alanında artış (tüm fibril tiplerinde, proksimalde %13.7, distalde %31) olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre tüm kas fibrillerinin EMS'den

etkilendiği, EMS'nin çapraz kesit alana etkisi olduğu ve aktif sağlıklı bireylerde hipertrofi elde etmenin mümkün olduğu söylenebilir.

Maffiuletti ve ark. (2006) sağlıklı bir bireyde kısa süreli EMS antrenman programının baskın olmayan diz maksimal istemli kas kuvvetini nöral adaptasyon (çapraz etki ve kas aktivasyonu) ve kassal adaptasyona (kas kontraktıl özelliklerinde değişim) bağlı olarak %12 arttırdığını ortaya koymuştur. Antrenman sonrası miyozin ağır zincir (MAZ) rölatif içeriklerinde değişim (Tip IIa %22 artma, Tip IIx %28 azalma) ve kas fibril çapraz kesit alanında artış (Tip I %27, Tip IIa %6) belirlenmiştir. Bu bulgulardan hareketle nöral adaptasyonun spinal ve supraspinal yapılardan, tek kas fibrilindeki değişimler de özellikle Tip I fibrillerinden kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın yanı sıra Perez ve ark. (2002)'nin sağlıklı sedanter bireylerde EMS uygulaması (6 hafta, haftada 3 gün, 45-60Hz, 300µs, 12s EMS, 8s dinlenme, 30dk) sonrası 10 sağlıklı deneğin *vastus lateralis* kasından alınan biyopsi örnekleri, Tip I MAZ ve Tip IIx MAZ izoformlarından MAZ IIa izoformlarına doğru değişim ve Tip IIa MAZ izoformlarında artış olduğunu ortaya koymuştur. Fakat bu kas fibril tipi değişiminin kas fibril hipertrofisi olmaksızın ortaya çıktığı belirtilmiştir.

Herrero ve ark. (2006) diz ektensörlerine yönelik EMS (120Hz, 400µs, 3s EMS, 30s dinlenme, 29dk, 53 izometrik kontraksiyon, maksimum tolere edilebilen şiddette, bilateral *quadriceps*, 120° diz eklem açısı) ve EMS ile kombine pliometrik antrenmanların etkilerini karşılaştırdıkları 4 haftalık antrenman periyodu (haftada 4 kez) ve bunu takip eden 2 haftalık detraining içeren kontrollü çalışmalarının sonuçlarına göre antrenman sonrası uyluk çevresi ölçümleri EMS grubunda %9.0 ve EMS ile kombine pliometrik antrenman grubunda %7.1 artış göstermiştir. Detraining sonrası ise bu değerlerde düşüşler olmasına rağmen ön ölçüm değerlerinden yüksek değerler olduğu belirlenmiştir. Buna göre fiziksel olarak aktif erkeklerde EMS ile kombine pliometrik antrenmanlar ve sadece EMS antrenmanları hedef kasta hipertrofi ortaya çıkarırken sadece EMS'den daha fazla etkiye sahip olmadığı söylenebilir.

Kaçoğlu ve Kale (2014b) çalışmalarında ağırlıksız dinamik egzersizler sırasında uygulanan TB-EMS'nin (6 hafta, haftada iki gün, 12dk, 85Hz, 350µs, 4s EMS, 4s dinlenme, bipolar) genç kanocu kadınların (Yaş=16-21yıl, n=5) vücut yağ yüzdesine etkisi (%2.6 azalma) olduğunu belirlemişlerdir. Diğer TB-EMS çalışmalarına yakın sonuçlar ortaya koyan bu çalışmada katılımcı sayısının az olmasına rağmen anlamlı sonuç ortaya çıkması vücut kompozisyonu açısından TB-EMS'nin bölgesel ya da kasa özel EMS'ye göre daha fazla sayıda kas grubunu aktive etmesine dayalı olarak daha etkili olabileceği düşüncesini akla getirmektedir.

Kyselovicova ve Breck (2013) fiziksel aktif olmayan sağlıklı yetişkin kadınlarda (n=20) TB-EMS'li ve EMS'siz ağırlıksız dinamik fiziksel uygunluk programının (5 hafta, haftada 2 kez, 15dk, 85Hz, 4s EMS, 4s dinlenme) vücut kompozisyonuna etkisini inceledikleri çalışmalarında EMS'li egzersiz grubunda vücut ağırlığı, bel çevresi, kalça çevresi, bel-kalça oranı, vücut yağ yüzdesinin istatistiksel olarak azaldığını belirlemişlerdir. Çalışma diğer TB-EMS çalışmalarıyla paralellik gösteren sonuçlar ortaya koyduğundan fiziksel olarak aktif olmayan yetişkin

kadınlarda TB-EMS'nin istemli egzersizlere göre daha etkili olduğu sonucunu çıkarmak yanlış olmayacaktır.

Sköld ve ark. (2002) spinal kord yaralanması olan erkek bireylerde 6 aylık EMS antrenmanı (haftada 3 gün, 30dk, 50devir.dk⁻¹ bisiklet egzersiziyle süperempoze, 60Hz, 350µs, monofazik, *quadriceps*, *hamstring*, glutealler) sonucunda kas kütlelerinde %10 artış, vücut kompozisyonu ve vücut ağırlığında değişim olmadığını belirlemişlerdir. Katılımcılar şimdiki çalışmadan farklı olsa da vücut yağ yüzdesi ve vücut ağırlığında değişim olmaması EMS'nin şimdiki çalışmada olduğu gibi alt bedene uygulanmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Holcomb (2006)'a göre vücut kompozisyonunda gelişime yönelik çalışmalar yüksek kalori tüketimine yönelik çalışmaları da içermelidir. Buna yönelik olarak Kemmler ve ark. (2012) akut TB-EMS uygulamasının enerji tüketimine etkilerini inceledikleri çapraz geçişli çalışmalarında 19 orta düzeyde antrenmanlı erkek katılımcıya (Yaş=26.4yıl) düşük şiddetli ağırlıksız dinamik egzersizlerle birlikte uygulanan

TB-EMS antrenmanının (16dk, 85Hz, 350µs, 4s EMS, 4s dinlenme) kontrol grubuna göre daha yüksek enerji tüketimine (EMS=412kcal, kontrol=352kcal, %17) ve vücut yağ yüzdesinde azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. Hennessy ve ark. (2010)'nın benzer akut çalışması sonuçlarına göre kronik obstrüktif akciğer hastalığı olanlarda EMS'nin aerobik egzersizlere alternatif olabileceği önerilmektedir. Buna göre doğru kas grubuna kronik EMS uygulamasının motor ünite katılımında ve performansta uzun süreli artışlara neden olabileceği akla gelmektedir.

Bezerra ve ark. (2009)'nın 30 genç erkekte bölgesel süperempoze EMS antrenmanlarının (haftada 3 kez, 6 hafta, 100Hz, 400µs, 3x10 maksimal diz ekstensör kontraksiyonu, 5s kontraksiyon, 5s dinlenme, setlerarası 1dk dinlenme, maksimal tolere edilebilen akım şiddetinde, sağ bacak *quadriceps*, izometrik) istemli kuvvet, çapraz kesit alan ve çapraz etkilerini araştırdıkları çalışma sonuçlarında her iki bacakta maksimal istemli kuvvette gelişim ve *quadriceps* çapraz kesit alanda artış sağladığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göre EMS'nin maksimal kuvvette ve çapraz kesit alanda istemli kontraksiyonlar kadar etkili olduğu, antrenmansız olan kontrolateral homolog kasta da gelişim sağlamasından dolayı uzuvlar arası çapraz etkisinin olduğu ve hipertrofi olmadan kuvvet gelişimi nedeniyle nöral etkisinin söz konusu olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar EMS uygulanan bölgenin çapraz kesit alanında artışlar olduğunu ortaya koymaktadır. Şimdiki çalışmada ise EMS uygulanan baldır ve uyluk çevresinde gelişim olmamıştır. Buna neden olarak EMS'nin eklem odaklı uygulanması ya da haftalık antrenman sayısının 2 oluşu düşünülebilir. Ayrıca Morrissey ve ark. (1985) ön çapraz bağ operasyonu sonrası immobilizasyon dönemindeki erkek sporcularda (n=15) *quadriceps* bölgesine uygulanan pasif EMS'nin uyluk çevresine ve kuvvet değişimleri üzerindeki etkilerini inceledikleri araştırmalarında pasif EMS grubunda kontrol grubuna göre daha az kuvvet kayıpları olduğunu uyluk çevresinde fark olmadığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar operasyon sonrası dönemde kuvvet kayıplarını azaltmada EMS'nin etkili olduğunu gösterirken çevre ölçümünde etkisinin olmaması ise pasif kaslara uygulanan EMS'nin nöral etkilerini akla getirmektedir.

Şimdiki çalışmada literatürdeki çalışmalarda da göz önüne alınarak İG ile karşılaştırıldığında EG'de vücut yağ yüzdesinde istatistiksel anlamlı olmayan azalmanın olduğu ve bu azalmanın detraining sonrası geri dönüş sergilediği belirlenmiştir. Baldır çevre ölçümlerinde yine EG'de antrenman süreci ve detraining sonrası istatistiksel anlamlı olmayan küçük artışlar meydana gelmiştir. Bunların yanı sıra EG'de uyluk çevresi, uyluk ve baldır deri kıvrım kalınlığında ise antrenman süreci sonrası istatistiksel anlamlı olmayan küçük artışlar bulunmuşken detraining sonrası bu artışlarda istatistiksel anlamlı olmayan gerileme olduğu belirlenmiştir.

Sıçrama Parametrelerindeki Değişimler

Antrenman periyodu sonrası her iki grubun SS ve AS yükseklikleri istatistiksel anlamlı olmayan artış sergilemişken, detraining sonrası İG'nin SS ve AS yükseklikleri istatistiksel anlamlı olmayan düşüş eğilimi göstermiş, EG'de ise istatistiksel anlamlı olmayan küçük miktarda bir artış ortaya çıkmıştır.

Wolf ve ark. (1986)'nın bilateral *quadriceps* EMS antrenman programı sonrası sıçrama yüksekliğinde gelişim olduğunu ve bu gelişimin kontrol grubundan anlamlı olmadığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlara göre EMS'nin istemli egzersizler kadar etkili olduğunu belirtmişlerdir. Şimdiki çalışmanın sonuçları bu çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir. Bunun yanı sıra Gulick ve ark. (2011) fonksiyonel bir hareket esnasında elektromyografik verilere göre uygulanan fonksiyonel elektrik stimülasyon (FES) yönteminin sıçrama üzerine etkilerini inceledikleri araştırmalarında 129 lise sporcusunu (yaş>18yıl) kontrol (n=30), sıçrama (n=33) ve EMS+sıçrama (n=66) (50Hz, 70µs, 50-140mA, *quadriceps*) gruplarına ayırarak 3 set 12 tekrar, setler arası 2 dk dinlenmelerin olduğu sıçrama çalışmasını 6 hafta boyunca haftada 3 kez uygulamışlardır. Testler çalışmanın başında, sonunda ve çalışmadan 2 hafta sonra yapılmıştır. Altı hafta sonunda sıçrama grubunda istatistiksel anlamlı olmayan artış (0.4cm, p>0.05), EMS+sıçrama grubunda istatistiksel anlamlı artış (4.1cm, p<0.05) ve kontrol grubunda ise istatistiksel anlamlı olmayan artış (1.6cm, p>0.05) bulunmuştur. Çalışmadan 2 hafta sonra yapılan ölçümlerde ise EMS+sıçrama ve kontrol gruplarının sıçrama yüksekliklerinde anlamlı artış bulunmazken sıçrama grubunda istatistiksel anlamlı olmayan artış bulunmuştur. Araştırmacılar bunun nedenini grupların rastgele yöntemle değil programa uygunluğun ve ulaşılabilirliğin ön planda olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak dinamik egzersizler sırasında bölgesel olarak uygulanan EMS'nin sıçrama performansında artış sağladığı görülmektedir. Şimdiki çalışmada uygulanan izometrik EMS'nin de istemli egzersizlerden yüksek olmamakla beraber benzer etkileri olduğu söylenebilir. Divieti ve ark. (1993) EMS'nin (15 gün boyunca günde 20 dk, 2500 Hz, 10s EMS, 50s dinlenme, 150 mA, izometrik, plantar fleksörler) voleybolcularda (Yaş=17-21yıl, n=5) izometrik kas kuvvetini %17.8, sıçramayı %12.1 ve baldır çevresini %1.4 arttırdığını, antrenmansız bireylerde (Yaş=21-27yıl, n=6) ise izometrik kas kuvvetini %31.9, sıçramayı %23.7 ve baldır çevresini %4.5 arttırdığını belirlemiştir. Bu artışın sporcu olmayan gruba göre daha az olmasına rağmen sportif performansta kazançlar sağladığı ve izometrik olarak uygulanan bölgesel EMS üst düzey sporcularda sıçrama performansında artış sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışma EMS'nin elit sporcularda daha etkili olduğu fikrini destekleyen bir çalışmadır ve sonuçlar karşılaştırıldığında şimdiki

çalışmayla benzer sonuçlar olduğu görülmüştür. Ayrıca Mafiuletti ve ark. (2002a) erkek voleybolcularda (n=20) 4 haftalık (haftada 3 gün) sezon öncesi voleybol antrenmanları ile kombine EMS (115-120Hz, 400µs, MİK'nin≥%60, 60-120mA, *quadriceps femoris*, *triceps surae*) ve pliyometrik antrenman programının diz ekstensör ve plantar fleksör kasları maksimal istemli kuvveti ve farklı dikey sıçrama yüksekliklerini (skuat 90° ve 70°, aktif sıçrama, serbest kol aktif sıçrama, derinlik sıçraması, smaç sıçraması) istatistiksel anlamlı arttırdığını ortaya koymuşlardır. Her antrenman diz ekstensörlerinin 48 kontraksiyonu, plantar fleksörlerin 30 kontraksiyonu ve 50 pliyometrik sıçramadan oluşmuştur. Diz ekstensör ve plantar fleksörlerin istemli kontraksiyonu çalışmanın ikinci haftası istatistiksel anlamlı artış (p<0.05) göstermeye başlamış, dördüncü hafta bu artış istatistiksel anlamlı (p<0.001) devam etmiştir ve kuvvet kazanımlarının çalışmayı takip eden 2 haftalık voleybol antrenmanlarını içeren dönem sonrasına kadar korunduğu belirlenmiştir. Bu bulgulara göre elit sporcularda normal antrenman programıyla kombine uygulanan ve istemli egzersizlerle desteklenen EMS'nin sıçrama performansında artış sağlayabileceği, sonrasında da istemli egzersizlerle birlikte korunabileceği sonucu çıkarılmıştır. Başka bir çalışma olan Malatesta ve ark. (2003)'nin çalışmasında sezon öncesi voleybol antrenman dönemine dahil edilmiş 4 hafta, haftada 3 gün uygulanan bir EMS antrenman programının (105-120Hz, 400µs, 4.25s EMS, 29-34s dinlenme, 20-22 kontraksiyon, maksimum tolere edilebilen akım şiddetinde, diz ve plantar fleksör kasları) 12 kişilik erkek voleybolcu grubu SS ve AS yüksekliklerine anlamlı etkisinin olmadığını, 15s tekrarlı aktif sıçrama sırasında ortalama sıçrama yüksekliğinin ve ortalama mekanik gücün istatistiksel anlamlı arttığını (p<0.01) belirlemişlerdir. Bunun yanında EMS antrenmanını takip eden 10 günlük rutin voleybol antrenmanlarından sonra SS ve AS değerlerinde %5-6'lık istatistiksel anlamlı artışlar (p<0.05) belirlemişlerdir. Araştırmacılar izometrik uygulanan EMS antrenmanının dikey sıçrama gibi kapalı kinetik zincir hareketleri sırasında anaerobik güce olumlu etkileri olabileceği belirtmişlerdir. Bu bulgular EMS'nin gecikmiş adaptasyon etkisini öne çıkarmakta ve EMS'nin nöral etkilerinden dolayı istemli dinamik antrenmanlarla desteklenmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

Marqueste ve ark. (2010) sezon öncesi 4 haftalık EMS antrenmanının (4-75-4Hz, 400-100-400µs, 11s EMS, 19s dinlenme) bayan voleybolcuların SS ve AS yüksekliklerini arttırdığını bulmuşlardır. Çalışmanın ilk haftasından itibaren sıçrama yükseklikleri tüm gruplarda (kontrol, placebo-*biceps femoris* ve EMS-*vastus lateralis* grupları) artış göstermiştir. Bu artış *vastus lateralis* grubunda çalışmadan 4 hafta sonrasına kadar devam etmiştir. Bu sonuçlar doğru kas grubuna kronik EMS uygulamasının motor ünite katılımında ve performansta uzun süreli artışlara neden olacağını, sıçramaya göreceli katkısı zayıf olan uyluk kaslarının stimüle edilmesinin performansta geçici bir artışa ve EMS sonrası ani düşüslere neden olacağını akla getirmektedir. Araştırmacılar EMS antrenmanlarının sezon öncesi dönemde rutin antrenman programını etkilemeden performans ve sıçramayı geliştirme amaçlı kullanılabilceğini ve oyuncuların EMS antrenman programı sonrası elde edilen kazanımların programdan sonra da korunabileceği sonucuna varmışlardır. Bu bulgular, harekete katkısı fazla olan kas grubuna uygulanan EMS'nin daha fazla etki sağlayacağı ve bu kazanımların EMS antrenmanı sonrasında da bir süre daha korunacağı fikrini desteklemektedir. Bunun aksine Herrero ve ark. (2010a) 4 haftalık ağırlık antrenmanı sırasında

süperempoze EMS uygulamasının erkek beden eğitimi öğrencilerinde (n=28) anaerobik güce etkilerini inceledikleri kontrollü araştırmalarında (120Hz, 400µs, 60,3±15.3mA, 10 tekrar 8 set, setler arası 3dk dinlenme, 1s konsantrik: 1s eksantrik: 1s dinlenme, MİK %70'ine eşit yükte, maksimum tolere edilebilen akım şiddetinde, bilateral diz ekstensörleri) süperempoze EMS grubu, sadece ağırlık antrenman grubu (İG) ve kontrol grubunun skuat sıçrama, aktif sıçrama, eller serbest aktif sıçrama değerlerinde 4 haftalık antrenman sonu ölçümleri ve 2 haftalık detraining sonrası ölçümleri arasında fark olmadığını belirlemiştir. Süperempoze EMS grubunda bu parametrede 4 haftalık antrenman sonrasında ve 2 haftalık detraining sonrasında ön test değerlerine göre düşüşler olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlara göre istemli kontraksiyonlar üzerine uygulanan süperempoze EMS'nin ya da şimdiki çalışmadaki gibi izometrik maksimal istemli kontraksiyonlar üzerine uygulanan EMS'nin de sıçrama performansına etkisi olmadığı söylenebilir. Fakat Deley ve ark. (2011) ergen öncesi cimnastikçilerde EMS antrenman programıyla kombine cimnastik antrenman programının kas kuvveti ve dikey sıçrama performansı üzerine etkilerini araştırdıkları 6 haftalık kombine EMS (ilk 3 hafta haftada 3 gün, ikinci 3 haftada ise haftada 1 gün, 75 Hz, 400 µs, 4s EMS, 20s dinlenme, MİK≥%60, 65-120mA, izometrik) çalışmasında 16 kız cimnastikçiyi [Yaş(ort)=12.4±1.2yıl] kontrol (sadece cimnastik antrenmanları, n=8) ve EMS (cimnastik + EMS antrenmanları, n=8) gruplarına ayırmışlar ve her iki grup aynı şekilde haftada 5-6 cimnastik antrenmanı uygulamışlardır. SS ve AS, reaksiyon testi ve cimnastiğe özel sıçrama testleriyle sıçrama becerisi çalışma öncesinde, 3., 6. ve 10. haftalarda test edilmiştir. SS, reaksiyon testi ve spesifik sıçrama yükseklikleri istatistiksel anlamlı artış (sırasıyla %20.9±8.3, %20.4±26.2, %14.9±17.2, p<0.05) göstermiştir. Altı hafta sonra aktif sıçrama istatistiksel anlamlı artış (%10.1±10, p<0.05) göstermiştir. SS 10. haftaya kadar artış trendini sürdürmüştür. Sıçrama becerisindeki artış EMS programından sonraki 1 ay boyunca korunmuştur. Bu sonuçlara göre ergen öncesi cimnastikçilerde günlük cimnastik antrenmanlarıyla kombine 6 haftalık bir EMS programı spesifik olmayan ve bazı spesifik sıçrama yüksekliklerinde istatistiksel anlamlı artışlara neden olduğunu belirlemiştir. Bu bulgular EMS'nin sıçramayı etkilediği ve spora özgü hareketlerde kazanımlarının daha belirgin olabileceği düşüncesini ortaya koymaktadır. Bunun yanında kısa sürede sağladığı etkinin nöral adaptasyonlardan kaynaklandığını ve EMS sonucu ortaya çıkan kazanımların antrenman programı sonrasında da bir süre daha korunduğu fikrinin de nöral süreçlerle açıklanabileceğini desteklemektedir. Ayrıca EMS antrenman planlamasının ortaya çıkan adaptasyonların miktarında önemli bir etkisi olduğu fikrini ortaya koymaktadır.

Billot ve ark. (2010)'nın 5 haftalık EMS antrenman programının futbolcularda performansa etkisini araştırdıkları çalışmalarına 20 amatör futbolcu katılmıştır. Futbolcuları rastgele kontrol (n=10) ve EMS (n=10) gruplarına ayırarak EMS grubuna 5 hafta süreyle *quadriceps* kaslarına EMS (haftada 3 gün, 12dk, 100Hz, 400µs, 3s EMS, 17s dinlenme şeklinde %15 iş döngüsünde, maksimum istemli kontraksiyonun %60'ı şiddette, bilateral *quadriceps*) uygulanmıştır. Tüm denekler haftada 2 teknik futbol antrenmanına katılmışlardır. Bir antrenman sırasında 36 kontraksiyon uygulanmış ve akım şiddeti denegin maksimal tolere edebilme seviyesine göre 60-120mA aralığında gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar EMS programından önce, programın üçüncü haftasında ve program sonrasında test

edilmiştir. Sıçrama yüksekliklerinde sadece AS'de üçüncü haftanın sonunda istatistiksel anlamlı artış bulunmazken beşinci hafta sonunda istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur. Bunun dışında SS, serbest kol aktif sıçrama ve AS yüksekliklerinde istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur. Sıçrama bulgularına göre SS artış gösterirken gerilme kasılma döngüsü içeren sıçramalarda artış olmaması EMS'nin gerilme kasılma döngüsünün olmadığı patlayıcı sıçrama üzerinde daha etkili olabileceğini akla getirmektedir. Bunun yanı sıra EMS antrenmanlarının haftada en az 3 gün yapılması fikrini de desteklemektedir.

Paillard ve ark. (2008)'nin farklı EMS programlarının dikey sıçrama performansına etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarına 27 erkek spor bilimleri öğrencisi katılmıştır. Katılımcılar EMS uygulanmayan kontrol grubu (n=8), *quadriceps* kas kuvvetini artırmak için EMS grubu (E1, n=9) (5 hafta, haftada 3 gün, 15dk, 80Hz, 60.8±19.2mA, 6s EMS, 18s dinlenme, maksimal tolere edilebilen şiddette) ve kassal dayanıklılığı arttırmak için EMS grubu (E2, n=10) (5 hafta, haftada 3 gün, 60dk, 25Hz, 67.6±18.7mA, 10s EMS, 6s dinlenme, maksimal tolere edilebilen şiddette) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Dikey sıçrama EMS antrenmanı öncesi, EMS antrenmanı 1 hafta sonrası ve 5 hafta sonrası test edilmiştir. Sonuçlar dikey sıçrama yüksekliğinin E1 ve E2 gruplarında antrenmandan 1 hafta sonrasında arttığını (sırasıyla 5cm ve 3cm), 5 hafta sonrasında ise her iki grubun kazanımlarının korunduğunu göstermiştir. Kassal dayanıklılığı ve kassal kuvveti geliştirmek için tasarlanan EMS antrenman programları dikey sıçrama performansında benzer artışlara neden olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında kassal güç kazanımları için en ideal frekans aralığı olarak 25-65Hz önerilmesine rağmen 25Hz gibi düşük frekanslı akımlarla da kazanımların elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. EMS'nin istemli kas aktivasyonları içeren egzersizleriyle kombine edildiğinde dikey sıçrama gibi kompleks hareketlere transfer edilebilen spesifik nöromusküler adaptasyonlar sağladığı görülmüştür. Fakat farklı EMS programlarıyla dikey sıçrama performansı üzerinde farklı değil benzer adaptasyonlar elde edileceği sonucuna varılmıştır. Buradan hareketle sporcuların kas gücünde azalma olmaksızın kassal dayanıklılığı geliştirmek için EMS kullanabileceği sonucu çıkarılabilir. Bu bulgular farklı EMS parametrelerinin sıçrama performansında benzer etkilere neden olduğu ve sorsal hareketler formundaki dinamik egzersizlerle birlikte uyguladığında daha uzun süre kazanımların korunabileceği düşüncesini akla getirmektedir.

Babault ve ark. (2007) elit ragbi sporcularında (kontrol n=10; EMS n=15) 12 haftalık EMS antrenman programının etkilerini araştırdıkları araştırma sürecinde diz ekstensör, plantar fleksör ve gluteus kaslarına ilk 6 hafta süre ile haftada 3 gün, ikinci 6 hafta ise haftada 1 gün 12dk, 5s EMS, 15s dinlenmeyi içeren 36 kontraksiyondan (100Hz, 400µs) oluşan EMS programı uygulanmıştır. Onikinci hafta sonunda SS ve 40cm derinlik sıçrama yüksekliği istatistiksel anlamlı artış (sırasıyla %10.0±9.5; p<0.01, %6.6±6.1; p<0.05) göstermiştir. Kontrol grubunda ise anlamlı bir değişim bulunmamıştır. Araştırmacılar 12 haftalık bir EMS antrenman programının elit ragbi oyuncularında, ragbiye özgü testler sonucunda, kassal kuvvet ve güç üzerine yararlı etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Başlıca alt ekstremite ekstensör kaslarına uygulanan EMS programının hem tekli hem de çoklu eklem performanslarında artış sağladığı belirlenmiştir.

Araştırmacılar elit ragbi oyuncularında uzun dönem EMS antrenmanının kasal kuvvet artışında daha uygun görüldüğünü vurgulamışlardır. EMS antrenmanlarındaki performans artışlarının periferal kasal adaptasyonlardan çok nöral adaptasyonlardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu bulgular EMS'nin SS performansına olumlu etkilerini ve elit düzeydeki sporcularda etkili olduğu fikrini desteklemektedir.

Maffiuletti ve ark. (2009) yarışmacı tenis sporcularının hazırlık dönemine dahil edilmiş EMS kuvvet egzersizlerinin geçerliliğini ve anaerobik performansa etkisini araştırdıkları çalışmalarında 12 tenisçi (5 erkek, 7 kadın) 3 hafta boyunca toplam 9 EMS antrenmanı uygulamışlardır. EMS antrenmanı bilateral *quadriceps* kaslarına, 16dk, 85Hz, 400µs, 5.25s EMS, 25s dinlenme, maksimum istemli kasılmanın %77±21'ine eşit uyarılmış kuvvetten ve 0-120mA arası konforlu tolere edilebilen maksimum şiddetten oluşan 20 izometrik kontraksiyonu içermektedir. Katılımcılar 9 EMS antrenmanı boyunca giderek artan EMS akım şiddeti (30-60mA) ve uyarılmış kuvvete (200-800Nm) uyum sağlamışlardır. Çalışma öncesi ve çalışma sonrası 1. (4.hafta), 2. (5.hafta), 3. (6.hafta) ve 4. haftalarda (7.hafta) AS test edilmiştir. Başlangıç değerlerine göre beşinci hafta (+%5.3) ve 6. haftada (+%6.4) istatistiksel anlamlı artış göstermiştir (p<0.05). Yarışmacı sporcularda uygulanan bu tür izometrik bölgesel EMS'nin sıçrama performansında gecikmiş bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca hipertrofi oluşması için gereken süreden daha kısa süre yapılan EMS'nin performansa etkisinin olması nöral etkilerinin de olduğunu görüşlerini desteklemektedir. Bulguların şimdiki çalışmadan farklı olmasının nedeninin katılımcıların yarışmacı olmayan aktif bireyler olması, çoklu eklem EMS uygulanması ve antrenman süresinin farklı olması olduğu düşünülebilir.

Maffiuletti ve ark. (2000) ulusal düzeyde yarışmacı erkek basketbolcularda [Yaş(ort)=24.7yıl, n=20] basketbol antrenman programına ek olarak (hafta içi 5 gün basketbol antrenmanına ek olarak pazartesi, salı, perşembe EMS) *quadriceps* kasına 4 hafta, haftada 3 izometrik EMS'nin (100Hz, 400µs, 3s EMS, 17s dinlenme, 16dk) etkilerini araştırdıkları çalışmalarında 4 hafta sonunda SS %14 artış gösterirken AS artış göstermemiştir. EMS antrenman programını takip eden 4 haftalık basketbol antrenmanı sonrası yapılan ölçümlerde SS performansları korunurken, AS %17 artış sergilemiştir. EMS'nin gerilme kasılma döngüsü olmayan sıçrama performansında etkili olduğunu, gerilme kasılma döngüsü içeren sıçramada ise basketbol antrenmanlarıyla kombine edildiğinde SS'da etkili olduğu ve AS performansında da gecikmiş adaptasyon etkisine sahip olduğu fikrini düşündürmektedir. Yarışmacı sporcularda konvansiyonel antrenman programlarına ek olarak yapılan bölgesel EMS'nin SS performansında ve EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık süreçte yapılan basketbol antrenmanlarından sonra da AS performansında artış sağladığı sonucu literatürdeki çalışmalarla aynı olduğu görülmektedir. Dinamik egzersiz programlarıyla birleştirilmesi ve elit düzeyde sporcularda uygulanması EMS'nin etkilerinin daha belirgin olmasında önemli bir etkidir.

Willoughby ve Simpson (1998) 4 farklı gruba ayırdıkları (kontrol n=5, ağırlıksız EMS n=5, ağırlık n=5, EMS+ağırlık n=5) 20 kadın atlette [Yaş (ort)=20] 6 hafta, haftanın 3 günü 3 set 10 tekrarlı skuat ağırlık antrenmanları (maksimal istemli kuvvet, MİK %85) sırasında istemli kasılma üzerine uyguladıkları EMS'nin

(50Hz, 100µs, *quadriceps*) etkilerini araştırdıkları çalışmalarının sonunda 4 grupta da AS'de artış belirtmişlerdir. Üç çalışma grubundaki artışın kontrol grubundaki artıştan anlamlı oranda daha fazla olduğunu ve EMS+ağırlık grubundaki artışın ise, ağırlıksız EMS ve ağırlık gruplarından anlamlı oranda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlara göre araştırmacılar kadın atletlerde istemli dinamik egzersizlerle senkronize EMS'nin ağırlıksız yapılan EMS ve sadece ağırlık antrenmanından daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları 6 hafta haftanın 3 günü dinamik hareketler sırasında uygulanan EMS'nin sıçrama performansına ağırlıksız uygulanan EMS'ye göre daha fazla etki ettiğini ortaya koymaktadır. Şimdiki çalışmadaki EMS uygulaması çoklu eklem içermesi bakımından bu çalışmayla benzerlik gösterse de farkı izometrik maksimal istemli kasılma sırasında uygulanmış olması, haftada 2 gün yapılmış olması ve yarışmacı olmayan katılımcılarla yapılmış olmasıdır. Sonuçlardaki farklılığın buna benzer nedenlerden kaynaklı olabileceği düşünülebilir.

Herrero ve ark. (2006)'nın diz ektensörlerine yönelik EMS (120Hz, 400µs, 3s EMS 30s dinlenme, 29dk, 53 izometrik kontraksiyon, maksimum tolere edilebilen şiddette, bilateral *quadriceps*, 120° diz eklem açısı, 0.75s yükseliş süresi, 0.5s düşüş süresi), pliyometrik ve EMS ile kombine pliyometrik antrenmanların etkilerini karşılaştırmak için yaptıkları 4 haftalık, haftalık 4 antrenman içeren ve bunu takip eden iki haftalık detraining içeren kontrollü çalışmalarının sonuçlarına göre SS (7.5%) ve AS (7.3%), kombine grupta antrenman programı sonunda artış gösterirken EMS grubunda antrenman ve detraining sonrası değişim göstermemiştir. Buna göre fiziksel olarak aktif erkeklerde EMS ile kombine pliyometrik antrenmanların sadece EMS antrenmanına göre daha etkili olduğu söylenebilir. Katılımcı portföyü şimdiki çalışmayla benzer olmasına rağmen pliyometrik antrenmanlarla kombine bir uygulama söz konusu değildir, ayrıca haftalık antrenman sayısının 2 olması da sonuçlarda ortaya çıkan farklılıkların nedeni olarak değerlendirilebilir.

Martinez-Lopez ve ark. (2012) 118 genç kısa mesafe atletinde (85Hz EMS sonrası pliyometri grubu=26, 150Hz EMS ile kombine pliyometri grubu=27, 1 antrenman 85 ve 1 antrenman 150Hz kombine grubu=27, sadece pliyometri kontrol grubu=25, toplam=118) pliyometrik egzersizlerle senkron uygulanan EMS antrenman programının (8 hafta, haftada 2 gün, 85-150Hz, 350µs, 3s EMS, 12s dinlenme, 12dk, ort. 26mA) SS, AS ve derinlik sıçramasına etkilerini inceledikleri araştırmalarında, SS'da 150Hz+pliyometri ve 85-150Hz kombine grubunda istatistiksel anlamlı artış olduğunu, AS'da istatistiksel anlamlı farkın olmadığını, derinlik sıçramasında ise 150Hz+pliyometri grubunda istatistiksel anlamlı artış olduğunu görmüşler ve 150Hz EMS ile senkron uygulanan pliyometrik egzersizlerin sıçrama performansını geliştirmede etkili olduğu belirtmişlerdir. Antrenmanlı genç atletlerde patlayıcı özellikteki dinamik egzersizlerle senkron uygulanan EMS'nin yine dinamik formdaki performansa etkisinin diğer gruplara göre daha fazla olacağı sonucunu ortaya koymuşlardır. Şimdiki çalışmayla arasındaki fark ise sağlıklı ve fiziksel olarak aktif olmayan bireylerde yapılmış olması, EMS'nin dinamik hareketler sırasında uygulanmış olması ve antrenman periyodunun 6 hafta olmasıdır.

Alberti ve ark. (2007) fiziksel olarak aktif 25 (yaş ort.=28.4) bireyde maksimum istemli izometrik kasılma ve EMS'nin sıçramaya etkilerini 3 grupta (EMS, n=10, İzometrik, n=10, Kontrol, n=5) karşılaştırdıkları çalışmalarında 5 hafta, haftanın 3 günü uygulanan EMS (5s EMS, 30s dinlenme, 10dk) antrenmanının bitimini takip eden 1. ve 3. haftalardaki ölçüm sonuçları kontrol grubuna göre EMS grubunda, SS (%10) ve AS (%8) istatistiksel anlamlı artış olduğunu belirtmişlerdir. Deneysel yöntem açıklamasının zayıf olduğu bu çalışmada şimdiki çalışmaya benzer olarak aktif bireylerde yapılmış olmasına rağmen SS ve AS'de gelişim kaydedilmiştir. Şimdiki çalışmanın bu çalışmayla farkı antrenman sıklığının haftada 3 gün olmasıdır. Haftada 3 gün yapılan EMS'nin ise 2 gün yapılan EMS'ye göre daha fazla kuvvet gelişimi sağladığı belirtilmektedir (Parker ve ark., 2003).

Venable ve ark. (1991) kısa süreli ağırlık antrenmanı ile kombine EMS antrenmanının sıçrama performansına 32 erkek lise öğrencisi üzerinde araştırdıkları kontrollü çalışmalarında (5 hafta, haftada 3 gün, n=32), sadece ağırlık (serbest ağırlıklı egzersizler içeren 10 egzersiz) grubu ve ağırlık antrenmanı ile kombine EMS grubu (haftada 3 gün, 10s EMS, 50Hz, 200µs, 60s dinlenme, 10 izometrik kontraksiyon, maksimal izometrik kuvvetin %60 şiddetinde, maksimal tolere edilebilen şiddette, bilateral *quadriceps*) arasında dikey sıçrama bakımından istatistiksel anlamlı fark olmadığını ortaya koymuşlardır. Bunun sonucunda kısa süreli ağırlık antrenmanı ile kombine EMS antrenmanının dikey sıçramaya etkisi olmadığı ve EMS'nin fonksiyonel performansı geliştirmede tek başına yeterli olmadığını ortaya koymuşlardır. Şimdiki çalışmayla benzer popülasyon üzerinde 5 hafta ve haftanın 3 günü yapılan bu EMS çalışmasında ağırlık çalışmaları ile kombine uygulanan EMS'nin sadece EMS uygulamasına göre fonksiyonel performansta etkili olmadığı sonucuyla bu çalışmanın antrenman süreci sonrası sonuçları benzerlik göstermektedir. Uygulanan maksimal izometrik kuvvetin %60 olmasının yanı sıra ve bazı EMS parametrelerinin de şimdiki çalışmada uygulananlardan farklı olması EMS uygulamaları, parametreleri, popülasyon ve dizayn farklılıklarının sonuçlarda farklılıklara neden olacağı düşüncesini akla getirmektedir.

Brocherie ve ark. (2005) 3 haftalık, haftada 3 gün *quadriceps* bölgesi izometrik EMS antrenmanının (85Hz, 350µs, 4s EMS, 20s dinlenme, izometrik, bilateral, maksimal tolere edilebilen şiddette) 17 elit buz hokeycide performansa etkilerini inceledikleri çalışmalarında sıçrama yüksekliklerinde kayıp (SS için 2.9cm, AS için 2.1cm, derinlik sıçraması için 1.3cm) belirlemişlerdir. Bu sonuçlardan elit düzeyde de spor dalına özgü olmayan performans parametrelerinde EMS'nin gelişim sağlamayacağı sonucu çıkarılabilir. Şimdiki çalışmanın sonuçlarına göre sıçrama yüksekliğinde istatistiksel anlamlı olmayan değişimler de bu durumu desteklemektedir.

Strojnik (1998) düzenli olarak fiziksel aktivitelere katılmayan 10 erkek spor bilimci öğrencisinde izometrik, konsantrik diz ekstansiyonu ve SS sırasında *quadriceps* kasına süperempoze uygulanan EMS'nin (100Hz, 300µs, izometrik, konsantrik diz ekstansiyonda 0.8s, SS'de 0.4s olacak şekilde tüm kası aktive ederek dizi tam ekstansiyona getirecek akım şiddetinde bilateral *quadriceps* kasına) etkilerini araştırdığı çalışmasında süperempoze EMS tekniğinin sıçrama performansında zayıf bulgular ortaya koymuştur. Bu sonuçlara göre süperempoze EMS tekniği tek eklem içeren basit motor hareketlerde akut olarak etkili

bulunurken farklı kas gruplarının koordinasyonunu gerektiren daha kompleks fonksiyonel hareketlerde ise etkili olmadığı bulunmuştur. İstemli kasılma üzerine elektriksel olarak uyarılmış bir potansiyelin fonksiyonel hareketlerde etkisinin olmadığı bulgusunun koaktivasyon, agonist-antagonist kas uyumu, inhibisyon gibi farklı nedenlerden kaynaklı olabileceği düşünülebilir. Şimdiki çalışmada istemli dinamik bir kasılma üzerine süperempoze uygulamayarak izometrik kasılma ile bu tür problemler aşılmaya çalışılmıştır. Lombard Paradoksu diye açıklanan istemli kasılmalar ve skuat benzeri hareketler sırasında agonist ve antagonist kaslar eş zamanlı kasılabilirler. Dolayısıyla izometrik bacak itme uygulamasında istemli kasılmalara benzer izometrik bir kasılma üzerine EMS uygulaması olarak süperempoze tekniğinden ayrıldığı söylenebilir. Bunun yanında Kale ve Kaçoğlu (2012)'nin çalışması akut izometrik EMS sonrası SS ve AS yüksekliği performansında akut etkilerin benzer olduğu belirlemiştir.

Üst düzey antrenmanlı elit sporcular üst seviyede performansa sahip olmalarına rağmen EMS ile antrenmansız bireylere benzer performans kazanımları elde edebilirler. Filipovic ve ark. (2012) antrenmanlı elit sporcuların antrenmansız bireylere göre daha yüksek kas içi ve kaslar arası koordinasyona sahip olmalarının elit sporcuların daha etkili bir nöromusküler aktivasyon ve katılım sağlamalarına yol açtığını, antrenmansız bireylerde ise test edilen hareketlerdeki kuvvet kazanımlarını transfer etmeyi zorlaştırması nedeniyle EMS'nin antrenmanlı elit sporcularda daha etkili olabileceği söylenmektedir. Ayrıca Glinsky ve ark. (2007) daha zayıf bireylerde ya da daha küçük kas gruplarında EMS antrenmanı etkili performans kazanımlarının daha kuvvetli bireylere ya da daha büyük kas gruplarına göre daha kayda değer olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmaların geneli göz önüne alındığında EMS uygulamaları sonucu performansta ortaya çıkan adaptasyonlar bireylerin antrenman geçmişi ve performans düzeyi, programın fonksiyonel egzersizlerle kombine edilmesi, izometrik ya da dinamik uygulama şekilleri, gecikmiş etkisi, bölgesel ya da çoklu eklem içeren yöntemleri, haftalık antrenman sayısı gibi birçok farklı faktörden etkilendiği sonucu çıkarılabilir. Buna göre EMS'nin elastik ya da dinamik kuvvet gelişimi ortaya koymada istemli antrenmanlara göre yetersiz kaldığını söylemek yanlış olmayacaktır. Bu türden gelişimlerin hedeflendiği EMS antrenmanlarının gerilme-kısalma döngüsü içeren dinamik türde istemli egzersizlerle kombine edilmesinin etki arttırmada yararlı olması EMS antrenmanını daha çok yardımcı bir antrenman yöntemi olarak ön plana çıkarmaktadır.

40m Sprint Koşu Süresindeki Değişimler

Altı haftalık antrenman süreci sonunda iki grubun 40m sprint koşu sürelerinde istatistiksel anlamlı fark bulunmasına rağmen gruplararası istatistiksel anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda antrenman periyodu sonunda 40m sprint koşu süresinde her iki grupta azalma belirlenmiş olmasına rağmen gruplararası istatistiksel anlamlı fark olmaması uygulanan antrenmanın sprint süresini etkilemediği, EG ve İG 40m koşu sürelerinin değişiklik göstermediği sonucuna varılabilir. Altı haftalık antrenman sürecini takip eden 4 haftalık detraining süreci sonunda yapılan testlere göre grup içinde ve gruplararası istatistiksel anlamlı olmayan artışlar belirlenmiştir. Buna göre bu

EMS antrenman formu ve istemli izometrik egzersizlerin detraining süreçlerinin benzer olduğu sonucu çıkarılabilir.

Wolf ve ark. (1986) bilateral *quadriceps* EMS antrenmanı sonrası 23m sprint koşusunda gelişim olduğunu ve bu gelişimin kontrol grubundan anlamlı olmadığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmayla benzer sonuçları olan şimdiki çalışmaya göre EMS antrenmanının istemli egzersizlerden daha etkili olmadığı söylenebilir.

Mafiuletti ve ark. (2009) yarışmacı tenisçilerde 3 haftalık süreçte yaptıkları toplam 6 EMS antrenmanından 3 hafta sonra yapılan testlerde 2x10m sprint süresinde ön teste göre istatistiksel olarak anlamlı oranda azalma (%23.3; p=0.004) olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre EMS'nin sprint performansında gecikmiş adaptasyon etkisinden söz edilebilse de bu çalışmada kontrol grubunun eksikliği sonucun EMS'den kaynaklı olduğu fikrini zayıflatmaktadır. Ayrıca detraining sonucunda sprint sürelerinde paralel artışlar görülmektedir. Bu noktada şimdiki çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermemektedir. Sonuçlar arasındaki farkın Filipovic ve ark. (2012)'nin da belirttiği üzere elit sporcularda EMS antrenmanının antrenmansız bireylere göre daha etkili sonuçlar ortaya koyduğundan kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Brocherie ve ark. (2005) 3 haftalık, haftada 3 gün *quadriceps* bölgesine uygulanan izometrik EMS antrenmanının (85Hz, 350µs, 4s EMS, 20s dinlenme, izometrik, bilateral, maksimal tolere edilebilen şiddette) 17 elit buz hokeycide etkilerini inceledikleri kontrollü çalışmalarının sonucunda 10m paten sprint süresinde gelişim (4.8%) belirlemişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda buz hokeyi antrenmanlarına ara vermeden sezon içinde paten sprint performansını geliştirmek için EMS antrenmanları önerilmiştir. Bu sonuçlara göre elit sporcuların spor dalına özgü performanslarda etkili olabileceği sonucu çıkarılabilir. Ayrıca şimdiki çalışmadaki katılımcıların belirli bir spor dalının olmaması performans gelişimlerinin anlamlı oranda olmama nedeni olarak düşünülebilir.

Herrero ve ark. (2010a) 4 haftalık ağırlık antrenmanı sırasında süperempoze EMS uygulamasının erkek beden eğitimi öğrencilerinde (n=28) etkilerini inceledikleri kontrollü araştırmalarında (120Hz, 400µs, 60,3±15.3mA, MİK %70'ine eşit yükte, 8 set, 10 tekrar, setler arası 3dk dinlenme, 1s konsantrik: 1s eksantrik: 1s dinlenme, maksimum tolere edilebilen akım şiddetinde, bilateral diz ekstensörleri) süperempoze EMS grubu, sadece ağırlık antrenman grubu (İG) ve kontrol grubunun 20m sprint süresinde 4 haftalık antrenman sonrası ve 2 haftalık detraining sonrası testleri arasında istatistiksel anlamlı fark olmadığını belirtmişlerdir. Süperempoze EMS grubunda 4 haftalık antrenman sonrasında ve 2 haftalık detraining sonrasında ön test değerlerine göre istatistiksel anlamlı azalma olduğu belirlenmiştir. Bölgesel EMS olmasına rağmen bu bulgular çoklu eklem içeren şimdiki çalışmanın bulgularıyla benzer olması nedeniyle dinamik istemli ağırlık egzersizleri sırasında uygulanan EMS ile maksimal istemli izometrik kontraksiyonlar sırasında uygulanan EMS'nin sonuçlarının paralellik gösterdiği söylenebilir.

Pichon ve ark. (1995) 14 yarışmacı yüzücüde EMS antrenmanın (3 hafta, haftada 3 gün, 80Hz, 300µs, 6s EMS, 20s dinlenme, 12dk, 27 kontraksiyon, izometrik) *latissimus dorsi* kuvveti, yüzme sprint performansına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında EMS grubunda sadece kolların çekiş uyguladığı 25m sprint süresinde $0.19\pm 0.14s$, 50m serbest stilde ise $0.38\pm 0.24s$ azalma belirlenmiş, kontrol grubunda değişim belirlenmemişlerdir. Buna göre *Latissimus Dorsi* kasına uygulanan izometrik EMS antrenmanının yarışmacı yüzücülerde yüzme performansını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu artışlar yüzücülerin elit sayılabilecek düzeyde olmalarının etkili olduğunu ve spor dalına özgü performansta gelişim sağladığı düşüncesini destekleyen bir çalışmadır. Bu çalışmada kontrol grubu sadece yüzme antrenmanına devam ederken EMS grubu yüzme antrenmana ek olarak izometrik EMS programı uygulamıştır. EMS'li izometrik antrenmanı kontrol grubunun EMS'siz olarak yapmaması ortaya çıkan sonuçlarda farklılıklara neden olarak düşünülebilir.

Russ ve ark. (2012) sprint antrenmanlarında ortaya çıkan kassal adaptasyonlara benzer adaptasyonlar oluşturabilecek bir EMS protokolü oluşturmak amaçlı yaptıkları ve 3 çift elektrot kullandıkları (diz ekstrensörlerinin iç, orta ve dış bölgeleri) 5 haftalık EMS antrenmanı (80Hz, 150µs, 10s EMS, 50s dinlenme, 3set, 20 tekrar, MİK %30'u şiddetinde) sonucunda sarkoplazmik retikulum (SR) Ca^{++} salınımlarında (%16) ve sitrit sintaz aktivitesinde (32%) artış ortaya çıkmasına rağmen SR Ca^{++} alımında değişim olmadığını, Tip-IIx MAZ izoformlarında anlamlı düşüş ortaya çıktığını, merkezi aktivasyon ve maksimal istemli izometrik kontraksiyon kuvvetinde fark olmadığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlara göre amaca uygun tasarlanmış bir EMS protokolüyle istemli sprint antrenmanı etkilerinin ortaya çıkabileceği ve istemli sprint antrenmanlarına bir alternatif olabileceği düşünülebilir.

Herrero ve ark. (2006)'nın diz ekstensörlerine yönelik EMS antrenmanı (120Hz, 400µs, 3s EMS, 30s dinlenme, 29dk, 53 izometrik kontraksiyon, 120° diz eklem açısı, 0.75s yükseliş süresi, 0.5s düşüş süresi, maksimum tolere edilebilen şiddette, bilateral *quadriceps*), pliyometrik antrenman ve EMS ile kombine pliyometrik antrenmanların etkilerini karşılaştırmak için yaptıkları 4 haftalık, haftada 4 antrenman içeren antrenman periyodu ve bunu takip eden 2 haftalık detraining sürecini içeren kontrollü çalışmalarının sonuçlarına göre 20m sprint süreleri istatistiksel anlamlı olarak EMS grubunda artış (%2.4) gösterirken kombine grupta azalış (%2.3) göstermiştir. EMS grubunda maksimal izometrik kuvvet istatistiksel anlamlı olarak antrenman sonrası %9.1 ve detraining sonrası %8.1, kombine grupta ise antrenman sonrası %16.3 artış belirlenmiştir. Çapraz kesit alanda antrenman sonrası EMS grubunda %9.0 ve kombine grupta %7.1 artış belirlenmiştir. Kombine EMS ve pliyometrik antrenmanın fiziksel olarak aktif erkek bireylerde sıçrama yüksekliği ve sprint süresini geliştirdiğinin yanı sıra EMS ve EMS ile kombine pliyometrik antrenmanların ilgili kasın çapraz kesit alanında ve maksimal kuvvetinde gelişimler sağladığı belirtilmiştir. Tek başına uygulanan EMS antrenmanının sıçrama ve sprint koşu performansında bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Fiziksel olarak aktif erkek bireylerde istemli egzersizlerle kombine uygulanan EMS antrenmanının sadece EMS antrenmanına göre daha etkili olduğu sonucu çıkarılabilir. Kombine grupta antrenman yükünün diğer

gruplara göre fazla olabileceği göz önüne alınmalıdır. Ayrıca EMS antrenman sayısının haftada 4 olması da şimdiki çalışmayla farklılık göstermektedir.

İzokinetik Kuvvet Parametrelerindeki Değişimler

Şimdiki çalışmadaki katılımcıların 60, 180 ve 300°.s⁻¹'deki açısal hızlardaki ön test, ara test ve son test her iki bacak diz ekstansiyon ve fleksiyon ortalama zirve tork değerleri incelendiğinde gruplararası ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmektedir. EMS'nin sedanterlerde ve rekreasyonel olarak aktif bireylerde pozitif etkilerinin gözlemlendiği çalışmalar bulunmaktadır. Sedanter ve rekreasyonel olarak aktif bireylerde izometrik olarak yavaş açısal hızlarda (60°.s⁻¹) kuvvet artışları bulunmuşken sporcularda ise gelişim bulunmamıştır. Hızlı açısal hızlarda (240°.s⁻¹) ise sedanter, aktif bireyler ve sporcularda gelişim belirlenmemiştir. Garhammer (1983) e göre aktif gruptaki gelişim rekreasyonel ve yarışmacı sporcularda da muhtemel faydaları olabileceğini düşündürmektedir. EMS antrenmanları eksantrik ve yüksek hızlı konsantrik kuvvette artışa neden olurken yavaş konsantrik hızlarda gelişime neden olmamıştır. Maksimal eksantrik eforlarda hızlı kasılan fibriller büyük rol oynamaktadır ve yüksek hızlı konsantrik kuvvet hızlı kasılan fibrillerin kapasitesiyle ilgilidir. Bu sonuçlar EMS antrenmanları sırasında hızlı kasılan fibrillerin seçici olarak aktive olduğunu desteklemektedir (Maffiuletti ve ark., 2000). Sıçramada (DeStaso ve ark., 1997; Iossifidou ve ark., 2005), sprint koşusunda (Wiemann ve Tidow, 1995; Newman ve ark., 2004; Cotte ve Chatard, 2011) ve çeviklikte (Rand ve Ohtsuki, 2000) etkin olan kaslar içerisinde diz ekstansör ve fleksör grubu kaslar oldukça etkin paya sahiptir (Chan ve Mafulli, 1996). Buna rağmen izokinetik kuvvet testleriyle atletik performans ya da fonksiyonel testler arasında istatistiksel anlamlı ilişki olmadığını gösteren çalışmalar (Young ve ark., 2002; Greenberger ve Paterno, 1995; Chan ve Mafulli, 1996; Blazevich ve Jenkins, 1998; Alemdaroğlu, 2012) da bulunmaktadır.

Maffiuletti ve ark. (2000)'nın çalışmasında erkek basketbolcularda 4 hafta, hafta içi 5 gün basketbol antrenmanına ek olarak *quadriceps* kasına Pazartesi, Salı, Perşembe günlerinde haftada 3 izometrik EMS antrenmanının (400µs, 100Hz, 3s EMS, 17s dinlenme, 16dk) EMS grubunda 120°.s⁻¹'de %29, 60°.s⁻¹'de %37, 360°.s⁻¹'de %36, 300°.s⁻¹'de %36, 240°.s⁻¹'de %30, 180°.s⁻¹'de %32 istatistiksel anlamlı artış sağladığı, 60 ve 120°.s⁻¹ ise fark yaratmadığı belirlemiştir. İzometrik kuvvette ise sadece antrenman açısına yakın olan 55 ve 65°.s⁻¹'de istatistiksel anlamlı artış olmuştur. EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık basketbol antrenmanı sonrası yapılan testlerde izokinetik ve izometrik kuvvetlerin korunduğu bulunmuştur. Bu bulgular yarışmacı sporcularda konvansiyonel antrenman programlarına ek olarak yapılan bölgesel EMS antrenmanının izokinetik kuvvette artış sağladığı ve EMS antrenmanını takip eden 4 haftalık süreçte yapılan basketbol antrenmanlarından sonra da antrenman sonrası elde edilen artışların korunduğunu göstermiştir. EMS antrenmanının dinamik egzersizlerle desteklenerek elit sporcularda uygulanması EMS antrenmanının daha etkili sonuçlar sağlayacağı konusunu akla getirmektedir.

Avila ve ark. (2008)'nin EMS ile birlikte uygulanan izokinetik antrenmanın sağlıklı (n=20, yaş ort. 21) bireylerde etkisini araştırdıkları çalışmalarında katılımcılar her iki diz ekstensör kasına $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızda 4 hafta, haftada 2 gün konsantrik izokinetik antrenman (3 set, 10 tekrar) uygulamışlardır. Bacaklardan birine izokinetik antrenman ile senkronize EMS (2500Hz taşıyıcı frekans, 50Hz, 200µs, maksimal tolere edilebilen akım şiddetinde, diz ekstansiyonu ile senkronize) uygulanmıştır. Her iki grubun zirve tork değerleri artış göstermişse de gruplararası istatistiksel anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Zirve tork EMS'siz grupta istatistiksel anlamlı artış göstermiştir. Bu bulgulara göre EMS ve izokinetik konsantrik istemli kuvvet antrenmanının kuvvet kazanımı sağlamadığı ve istemli kuvvet antrenmanlarının nöromusküler açıdan sağlıklı genç bireylerde daha etkili olduğu belirtilmiştir. Buna göre sağlıklı bireylerde EMS'nin istemli antrenmanlara göre daha etkili olmadığı sonucu çıkarılabilir. Şimdiki çalışmada da EMS grubunun bulgularıyla istemli grubun bulguları benzerlik göstermiştir. EMS'nin bu sonuçlara göre istemli antrenmandan daha etkili olmadığı söylenebilir. Requena Sanchez ve ark. (2005)'nin da belirttiği gibi sağlıklı bireylerde istemli kasılmalarla senkronize uygulanan EMS'nin istemli kasılmalar sırasında aktive olandan daha fazla motor ünite aktive etmediği (eksantrik kontraksiyonlar hariç), EMS antrenmanlarıyla istemli kuvvette artış olmakla birlikte bunun istemli kasılmalardan daha fazla olmadığı konusunda ortak görüş bulunmaktadır.

Gondin ve ark. (2005b) yaptıkları çalışmada 4 haftalık EMS antrenman periyodu sonrasında maksimal istemli diz ekstensör kuvveti istatistiksel anlamlı 27% artış göstermiştir. Bu istemli kuvvet artışını hem kassal hem de nöral adaptasyonlara bağlı olabileceği belirtilmiştir.

Bircan ve ark. (2002)'nin sağlıklı bireylerde interferansiyel akımlı ve düşük frekanslı EMS antrenmanının (3 hafta, haftada 5 gün, 13s EMS, 50s dinlenme, 15dk, maksimal tolere edilebilen akım şiddetinde, tam ekstansiyon pozisyonunda) *quadriceps* kuvvetine etkilerini tıp fakültesi öğrencileri (n=30) üzerinde araştırdıkları kontrollü çalışmalarında 60 ve $120^{\circ} \cdot s^{-1}$ açısal hızlardaki izokinetik kuvvet testlerine göre interferansiyel akım ve düşük frekanslı akım gruplarının izokinetik kuvvetlerinde istatistiksel anlamlı artışlar ortaya çıktığını, iki grup arasında ve ayrıca kontrol grubunun kuvvet değerlerinde istatistiksel anlamlı fark olmadığını ortaya koymuşlardır. Buna göre kuvvet gelişimi amaçlı bu iki EMS yönteminin de kullanılabilmesi sonucu çıkarılabilir. Fakat EMS'siz istemli kontraksiyon grubunun eksikliği çalışmanın bir sınırlılığı olarak göz önüne alınabilir.

Gondin ve ark. (2005a) 4 haftalık EMS antrenmanı sonrasında ultrason ile belirlenen *quadriceps* çapraz kesit alanında istatistiksel anlamlı artış meydana gelmediğini ve 8. hafta (detraining) sonunda *quadriceps* çapraz kesit alanında istatistiksel anlamlı ($p < 0.001$) %6 artış olduğunu belirlemiştir. Gondin ve ark. (2011a) 8 haftalık EMS antrenmanı sonrası çapraz kesit alanında Tip 1 fibrillerinde istatistiksel anlamlı %12, Tip 2A fibrillerinde ise %23 artış meydana geldiğini belirtmiştir. Bu durum EMS antrenmanının geç fazında kas hipertrofinin meydana geldiğini ve kuvvet artışlarının kas fibrilleri arasındaki artış oranlarıyla da ilgili olduğunu ortaya koyar niteliktedir.

Sedanterlerde ve rekreasyonel olarak aktif bireylerde EMS antrenmanının pozitif etkilerinin bulunduğu çalışmalar bulunmaktadır. Sedanter ve rekreasyonel olarak aktif bireylerde izometrik olarak yavaş açısal hızlarda ($60^{\circ}.s^{-1}$) hızlı kuvvet artışları belirlenmiş, sporcularda ise herhangi bir gelişim belirlenmemiştir. Hızlı açısal hızlarda ($240^{\circ}.s^{-1}$) ise hiçbir çalışma grubunda artış bulunmamıştır. Aktif gruptaki gelişim rekreasyonel ve yarışmacı sporcularda da muhtemel faydaları olabileceğini düşündürmektedir. Rutin sportif antrenmanlarla kombine uygulanan haftalık 5 EMS antrenmanı yüklenme-toparlanma açısından olumsuz olabileceği için haftalık EMS antrenmanı sayısının beşten az olması önerilmektedir. Farklı antrenmanlarla kombine yapılan EMS antrenmanlarının daha kompleks bir yapı sergilediği ve fiziksel özellikler, antrenman yükü ve şiddetine dikkat edilmesinin önemli olduğu vurgulanmıştır (Garhammer, 1983).

Bezerra ve ark. (2009) tek bacak istemli kontraksiyon ve tek bacak istemli kasılma üzerine süperempoze EMS'nin diz ekstensörleri maksimal istemli kuvveti (MİK) ve çapraz kesit alanı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında katılımcıları (n=30) kontrol grubu (KG), istemli kontraksiyon grubu (İKG) ve istemli kontraksiyon üzerine süperempoze EMS grubu (İSEG) olmak üzere 3 gruba ayırmışlardır. İKG ve İSEG 6 hafta, haftada 3 kez sağ bacakla izometrik egzersiz uygulamışlardır. İSEG'ye EMS antrenmanı (100Hz, 400 μ s, 30-80mA) uygulanmıştır. Antrenman süreci sonrası İKG'nin sağ bacak kuvveti ve İSEG'nin her iki bacak maksimum istemli kuvvetinde KG'ye göre istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur (p<0.01). İKG ve İSEG sadece sağ bacak çapraz kesit alanında istatistiksel anlamlı artış belirlenmiştir (p<0.01) ve bu artışın maksimum istemli kuvvet artışıyla istatistiksel anlamlı ilişkili (p<0.01) olduğu belirlenmiştir. İstemli kasılma üzerine süperempoze EMS antrenmanlarının daha büyük kontralateral (cross education) etkiyle maksimum istemli kuvvet ve çapraz kesit alan artışında etkili olduğu bulunmuştur. İSEG'de antrenmansız bacakta hipertrofi olmaksızın artan kuvvet kontralateral etkiden nöral adaptasyonların sorumlu olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre EMS'nin istemli antrenmanlar gibi kuvvet artışları sağlayabileceği ve ayrıca bu kuvvet artışlarının altında nöral süreçlerinde etkili olabileceği fikrini desteklemektedir.

Pichon ve ark. (1995)'nin 14 yarışmacı yüzücüde EMS antrenmanının (3 hafta, haftada 3 gün, 80Hz, 300 μ s, 6s EMS, 20s dinlenme, 12dk, 27 kontraksiyon, izometrik) *latissimus dorsi* kası kuvvetine etkilerini araştırdıkları kontrollü çalışmalarında kol fleksiyon-ekstansiyon hareketi sırasında farklı açısal hızlarda (izometrik, -60, 60, 120, 180, 240, 300, 360 $^{\circ}.s^{-1}$) yapılan testler sonunda izometrik kuvvette %21, eksantrik -60 $^{\circ}.s^{-1}$ 'de %24.1 ve konsantrik kuvvette (180 $^{\circ}.s^{-1}$ 'de %10.3, 300 $^{\circ}.s^{-1}$ 'de %14.4, 360 $^{\circ}.s^{-1}$ 'de %14.7) istatistiksel anlamlı artışlar bulunmuşken kontrol grubunda gelişim bulunmamıştır. EMS antrenmanının elit sporcularda daha etkili sonuçlar ortaya çıkardığı görüşünü destekleyen bu çalışma istemli antrenmanlara ek olarak yapılacak EMS uygulamasının etkiyi arttıracığı düşüncesini de desteklemektedir. EMS grubunun izometrik antrenman sırasında uyguladıkları EMS antrenmanını kontrol grubunun EMS'siz olarak yapmamasının olumsuz etkili olabileceği de göz önüne alınmalıdır.

Holcomb (2006) cerrahi operasyon sonrası immobilizasyon ile ilgili kuvvet kayıplarından korunmak için kullanılan EMS uygulaması ile ilgili yapılan çoğu araştırmanın diz ekstensörleri üzerinde yapıldığını belirterek EMS uygulamasının dirsek fleksörleri üzerindeki etkilerini 24 üniversite öğrencisinde (12 erkek, 12 bayan; ort. yaş 23,5) araştırdığı çalışmasında katılımcıları kontrol, EMS ve izometrik antrenman grubu olmak üzere 3 eşit gruba rastgele ayırmıştır. Antrenmanlar izokinetik dinamometrede 4 hafta, haftada 3 gün, 45s dinlenme aralarından oluşan 15s'lik 15 maksimum kontraksiyondan meydana gelmiştir. Cildin daha az direnç göstermesinden ve motor sinirlere ulaşan akımın daha fazla olmasından dolayı Rus akımı olarak tanımlanan yöntem (2500Hz yüksek taşıyıcı frekans, 90Hz, 15s akım ve 45s dinlenme, maksimum tolere edilebilen şiddette) uygulanmıştır. Diğer iki grupta istatistiksel anlamlı gelişim bulunmazken istemli grup istatistiksel anlamlı gelişim göstermiştir. EMS sonucunda kuvvet kazanımlarındaki yetersizliğin antrenman sırasında oluşan tork şiddetindeki düşüşten kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Maksimum istemli kasılmanın aralığı %33-60 olması tavsiye edilirken bu çalışmada %20.4'de kalmıştır. Araştırmacılar sağlıklı biceps kasında kuvvet artırma amaçlı EMS uygulamasının istemli izometrik antrenmanlar kadar etkili olmadığı sonucuna varmıştır. Bu sonuçlar EMS'nin sağlıklı kasta istemli antrenmanlar kadar etkili olmadığı görüşünü destekler niteliktedir. Bununla beraber birçok araştırmacıya (Feiereisen ve ark., 1997; Bax ve ark., 2005; Yavuzer ve ark., 2006; Vanderthommen ve Duchateau, 2007; Seyri ve Mafiuletti, 2011) göre EMS antrenmansız bireylerde ya da sakatlık sonrası rehabilitasyon sürecindeki bireylerde istemli antrenmana oranla daha etkiliyken sağlıklı kas dokusunda kuvvet gelişiminde ise istemli antrenman kadar etkili değildir.

Zory ve ark. (2010)'nın 4 haftalık EMS antrenmanı ve bunu takip eden 4 haftalık detraining sürecinin kassal ve nöral değişimlere olan etkisini inceledikleri araştırmalarında maksimal istemli kontraksiyon kuvvetinde EMS sonrası değişim olmazken detraining sonrası istatistiksel anlamlı artış (%21.5) belirlenmiştir. EMS antrenman dönemi sonrası aktivasyon seviyesi %7.3 ve maksimal EMG aktivitesi %27.9 anlamlı artış göstermiş ve artmış bu seviye detraining döneminde de korunmuştur. *Vastus lateralis* kası M-dalgası genliği çalışma boyunca değişim sergilememiştir. EMS sonrası *quadriceps* kontraktıl özelliklerinde istatistiksel anlamlı kayıplar bulunmuştur. Fakat detraining sonrası başlangıç seviyesindeki değerlere geri dönüldüğü görülmüştür. Nöral ve kassal değişimler arasındaki etkileşim nedeniyle 4 haftalık EMS kuvvet antrenmanı sonrası maksimal *quadriceps* kuvvet kapasitesinde değişim meydana gelmemiştir. Diğer yandan 4 haftalık detraining sonrası kontraktıl fonksiyonun tekrar iyileşmesi ve aktivasyonun korunması maksimal istemli kasılma kuvvetinde artış ile sonuçlanmıştır. Bu bulgular EMS'nin kuvvet gelişiminde etkisi olduğunu desteklemiştir. Dolayısıyla bu çalışmadaki antrenman fiziksel olarak aktif bireyler için etkili EMS kuvvet antrenman programları hazırlanırken yardımcı olabilir.

Gondin ve ark. (2005b)'nin yaptıkları çalışmada 32 sağlıklı erkek üzerinde 18dk'lık 40 kontraksiyondan oluşan izometrik diz ekstensör EMS antrenmanını 8 hafta, haftada 4 kez uygulamışlardır. Çalışma öncesi, çalışmanın 4. ve 8. haftalarında yaptıkları MIİK testleri, istemli aktivasyon düzeyini belirleme amaçlı testler ve *quadriceps* kası anatomik çapraz kesit alanı belirlemesine göre ilk 4.

hafta sonrası MİİK’de %15 ve sonraki 4. hafta sonrası %11 istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur. Sekizinci haftanın sonunda diz ekstensör MİİK’de istatistiksel anlamlı artışın yanında kas boyutu ve nöral sürüş miktarında da istatistiksel anlamlı artış belirlenmiştir. İlk 4 hafta sonunda istemli kasılmada belirlenen artışın spinal ya da supraspinal seviyede oluşan nöral aktivasyon artışlarından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Dördüncü haftadan sonraki kuvvet kazanımlarının ise kas hipertrofisinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Buna göre de 6 haftadan fazla süren EMS antrenmanının kasta morfolojik değişikliklere neden olduğu sonucu çıkarılabilir. Ayrıca kassal değişimler sırasında istemli kuvvette ilk olarak meydana gelen artışlardan sorumlu olan nöral adaptasyonların kuvvette daha fazla artış sağladığı sonucuna varılmıştır.

Laughman ve ark. (1983) *quadriceps* kasına uyguladıkları EMS’nin kuvvet üzerine etkilerini 58 gönüllü üzerinde incelemişlerdir. Bir gruba EMS uygulanırken diğer grup istemli izometrik kasılma uygulamıştır. Bunun yanında EMS’nin ve izometrik kasılmanın olmadığı bir de kontrol grubu bulunmaktadır. EMS uygulaması 5 hafta, haftada 5 gün, 10s EMS (50Hz, 70mA), 50s dinlenme şeklindeki 10 tekrardan oluşmuştur. EMS grubunun ve izometrik egzersiz grubunun *quadriceps femoris* kas kuvvetinde (sırasıyla %22 ve %18) kontrol grubuna göre istatistiksel anlamlı artış bulunmuşken bu iki deney grubu arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Soo ve ark. (1988) düşük şiddetli uygulanan EMS'nin (5 hafta, haftada 2 gün, 8 tekrar, 2500Hz taşıyıcı, 50Hz, 10ms EMS, 10ms dinlenme, 15s EMS, antrenman başına 8 kontraksiyon, MVC'nin %50'si şiddette, ortalama 40mA şiddette, sağ *quadriceps* EMS, sol *quadriceps* kontrol) sağlıklı bireylerde kuvvete etkilerini araştırdıkları çalışmalarını sonucunda EMS uygulanan kasta izometrik diz ekstensör kuvvetinde kadınlarda istatistiksel anlamlı gelişim bulunmamışken erkeklerde anlamlı gelişim olduğunu bulmuşlardır. Diz fleksörlerinde kadın ve erkek açısından istatistiksel anlamlı fark olmadığını bulmuşlardır. Sonuç olarak düşük şiddetli EMS erkeklerde diz ekstensör izometrik kuvvet gelişimi sağlarken kadınlarda sağlamamıştır. Bu sonuçlardan EMS'nin tıpkı elit sporcularda daha etkili sonuçlar verdiği gibi Fahey ve ark. (1985)’nin da belirttiği gibi kas kitlesinin fazla erkeklerde kadınlara göre daha etkili sonuçlar sağladığı söylenebilir.

Turostowski ve ark. (1992)’nin EMS'nin konsantrik diz ekstansiyon kuvvetine ve *quadriceps* kası çapraz kesit alan etkilerini 20 beden eğitimi öğrencisinde inceledikleri 5 haftalık (haftada 3) çalışmalarında EMS'siz grup bir set 30 maksimum tekrarlı (maksimalin %70’i, tekrarlararası 15s dinlenme) diz ekstansiyonu uygularken aynı antrenmanı EMS grubu antrenmanı (60Hz, 100µs, 5s EMS, 15s dinlenme, 60° diz eklem açısı, izometrik, 30 kontraksiyon, 10dk, bilateral) izometrik olarak uygulamışlardır. Sonuçlara göre düşük açısal hızlarda istemli kontraksiyonların daha etkili, yüksek hızlarda ise EMS'nin daha etkili olduğu belirtilmiştir. Bu durum EMS’nin hızlı liflere olan etkisini destekler niteliktedir.

Brocherie ve ark. (2005) 3 haftalık *quadriceps* kasına uygulanan EMS antrenmanının (haftada 3, 85Hz, 350µs, 4s EMS, 20s dinlenme, maksimal tolere edilebilen şiddette, izometrik, bilateral) 17 elit buz hokeycinin izokinetik kuvvetini $-120^{\circ}.s^{-1}$ ’de %37.1, $-60^{\circ}.s^{-1}$ ’de %24.2, $60^{\circ}.s^{-1}$ ’de %41.3 ve $300^{\circ}.s^{-1}$ ’de

%49.2 artırdığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda buz hokeyi antrenmanlarına ara vermeden sezon içinde kuvvet geliştirmek için EMS antrenmanlarını önermişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre elit sporcuların izokinetik kuvvet gelişiminde EMS'nin etkili olabileceği sonucu çıkarılabilir. Şimdiki çalışma katılımcılarının elit sporcu grubundan olmaması performans gelişimlerinin istatistiksel anlamlı artış göstermemesi nedeni olarak düşünülebilir.

Willoughby ve Simpson (1996) erkek basketbolcularda (n=24) ağırlık egzersizleri sırasındaki dinamik kontraksiyonlarla senkron uygulanan EMS'nin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında ağırlık antrenman grubu %85 şiddette 8-10 tekrarlı, setlerarası 3dk dinlenmeli 3 set ağırlık egzersizini 6 hafta, haftada 3 kez uygulamıştır. Ağırlık egzersizleriyle senkron EMS grubu aynı egzersizleri EMS (2500Hz taşıyıcı frekans, 50Hz, 100µs, konsantrik *biceps brachii*) ile aynı anda uygulamıştır. EMS grubu ise haftada 3 gün EMS antrenmanı uygulamıştır. Sonuçlara göre 4. ve 6. hafta ölçümlerinde EMS ile senkron ağırlık grubu değerlerinin diğer üç gruba göre istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar dinamik istemli egzersizlerle senkron uygulanan süperempoze EMS'nin kuvvet kazanımları sağlayabileceği düşüncesini destekler niteliktedir.

Kemmler ve von Stengel (2013) 12 ay TB-EMS'nin (14 günde 3 seans, 18dk, 85Hz) sarkopeni riski taşıyan, abdominal obezitesi olan ve egzersiz için yetersiz ya da isteksiz olan yaşlı kadınlarda (n=46) etkilerini araştırmış ve diz ekstansiyon kuvvetinin EMS grubunda (%9.1±%11.2) kontrol grubuna (%1.0±%8.1) göre istatistiksel anlamlı fazla olduğu belirlenmiştir. Düşük şiddetli ve bir sene süren uzun süreli ağırlıksız dinamik egzersizlerle süperempoze TB-EMS antrenmanın diz ekstansiyon kuvvetinde artış sağlaması bu katılımcı grubunda EMS'nin etki ortaya koyabileceği fikrini desteklemektedir.

Herrero ve ark. (2010a) beden eğitimi öğrencileri üzerinde yaptıkları çalışmada 4 haftalık ağırlık antrenmanı sırasında süperempoze EMS uygulaması (120Hz, 400µs, 60,3±15.3mA, MİK %70'ine eşit yükte, 10 tekrar 8 set, setlerarası 3dk dinlenme, 1s konsantrik: 1s eksantrik: 1s dinlenme) yapan grup (ES) sadece ağırlık antrenman grubuna (VOL) göre daha fazla kuvvet artışı sağlamıştır (sırasıyla %40,2 ve %31,4). Dört haftalık antrenmanı izleyen 2 haftalık detraining sonrası başlangıç seviyesi değerlerine göre ES'de %49,1 ve VOL'de %24,1 artış belirlenmiştir. Bu çalışmada istemli kasılmalar üzerine uygulanan süperempoze EMS tekniğinin yalnız istemli yapılan uygulamalara göre daha fazla kuvvet gelişimi sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Fakat bu artış detraining sonrası gecikmiş adaptasyon periyodunda daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

Herrero ve ark. (2010b) bir önceki çalışmalarının devamı niteliğinde olan çalışmalarında 4 haftalık kombine yapılan ağırlık ve pliyometrik antrenmanlar sırasında uygulanan süperempoze EMS ve onu takiben 2 haftalık detraining sonrasında test edilen kas kuvveti, sadece ağırlık ve pliyometrik kombine grubuna göre istatistiksel anlamlı yüksek çıkmıştır. Az sayıda antrenman uygulandığında süperempoze EMS istemli antrenmanlara göre daha fazla kuvvet kazanımı sağlarken antrenman süreci daha uzun olduğunda (4 hafta) kuvvet kazanımı için detraining süreci gerektiği belirtilmiştir.

Anaerobik Güç ve Kapasitedeki Değişimler

AG ve AK bakımından katılımcıların 6 haftalık antrenman periyodu öncesi ve sonrası ve detraining sonrası testler arasında istatistiksel anlamlı fark yoktur. AG'de antrenman sonu testlerde her iki grupta da istatistiksel anlamlı olmayan benzer artışlar olduğu belirlenmiştir. Buradan hareketle EMS antrenmanının bu uygulama şekliyle istemli antrenmanlarla arasında fark olmadığı söylenebilir. AK açısından istatistiksel anlamlı olmamakla birlikte antrenman sonrası EG'de bir miktar azalma olduğu İG'de ise başlangıç değerlerine göre çok küçük artış olduğu belirlenmiştir. Detraining sonrası AK ara testlerde EG'de ortaya çıkan azalmayla ön test sonuçlarına yaklaşmıştır. Detraining sonrası AG ise ara test değerlerine göre her iki grupta da küçük azalma olmasına rağmen ön test değerlerine göre yüksek bulunmuş ve ara test değerlerini büyük oranda koruduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın odaklandığı alt beden kasları sıçrama ve sprint gibi patlayıcı türden AG üretmede büyük pay sahiptir. Literatür incelendiğinde EMS'nin AG ve AK'ye etkisinin araştırıldığı çalışma sayısının oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir.

Mathes ve ark. (2015) 4 haftalık bisiklet egzersizi ile süperempoze EMS antrenmanı (toplam 14 antrenman) sonrası AG ve AK hem kontrol hem de süperempoze EMS grubunda istatistiksel anlamlı artış göstermesine rağmen gruplararası istatistiksel anlamlı fark olmadığı ortaya koymuştur. Şimdiki çalışmayla paralellik gösteren bu çalışmanın sonuçlarına göre dinamik bisiklet egzersizi sırasında uygulanan süperempoze EMS antrenmanının AG ve AK'de EMS'siz dinamik bisiklet egzersizinden daha etkili olmadığı söylenebilir.

Herrero ve ark. (2010a) 4 haftalık ağırlık antrenmanı sırasında süperempoze EMS'nin (120Hz, 400µs, 10 tekrar 8 set, setler arası 3dk dinlenme, 1s konsantrik: 1s eksantrik: 1s dinlenme, 60,3±15.3mA, MİK %70'ine eşit yükte, maksimum tolere edilebilen akım şiddetinde, bilateral diz ekstensörleri) erkek beden eğitimi öğrencilerinde (n=28) kuvvet ve anaerobik güce etkilerini inceledikleri kontrollü araştırmalarında süperempoze EMS grubu, ağırlık antrenman grubu (İG) ve kontrol grubu 20m sprint ve sıçrama performanslarında 4 haftalık antrenman ve 2 haftalık detraining sonu testleri arasında anlamlı fark olmadığını belirlemiştir. Süperempoze EMS ile anaerobik gücün artırılması için plyometrik sıçrama gibi yardımcı ve spesifik çalışma desteği gerektiği belirtilmiştir.

Herrero ve ark. (2010b) 4 haftalık kombine yapılan ağırlık ve plyometrik antrenmanlar (diz ekstansiyon egzersiz aletinde haftada 2 ağırlık, 2 plyometrik antrenman) sırasında uygulanan süperempoze EMS (10 tekrarlı 8 set, setlerarası 3dk dinlenme, 1s EMS, 1s dinlenme, 120Hz, 400µs, dinamik, MİK %70'i, maksimal tolere edilebilen akım şiddeti) antrenmanı sonrasında iki grupta da kuvvet artışı ve 2 haftalık detraining sonrasında kas kuvveti kazanımlarının büyük oranda korunduğu belirlenmiştir. Antrenman ve detraining sonrası ortaya çıkan kuvvet kazanımlarının EMS'li grupta EMS'siz gruptan daha fazla olduğu görülmüştür. Sıçrama yüksekliklerinde gruplararası ve grupiçi tekrarlı ölçümlerde anlamlı fark olmadığı bulunmuştur. Sprint sürelerinde ise sadece detraining sonrası küçük azalma olduğu görülmüştür. AG geliştirme için kullanılan EMS'nin süperempoze yerine izometrik kasılmalar üzerine uygulanması ve plyometrik egzersizlerle desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç

EMS uygulamalarının sonuçlarını etkileyen çok sayıda etken vardır. Bunlardan bazıları, EMS'nin akım parametreleri olan frekans, atım süresi, atım genişliği, yükseliş ve düşüş zamanı, akım türü, şekli, şiddeti, fazları, atımlar arası süre olduğu gibi bunun yanında da EMS'nin istemli kasılma üzerine uygulanması ya da pasif kasa uygulanması, izometrik uygulamada uygulanan eklem açısı, istemli kasılma olarak konsantrik, izometrik ya da eksantrik kasılma üzerine uygulanması, elektrotların şekli, boyutu, yapısı, içerdiği materyal, deri üstü, deri altı, transkranyal ya da interferansiyel uygulamalarının yanında kronik ya da akut uygulama, kronik uygulama süresi, tekrarlı kontraksiyon sayısı, haftalık uygulama sayısı, kronik uygulama sonrasındaki detraining ya da gecikmiş adaptasyon etkisi, katılımcıların profili (fiziksel olarak aktif, düzenli olarak fiziksel aktivite yapmayan, elit sporcu, sağlıklı bireyler ya da yaş gruplarına göre bireyler), uygulanan kas, çoklu ya da tek eklem hareketi içeren uygulamalar, kasın orta noktasına ya da sinir bölgesine yapılan uygulamalar gibi etkenlerdir. Bu kadar çok etkenin olması uygulamada bir ortak görüş olasılığını imkansızlaştırmaktadır. Bu nedenle EMS çalışması yapmak isteyen her araştırmacı ya da antrenör tüm bu ve bunun gibi faktörleri göz önünde bulundurmalıdır.

Çok eklem içeren istemli izometrik kasılmalar üzerine uygulanan EMS'nin bu çalışmada uygulanan formu, performans artışında istemli izometrik kasılmalara göre daha etkili değildir. EMS ile sağlıklı kasta kuvvet artışları elde etmek ve fonksiyonel performans artışları elde etmek mümkün olmakla birlikte EMS'nin istemli aktivitelerdeki gibi tüm vücut kassal gelişimini desteklemediği, kaslararası koordinasyon sağlamadığı, vücut kompozisyonunda sınırlı gelişim sağladığı, istemli izometrik antrenman kas gücünde sınırlı gelişme sağladığı, izometrik kas kasılmalarının açığa özel olması, izometrik kasılmalar gibi spesifik olmayan kas kasılmaları sırasında aşırı uygulanmasının motor koordinasyonu bozabilecek olması, çoklu eklem içeren EMS'nin zamansal olarak istemli antrenmana göre avantajlı olmadığı gibi temellendirilmiş görüşler literatürde bulunmaktadır.

Bu çalışmada katılımcılara çok eklem içeren ve MİİK'ler üzerine alt beden EMS antrenmanı yaptırılmıştır. EMS'nin temel teorisi istemli olarak aktivasyonu daha zor olan hızlı kasılan kas fibrillerini ve yavaş kasılan kas fibrillerini senkron motor ünite katılımıyla aktive etmesi ve böylelikle hızlı kasılan motor üniteleri aktive etmesidir. Buna rağmen çalışmada uygulanan 6 hafta, haftanın 2 günü yapılan EMS antrenmanının ve takip eden 4 haftalık detraining sürecinin istemli antrenmanlara göre vücut yağ yüzdesi, baldır ve uyluk çevre ve deri kıvrım kalınlıkları, sprint süresi, sıçrama yüksekliği, izokinetik kuvvet, AG ve AK parametrelerinde istemli kasılmaya göre daha etkili olmadığı belirlenmiştir. EMS antrenmanının antrenmansız sağlıklı genç bireylerde uygulanan bu formuyla tek başına istemli egzersizden daha etkili olmadığı, kombine çalışmalarla desteklenmesi gerektiği, sağlıklı bireylerde istemli egzersize oranla daha düşük etkisi olduğu, daha çok genel kuvvete yardımcı olduğu sonucu çıkarılabilir.

Öneriler

- Bu çalışma aynı protokolle üst bedene uygulanabilir.
- Bu çalışma benzer şekilde fakat farklı haftalık antrenman sayısı, sıklığı ve süreleriyle uygulanabilir.
- Bu çalışma maksimal MİİK üzerine uygulanan EMS ile uygulanmıştır benzer şekilde maksimal istemli kasılmanın belli bir yüzdesi sırasında EMS'nin uygulandığı ya da bu yüzdenin antrenman periyodu süresince giderek arttırıldığı bir programla uygulanabilir.
- Bu çalışmada maksimal izometrik bacak itme sırasında EMS diz ve kalça ekstensör, diz ve plantar fleksör kas bölgelerine uygulanmıştır buna benzer olarak dinamik skuat esnasında konstarik kasılmalar üzerine kalça ve diz ekstensörleri ve plantar fleksör gibi agonist kaslara uygulanabilir.
- Bu çalışma farklı yaş grupları ve farklı düzeylerdeki sporcularda uygulanabilir.
- Bu çalışma benzer protokollerle ve farklı performans parametreleriyle, farklı kuvvet ölçümleriyle uygulanabilir.

KAYNAKLAR

Aagaard, P., Simonsen, E.B., Andersen, J.L., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P., Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses, *J. Appl. Physiol.*, 92 (6), 2309-2318 (2002).

Alberti, G., Ragazzi, R., Effects on maximum strength and vertical jump ability of electromyostimulation vs voluntary isometric training, *Medicina dello Sport*, 60 (4), 557-65 (2007).

Aldayel, A., Jubeau, M., McGuigan, M., Nosaka, K., Comparison between alternating and pulsed current electrical muscle stimulation for muscle and systemic acute responses, *J. Appl. Physiol.*, 109 (3), 735-44 (2010).

Alemdaroğlu, U., The Relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players, *J. Hum. Kinet.*, 31 (1), 149-158 (2012).

Alon, G., Kantor, G., Ho, H.S., Effects of electrode size on basic excitatory responses and on selected stimulus parameters, *J. Orthop. Sports. Phys. Ther.*, 20 (1), 29-35 (1994).

Ashley, Z., Sutherland, H., Lanmuller, H., Unger, E., Li, F., Mayr, W., Kern, H., Jarvis, J.C., Salmons, S., Determination of the chronaxie and rheobase of denervated limb muscles in conscious rabbits, *Artif. Organs*, 29 (3), 212-215 (2005).

Avila, M.A., Brasileiro, J.S., Salvini, T.F., Electrical stimulation and isokinetic training: effects on strength and neuromuscular properties of healthy young adults, *Brazilian J. Phys. Ther.*, 12 (6), 435-440 (2008).

Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M., Chatard, J.C., Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players, *J. Strength Cond. Res.*, 21 (2), 431-437 (2007).

Babault, N., Cometti, C., Maffiuletti, N.A., Deley, G., Does electrical stimulation enhance post-exercise recovery?, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (10), 2501-2507 (2011).

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. Rehabil.*, 74 (9), 910-916 (1993).

Barr, R.C., Basic electrophysiology, In: *Biomedical Engineering Fundamentals*, J.D. Bronzino, D.R. Peterson (Eds.), 4th Ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, FL, USA, 38-1, (2015).

Baumgartner, R.N., Chumlea, W.C., Roche, A.F., Bioelectric impedance phase angle and body composition, *Am. J. Clin. Nutr.*, 48 (1), 16-23 (1988).

Bax, L., Staes, F., Verhagen, A., Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials, *Sports Med.*, 35 (3), 191-212 (2005).

- 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).
- Bergquist, A.J., Clair, J.M., Lagerquist, O., Mang, C.S., Okuma, Y., Collins, D.F., Neuromuscular electrical stimulation: implications of the electrically evoked sensory volley, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (10), 2409-26 (2011a).
- Bergquist, A.J., Clair, J.M., Collins, D.F., Motor unit recruitment when neuromuscular electrical stimulation is applied over a nerve trunk compared with a muscle belly: Triceps surae, *J. Appl. Physiol.*, 110 (3), 627-637 (2011b).
- Bezerra, P., Zhou, S., Crowley, Z., Brooks, L., Hooper, A., Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area, *Muscle Nerve*, 40 (3), 430-7 (2009).
- Bigard, A.X., Lienhard, F., Merino, D., Serrurier, B., Guezennec, C.Y., Effects of surface electrostimulation on the structure and metabolic properties in monkey skeletal muscle, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25 (3), 355-62 (1993).
- 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).
- Billot, M., Martin, A., Paizis, C., Cometti, C., Babault, N., Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 24 (5), 1407-1413 (2010).
- Binder-Macleod, S.A., Halden, E.E., Jungles, K.A., Effects of stimulation intensity on the physiological responses of human motor units, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27 (4), 556-565 (1995).
- Bircan, C., Senocak, O., Peker, O., Kaya, A., Tamci, S.A., Gulbahar, S., Akalin, E., Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: A randomized controlled trial, *Clin. Rehabil.*, 16 (2), 194-9 (2002).
- Blazevich, A.J., Jenkins, D.G., Predicting sprint running times from isokinetic and squat lift tests: A regression analysis, *J. Strength Cond. Res.*, 12 (2), 101-103 (1988).
- Blickenstorfer, A., Kleiser, R., Keller, T., Keisker, B., Meyer, M., Riener, R., Kollias, S., Cortical and subcortical correlates of functional electrical stimulation of wrist extensor and flexor muscles revealed by fMRI, *Hum. Brain Mapp.*, 30 (3), 963-975 (2009).
- Bosco, C., Komi, P.V., Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 41 (4), 275-84 (1979).
- Bosco, C., Komi, P.V., Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 45 (2-3), 209-19 (1980).
- Botter, A., Oprandi, G., Lanfranco, F., Allasia, S., Maffiuletti, N.A., Minetto, M.A., Atlas of the muscle motor points for the lower limb: Implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (10), 2461-71 (2011).

- Braddom. R.L., Physical Medicine and Rehabilitation, Elsevier Health Sciences, USA, (2010).
- Bresadola, M., Medicine and science in the life of Luigi Galvani (1737-1798), *Brain Res. Bull.*, 46 (5), 372 (1998).
- Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuletti, N., Chatard, J.C., Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37 (3), 455-60 (2005).
- Brooke, J.D., Cheng, J., Collins, D.F., McIlroy, W.E., Misiaszek, J.E., Staines, W.R., Sensori-sensory afferent conditioning with leg movement: Gain control in spinal reflex and ascending paths, *Prog. Neurobiol.*, 51 (4), 393-421 (1997).
- Brooks, M.E., Smith, E.M., Currier, D.P., Effect of longitudinal versus transverse electrode placement on torque production by the quadriceps femoris muscle during neuromuscular electrical stimulation, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 11 (11), 530-534 (1990).
- Brown, L.E., Whiteburst, M., Load range, In: *Isokinetics in Human Performance*, L.E. Brown, (Ed.), Human Kinetics, IL, USA, 114 (2000).
- Browne, T., *Pseudodoxia Epidemica: or, Enquiries into Very Many Received Tenents, and Commonly Presumed Truths*, 6th ed., Printed for N. Ekins, London, 82-86 (1672).
- Brunel, N., van Rossum, M.C., Lopicque's 1907 paper: From frogs to integrate-and-fire, *Biol. Cybern.*, 97 (5-6), 337-339 (2007).
- Burns, W.E., *Science in The Enlightenment: An Encyclopedia*, ABC-CLIO, California, USA, 107 (2003).
- Cabric, M., Appell, H.J., Resic, A., Effects of electrical stimulation of different frequencies on the myonuclei and fiber size in human muscle, *Int. J. Sports Med.*, 8 (5), 323-6 (1987).
- Cardinale, M., Newton, R., Kazunori, N., *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*, Wiley-Blackwell, NJ, USA, 193-197 (2010).
- Chan, K.M., Maffulli, N., *Principles and Practice of Isokinetics in Sports Medicine*, Williams & Wilkins, Hong Kong, 44,117-119,121,122 (1996).
- Clark, R.B., *Anatomy and Physiology: Understanding The Human Body*, Jones Barlett Publishers, MA, USA, 173 (2005).
- Clementy, J., Rouves, D., Garrigue, S., Barold, S.S., Jaïs, P., Haïssaguerre, M., High impedance leads and safety margin. Electrical considerations based on a simplified expression of the 'paradigm', *Europace*, 4 (2), 121-128 (2002).
- Collins, D.F., Burke, D., Gandevia, S.C., Large involuntary forces consistent with plateau-like behavior of human motoneurons, *J. Neurosci.*, 21 (11), 4059-4065 (2001).
- Computer Sports Medicine, Inc. (CSMI) *Humac®/Norm™ Testing & Rehabilitation System User's Guide Model 770*. Computer Sports Medicine Inc., Chapter 6, Page 1-3, USA, (2006).

- Cotte, T., Chatard, J.C., Isokinetic strength and sprint times in english premier league football players, *Biol. Sport*, 28, 89-94 (2011).
- Davies, G.J., Heiderscheit, B., Brinks, K., Test interpretation, In: *Isokinetics in Human Performance*, L.E. Brown, (Ed.), Human Kinetics, IL, USA, 13,14,114 (2000).
- de Boulogne, G.B.D., *The Mechanism of Human Facial Expression (Studies in Emotion and Social Interaction)*, R.A. Cuthbertson (Ed.&Translate), Cambridge Uni. Press, Cambridge, 9-10 (1990).
- Dehail, P., Duclos, C., Barat, M., Electrical stimulation and muscle strengthening, *Ann. Readapt. Med. Phys.*, 51 (6), 441-451 (2008).
- Deley, G., Cometti, C., Fatnassi, A., Paizis, C., Babault, N., Effects of combined electromyostimulation and gymnastics training in prepubertal girls, *J. Strength Cond. Res.*, 25 (2), 520-526 (2011).
- Delitto, A., Rose, S.J., McKowen, J.M., Lehman, R.C., Thomas, J.A., Shively, R.A., Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery, *Phys. Ther.*, 68 (5), 660-663 (1988).
- Delitto, A., Brown, M., Strube, M.J., Rose, S.J., Lehman, R.C., Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: A single subject experiment, *Int. J. Sports Med.*, 10 (3), 187-91 (1989).
- Delitto, A., Snyder-Mackler, L., Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation, *Phys. Ther.*, 70 (3), 158-164 (1990).
- Delitto, A., Strube, M.J., Shulman, A.D., Minor, S.D., A study of discomfort with electrical stimulation, *Phys. Ther.*, 72 (6), 410-21 (1992).
- Delitto, A., "Russian electrical stimulation": Putting this perspective into perspective, *Phys. Ther.*, 82 (10), 1017-8 (2002).
- DeStaso, J., Kaminski, T.W., Perrin D.H., Relationship between drop vertical jump heights and isokinetic measures utilizing the stretch-shortening cycle, *Isokinet. Exerc. Sci.*, 6, 175-179 (1997).
- Divieti, L., Borniquez, C., Crivellini, M., Galli, M., Mancarella, M., Electrical stimulation of the triceps surae for muscular strength improvement in volleyball players, *Proceedings of the 11. International Symposium on Biomechanics in Sports*, 23-26 June, Massachusetts, USA, 243-247 (1993).
- Doucet, B.M., Lamb, A., Griffin, L., Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function, *Yale J. Biol. Med.*, 85 (2), 201-15 (2012).
- Dreibati, B., Lavet, C., Pinti, A., Poumarat, G., Characterization of an electric stimulation protocol for muscular exercise, *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, 54 (1), 25-35 (2011).
- Duchateau, J., Hainaut, K., Training effects of sub-maximal electrostimulation in a human muscle, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 20 (1), 99-104 (1988).

- Duclay, J., Martin, A., Evoked H-reflex and V-wave responses during maximal isometric, concentric, and eccentric muscle contraction, *J. Neurophysiol.*, 94 (5), 3555-3562 (2005).
- Dudley, G.A., Stevenson, S.W., Use of electrical stimulation in strength and power training, In: *Strength and Power in Sport*, 2nd Ed., P.V. Komi (Ed.), Blackwell Science Ltd., Oxford, UK, 426-437 (2008).
- Dvir, Z., *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications*, 2nd Ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 139 (2004).
- Enoka, R.M., Muscle strength and its development new perspectives, *Sports Med.*, 6 (3), 146-168 (1988).
- Enoka, R.M., Activation order of motor axons in electrically evoked contractions, *Muscle Nerve*, 25 (6), 763-764 (2002).
- Eston, R., Hawes, M., Martin, A., Reilly, T., Human body composition, In: *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual*, Vol.1: Anthropometry, R. Eston, T. Reilly (Eds.), 3rd Ed., Routledge Taylor and Francis Group, NY, USA, ,13-14,16-18,29-35,43 (2009).
- Fahey, T.D., Harvey, M., Schroeder, R.V., Ferguson, F., Influence of sex differences and knee joint position on electrical stimulation-modulated strength increases, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17 (1), 144-7 (1985).
- Farthing, J.P., Cross-education of strength depends on limb dominance: Implications for theory and application, *Exerc. Sport. Sci. Rev.*, 37 (4), 179-187 (2009).
- Feiereisen, P., Duchateau, J., Hainaut, K., Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior, *Exp. Brain Res.*, 114 (1), 117-123 (1997).
- Ferguson, J.P., Blackley, M.W., Knight, R.D., Sutlive, T.G., Underwood FB, Greathouse DG., Effects of varying electrode site placements on the torque output of an electrically stimulated involuntary quadriceps femoris muscle contraction, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 11 (1), 24-9 (1989).
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., Mester, J., Electromyostimulation-A systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters, *J. Strength Cond. Res.*, 25 (11), 3218-3238 (2011).
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., Mester, J., Electromyostimulation-A systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes, *J. Strength Cond. Res.*, 26 (9), 2600-14 (2012).
- Fleck, S.J., Kraemer, W., Detraining, In: *Designing Resistance Training Programs*, 4 Ed., Human Kinetics, IL, USA, 297, (2014).
- Forehand, C.J., The action potential, synaptic transmission, and maintenance of nerve function, In: *Medical Physiology: Principles for Clinical Medicine*, R. Rhoades, D.R. Bell (Eds.), 3rd Ed., Wolters Kluwer/Lippincott Williams&Wilkins, Baltimore, USA, 41,45,46 (2009).

- Forrester, B.J., Petrofsky, J.S., Effect of electrode size, shape, and placement during electrical stimulation, *J. Appl. Res.*, 4 (2), 346-354 (2004).
- Frontera, W.R., Part 1: Epidemiology and pathology, Section 1: Epidemiology of sports injuries: Implications for rehabilitation, In: *Rehabilitation of Sports Injuries-Scientific Basis: Olympic Encyclopaedia of Sports Medicine*, W.R. Frontera (Ed.), Wiley Publisher, Massachusetts, USA, 8 (2008).
- Fuentes, I., Cobos, A.R., Segade, L.A.D., Muscle fibre types and their distribution in the biceps and triceps brachii of the rat and rabbit, *J. Anat.*, 192 (2), 203-210 (1998).
- Garhammer, J., An introduction to the use of electrical muscle stimulation with athletes, *Natl. Strength & Cond. Assoc. J.*, 5 (4), 44-45 (1983).
- Geddes, L.A., Hoff, H.E., The discovery of bioelectricity and current electricity, the Galvani-Volta controversy, *IEEE Spectrum*, 8 (12), 38-46 (1971).
- Glinsky, J., Harvey, L., Van Es, P., Efficacy of electrical stimulation to increase muscle strength in people with neurological conditions: A systematic review, *Physiother. Res. Int.*, 12(3), 175-94 (2007).
- Gobbo, M., Gaffurini, P., Bissolotti, L., Esposito, F., Orizio, C., Transcutaneous neuromuscular electrical stimulation: Influence of electrode positioning and stimulus amplitude settings on muscle response, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (10), 2451-9 (2011).
- Gobbo, M., Maffiuletti, N.A., Orizio, C., Minetto, M.A., Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use, *J. Neuroeng. Rehabil.*, 11 (17), (2014).
- Gondin, J., Guette, M., Ballay, Y., Martin, A., Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37, 1291-1299 (2005a).
- Gondin, J., Marie, G., Martin, A., Neural and muscular changes after 4 and 8 weeks of electromyostimulation training, *Comput. Methods Biomech. Biomed. Eng. Imaging Vis.*, 8, 119-120 (2005b).
- Gondin, J., Brocca, L., Bellinzona, E., D'Antona, G., Maffiuletti, N.A., Miotti, D., Pellegrino, M.A., Bottinelli, R., Neuromuscular electrical stimulation training induces atypical adaptations of the human skeletal muscle phenotype: A functional and proteomic analysis, *J. Appl. Physiol.*, 110 (2), 433-450 (2011a).
- 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.*, 111 (10), 2473-87 (2011b).
- 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).
- Greenberger, H.B., Paterno, M.V., Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 22 (5), 202-6 (1995).

- Gregory, C.M., Bickel, C.S., Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation, *Phys. Ther.*, 85 (4), 358-364 (2005).
- Gulick, D.T., Castel, J.C., Palermo, F.X, Draper, D.O., Effect of patterned electrical neuromuscular stimulation on vertical jump in collegiate athletes, *Sports Health*, 3 (2), 152 -157 (2011).
- Hainaut, K, Duchateau, J., Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise, *Sports Med.*, 14 (2), 100-113 (1992).
- Hamid, S., Hayek, R., Role of electrical stimulation for rehabilitation and regeneration after spinal cord injury: An overview, *Eur. Spine J.*, 17 (9), 1256-69 (2008).
- Hardy, S.G.P., Spalding, T.B., Liu, H., Nick, T.G., Pearson, R.H., Hayes, A.V., Stokic, D.S., The Effect of transcutaneous electrical stimulation on spinal motor neuron excitability in people without known neuromuscular diseases: The roles of stimulus intensity and location, *Phys. Ther.*, 82 (4), 354-363 (2002).
- Harman, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., Rosenstein, R.M., The effects of arms and countermovement on vertical jumping, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22 (6), 825-833 (1990).
- 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.*, 15 (4), 168-74 (1992).
- Heidland, A., Fazeli, G., Klassen, A., Sebekova, K., Hennemann, H., Bahner, U., Di Iorio, B., Neuromuscular electrostimulation techniques: Historical aspects and current possibilities in treatment of pain and muscle wasting, *Clin. Nephrol.*, 79 (1), 12-23 (2013).
- Henneman, E., Somjen, G., Carpenter, D.O., Functional significance of cell size in spinal motoneurons, *J. Neurophysiol.*, 28 (3), 560-580 (1965).
- Hennessey, E., Coughlan, G., Caulfield, B., Crowe, L., Perumal, S.D., McDonnell, T.J., An investigation into the acute effects of electrical muscle stimulation on cardiopulmonary function in a chronic obstructive pulmonary disease patient - A pilot case study. Presented at: 1st Annual Conference of the International Functional Electrical Stimulation Society (UK and Ireland Chapter), University of Salford, 15-16 April, Manchester, UK, (2010).
- Herrero, J.A., Izquierdo, M., Maffiuletti, N.A., Garcia-Lopez, J., Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time, *Int. J. Sports Med.*, 27 (7), 533-9 (2006).
- Herrero, A.J., Martin, J., Martin, T., Abadia, O., Fernandez, B., Garcia-Lopez, D., Short-term effect of strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and anaerobic performance. A randomized controlled trial. Part I, *J. Strength Cond. Res.*, 24 (6), 1609-1615 (2010a).

- Herrero, A.J., Martin, J., Martin, T., Abadia, O., Fernandez, B., Garcia-Lopez, D., Short-term effect of plyometrics and strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and anaerobic performance: A randomized controlled trial. Part II, *J. Strength Cond. Res.*, 24 (6), 1616-1622 (2010b).
- Holcomb, W.R., Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training?, *Strength & Cond. J.*, 27 (3), 76-79 (2005).
- Holcomb, W.R., Effect of training with neuromuscular electrical stimulation on elbow flexion strength, *J. Sports Sci. Med.*, 5 (2), 276-281 (2006).
- Holsheimer, J., Dijkstra, E.A., Demeulemeester, H., Nuttin, B., Chronaxie calculated from current-duration and voltage-duration data, *J. Neurosci. Methods*, 97 (1), 45-50 (2000).
- Hortobagyi, T., Maffiuletti, N.A., Neural adaptations to electrical stimulation strength training, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (10), 2439-49 (2011).
- Inbar, O., Bar-or, O., Skinner, J.S., The Wingate Anaerobic Test, *Human Kinetics*, Illinois, USA, 8-9,11 (1996).
- Innocenti, B., Facchinelli, D., Torti, S., Verza, A., Analysis of biomechanical quantities during a squat jump: Evaluation of a performance index, *J. Strength. Cond. Res.*, 20 (3), 709-715 (2006).
- Iossifidou, A., Baltzopoulos, V., Giakas G., Isokinetic knee extension and vertical jumping: Are they related?, *J. Sports Sci.*, 23 (10), 1121-7 (2005).
- Irnich, W., Georges Weiss' fundamental law of electrostimulation is 100 years old, *Pacing Clin. Electrophysiol.*, 25 (2), 245-8 (2002).
- Irnich, W., The terms "chronaxie" and "rheobase" are 100 years old, *Pacing Clin. Electrophysiol.*, 33 (4), 491-6 (2010).
- Jenkins, S.P.R., *Sports Science Handbook: Volume 1: The Essential Guide to Kinesiology, Sport & Exercise Science*, Multi-Science Publishing Co. Ltd., UK, 199, (2005).
- Jubeau, M., Gondin, J., Martin, A., Sartorio, A., Maffiuletti N.A., Random motor unit activation by electrostimulation, *Int. J. Sports Med.*, 28 (11), 901-4 (2007).
- Jubeau, M., Sartorio, A., Marinone, P.G., Agosti, F., Van Hoecke, J., Nosaka, K., Maffiuletti, N.A., Comparison between voluntary and stimulated contractions of the quadriceps femoris for growth hormone response and muscle damage, *J. Appl. Physiol.*, 104 (1), 75-81 (2008).
- Kaçoğlu, C., Kale, M., Elektriksel kas uyarılarına karşı tolerans gelişimi, *Proceeding of the 13.International Sport Sciences Congress*, 07-09 November, Konya, Turkey, 86 (2014a).
- Kaçoğlu, C., Kale, M., The effects of a 6-week superimpose whole body elecromyostimulation training program on selected performance parameters in female canoer players, *Proceeding of the IAPESGW Regional Symposium: International Gender Issues and Sport*, 4-5 September, Ankara, Turkey, 133 (2014b).

- Kale, M., Kaçoğlu, C., The acute effects of different frequencies of lower-body electromyostimulation on jumping performance and isokinetic strength values, *Proceeding of the 12th International Sport Sciences Congress*, 12-14 December, Denizli, Turkey, 237 (2012).
- Kale, M., Kaçoğlu, C., Gürol, B., Elektromyostimülasyon antrenmanlarının nöral adaptasyon ve sportif performans üzerine etkileri, *Spor Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 142-158 (2014).
- Keller, T., Kuhn, A., Electrodes for transcutaneous (surface) electrical stimulation, *J. Automatic Control.*, 18 (2), 35-45 (2008).
- Kemmler, W., Schliffka, R., Mayhew, J.L., von Stengel, S., Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: The training and electrostimulation trial, *J. Strength Cond. Res.*, 24 (7), 1880-1887 (2010a).
- Kemmler, W., Birlauf, A., von Stengel, S., Einfluss eines elektromyostimulations-trainings auf die körperzusammensetzung bei älteren Männern mit-metabolischem syndrom. Die TEST-II-studie, *Dtsch. Z. Sportmed.*, 61 (5), 117-123 (2010b).
- Kemmler, W., von Stengel, S., Alternative exercise technologies to fight against sarcopenia at old age: A series of studies and review, *J. Aging Res.*, Vol.2012, 1-8 (2012).
- Kemmler, W., von Stengel, S., Schwarz, J., Mayhew, J.L., Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise, *J. Strength Cond. Res.*, 26 (1), 240-5 (2012).
- Kemmler, W., von Stengel, S., Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: Subanalysis of the TEST-III trial, *Clin. Interv. Aging.*, 8, 1353-64 (2013).
- Kemmler, W., Bebenek, M., Engelke, K., von Stengel, S., Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: The training and electroStimulation trial (TEST-III), *Age (Dordr)*, 36 (1), 395-406 (2014).
- Khurana, I., *Textbook of Medical Physiology*, Elsevier, UP, India, 66-67 (2005).
- Knafitz, M., Merletti, R., De Luca, C.J., Inference of motor unit recruitment order in voluntary and electrically elicited contractions, *J. Appl. Physiol.*, 68 (4), 1657-1667 (1990).
- Knight, K.L., Draper, D.O., *Therapeutic Modalities: The Art and Science*, 2nd Ed., Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, USA, 323-324 (2012).
- Knikou, M., The H-reflex as a probe: Pathways and pitfalls, *J. Neurosci. Methods.*, 171 (1), 1-12 (2008).
- Komi, P.V., Bosco, C., Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women, *Med. Sci. Sports.*, 10 (4), 261-5 (1978).

- Kramer, J.F., Lindsay, D.M., Magee, D., Wall, T., Mendryk, S.W., Comparison of voluntary and electrical stimulation contraction torque, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 5 (6), 324-331 (1984).
- Kravitz, L., Heyward, V.H., Body composition, In: *The Essential Assessment Toolbox*, IDEA Health & Fitness, IDEA Health & Fitness Association, USA, 25, 26 (1999).
- Krebs, C., Weinberg, J., Akesson, E., Introduction to the nervous system and basic neurophysiology, In: *Neuroscience*, C. Krebs, E. Akesson, J. Weinberg (Ed.), Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, USA, 12 (2012).
- Kyselovicova, O., Brack M., The effect of electro-myoe-stimulation on anthropometric parameters in adult women, *Fiep Bulletin On-line*, Special Ed. Article III, (83), 182-184 (2013).
- Lake, D.A., Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sports injuries, *Sport Med.*, 13 (5), 320-336 (1992).
- Lapicque, L., Retrograde polarization, a theory of systematic errors in measurements of muscular chronaxie through Ringer's fluid or with large electrodes, *J. Physiol.*, 76 (2), 262 (1932).
- Laughman, R.K., Youdas, J.W., Garrett, T.R., Chao, E.Y., Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation, *Phys. Ther.*, 63 (4), 494-9 (1983).
- Lieber, R.L., Silva, P.D., Daniel, D.M., Equal effectiveness of electrical and volitional strength training for quadriceps femoris muscles after anterior cruciate ligament surgery, *J. Orthop. Res.*, 14 (1), 131-8 (1996).
- Lindquist, A.R.R., Prado, C.L., Barros, R.M.L., Mattioli, R., Costa, P.H.L., Salvini, T.F., Gait training combining partial body-weight support a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait, *Phys. Ther.*, 87 (9), 1144-1154 (2007).
- Linthorne, N.P., Analysis of standing vertical jumps using a force platform, *American Journal of Physics*, 69 (11), 1198-1204 (2001).
- Lloyd, T., Domenico, G.G., Strauss, G.R., Singer, K., A review of the use of electro-motor stimulation in human muscles, *Aust. J. Physiother.*, 32 (1), 18-30 (1986).
- Locicero, R.D., The effect of electrical stimulation on isometric and isokinetic knee extension torque: Interaction of the kinestim electrical stimulator and the Cybex II+®, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 13 (3), 143-148 (1991).
- Loeb, G.E., Galvani's delayed legacy: Neuromuscular electrical stimulation, *Expert Rev. Med. Devices*, 2 (4), 379-81 (2005).
- Lohman, T. G., Roche, A. F., Martorel, R., *Anthropometric Standardization Manual*, Champaign, Human Kinetics, IL, USA, 4, 8 (1988).

- Lyons, G.M., Leane, G.E., Clarke-Moloney, M., O'Brien, J.V., Grace, P.A., An investigation of the effect of electrode size and electrode location on comfort during stimulation of the gastrocnemius muscle, *Med. Eng. Phys.*, 26 (10), 873-8 (2004).
- MacIntosh, B.R., Gardiner, P.F., McComas, A.J., *Skeletal Muscle: Form and Function*, Human Kinetics, IL, USA, 130,131 (2006).
- Maffiuletti, N.A., Cometti, G., Amiridis, I.G., Martin, A., Pousson, M., Chatard, J.C., The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability, *Int. J. Sports Med.*, 21 (6), 437-43 (2000).
- Maffiuletti, N.A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., Mauro, F., Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34 (10), 1638-1644 (2002a).
- Maffiuletti, N.A., Pensini, M., Martin, A., Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training, *J. Appl. Physiol.*, 92 (4), 1383-1392 (2002b).
- Maffiuletti, N.A., Zory, R., Miotti, D., Pellegrino, M.A., Jubeau, M., Bottinelli, R., Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 85 (2), 167-75 (2006).
- Maffiuletti, N.A., Bramanti, J., Jubeau, M., Bizzini, M., Deley, G., Cometti, G., Feasibility and efficacy of progressive electrostimulation strength training for competitive tennis players, *J. Strength. Cond. Res.*, 23 (2), 677-682 (2009).
- Maffiuletti, N.A., Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 110 (2), 223-234 (2010).
- Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., Maffiuletti, N.A., Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability, *J. Strength Cond. Res.*, 17 (3), 573-579 (2003).
- Malina, R.M., Anthropometry, In: *Physiological Assessment of Human Fitness*, P.J. Maud, C. Foster (Eds.), Human Kinetics, IL, USA, 206-208 (1995).
- Malmivuo, J., Plonsey, R., *Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*, Oxford University Press, NY, USA, 13 (1995).
- Marqueste, T., Messan, F., Hug, F., Laurin, J., Dousset, E., Grelot, L., Decherchi, P., Effect of repetitive biphasic muscle electrostimulation training on vertical jump performances in female volleyball players, *Int. J. Sport Health Sci.*, 8 (0), 50-55 (2010).
- Martin, L., Cometti, G., Pousson, M., Morlon, B., The influence of electrostimulation on mechanical and morphological characteristics of the triceps surae, *J. Sports Sci.*, 12 (4), 377-81 (1994).
- Martínez-López, E.J., Benito-Martínez, E., Hita-Contreras, F., Lara-Sánchez, A., Martínez-Amat, A., Effects of electrostimulation and plyometric training program combination on jump height in teenage athletes, *J. Sports Sci. Med.*, 11, 727-735 (2012).

- Mathes, S., Link, T., Lehnen, N., Mester, J., Wahl, P., Chronic effects of superimposed electromyostimulation during cycling on aerobic and anaerobic capacity, Paper presented at: 20th Annual ECSS-Congress, 24-27 June, Malmö, Sweden, (2015).
- Maud, P.J., Foster, C., deKonning, J.J., Testing for anaerobic ability, In: *Physiological Assessment of Human Fitness*, 2nd Ed., P.J. Maud, C. Foster (Eds.), Human Kinetics, IL, USA, 79-80 (2006).
- McDowell, M.A., Fryar, C.D., Ogden, C.L., Flegal, K.M., Anthropometric Reference Data for Children and Adults: United States, 2003-2006, National Health Statistics Reports, No. 10, Hyattsville, MD, National Center for Health Statistics, 22 October, 10, 2 (2008).
- McLoda, T.A., Carmark, J.A., Optimal burst duration during a facilitated quadriceps femoris contraction, *J. Athl. Train.*, 35(2), 145-150 (2000).
- Merrill, D.R., Bikson, M., Jefferys, J.G., Electrical stimulation of excitable tissue: Design of efficacious and safe protocols, *J. Neurosci. Methods*, 141 (2), 184 (2005).
- Miller, M., Downham, D., Lexell, J., Superimposed single impulse and pulse train electrical stimulation: A quantitative assessment during submaximal isometric knee extension in young, healthy men, *Muscle Nerve*, 22(8), 1038-46 (1999).
- Morrissey, M.C., Brewster, C.E., Shields, C.L., Brown, M., The effects of electrical stimulation on the quadriceps during postoperative knee immobilization, *Am. J. Sports Med.*, 13 (1), 40-5 (1985).
- Mortimer, J.T., Bhadra, N., Peripheral nerve and muscle stimulation, In: *Neuroprosthetics: Theory and Practice*, K.W. Horch, G.S. Dhillon (Eds.), World Scientific Publication Co. Inc., Singapore, 5 (2004).
- Murray, M.P., Gardner, G.M., Mollinger, L.A., Sepic, S.B., Strength of isometric and isokinetic contractions: Knee muscles of men aged 20 to 86, *Phys. Ther.* 60(4), 412-9 (1980).
- Nanda, K. B., *Electrotherapy Simplified*, Jaypee Brothers Medical Publishers, New Delhi, India, 112-114 (2008).
- Newman, M.A., Tarpenning, K.M., Marino, F.E, Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players, *J. Strength Cond. Res.*, 18 (4), 867-872 (2004).
- Norton, K., Whittingham, N., Cartes, L., Kerr, D., Gore, C., Marfell-Jones, M., Measurement techniques in anthropometry, In: *Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses*, K. Norton, T. Olds (Eds.), UNSW Press, Sydney, Australia, 59 (1996).
- Nosaka, K., Aldayel, A., Jubeau, M., Chen, T.C., Muscle damage induced by electrical stimulation, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (10), 2427-37 (2011).
- Paillard, T., Noé, F., Passelergue, P., Dupui, P., Electrical stimulation superimposed onto voluntary muscular contraction, *Sports Med.*, 35 (11), 951-66 (2005).

- Paillard, T., Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions, *Sports Med.*, 38 (2), 161-177 (2008).
- Paillard, T., Noe, F., Bernard, N., Dupui, P., Hazard, C., Effects of two types of neuromuscular electrical stimulation training on vertical jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 22, 1273-1278 (2008).
- Papaiordanidou, M., Guiraud, D., Varray, A., Kinetics of neuromuscular changes during low-frequency electrical stimulation, *Muscle Nerve*, 41(1), 54-62 (2010).
- Parent, A., Duchenne De Boulogne: A pioneer in neurology and medical photography, *Can. J. Neurol. Sci.*, 32 (3), 369-77 (2005).
- Parker, M.G., Bennett, M.J., Hieb, M.A., Hollar, A.C., Roe, A.A., Strength response in human quadriceps femoris muscle during 2 neuromuscular electrical stimulation programs, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 33 (12), 719-726 (2003).
- Parker, M.G., Keller, L., Evenson, J., Torque responses in human quadriceps to burst-modulated alternating current at 3 carrier frequencies, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 35 (4), 239-45 (2005).
- Peckham, P.H., Knutson, J.S., Functional electrical stimulation for neuromuscular applications, *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, (7), 327-360 (2005).
- Pensini, M., Martin, A., Effect of voluntary contraction intensity on the H-reflex and V-wave responses, *Neurosci. Lett.*, 367 (3), 369-374 (2004).
- Perez, M., Lucia, A., Rivero, J.L., Serrano, A.L., Calbet, J.A., Delgado, M.A., Chicharro, J.L., Effects of transcutaneous short-term electrical stimulation on M. vastus lateralis characteristics of healthy young men, *Pflugers Arch.*, 443 (5-6), 866-74 (2002).
- Piccolino, M., Animal electricity and the birth of electrophysiology: The legacy of Luigi Galvani, *Brain Res. Bull.*, 46 (5), 384 (1998).
- Picerno, P., Camomilla, V., Capranica, L., Countermovement jump performance assessment using a wearable 3D inertial measurement unit, *J. Sports Sci.*, 29 (2), 139-146 (2011).
- Pichon, F., Chatard, J.C., Martin, A., Cometti, G., Electrical stimulation and swimming performance, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 27 (12), 1671-1676 (1995).
- Pierrot-Deseilligny, E., Burke, D., *The Circuitry Of The Human Spinal Cord: Its Role In Motor Control And Movement Disorders*, Cambridge University Press., Cambridge, UK, 2 (2005).
- Plotnik, R., Kouyoumdjian, H., *Introduction to Psychology*, 10th Ed., Wadsworth/Cengage Learning, Belmont, USA, 52 (2013).
- Popovic, M.R., Keller, T., Pappas, I.P., Dietz, V., Morari, M., Surface-stimulation technology for grasping and walking neuroprosthesis, *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, 20 (1), 82-93 (2001).
- Porcari, J.P., McLean, K.P., Foster, C., Kernozek, T., Crenshaw, B., Swenson, C., Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength and physical appearance, *J. Strength Cond. Res.*, 16 (2), 165-72 (2002).

- Porcari, J.P., Miller, J., Cornwell, K., Foster, C., Gibson, M., Mclean, K., Kernozek, T., The effects of neuromuscular electrical stimulation training on abdominal strength, endurance and selected anthropometric measures, *J. Sports Sci. Med.*, 4, 66-75 (2005).
- Press, J.M., Bergfeld, D.A., Physical modalities, In: *Clinical Sports Medicine: Medical Management and Rehabilitation*, W.R. Frontera (Ed.), Elsevier Inc., Philadelphia, USA, 214-215 (2007).
- Rand, M.K., Ohtsuki, T., EMG analysis of lower limb muscles in humans during quick change in running directions, *Gait Posture*, 12 (2), 169-83 (2000).
- Ratamess, N.A., Adaptation to anaerobic training programs, In: *Essentials of Strength Training and Conditioning/National Strength and Conditioning Association*, 3rd Ed., T.R. Baechle, W.E. Roger, (Eds.), Human Kinetics, IL, USA, 97 (2008).
- Reilly, J.P., *Electrical Stimulation and Electropathology*, Cambridge University Press, NY, USA, 145 (1992).
- Requena, S.B., Padial, P.P., González-Badillo, J.J., Percutaneous electrical stimulation in strength training: An update, *J. Strength Cond. Res.*, 19 (2), 438-448 (2005).
- Robinson, A.J., Instrumentation for electrotherapy, In: *Clinical Electrophysiology Electrotherapy and Electrophysiologic Testing*, 2nd Ed., A.J. Robinson, L. Snyder-Mackler (Eds.), Williams and Wilkins, Baltimore, USA, 27,44, 50-51 (1995).
- Robinson, A.J., Basic concepts in electricity and contemporary terminology in electrotherapy, In: *Clinical Electrophysiology, Electrotherapy and Electrophysiologic Testing*, 3rd Ed., A.J. Robinson, L. Snyder-Mackler, (Eds.), Wolters Kluwer/Lippincott Williams&Wilkins, Baltimore, USA, 2-3,5,13,15 (2008).
- Rooney, J.G., Currier, D.P., Nitz, A.J., Effect of variation in the burst and carrier frequency modes of neuromuscular electrical stimulation on pain perception of healthy subjects, *Phys. Ther.*, 72 (11), 800-809 (1992).
- Russ, D.W., Clark, B.C., Krause, J., Hagerman, F.C., Development of a neuromuscular electrical stimulation protocol for sprint training, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 44 (9), 1810-1819 (2012).
- Schieppati, M., The Hoffmann reflex: A means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man, *Prog. Neurobiol.*, 28 (4), 345-376 (1987).
- Seyri, K., Maffiuletti, N., Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance, *Strength Cond. J.*, 33 (1), 70-75 (2011).
- Sheffler, L.R., Chae, J., Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation, *Muscle Nerve*, 35 (5), 562-590 (2007).
- Sherwood, L., Principles of neural and hormonal communication, In: *Fundamentals of Physiology: A Human Perspective*, 3rd Ed., Thomson Brooks/Cole, Southbank, Australia, 83 (2006).

- Siff, M., Applications of electrostimulation in physical conditioning: A review, *J. Strength Cond. Res.*, 4 (1), 20-26 (1990).
- Sinacore, D.R., Delitto, A., King, D.S., Roset, S.J., Type II fiber activation with electrical stimulation: A preliminary-report, *Phys. Ther.*, 70 (7), 416-422 (1990).
- Singer, K.P., The influence of unilateral electrical muscle stimulation on motor unit activity patterns in atrophic human quadriceps, *Aust. J. Physiother.*, 32 (1), 31-37 (1986).
- Singh, J., *Textbook of Electrotherapy*, Jaypee Digital, New Delhi, India, 1-68, (2005).
- Singh, J., *Manual of Practical Electrotherapy*, Jaypee Brothers Medical Publisher, New Delhi, India, 12,18-23 (2011).
- Singh, J., *Textbook of Electrotherapy*, 2nd Ed., Jaypee Digital, New Delhi, India, 1 (2012).
- Sircar, S., *Principles of Medical Physiology*, Thieme, Stuttgart, Germany, 80 (2008).
- Sköld, C., Lönn, L., Harms-Ringdahl, K., Hultling, C., Levi, R., Nash, M., Seiger, A., Effects of functional electrical stimulation training for six months on body composition and spasticity in motor complete tetraplegic spinal cord-injured individuals, *J. Rehabil. Med.*, 34 (1), 25-32 (2002).
- Smith, C.U.M., Brain and mind in the "long" eighteenth century, In: *Brain, Mind and Medicine: Essays in Eighteenth-Century Neuroscience*, H.A. Whitaker, C.U.M. Smith, S. Finger (Eds.), Springer, MI, USA, 17 (2007).
- Smith, J.C., Motl, R.W., Electromyographic indices of neuromuscular reflexes, *Int. J. Sports Psychol.*, 3 (3), 322-337 (2005).
- Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Stralka, S.W., Bailey, S.L., Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction, *Phys. Ther.*, 74 (10), 9001-907 (1994).
- Soo, C.L., Currier, D.P., Threlkeld, A.J., Augmenting voluntary torque of healthy muscle by optimization of electrical stimulation, *Phys. Ther.*, 68 (3), 333-7 (1988).
- Strauss, G.R., Domenico, D.D., Torque production in human upper and lower limb muscles with voluntary and electrically stimulated contractions, *Aust. J. Physiother.*, 32 (1), 38-49 (1986).
- Strojnik, V., Muscle activation level during maximal voluntary effort, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 72 (1-2), 144-9 (1995).
- Strojnik, V., The effects of superimposed electrical stimulation of the quadriceps on performance in different motor tasks, *J. Sports Med. Fitness*, 38 (3), 194-200 (1998).
- Şahin, Ö., Rehabilitasyonda izokinetik değerlendirmeler, *Cumhuriyet Tıp Dergisi*, 32(4), 386-396 (2010).

- Tasaki, I., Electric stimulation and the excitatory process in the nerve fiber, *Am. J. Physiol.*, 125, 380-395 (1939).
- Thomas, C.K., Nelson, G., Than, L., Zijdwind, I., Motor unit activation order during electrically evoked contractions of paralyzed or partially paralyzed muscles, *Muscle Nerve*, 25 (6), 797-804 (2002).
- Treacy, C., SSS hücreleri ve aralarındaki iletişim, (Çeviri: D.F. Baş), In: *Nörolojik Bilimler Hemşireliği Kanıta Dayalı Uygulamalar*, S. Woodward, A. Mesteky (Eds.), (Çeviri: M.A. Topçuoğlu, Z. Durna, A. Karadakovan), Nobel Tıp Kitap Evi, İstanbul, Turkey, 9,11-12 (2013).
- Trimble, M.H., Enoka, R.M., Mechanisms underlying the training effects associated with neuromuscular electrical stimulation, *Phys. Ther.*, 71 (4), 273-280 (1991).
- Turostowski, I., Cometti, G., Cordano, M., Influence of electrostimulation on human quadriceps femoris muscle strength and muscle mass, *Proceeding of the 10th Symp. ISBS*, Milano, Italy, 139-141 (1992).
- Upton, A.R., McComas, A.J., Sica, R.E., Potentiation of "late" responses evoked in muscles during effort, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, 34 (6), 699-711 (1971).
- Vanderthommen, M., Duchateau, J., Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 35 (4), 180-185 (2007).
- Vaz, M.A., Aragão, F.A., Boschi, É.S., Fortuna, R., Melo, M.O., Effects of Russian current and low-frequency pulsed current on discomfort level and current amplitude at 10% maximal knee extensor torque, *Physiother. Theory Pract.*, 28 (8), 617-23 (2012).
- Venable, M.P., Collins, M.A., O'Bryant, H.S., Denegar, C.R., Sedivec, M.J., Alon, G., Effect of supplemental electrical stimulation on the development of strength, vertical jump performance and power, *J. Strength Cond. Res.*, 5 (3), 139-143 (1991).
- Ward, A.R., Shkuratova, N., Russian electrical stimulation: The early experiments, *Phys. Ther.*, 82 (10), 1019-1030 (2002).
- Ward, A.R., Robertson, V.J., Makowski, R.J., Optimal frequencies for electric stimulation using mediumfrequency alternating current, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 83 (7), 1024-7 (2002).
- Ward, A.R., Oliver, W.G., Buccella, D., Wrist extensor torque production and discomfort associated with low-frequency and burst-modulated kilohertz-frequency currents, *Phys. Ther.*, 86 (10), 1360-7 (2006).
- Ward, A.R., Lucas-Toumbourou, S., Lowering of sensory, motor, and pain-tolerance thresholds with burst duration using kilohertz-frequency alternating current electric stimulation, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 88 (8), 1036-41 (2007).
- Ward, A.R., Electrical stimulation using kilohertz-frequency alternating current, *Phys. Ther.*, 89 (2), 181-190 (2009).

- Wiemann, K., Tidow, G., Relative activity of hip and knee extensors in sprinting - implications for training, *New Stud. Athlet.*, 10, 29-49 (1995).
- Willoughby, D.S., Simpson, S., The effects of combined electromyostimulation and dynamic muscular contractions on the strength of college basketball players, *J. Strength Cond. Res.*, 10, 40-44 (1996).
- Willoughby, D.S., Simpson, S., Supplemental EMS and dynamic weight training: Effects on knee extensor strength and vertical jump of female college track & field athletes, *J. Strength Cond. Res.*, 12 (3), 131-137 (1998).
- Wolf, S.L., Ariel, G.B., Saar, D., Penny, M.A., Railey, P., The effect of muscle stimulation during resistive training on performance parameters, *Am. J. Sports Med.*, 14 (1), 18-23 (1986).
- Woolford, S.M., Polglaze, T., Rowsell, G., Spencer, M., Field testing principles and protocols, In: *Physiological Tests for Elite Athletes*, 2nd Ed., R. Tanner, C. Gore (Eds.), Australian Institute of Sport, Human Kinetics, IL, USA, 237 (2013).
- Yanagi, T., Shiba, N., Maeda, T., Iwasa, K., Umezu, Y., Tagawa, Y., Matsuo, S., Nagata, K., Yamamoto, T., Basford, J.R., Agonist contractions against electrically stimulated antagonists, *Arch. Physical. Med. Rehabil.*, 84 (6), 843-848 (2003).
- Yavuzer, G., Geler-Külcü, D., Sonel-Tur, B., Kutlay, S., Ergin, S., Stam, H.J., Neuromuscular electric stimulation effect on lower-extremity motor recovery and gait kinematics of patients with stroke: A randomized controlled trial, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 87 (4), 536-40 (2006).
- Young, W.B., James, R., Montgomery, I., Is muscle power related to running speed with changed of direction?, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 42 (3), 282-288 (2002).
- Zatsiorsky, V.M., Kraemer, W.J., *Science and Practice of Strength Training*, 2nd Ed., Human Kinetics, IL, USA, 62, 132-133 (2006).
- Zehr, P.E., Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 86 (6), 455-468 (2002).
- Ziv, G., Lidor, R., Vertical jump in female and male basketball players: A review of observational and experimental studies, *J. Sci. Med. Sport.*, 13 (3), 332-339 (2010).
- Zory, R.F., Jubeau, M.M., Maffiuletti, N.A., Contractile impairment after quadriceps strength training via electrical stimulation, *J. Strength Cond. Res.*, 24 (2), 458-64 (2010).

EKLER

EK 1
Etik Kurul Onayı



ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI

Prof. Dr.Selma METİN TAŞ
(Başkan)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Halk Sağlığı Anabilim Dalı

Prof. Dr.Ömür ELÇİ OĞLU
(Başkan Yrd.)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı

Araş.Gör.Dr.Nilüfer DEMİR SOY
(Raportör)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı

Prof. Dr.Yurdanur AKGÜN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr.Özkan ALATAŞ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı

Prof. Dr.Cengiz ÇETİN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Plastik Rekonstrüktif ve
Estetik Cerrahi Anabilim Dalı

Prof.Dr.Özcan BÖR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve
Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr.Fatma Sultan KILIÇ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr.Nilüfer ERKASAP
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Bülent GÖRENEK
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Kardiyoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Bırgül YELKEN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Anesteziyoloji ve Reanimasyon
Anabilim Dalı

Dr.Ecz.Gökçen YAZ GÜZEY
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Sağlık, Uyg. ve Araş Hst. Eczanesi

**Yrd.Doç.Dr. Ahmet Haluk
ATALAY**
Anadolu Üniversitesi
Hukuk Fakültesi

**Basmüfettiş Mustafa TEZEL
TÜLÖMSAŞ Genel Müdürlüğü**

Varol Ümit ULUDAĞ
Eskişehir Yurt Müdürlüğü
Müdür Yardımcısı

Etik Kurul Sekreterliği
Aysun SERTTAŞ
Tel: 0 222 239 29 79 / 4690

Sayı: 80558721/ 10
Konu: Etik Kurul Kararı

01 Kasım 2013

Sayın, Yrd.Doç.Mehmet KALE
Anadolu Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

Tarafınızdan yürütülmekte olan "*Alt Beden Elektromyostimülasyon Antrenmanı ve Detraining'in Performansa Etkileri*" başlıklı proje hakkında alınan karar ilişikte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini saygı ile rica ederim.

Prof.Dr.Selma METİN TAŞ
Etik Kurul Başkanı
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
İlaç Dışı Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI

KARAR FORMU

Karar Tarihi: 23 Ekim 2013

Karar Sayısı: 10

Anadolu Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Yrd.Doç.Mehmet KALE (Tez Danışmanı) ve Eskişehir Gençlik Hizmetleri ve Spor İl Müdürlüğü Celil KAÇOĞLU (Tez Sahibi) tarafından yürütülen "*Alt Beden Elektromyostimülasyon Antrenmanı ve Detraining'in Performansa Etkileri*" başlıklı çalışmanın görüş ve öneriler doğrultusunda yapılmasının uygun olduğuna oy birliğiyle karar verilmiştir. Çalışmanızda başarılar dileriz.

ASLI GIBİDİR

EK 2
Doktora Tez Veri Kayıt Formu

.../.../.....

Adı Soyadı :

Doğum Tarihi :

	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm
Boy (cm)			
Vücut ağırlığı (kg)			
Vücut Yağ Yüzdesi (%)			
Uyluk çevresi			
Baldır çevresi			
Uyluk deri kıvrım kalınlığı			
Baldır deri kıvrım kalınlığı			
40m sprint süresi			
Aktif sıçrama			
Skuat sıçrama			