

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

**EMS SALONLARINDA UYGULANAN TÜM VÜCUT
ELEKTROUYARIM EGZERSİZLERİNİN SAĞLIĞA
YÖNELİK BAZI KAN VE İDRAR PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Gaye MADENCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2025 - ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

**EMS SALONLARINDA UYGULANAN TÜM VÜCUT
ELEKTROUYARIM EGZERSİZLERİNİN SAĞLIĞA
YÖNELİK BAZI KAN VE İDRAR PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Gaye MADENCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2025-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı Hareket ve Antrenman Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 27/01/2025

İmza

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Ethem HİNDİSTAN
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emre AK
Nişantaşı Üniversitesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Melike CENGİZ

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Gaye MADENCİ

İmza

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman doğru yolu gösteren, sabırla inançla her türlü kararsızlığımda yanımda olan, akademik anlamda ve saha uygulamalarında bana cesaret veren çok değerli danışmanım Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU'na saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda bana kapılarını açan, yardımlarını esirgemeyen Uzm. Dr. Ayşen TÜRK Spor Hekimliği Kliniği'ne ve çalışanlarına hoşgörölü ve yardımsever yaklaşımlarından dolayı teşekkür ederim.

Fit in Time Spor Salonu'na, antrenörlerine ve katılımcılarına çalışmamda destek oldukları için teşekkür ederim.

Tez süresince çalışmamda bana yardımcı olan arkadaşlarım Arş. Gör. Aylin ABDİOĞLU'na, Arş. Gör. Yalçın ALNİDELİK'e ve değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali İŞİN'a, ölçümler esnasında desteğini esirgemeyen Sedat Barış ALA'ya katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Lisans eğitimime başlama yolunda beni sınavlara hazırlayan, bana inanan, yol gösteren ve şu anda bu alanda ilerleyebiliyor olmamdaki katkılarından dolayı çok değerli antrenörüm İbrahim Etem ŞEKER'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak desteklerini her zaman hissettiğim, hep yanımda olan babam Tufan MADENCİ'ye, annem Songöl MADENCİ'ye ve hiçbir zaman pes etmememdeki tek sebep olan canım kardeşim Tekin MADENCİ'ye her şey için çok teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın amacı son yıllarda oldukça popüler hale gelen tüm vücut elektriksel kas uyarımı (WB-EMS) uygulamalarının bazı sağlığa yönelik kan ve idrar belirteçleri üzerine etkilerini incelemektir.

Yöntem: Bu çalışmada WB-EMS uygulamalarının sağlığa yönelik bazı kan ve idrar belirteçleri üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmaya daha önce WB-EMS uygulamalarına katılmamış fiziksel olarak aktif 18-44 yaş arası yetişkinler gönüllü olarak katılmıştır. Kan ve idrar belirteçlerine yönelik değişimler egzersiz günü ve akabindeki her gün örnek alınarak 72 saat boyunca takip edilmiştir. WB-EMS uygulamalarının akut etkisini değerlendirmek üzere gönüllüler iki gruba ayrılmıştır. Uygulama öncesi , 24, 48 ve 72 saat sonrası kas hasarı düzeyini incelemek üzere kreatin kinaz (CK), miyogloblin (MYB), idrar MYB, karaciğer hasarını incelemek üzere alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), kan yağlarını incelemek üzere yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL), total kolesterol, TG (trigliserit), böbrek fonksiyonlarını değerlendirmek üzere idrar potasyum (K_{idr}), idrar hematüri, sistain C idrar örnekleri alınarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: WB-EMS antrenmanlarının kan ve idrar parametreleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, CK seviyelerinde zamanla anlamlı bir artış gözlemlenmiştir ($F = 10.57$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.149$), bu da ANTg kıyasla EMSg'da daha fazla kas hasarına yol açtığını göstermektedir. HDL seviyeleri de EMSg'da anlamlı şekilde artış göstermiştir ($F = 10.676$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.15$). MYB seviyeleri EMSg zamana bağlı olarak anlamlı bir artış göstermiştir (%84.62). Bulgular CK değerlerinin bazı kişilerde rabdomiyoliz değerlerine (4000 IU ve üzeri) yaklaştığını göstermiştir.

Sonuç: Araştırmamızın sonuçları WB-EMS uygulamalarının yüksek düzeyde kas hasarı oluşturduğunu göstermektedir. Bu antrenman yöntemi her ne kadar performans geliştirme açısından daha avantajlı görülse de bazı gönüllülerde görülen çok yüksek CK değerleri bu uygulamanın rabdomiyoliz oluşturma ihtimali olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrouyarım, böbrek, kas hasarı, rabdomiyoliz, kreatinkinaz

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to examine the effects of WB-EMS (whole-body electrical muscle stimulation), which has gained significant popularity in recent years, on certain health-related blood and urine markers.

Method: This study investigates the effects of WB-EMS applications on certain health-related blood and urine markers. Physically active adults aged between 18 and 44 years who had not previously participated in WB-EMS sessions volunteered for this research. Changes in blood and urine markers were monitored by taking samples on the exercise day and every day thereafter for 72 hours. To evaluate the acute effects of WB-EMS applications, participants were assigned to either the WB-EMS training group (EMSg) or the traditional training group (ANTg). To assess muscle damage, blood samples were collected before the application, and at 24, 48, and 72 hours post-exercise, measuring creatine kinase (CK), myoglobin (MYB), and urinary myoglobin. To examine liver damage, alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) were measured. Blood lipid parameters were assessed using high-density lipoprotein (HDL), total cholesterol, and triglycerides (TG). To evaluate kidney function, urinary potassium, hematuria, and cystatin C levels were examined.

Results: When examining the effects of WB-EMS training on blood and urine parameters, a significant increase in CK levels over time was observed ($F = 10.57$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.149$), indicating that the EMSg group experienced more muscle damage compared to the ANTg group. HDL levels also showed a significant increase in the EMSg group ($F = 10.676$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.15$). Myoglobin levels exhibited a significant time-dependent increase in the EMSg group (84.62%). Findings revealed that CK values in some individuals approached levels associated with rhabdomyolysis.

Conclusion: The results of our study indicate that WB-EMS applications cause high muscle damage. While this training method may be seen as advantageous for performance enhancement, the very high CK values observed in some participants suggest a potential risk of rhabdomyolysis.

Key words: Electrostimulation, kidney, muscle damage, rhabdomyolysis, creatine kinase

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. EMS'nin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi	3
2.2. EMS'in Temel Çeşitleri	4
2.2.1. Nöromüsküler Elektriksel Uyarım (NMES)	4
2.2.2. Fonksiyonel Elektriksel Uyarım (FES)	4
2.2.3. Transkutanöz Elektriksel Sinir Uyarımı (TENS)	4
2.2.4. Rus Akımı	4
2.2.5. WB-EMS	5
2.2.6. Diğer EMS Yöntemleri	5
2.3. WB- EMS Antrenmanın Tanımı ve Uygulama Prensipleri	5
2.3.1. WB-EMS ve Geleneksel EMS Arasındaki Farklar	6
2.3.2. WB-EMS Antrenmanlarında Kas Hasarı ve Biyokimyasal Belirteçler	7
2.3.3. WB-EMS Antrenmanlarında Yüksek CK Düzeyleri	8
2.3.4. WB-EMS Antrenmanlarında Olası Yan Etkiler ve Önleyici Tedbirler	9
3. GEREÇ VE YÖNTEM	12
3.1. Deneysel Yaklaşım	12
3.2. Araştırma Grubu	12
3.2.1. Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri	13
3.2.2. Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri	13
3.3. Materyal / Veri Toplama Araçları	13
3.3.1. Vücut Ağırlığı ve Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümü	13
3.3.2. Boy Uzunluğu Ölçümü	13
	iii

3.3.3. Borg (Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı) Skalası	14
3.3.4. Kan ve İdrar Biyobelirteçleri	14
3.4. Antrenman Uygulamaları	15
3.5. İstatistiksel Analiz	16
4. BULGULAR	17
5. TARTIŞMA	26
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	39
EKLER	44
ÖZGEÇMİŞ	45

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4. 1.	Katılımcıların Demografik Verileri	17
Tablo 4. 2.	Kas Hasarına Yönelik Kan Parametreleri	18
Tablo 4. 3.	Kan Yağlarına Yönelik Parametreler	24
Tablo 4. 4.	K _{idr} için Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Test Sonuçları	22



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Miha Bodytec (Germany) Elektrot Yerleşimi	15
Şekil 4. 1. CK seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	19
Şekil 4. 2. CK seviyelerinin zamana bağlı violin grafiği	19
Şekil 4. 3. MYB seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	20
Şekil 4. 4. MYB seviyelerinin zamana bağlı violin grafiği	21
Şekil 4. 5. ALT seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	21
Şekil 4. 6. AST seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	22
Şekil 4. 7. Sis-C seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	23
Şekil 4. 8. TRG seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	24
Şekil 4. 9. HDL seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

EMS	: Elektriksel Kas Stimülasyonu
WB-EMS	: Tüm Vücut Elektriksel Kas Uyarımı
NMES	: Nöromusküler Elektriksel Uyarım
FES	: Fonksiyonel Elektriksel Uyarım
TENS	: Transkutanöz Elektriksel Sinir Uyarımı
EMS	: Elektriksel Kas Uyarımı
CK	: Creatin Kinaz
ALT	: Alanin Aminotransferaz
MYB	: Miyoglobin
TRG	: Trigliserid
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
ANTg	: Antrenman grubu
EMSg	: EMS grubu

1. GİRİŞ

Elektriksel Kas Stimülasyonu (EMS), elektriksel uyarıları kullanarak kas kasılmalarını ortaya çıkarmak için kullanılan bir tekniktir. Yaygın olarak fizik tedavi, rehabilitasyon, spor eğitimi ve fitness uygulamalarında kullanılır. Tüm vücut elektro kas stimülasyonu (WB-EMS), sporcularda gönüllü egzersizin yanı sıra, sağlıklı bireylerde kondisyonun ve sağlığın geliştirilmesinde ve hastalık nedeniyle geleneksel egzersiz yapamayan hastalarda kullanılmaktadır. Üreticilerin WB-EMS'nin gücü artırmada, yağ kaybında veya genel sağlığı iyileştirmede etkili olduğu yönündeki iddialarına rağmen, geleneksel antrenmana göre üstünlüğünü destekleyen bilimsel kanıtlar eksiktir ve son meta-analizler tarafından sorgulanmıştır. WB-EMS fiziksel antrenmanlara alternatif bir yöntem olarak sunulmuştur. Literatürdeki çalışmalarda WB-EMS sonrası kreatin kinaz (CK) değerlerinin yükselmesine dair farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Bununla birlikte araştırmalarda akım türleri, uyarı frekansı ve risk faktörleri yeterince raporlanmamıştır.

Yüksek CK düzeylerinin özellikle tüm vücut kuvvet antrenmanlarıyla birlikte arttığı bildirilmiştir. Özellikle sporcuların yüksek şiddetli antrenmanlara sıkça katıldıkları düşünüldüğünde, antrenmanları sonrasında oluşan bu yüksek CK seviyesi ile baş etme kapasitelerinin sedanterlere göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Günümüzde gittikçe popülerleşen ve daha çok sporculara göre daha yüksek risk grubu olan sedanterlerin tercih ettiği WB-EMS uygulamalarının sağlık üzerine etkilerinin araştırılması gereklidir. Bu çalışmada sektördeki WB-EMS uygulayan spor salonlarına üye olan bireylerin, ilgili salonlarda uyguladıkları WB-EMS sonrasında sağlığa yönelik bazı kan ve idrar parametrelerinin ölçülmesi amaçlanmaktadır.

Araştırma başlangıcında Antalya ili içerisinde WB-EMS uygulamaları yapan 10 farklı salon ziyaret edilerek yeni başlayan üyeler için kullanılan antrenman programları, WB-EMS cihazları ve uygulamaları hakkında bilgi toplanmıştır. Araştırmaya dahil edilecek gönüllüleri bulmak için sosyal medya kanallarından duyurular yapılmış ve WB-EMS salonlarına üye olmuş gönüllüler çalışmaya dahil edilmiştir.

Bu çalışmada tek seans WB-EMS uygulamalarının yeni başlayanlarda ve WB-EMS antrenman deneyimine sahip kişilerde sağlığa yönelik bazı kan ve idrar belirteçleri incelenmiştir. Araştırmaya daha önce WB-EMS uygulamalarına katılmamış fiziksel

olarak aktif 18-44 yaş arası yetişkinler gönüllü olarak katılmıştır. Gönüllüler iki gruba ayrılmıştır (EMSG ve ANTg). İki grubun da bazı sağık parametrelerine yönelik kan ve idrar belirteçleri 72 saat boyunca takip edilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. EMS'nin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

EMS, kasların elektriksel akım yoluyla kasılmasını sağlayan bir egzersiz veya terapi yöntemidir (Maffiuletti, 2010a). Bu yöntemde, cilde yapıştırılan elektrotlar aracılığıyla düşük voltajlı elektrik uyarıları kaslara iletilir ve kasların istemli (beyin kontrolüyle) olmadan da kasılması sağlanır. EMS, sportif performans geliştirme, rehabilitasyon, ağrı yönetimi ve estetik uygulamalar gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Banerjee P., 2005).

Luigi Galvani (1737–1798), kurbağa bacakları üzerindeki deneyleriyle kasların elektriksel uyarılara tepki verebildiğini göstererek “biyoelektrik” kavramının temellerini atmıştır. Bu keşif, canlı dokunun elektrik sinyalleriyle uyarılabileceğini gösteren ilk bilimsel kanıtlardan birisi olmuştur (Galvani, 1737).

Galvani'den sonra diğer bilim insanları da sinir ve kas dokusuna elektrik akımı uygulayarak refleksleri ve kas kasılmalarını incelemeye başlamıştır. 19.yüzyılın sonlarına doğru elektrik akımı, çeşitli nörolojik hastalıkların tedavisinde veya kas fonksiyonlarını yeniden kazandırma amacıyla deneysel olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hultman & Sjöholm, 1983).

20. yüzyıl ortalarında EMS, felç (inme), travma veya nörolojik hasar sonrası kas gücünün yeniden kazanılmasına yardımcı olmak için fizyoterapi ve rehabilitasyon alanlarında daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır (Hultman & Sjöholm, 1983). Bu çalışmalarda Polio (çocuk felci) gibi hastalıkların kaslarda yol açtığı güçsüzlükleri azaltmak için de elektriksel uyarılarla kasların pasif şekilde çalıştırılması hedeflenmiştir.

Rus Akımı (Russian Stimulation) olarak bilinen özel EMS protokolü, Sovyet sporcular tarafından kullanılarak kas kuvveti ve dayanıklılığı arttırmada etkili olduğu iddia edilmiştir (Kots Y. M., 1971). Bu yaklaşım, daha sonra dünya çapında ilgi görmüş ve “Rus Akımı” birçok fizik tedavi cihazında standart protokollerden biri haline gelmiştir. 1980'lerde NASA, uzun süreli uzay yolculuklarında kas atrofisini önlemek amacıyla astronotlar üzerinde EMS teknolojisini denemeye başlamıştır (Convertino, 1996). Günümüzde EMS, sadece fizyoterapi ve elit sporcu antrenmanlarıyla sınırlı kalmayıp;

fitness salonları, kişisel antrenman stüdyoları ve ev tipi cihazlarla daha geniş kitlelere ulaşmıştır. Rehabilitasyon, kas güçlendirme ve zayıflama gibi birçok farklı amaç için kullanılabilen EMS sistemleri, teknolojik gelişmelerle birlikte daha güvenilir ve kullanıcı dostu haline gelmiştir (Banerjee, 2010).

2.2. EMS'in Temel Çeşitleri

EMS prensibiyle çalışan başlıca yöntemler ve kullanım amaçları vardır. Her bir yöntemin akım türü, frekans, dalga formu ve uygulama amaçları farklılık gösterebilir (Maffiuletti, 2010b).

2.2.1. Nöromusküler Elektriksel Uyarım (NMES)

Nöromusküler EMS, özellikle kas kuvvetini ve fonksiyonunu artırmak, kas atrofisini önlemek veya azaltmak amacıyla uygulanmaktadır. Rehabilitasyon (felç, sinir yaralanmaları, kas zayıflığı), antrenman (kas kuvveti ve dayanıklılığı geliştirme), Post-operatif dönemde kas fonksiyonunu koruma veya artırma gibi alanlarda kullanılmaktadır.

2.2.2. Fonksiyonel Elektriksel Uyarım (FES)

Nörolojik veya ortopedik sorunlar nedeniyle hareket kısıtlılığı yaşayan bireylerin günlük yaşam aktivitelerinde (yürüyüş, kavrama vb.) kas fonksiyonlarını desteklemek için kullanılmaktadır. Özellikle felç (inme) rehabilitasyonunda, omurilik yaralanmalarında ve belirli bir hareketi gerçekleştirmek amacıyla seçili kas veya kas gruplarına uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Popović D. B., 2002).

2.2.3. Transkutanöz Elektriksel Sinir Uyarımı (TENS)

Esas olarak ağrı yönetimi için kullanılan bir yöntemdir. Sinirleri uyarmak yoluyla ağrı iletimini bloke etmeyi veya beyne giden ağrı sinyallerini azaltmayı hedefler. Kronik ağrı (bel, boyun, diz, eklem ağrıları vb.), ameliyat sonrası ağrı kontrolü, kas ve sinir kaynaklı ağrıların hafifletilmesi alanlarında kullanılmaktadır (Sluka K. A., 2003).

2.2.4. Rus Akımı

Özellikle Sovyet sporcular tarafından kas kuvveti ve hipertrofi için geliştirilen, 2.000-2.500 Hz frekanslı dalga formları kullanılan bir EMS yöntemidir. Sporcuların güç,

dayanıklılık ve kas kütlesini artırması, rehabilitasyonda lokal kas gruplarının güçlendirilmesi alanlarında kullanılmaktadır (Kots Y. M., 1971).

2.2.5. WB-EMS

Vücudun büyük kas gruplarına aynı anda etki etmek üzere tasarlanan, özel kıyafet (yelek/şort) veya elektrot sistemleriyle uygulanan EMS yöntemidir. Fitness ve sportif performans (zaman tasarrufu, yüksek kas aktivasyonu), vücut kompozisyonu düzenleme (kilo verme, kas kütlesi artırma), genel egzersiz amaçlı kısa fakat yoğun antrenman alanlarında kullanılmaktadır (Kemmler et al., 2014).

2.2.6. Diğer EMS Yöntemleri

Interferans Akımı (IFC - Interferential Current): Derin dokularda ağrı yönetimi ve dolaşımın artırılması için kullanılan, iki orta frekanslı akımın dokuda kesişmesi prensibine dayanan bir yöntemdir (Goats, 1990). Yüksek Voltajlı Pulsed Current (HVPC): Daha çok ağrı kontrolü, ödem azaltma ve doku iyileşmesi için kullanılan, yüksek voltajlı ama kısa süreli impulsların olduğu bir akım şeklidir (Kitchen S., 2002). Mikro Akım (Microcurrent): Çok düşük amperajlı akımların kullanıldığı bu yöntem, daha çok doku iyileşmesi ve ağrı yönetimi için tercih edilir (Noble J. G., 2000).

2.3. WB- EMS Antrenmanın Tanımı ve Uygulama Prensipleri

WB-EMS, vücudun büyük kas gruplarına aynı anda düşük voltajlı elektriksel uyarılar vererek kasların kasılmasını sağlayan bir egzersiz yöntemidir (Filipovic et al., 2011). Geleneksel EMS uygulamalarında genellikle tek bir kas grubuna veya sınırlı bölgelere elektrotlar takılırken, WB-EMS’de özel tasarlanmış bir yelek, şort veya tam vücut kıyafeti sayesinde gövde, bacak, sırt ve kol gibi ana kas gruplarına eş zamanlı uyarım yapılır. Bu sayede kısa sürede daha fazla kas lifi aktive edilmesi ve yoğun bir antrenman etkisi elde edilmesi hedeflenir. WB-EMS uygulamasında, vücut hatlarına uygun şekilde tasarlanmış, içine elektrotlar yerleştirilmiş bir yelek ve şort (ve/veya kol-bacak bantları) kullanılır. Elektrotlar, göğüs, sırt, karın, bel, uyluk ve kol gibi büyük kas gruplarının üstüne gelecek şekilde konumlandırılır. Bu sayede aynı anda çoklu kas uyarımı sağlanır.

Genellikle 20-100 Hz aralığında değişen, kas gücü veya dayanıklılık gibi hedeflere göre ayarlanabilen elektrik frekansları kullanılır. Kişinin ağrı eşliğine, kas kuvvetine

ve antrenman hedefine göre kademeli olarak artırılıp azaltılabilir. Kas kasılmalarının süresi (örneğin 4 saniye kasılma, 4 saniye dinlenme gibi) ve tekrar sayısı, seansın programlanmasında önemli rol oynar.

WB-EMS egzersizleri genellikle 15-20 dakika sürer. Bu süre içinde kaslar yüksek oranda uyarıldığı için uzun seanslara gerek kalmaz. Çoğunlukla haftada 1 veya 2 seans önerilmektedir. Kasların toparlanması için EMS antrenmanlarının arasında yeterli dinlenme süresi bırakmak önemlidir. Çoğu WB-EMS uygulamasında, kullanıcı hafif squat, lunge, plank gibi temel vücut ağırlığı egzersizlerini yaparken elektriksel uyarım devreye girer. Bu, kasların hem istemli (beyinden gelen) hem de elektriksel impulsla kasılmasını sağlar. Doğru duruş ve kas aktivasyonu açısından, seanslar çoğunlukla bir eğitmen veya uzman gözetiminde gerçekleştirilir. Kalp pili kullanımı, ciddi kalp rahatsızlıkları, nörolojik bozukluklar veya hamilelik gibi durumlar WB-EMS için sakıncalı olabilir. Bu nedenle uygulama öncesi sağlık değerlendirmesi yapmak gerekir (Filipovic A., 2011).

Yeni başlayanlar için düşük yoğunlukla başlamalı ve zamanla kasların adaptasyonuna göre şiddet artırılmalıdır. Aşırı yüklenme, kas hasarına (rabdomiyoliz vb.) veya cilt tahrişlerine yol açabilir (Clarkson & Hubal, 2002a). Elektrotların ciltle doğrudan temas etmesi nedeniyle cilt temizliği ve ekipmanın hijyenik şartlarda kullanılması önemlidir. Kat edilen mesafe, kas kuvveti, vücut kompozisyonundaki değişiklikler düzenli aralıklarla takip edilerek antrenman protokolü güncellenir.

Katılımcının ağrı, kas yorgunluğu, genel kondisyon durumu gibi geri bildirimleri dikkate alınarak WB-EMS parametreleri (frekans, yoğunluk vb.) yeniden ayarlanabilir.

2.3.1. WB-EMS ve Geleneksel EMS Arasındaki Farklar

Geleneksel EMS genellikle tek bir kas grubuna veya sınırlı bölgelere elektrot uygulanarak lokal rehabilitasyon ya da antrenman hedeflerine odaklanırken, WB-EMS (Whole-Body EMS) özel tasarlanmış bir yelek veya kıyafet aracılığıyla aynı anda birden fazla büyük kas grubunu (göğüs, sırt, karın, kalça, bacaklar vb.) çalıştırmayı amaçlar. Geleneksel EMS seansları çoğunlukla sabit pozisyonunda veya minimal hareketlerle gerçekleştirilir ve tek bir bölgeye yoğunlaşır. Buna karşın, WB-EMS uygulamasında kullanıcı, bir eğitmen eşliğinde squat veya lunge gibi egzersizlerle

aktif olarak hareket eder (Kemmler ve ark., 2014). Antrenman süresi, geleneksel EMS’de 10-30 dakika arasında değişse de, WB-EMS’in 15-20 dakikalık kısa fakat yoğun seansları tüm vücudu aynı anda çalıştırarak yüksek aktivasyon sağlar (Maffiuletti, 2010).

Rehabilitasyon veya ağrı kontrolü gibi belirli amaçlar için daha çok kullanılan geleneksel EMS; sporcuların belirli kas gruplarını desteklemek için de tercih edilebilir. WB-EMS ise özellikle fitness ve performans dünyasında, “zamandan tasarruf ederek tüm vücudu çalıştırma” avantajıyla popülerdir ve kilo verme, kas dayanıklılığını ve gücünü artırma, postür iyileştirme gibi geniş kapsamlı hedeflere hizmet eder.

Güvenlik açısından bakıldığında, geleneksel EMS tek bölgeye uygulandığı için aşırı yüklenme riski daha sınırlıdır; ancak yine de yanlış ayarlar kas hasarı veya cilt tahrişine yol açabilir. WB-EMS’te ise tüm vücuda aynı anda uyarı verildiği için kas hasarı (örneğin rabdomiyoliz) veya cilt tahrişi riski artabileceğinden uzman denetimi ve doğru yoğunluk ayarı daha fazla önem taşımaktadır (Clarkson & Hubal, 2002).

Sonuç olarak, geleneksel EMS bölgesel ve spesifik ihtiyaçlara odaklanırken, WB-EMS kısa sürede yoğun ve eş zamanlı kas çalışmasını hedefler; bu da antrenman verimliliğini artırsa da daha dikkatli uygulanması gerektiği anlamına gelir.

2.3.2. WB-EMS Antrenmanlarında Kas Hasarı ve Biyokimyasal Belirteçler

WB-EMS yönteminin en büyük avantajlarından biri, 15-20 dakikalık kısa seanslarda çok sayıda kas grubunun eş zamanlı olarak uyarılması sayesinde zaman tasarrufu sağlamasıdır (Kemmler et al., 2014). Üstelik büyük kas gruplarının birlikte çalışması, kas aktivasyon oranını yükselterek derin kas katmanlarının da devreye girmesine olanak tanıyabilir. Aşırı ağırlık kullanımının olmaması, özellikle eklem veya bel rahatsızlığı bulunan kişilere uzman onayıyla eklem dostu egzersiz yapma fırsatı sunar. Kas güçlendirme, kilo verme, postür düzeltme gibi farklı hedeflere hitap etmesi de bu yöntemin cazibesini artırır; frekans, şiddet ve süre gibi parametreleri kişiselleştirerek çok yönlü programlar oluşturmak mümkündür (Kemmler et al., 2018). Dahası, bazı fizik tedavi protokollerine tamamlayıcı olarak dahil edilebilen WB-EMS, kas ve sinir fonksiyonlarının iyileştirilmesini destekleyebileceği yönünde araştırmalarla da gündemdedir.

Öte yandan, profesyonel WB-EMS cihazlarının ve özel kıyafetlerin maliyeti oldukça yüksek olduğundan, yöntem genellikle özel stüdyolarda veya antrenör eşliğinde uygulanır ve bireysel kullanımda pahalıya mal olabilir. Tüm vücuda aynı anda yüksek şiddetli uyarı verilmesi sebebiyle rabdomiyoliz riski, özellikle bilinçsiz veya yeni başlayanlarda ciddi bir sorun olarak ortaya çıkabilir; ayrıca uzun süreli veya yüksek şiddetli uygulamalarda cilt tahrişi, kızarıklık ve yanıklar da görülebilir. Antrenmanların etkili ve güvenli olması için genellikle eğitmen veya uzman kontrolü gerektiğinden, kalp pili veya nörolojik rahatsızlığı olanlar, hamileler gibi bazı gruplarda sakıncalı olabilir. WB-EMS, kas gücünü ve dayanıklılığı artırsa da kardiyovasküler veya beceri odaklı egzersizlerin yerini tek başına tutamaz; bu nedenle koordinasyon, denge, esneklik ve kalp-damar sağlığı için ek çalışmalar yapmak gerekebilir (Maffiuletti, 2010b). Eşzamanlı yoğun kas uyarımının yol açtığı kas ağrıları ve doğru yönetilmeyen toparlanma süreçleri de performans düşüşü veya sakatlık riskine neden olabileceğinden, yöntemi uygularken dikkatli olmak önemlidir.

WB-EMS antrenmanlarında kas hasarı, yüksek eşiğe sahip motor ünitelerin devreye girmesi ve aynı anda birçok kas grubunun yoğun şekilde çalışması sonucu oluşan stresle yakından ilişkilidir (Filipovic et al., 2011). Özellikle antrenmana yeni başlayan ya da yüksek şiddet ve frekansla çalışan kişilerde, mikrotravma ve hatta rabdomiyoliz gibi ciddi kas hasarları ortaya çıkabilir (Filipovic et al., 2011). Bu süreçte, kanda dramatik şekilde yükselen CK ve MYB gibi biyokimyasal belirteçler kas yıkımının boyutunu gösterir; koyu renkli idrar gibi belirtilerin ortaya çıkması, acil tıbbi müdahale gerektirebilen rabdomiyolizi akla getirir ((Finsterer & Drory, 2008) Yanlış veya aşırı kullanım, yetersiz dinlenme ve sıvı-elektrolit dengesine dikkat edilmemesi bu riski artırırken, kas hasarını yönetmek için kademeli yüklenme, düzenli izlem (gerekirse kan testleri), yeterli dinlenme ve doğru beslenme gibi toparlanma stratejilerine başvurmak gerekir (Proske U., 2001). Ayrıca WB-EMS protokollerinin mutlaka uzman denetimi altında, kişisel sağlık durumu ve hedeflere göre planlanması, kas hasarı riskini minimize ederek yöntemin potansiyel faydalarından güvenle yararlanılmasını sağlar (Kemmler et al., 2014).

2.3.3. WB-EMS Antrenmanlarında Yüksek CK Düzeyleri

WB-EMS antrenmanlarında yüksek CK düzeyleri, kas dokusunun yoğun şekilde uyarılmasıyla ortaya çıkan mikro travmaların bir göstergesi olup, özellikle yüksek

şiddette, sık frekansta veya yetersiz dinlenme ile uygulanan antrenman protokollerinde belirgin hale gelebilir (Kemmler et al., 2018). Bu durum, egzersize bağlı kas hasarının derecesini yansıtmakla birlikte, aşırı CK seviyeleri uzun vadede iyileşmenin yetersiz kalmasına, performans kaybına ve hatta rabdomiyoliz gibi acil müdahale gerektirebilen klinik tablolara yol açabilir (Finsterer J., 2008; Finsterer & Drory, 2008). Ayrıca yetersiz sıvı alımı, yanlış antrenman protokolleri, vücudun adaptasyon kapasitesine uygun olmayan yüklenme ve altta yatan kronik hastalıklar gibi etmenler, söz konusu kas hasarının riskini artıran temel faktörler arasında yer alır (Medicine), 2016a). Bu bağlamda, WB-EMS antrenmanlarında düzenli biyokimyasal izlem, kademeli yüklenme ve yeterli toparlanma prensiplerinin gözetilmesi, hem olası sağlık risklerini minimize etmek hem de sürdürülebilir performans artışı sağlamak açısından büyük önem taşır (Kemmler W., 2018).

2.3.4. WB-EMS Antrenmanlarında Olası Yan Etkiler ve Önleyici Tedbirler

WB-EMS antrenmanlarında, kas dokusuna yüksek yoğunluklu elektriksel uyarı verilmesi ve özellikle yeni başlayan kullanıcıların yeterli hazırlık düzeyine sahip olmaması gibi nedenlerle bazı yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu etkiler, doğru uygulama yöntemleri ve denetim mekanizmalarıyla büyük ölçüde önlenabilir ya da en aza indirgenebilir.

Öncelikle, WB-EMS'in sağladığı yoğun kas uyarısı kas hasarı riskini beraberinde getirebilir. Kas lifi hasarının (mikro travma) aşırı boyuta ulaşması durumunda kanda CK ve MYB gibi belirteçlerin yükseldiği ve rabdomiyoliz gelişebildiği bildirilmiştir (Finsterer & Stöllberger, 2015). Bu risk, özellikle antrenmana yeni başlayanlar ya da çok yüksek frekans ve şiddetle çalışan kişilerde artış gösterir (Filipovic et al., 2011). Dolayısıyla kasların elektriksel uyarıya alışması için, antrenman şiddetinin kademeli artırılması ve yeterli toparlanma süresinin sağlanması büyük önem taşır (Maffiuletti, 2010a).

WB-EMS uygulamasına eşlik eden bir diğer olası sorun ise cilt tahrişi ve yanıklardır. Elektrotların uzun süreli teması, yüksek şiddetteki akım geçişi ya da yanlış pozisyonlama ciltte kızarıklık, tahriş ve yanığa yol açabilir (Kemmler et al., 2014). Cilt hassasiyeti olan kişilerde bu risk daha fazla olduğundan, elektrotların

yerleştirilmesi, bakımının yapılması ve seans sonrasında cildin temizlenmesi gibi adımlar titizlikle uygulanmalıdır (Maffiuletti, 2010).

Kasların aynı anda yoğun kasılmasıyla birlikte ortaya çıkan metabolik yük, kaslarda laktat birikimine sebep olabilmekte ve bu durum gecikmeli başlangıçlı kas ağrısı (DOMS) benzeri semptomlarla kendini gösterebilmektedir (Clarkson & Hubal, 2002). WB-EMS seansları yeterince dinlenmeden sık aralıklarla tekrarlandığında, performans düşüklüğü ve uzun süreli yorgunluk gibi sonuçlar da gözlenebilir (Maffiuletti, 2010). Dolayısıyla haftada bir veya iki seanslık programlar, 48 ila 72 saatlik toparlanma periyotlarıyla desteklenmeli; uyku, beslenme ve sıvı-elektrolit dengesi gibi genel toparlanma faktörlerine de önem verilmelidir (Medicine), 2016b).

Kardiyovasküler açıdan bakıldığında, vücudun büyük kas gruplarına eş zamanlı uyarı verilmesi kalp ve dolaşım sisteminde ani değişiklikler yaratabilmektedir (Filipovic et al., 2011). Bu nedenle hipertansiyon öyküsü veya kalp rahatsızlığı bulunan bireylerde, WB-EMS uygulaması sırasında nabız ve kan basıncı değerleri yakından izlenmeli, gerekirse tıbbi onay ve uzman gözetimi altında uygulanmalıdır. Benzer şekilde, sinir ve kas kontraksiyonu arasındaki senkronizasyon bozuklukları da eklem, tendon ve bağ dokusu yaralanmalarına zemin hazırlayabilir (Proske U., 2001). Özellikle aktif egzersizle birleştirilen WB-EMS protokollerinde, doğru form ve tekniğin sağlanması sakatlık riskini önemli ölçüde azaltır (Kemmler et al., 2018).

Tüm bu potansiyel sorunlara rağmen, WB-EMS antrenmanları uygun şekilde planlandığında ve denetlendiğinde oldukça güvenli olabilir. Yeni başlayan kullanıcılar için düşük yoğunlukta ve frekansta başlamak, kasların elektriksel uyarıya kademeli biçimde uyum sağlamasını sağlayarak kas hasarı riskini düşürür (Filipovic ve ark., 2011). Yoğun antrenman yapan bireylerde periyodik olarak CK ve MYB takibi yapılması, kas yıkımının kritik seviyelere ulaşp ulaşmadığını anlamaya yardımcı olur (Clarkson & Hubal, 2002) Ayrıca elektrotların ciltle doğrudan teması söz konusu olduğu için, cildin temiz ve kuru tutulması, ekipmanın hijyenik kullanımı ve elektrik akımının doğru dozajlanması cilt tahrişi ihtimalini azaltır (Kemmler et al., 2014).

Sonuç olarak, WB-EMS antrenmanlarıyla ilgili en önemli güvenlik unsurları; kademeli yüklenme, düzenli biyokimyasal izlem, yeterli dinlenme ve toparlanma stratejileriyle birlikte uzman denetiminde kişiselleştirilmiş programlamadır. Bu temel

noktalar gözetildiğinde, WB-EMS uygulamalarından doğan olası yan etkiler en aza indirilebilir ve sürdürülebilir bir egzersiz deneyimi sağlanabilir.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Deneyisel Yaklaşım

Bu araştırmanın amacı son yıllarda oldukça popüler hale gelen WB-EMS uygulamalarının bazı sağlığa yönelik kan ve idrar belirteçleri üzerine etkilerini incelemektir. Bu amaçla fiziksel olarak aktif 28 gönüllü, WB-EMS ve geleneksel antrenman uygulaması yapmak üzere WB-EMS grubu (EMSg) ve antrenman grubu (ANTg) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Gönüllülerden antrenman protokolleri öncesinde ve 24, 48, 72 saat sonrasında kan ve idrar örnekleri alınarak bu antrenman uygulamaların kas hasarı ve olası fizyolojik etkileri değerlendirmek amaçlanmıştır. Araştırma öncesinde Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmış ve çalışma öncesinde gönüllüler araştırma ve olası riskler hakkında bilgilendirilerek ve araştırmaya katılmadan önce gönüllü olur formları imzalatılmıştır.

3.2. Araştırma Grubu

Burgos-Postigo (2023) çalışması baz alınarak hesaplamaları yapılan güç analizi (G*Power 3.1) sonucunda; etki büyüklüğü kreatin kinaz değeri için $\eta_p^2=0.243$ (Cohen's $f=2.13$ 'e eşittir) olarak hesaplanmış ve 0.05 hata payı ve 0.95 güç ile yapılan analiz sonucunda minimum örneklem sayısı her grup için 12 olarak hesaplanmıştır. Örneklem sayısı verilerin parametrik dağılmama ihtimaline karşın ve ayrıca örneklem kaybı olabileceği düşüncesiyle arttırılarak 14 olarak belirlenmiştir. Araştırmaya 19-44 yaş aralığında yetişkin gönüllüler alınmıştır.

Bireylerin araştırma süresince normal diyet kalıplarını sürdürmeleri ve herhangi bir ergojenik yardımcı madde veya kafein gibi uyarıcı maddelerin kullanımından kaçınmaları istenmiştir. Tüm katılımcılardan yüksek şiddetli fiziksel aktivitelere katılmalarında mahsur olmadığına dair sağlık raporu alınmıştır. Çalışma süresi boyunca gönüllülerden test seanslarından önceki gün yoğun egzersiz yapmaktan kaçınmaları istenmiştir.

Araştırmaya katılan 2 gönüllü araştırmadan çıkartılma kriterleri nedeniyle çalışmadan çıkartılmış ve çalışma 26 kişi ile tamamlanmıştır.

3.2.1. Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri

- Araştırmaya gönüllü olmak
- 19-44 yaşları arasında olmak
- Daha önce kas iskelet sisteminde bir yaralanma veya ameliyat geçirmemiş olma,
- Son 4 haftadır herhangi bir ergojenik yardımcı almıyor olmak.
- Bir EMS stüdyosunda WB-EMS uygulamalarına yeni kaydolmak ve herhangi bir WB-EMS deneyimi olmamak
- Bir EMS stüdyosunda WB-EMS uygulamalarına devam ediyor olmak ve en az 8 seans WB-EMS deneyimi olmak
- Fiziksel aktivitelere katılmasına engel herhangi bir sağlık sorunu olmamak

3.2.2. Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri

- Gönüllülerin araştırmadan ayrılmayı istemesi
- Uygulama sonrası 72 saatlik takip ölçümlerine katılmamak

3.3. Materyal / Veri Toplama Araçları

3.3.1. Vücut Ağırlığı ve Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümü

Katılımcıların vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdesini belirlemek üzere biyoelektrik empedans ölçüm cihazı (Tanita SC-330) kullanılmıştır. Katılımcıların iki ayağının tartıya eşit basması sağlanarak dik ve hareketsiz durumdayken ölçümleri alınmıştır. Katılımcılara test öncesi ölçüm prosedürleri hakkında bilgi verilmiş ve son 24 saat alkol tüketiminden kaçınılması, son 4 saat kafein ve son 2 saat herhangi bir besin almaması istenmiştir (Kyle U. G., 2004).

3.3.2. Boy Uzunluğu Ölçümü

Gönüllünün ağırlığı iki eşit ayağına dağılmış şekilde topuklar birleşik ve baş Frankfort planda kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış durumdayken stadiometre ile ölçülmüştür.

3.3.3. Borg (Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı) Skalası

Gönüllülere WB-EMS ardından, 24, 48 ve 72. saatte hissettikleri yorgunluk düzeyini belirlemek amacıyla, ölçekte denk gelen aralığı (6-20 arasında) söylemeleri istenmiş ve ardından algılanan yorgunluk dereceleri kaydedilmiştir (Nash M. S., 2008). Borg ölçeği EK 1. de gösterilmiştir.

3.3.4. Kan ve İdrar Biyobelirteçleri

Gönüllülerde organ fonksiyonlarını ve genel sağlık parametrelerini değerlendirmek üzere aşağıda yer alan kan ve idrar örnekleri alınmıştır. Değerlendirmeler için kan örnekleri WB-EMS antrenmanından önce, 24, 48 ve 72 saat sonra deneyimli sağlık personeli tarafından antekübital venden alınmıştır (Brandão D. C., 2020; Greenberg M. J., 2023).

PARAMETRE	AÇIKLAMA
Alanin Aminotransferaz (ALT)	Karaciğer hücre hasarını gösterir; karaciğer dokusu zedelenmelerinde yükselebilir.
Aspartat Aminotransferaz (AST)	Karaciğer, kalp ve kas hücrelerinin hasarında yükselen bir enzimdir; ALT ile karaciğer fonksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılır.
Total Kolesterol	Vücuttaki toplam kolesterol miktarını belirtir; kardiyovasküler risk değerlendirmesinde önemli bir parametredir.
Kreatin Kinaz (CK)	Kas hasarının önemli bir belirticidir; egzersiz, travma veya kas hastalıklarında yükselebilir.
Kreatinin	Böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılır; kanda yüksek olması böbrek işlev bozukluğunu işaret edebilir.
High Density Lipoprotein (HDL)	“İyi” kolesterol olarak da bilinir; kalp-damar sağlığı açısından koruyucu özelliği vardır, yüksek olması genellikle olumlu kabul edilir.
Myoglobin (MYB)	Kas doku hasarında kanda yükselir; ciddi kas yıkımında (rabdomiyoliz) idrarda da tespit edilebilir.
Trigliserit (TRG)	Kanda bulunan bir yağ türüdür; yüksek düzeyleri kardiyovasküler hastalık riskini artırabilir.
Sistatin C (Sis-C)	Böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kreatinine göre daha hassas olabilen bir parametredir; filtrasyon kapasitesinin göstergesidir.

İdrar Potasyum (K_{idr})	İdrarla atılan potasyum miktarını gösterir; elektrolit dengesi ve böbrek fonksiyonları hakkında ek bilgi verir.
İdrar Myogloblin (MYB_{idr})	Kas hasarı sonucu MYB'nin idrarda bulunma durumunu gösterir; koyu renkli idrara yol açabilir ve rabdomiyoliz belirtisi olabilir.
İdrar Hematüri	İdrarda kan veya kan hücresi varlığını ifade eder; böbrek, idrar yolları veya mesane sorunlarının habercisi olabilir.
Hemogram (Tam Kan Sayımı)	Kandaki alyuvar (RBC), akyuvar (WBC), trombosit (PLT), hemoglobin (HGB), hematokrit (HCT), nötrofil (NEUT), lenfosit (LYMPH), monosit (MONO), eozinofil (EO) gibi hücrelerin sayısı ve oranları hakkında bilgi verir; genel sağlık durumu ve çeşitli hastalıkların tespiti için kullanılır.

3.4. Antrenman Uygulamaları

Katılımcılara WB-EMS ve geleneksel antrenman yaptırmak üzere 25 dakikalık bir uygulama yaptırılmıştır. EMSg uygulamaları için Miha Bodytec (Germany) (Şekil 3.1.) WB-EMS cihazı kullanılmıştır. Her iki uygulama 10 dk ısınma 10 dk ana evre ve 5 dk soğuma evrelerini içermiştir.



Şekil 3.1. Miha Bodytec (Germany) Elektrot Yerleşimi

EMSg'ye ısınma ve ana egzersiz evresinde quadriceps, abdominal, chest, biceps, latissimus dorsi, hips bölgelerine %40-%50 Hz lik elektrik akımı uygulanmıştır. Soğuma evresinde ise katılımcılar sırt üstü yatırılarak vücutlarına sırasıyla quadriceps, abdominal, chest, biceps, latissimus dorsi, hips bölgelerine %40 Hz elektrik akımı verilmiştir.

Her iki egzersiz protokolünde de aşağıdaki hareketler sırasıyla uygulatılmıştır. ANT grubuna ise aynı hareketler WB-EMS cihazı ile akım verilmeden uygulatılmıştır.

- Yerinde koşu temposu
- Zıplama açma-kapama hareketi (Jumping jack) (3tur)
- Dizleri yukarı çekme (High knees) (3 tur)
- Topukları kalçaya vurma (3 tur)
- Çömelme (Squat): 10 tekrar, 3 set (her setin sonunda 4 saniye squat pozisyonunda bekleme)
- Sıçrayarak çömelme (Jumping squat): 10 tekrar, 3 set (her setin sonunda 4 saniye squat pozisyonunda bekleme)
- Çömelme bekleme (Squat hold): 4 saniye bekleme, ardından 4 saniye dinlenme (5 tekrar)
- Sırt üstü uzanma (5dk): Vücuda elektrik akımı uygulanmıştır

3.5. İstatistiksel Analiz

Araştırma grubu analizleri 2 grup 4 ölçüm yaklaşımı baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler antrenman öncesi, 24, 48 ve 72 saat sonra alınmıştır.

Verilerin normal dağılıp dağılmadığını değerlendirmek etmek için basıklık ve çarpıklık değerleri (Tabachnick ve Fidell, 2013), histogram, normal Q-Q ve kutu grafiklerinin görsel değerlendirmesi ve Shapiro-Wilk testi (Shapiro ve Wilk, 1965) kullanılmıştır. Grup içi ön-test ve-son test arasındaki farkı değerlendirmek için Bağımlı Örneklem T-Testi ve/veya Wilcoxon testi uygulanmıştır. Tekrarlayan ölçümlerin analizi için Tekrarlayan Ölçümlerde Anova veya Friedman F testi ve Post-Hoc testi olarak Bonferonni testi kullanılmıştır. Verilerin analizinde JASP ver. 0.19.1. (Apple Silicon) paket programı kullanılmış ve tüm veriler için anlamlılık düzeyi ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$) olarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmaya katılan katılımcıların demografik verileri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması 18.67 yıl, boy uzunluğu ortalaması 174.08 cm ve vücut ağırlığı ortalaması 69.31 kg olarak kaydedilmiştir.

Tablo 4. 1. Katılımcıların Demografik Verileri

	EMSG	ANTg	t	p
Yaş (yıl)	28.4 ± 7.8 (18.7 ; 44.6)	26.6 ± 5.8 (19.3 ; 40.1)	1.667	0.110
Boy uzunluğu (cm)	174.1 ± 9.3 (162; 193)	179.3 ± 3.2 (174 ; 184)	2.810	0.010
Vücut ağırlığı (kg)	71.9 ± 12.3 (54 ; 90)	80.9 ± 5.9 (72 ; 90)	0.621	0.541

Tablodaki veriler; ortalama ± standart sapma (Ort ± SS) ve %95 güven aralığı (5%;95% CI) olarak sunulmuştur. EMSg: Elektroyarımla antrenman grubu; ANTg: Antrenman grubu.

Araştırma kapsamında yapılan uygulamalar sonrasında ölçülen BORG değerleri ortalaması EMSg için 1.0 ± 0.0 iken ANTg grubu için de 0.97 ± 0.0 olarak ölçülmüştür. Her iki grupta da yapılan uygulamanın katılımcılar için hissedilen iş yükünün benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Kas hasarını değerlendirmek için kanda ALT, AST, MYB, CK ölçülmüş ve EMSg ve ANTg grubunun bazı kas hasarına yönelik biyo-belirteçlerinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Kas hasarına yönelik kan parametrelerinden AST, MYB ve CK değerleri için grup x zaman etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Katılımcıların kas hasarına yönelik kan parametreleri için (ALT, AST, MYB, CK) Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Test sonuçları Tablo 4.2.’de sunulmuştur.

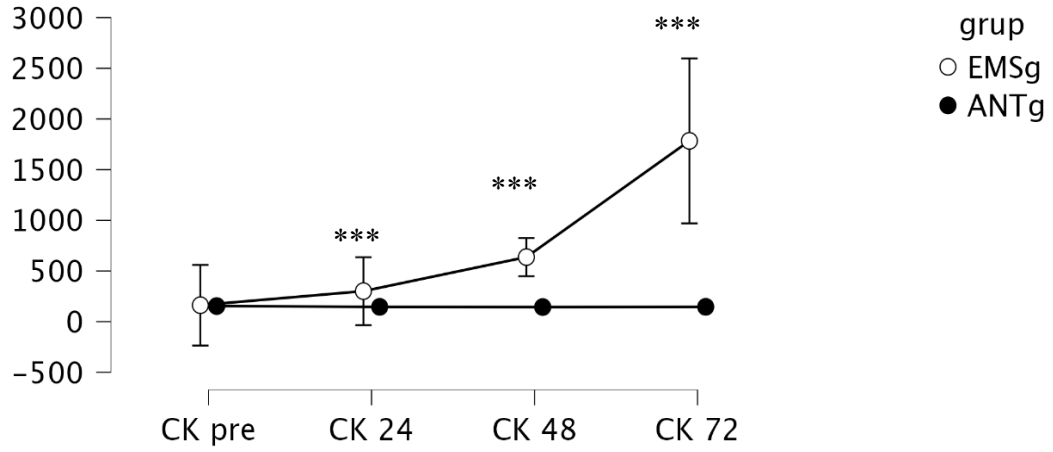
Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Testi sonuçlarına göre CK değeri için grup x zaman etkileşimi tespit edilmiştir. ($F=10.676$; $p=0.003$; $\eta^2= 0.31$). Post Hoc testi sonuçları 24, 48. ve 72. saatlerde ölçülen CK değerlerinin EMSg için ön test değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$). Bununla birlikte CK değerleri için ANTg ön test ve sonrasındaki değerler arasında istatistiksel

açından anlamlı bir fark tespit edilememiştir. CK seviyelerinin zamana bağlı değişim grafikleri Şekil 4.1 ve 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4. 2. Kas Hasarına Yönelik Kan Parametreleri

Kas Hasarı Biyobelirteçleri		EMSg	ANTg	Zaman	Grup x Zaman
ALT (U/L)	Ön Test	28.3 ± 24.5 (13.5 ; 43.1)	23.7 ± 14.2 (15.1 ; 32.3)		
	24h	30.8 ± 35.8 (9.1 ; 52.4)	24.6 ± 16.6 (14.6 ; 34.7)	F= 0.638 p= 0.593 η ² = 0.026	F= 1.894 p= 0.138 η ² = 0.073
	48h	30.1 ± 30.7 (11.5 ; 48.6)	23.8 ± 18.3 (12.7 ; 34.8)		
	72h	34.8 ± 35.2 (13.5 ; 56.0)	22.1 ± 16.3 (12.2 ; 31.9)		
AST (U/L)	Ön Test	21.6 ± 12.2 (14.1 ; 29.0)	23.0 ± 4.3 (20.3 ; 25.6)		
	24h	22.2 ± 14.0 (15.5 ; 28.8)	20.7 ± 6.5 (16.7 ; 24.7)	F= 5.722 p= 0.019 η ² = 0.067	F= 10.523 p= 0.002 η ² = 0.124
	48h	25.6 ± 10.2 (19.4 ; 31.8)	19.6 ± 5.8 (16.1 ; 23.2)		
	72h	43.7 ± 30.5 (25.2 ; 62.2)	18.3 ± 3.8 (16.1 ; 23.2)		
MYB (ng/mL)	Ön Test	38.7 ± 20.7 (19.4 ; 57.9)	32.2 ± 8.6 (25.0 ; 39.4)		
	24h	48.6 ± 26.6 (30.7 ; 66.5)	32.2 ± 8.2 (25.4 ; 39.1)	F=8.493 p= < .001 η ² = 0.175	F= 7.647 p= < .001 η ² = 0.158
	48h	126.8 ± 93.7 (67.2 ; 186.4)	31.5 ± 8.5 (25.4 ; 37.6)		
	72h	231.6 ± 157.6 (118.8 ; 344.4)	33.3 ± 10.7 (26.1 ; 40.6)		
CK (U/L)	Ön Test	162.2 ± 114.4 (93.1 ; 231.3)	153.5 ± 66.7 (113.2 ; 193.9)		
	24h	300.8 ± 202.7 (178.4 ; 423.3)	145.6 ± 68.4 (104.3 ; 186.9)	F= 10.570 p= 0.003 η ² = 0.149	F= 10.676 p= 0.003 η ² = 0.31
	48h	636.9 ± 544.0 (308.2 ; 965.6)	143.9 ± 60.3 (107.5 ; 180.3)		
	72h	1784.0 ± 1747.9 (727.8 ; 2840.2)	145.8 ± 53.5 (113.5 ; 178.2)		

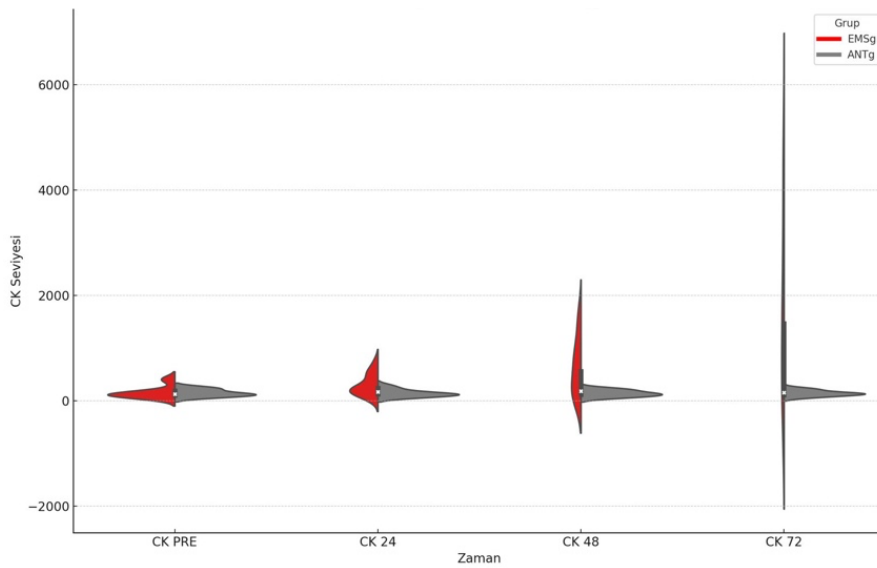
ALT: Alanin Aminotransferaz; **AST:** Aspartat Aminotransferaz; **MYB:** Myoglobin; **CK:** Kreatin Kinaz; **EMSg:** Elektroyarımla antrenman grubu; **ANTg:** Antrenman grubu; **24h:** Uygulamadan 24 saat sonrası; **48h:** Uygulamadan 48 saat sonrası; **72h:** Uygulamadan 72 saat sonrası; *Tablodaki veriler Ortalama±Standart Sapma (%95 Güven Aralığı) olarak sunulmuştur.



Şekil 4. 1. CK seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği

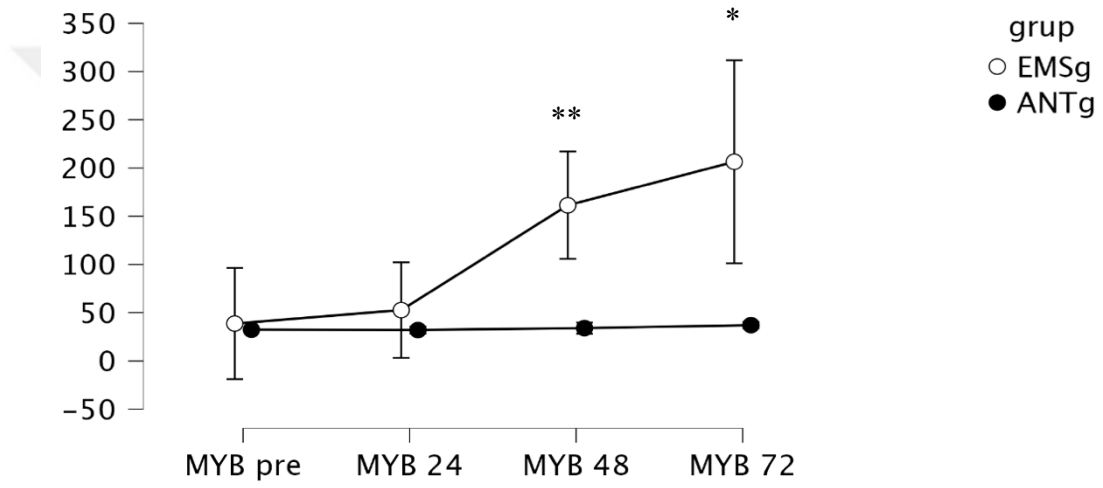
EMSg için CK seviyelerinde ön testlere göre anlamlılık düzeyi (***) $p < 0.001$)

Araştırmamızda EMSg’de CK değerlerinin 24, 48 ve 72. saatlerde ön test değerlerine göre anlamlı olarak yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu gruptaki 4 kişinin 24 saat sonra, 7 kişinin 48 saat sonra ve 9 kişinin 72 saat sonra CK için 20-180 U/L arası olarak verilen normal değerlerin üzerine çıktığı görülmüştür. Gruptaki bazı katılımcıların 24. saatte CK düzeylerinin normal değerlerinin 2-3 katına çıktığı (481 U/L, 543 U/L, 737 U/L), 48. saatte CK düzeylerinin normal değerlerin yaklaşık 9-10 katına çıktığı (1648 U/L, 1516 U/L, 1121 U/L), 72. saatte CK düzeylerinin normal değerlerin yaklaşık 26-27 katına çıktığı (4887 U/L, 4703 U/L, 3610 U/L) gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 2. CK seviyelerinin zamana bağlı violin grafiği

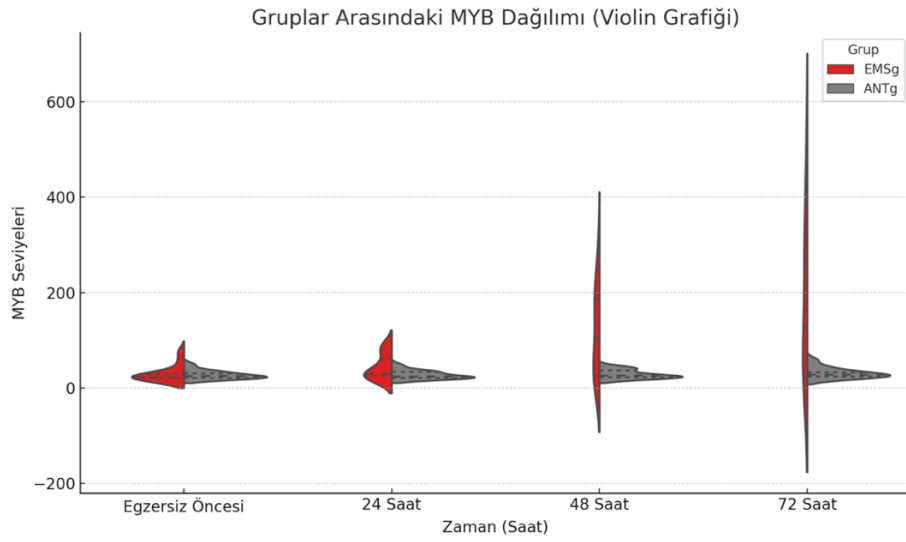
Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Testi sonuçlarına göre MYB değeri için grup x zaman etkileşimi tespit edilmiştir. ($F=7.647$; $p=0.001$; $\eta^2= 0.158$) Post Hoc testi sonuçları 48. ve 72. saatlerde ölçülen MYB değerlerinin EMSg için ön test değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu göstermiştir ($p<0.01$ ve $p<0.05$; sırasıyla). ANTg’de ise başlangıç seviyesindeki MYB oranı 24. 48. ve 72. saatte istatistiksel açıdan anlamlı bir artış göstermemiştir. EMSg’de MYB seviyelerindeki artışın ANTg’ye kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı ve yüksek olduğu görülmektedir ($p<0.001$).



Şekil 4. 3. MYB seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği

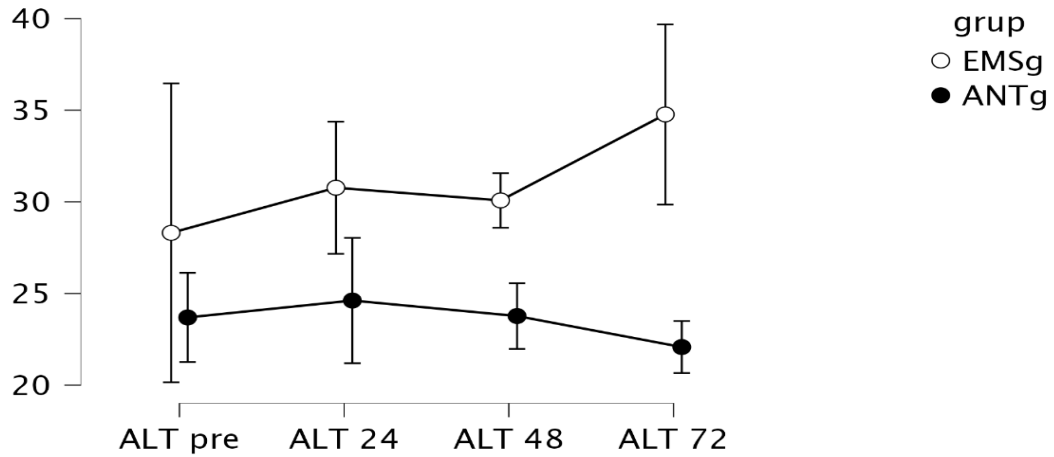
EMSg’de MYB için ön testlere göre anlamlılık düzeyi (* $p<0.05$; ** $p<0.01$)

Araştırmamızda EMSg’de MYB değerlerinin 48. ve 72. Saatlerde ön test değerlerine göre anlamlı olarak yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu gruptaki 7 katılımcının 48 saat sonra, 9 kişinin 72. saatte MYB için 28-72 ng/mL arası olarak verilen normal değerlerin üzerinde MYB değerlerine çıktığı görülmüştür. Bazı katılımcılarda 48. saatte yaklaşık 4 katına çıktığı (298 ng/mL, 220 ng/mL, 186 ng/ml), 72. saatte yaklaşık 7 katına çıktığı (504 ng/mL, 405 ng/mL, 323 ng/mL) gözlemlenmiştir.



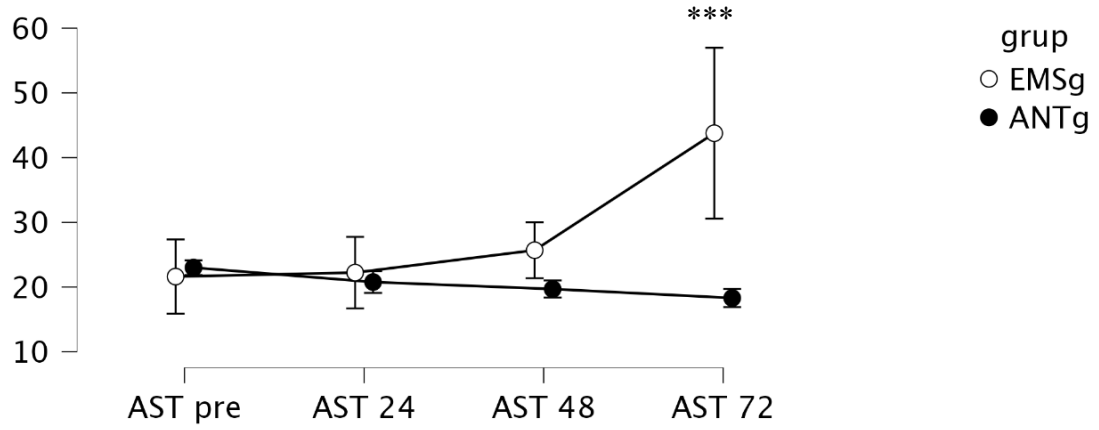
Şekil 4. 4. MYB seviyelerinin zamana bağlı violin grafiği

Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Testi sonuçlarına göre ALT değeri için zaman etkileşimi ve grup x zaman etkileşimi tespit edilmemiştir. ($p>0.05$)



Şekil 4. 5. ALT seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği

Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Testi sonuçlarına göre AST değeri için grup x zaman etkileşimi tespit edilmiştir. ($F=10.523$; $p=0.002$; $\eta^2= 0.124$) Post Hoc testi sonuçları 72. saatte ölçülen AST değerlerinin EMSg için ön test değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu göstermiştir ($p<0.001$). ANTg'de ise başlangıç seviyesindeki AST oranı 24. 48. ve 72. saatte istatistiksel açıdan anlamlı bir artış göstermemiştir.



Şekil 4. 6. AST seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği

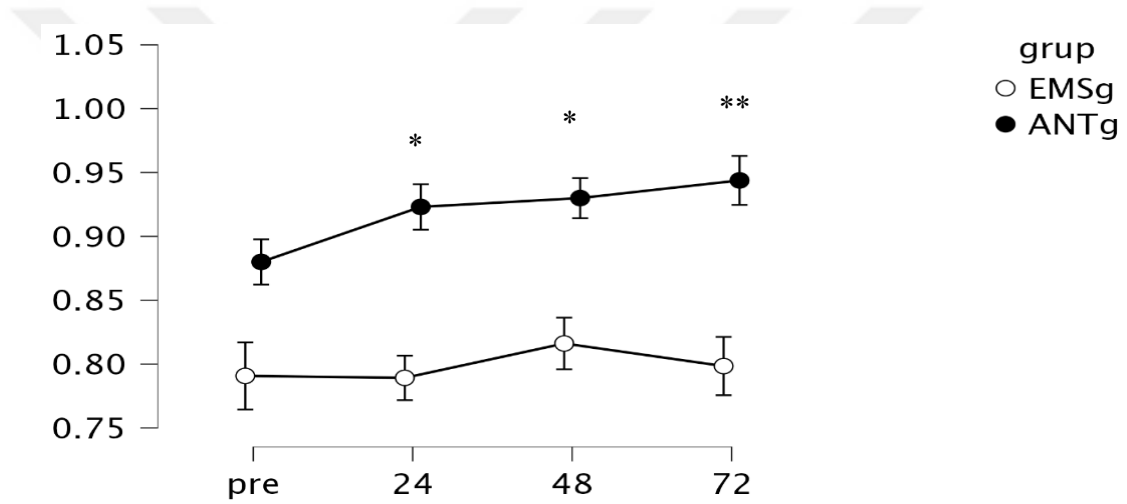
EMSg'de AST için ön testlere göre anlamlılık düzeyi (***p<0.001)

Tablo 4. 3. Böbrek Fonksiyonlarına Yönelik İdrar Parametreleri

Kas Hasarı Biyobelirteçleri	EMSg	ANTg	Zaman	Grup x Zaman
K _{idr} (mmol/L)	Ön Test	60.5 ± 40.8 35.8 ; 85.1	44.1 ± 19.5 32.3 ; 55.9	
	24h	50.5 ± 34.8 29.4 ; 71.5	58.7 ± 21.2 45.9 ; 71.4	F= 3.444 p= 0.029
	48h	44.5 ± 32.7 24.7 ; 64.3	55.8 ± 33.6 35.5 ; 76.2	η ² = 0.125
	72h	62.1 ± 44.9 35.0 ; 89.3	81.4 ± 34.1 60.8 ; 102.0	η ² = 0.080
	Ön Test	0.791 ± 0.123 0.716 ; 0.865	0.880 ± 0.091 0.825 ; 0.935	
	24h	0.789 ± 0.094 0.733 ; 0.846	0.923 ± 0.097 0.865 ; 0.982	F= 7.289 p= < .001
	48h	0.816 ± 0.102 0.755 ; 0.878	0.930 ± 0.111 0.863 ; 0.997	η ² = 0.233
	72h	0.798 ± 0.082 0.749 ; 0.848	0.944 ± 0.117 0.873 ; 1.014	η ² = 0.132

K_{idr}: İdrar Potasyum; **Sis-C:** Sistatin C; **EMSg:** Elektroyarımla antrenman grubu; **ANTg:** Antrenman grubu; **24h:** Uygulamadan 24 saat sonrası; **48h:** Uygulamadan 48 saat sonrası; **72h:** Uygulamadan 72 saat sonrası; *Tablodaki veriler Ortalama±Standart Sapma (%95 Güven Aralığı) olarak sunulmuştur.

Böbrek fonksiyonlarına yönelik idrar fonksiyon testleri için K_{idr} seviyelerinde zamana bağlı etkileşim tespit edilmişken ($F=3.444$; $p= 0.021$; $\eta^2=0.125$), grup x zaman etkileşimi tespit edilememiştir ($F=2.087$; $p= 0.109$; $\eta^2=0.080$). K_{idr} için her ne kadar zamana bağlı etkileşim tespit edilmiş olsa da değişen değerlerin referans değerler arasında olduğu gözlemlenmiştir. Gruplarda K_{idr} değerleri değişimine yönelik grafik Şekil 4.7. de verilmiştir. Sis-C değeri için ise zamana bağlı etkileşim ve grup x zaman etkileşimi tespit edilmiştir ($F=7.289$; $p<0.001$; $\eta^2= 0.233$). Fakat bu etkileşimin ANTg'den kaynaklandığı görülmüştür. Bu grubun ön ölçüm değerleri ile 48. ve 72. saat ölçümleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. (Şekil 4.8)



Şekil 4. 7. Sis-C seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği

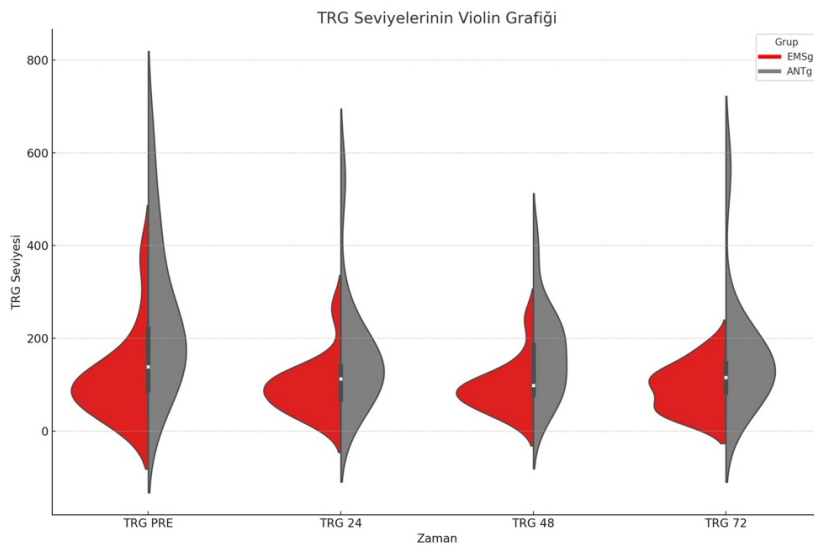
ANTg'de Sis-C için ön testlere göre anlamlılık düzeyi (* $p<0.05$ ve ** $p<0.01$)

Katılımcıların kan yağlarına yönelik parametreler için (HDL ve TRG) Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Test sonuçları Tablo 4.3.'de sunulmuştur. Kan yağları için grup x zaman etkileşimi tespit edilememiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte zamana bağlı değişim sadece TRG değerlerinde görülmüştür. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da bu parametrelere yönelik violin grafiği yer almaktadır.

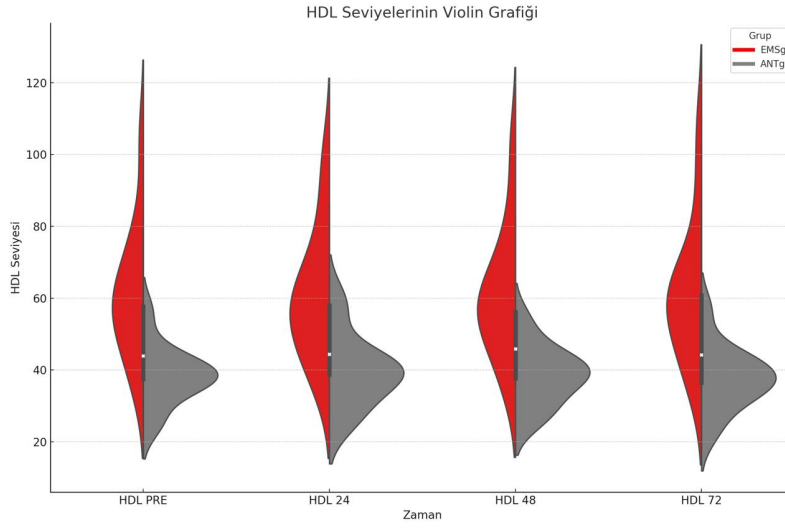
Tablo 4. 4. Kan Yağlarına Yönelik Parametreler

Kas Hasarı Biyobelirteçleri	EMSg	ANTg	Zaman	Grup x Zaman
HDL (mg/dL)	Ön	60.8 ± 18.0	38.3 ± 7.9	
	Test	50.0 ; 71.7	33.5 ; 43.1	
	24h	60.4 ± 17.9	39.7 ± 9.9	F= 0.295
		49.6 ; 71.2	33.8 ; 45.7	p= 0.771
	48h	60.5 ± 17.8	38.5 ± 8.1	η²= 0.012
		49.8 ; 71.3	33.6 ; 43.3	η²= 0.037
	72h	61.0 ± 19.2	37.6 ± 8.6	
		49.4 ; 72.6	32.5 ; 42.8	
TRG (mg/dL)	Ön	117.0 ± 92.4	248.8 ± 161.7	
	Test	61.2 ; 172.8	151.0 ; 346.5	
	24h	96.4 ± 60.1	164.8 ± 126.5	F= 6.284
		60.1 ; 132.7	88.3 ; 241.2	p= 0.005
	48h	94.9 ± 54.1	167.5 ± 96.9	η²= 0.208
		62.2 ; 127.6	108.9 ; 226.0	η²= 0.079
	72h	92.2 ± 48.9	165.2 ± 129.4	
		62.6 ; 121.7	87.0 ; 243.3	

HDL: High Density Lipoprotein; **TRG:** Trigliserit; **EMSg:** Elektroyarımla antrenman grubu; **ANTg:** Antrenman grubu; **24h:** Uygulamadan 24 saat sonrası; **48h:** Uygulamadan 48 saat sonrası; **72h:** Uygulamadan 72 saat sonrası; *Tablodaki veriler Ortalama±Standart Sapma (%95 Güven Aralığı) olarak sunulmuştur.



Şekil 4. 8. TRG seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği



Şekil 4. 9. HDL seviyelerinin zamana bağlı değişim grafiği

Katılımcıların hemogram değerlerine yönelik parametreler için (RBC, WBC, PLT, HGB, HCT, NEUT, LYMPH, MONO ve EO) Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA Test sonuçlarına göre herhangi zamana bağlı etkileşim veya grup x zaman etkileşimi tespit edilememiştir ($p>0.05$).

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, WB-EMS uygulamalarının kan ve idrar parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmış ve elde edilen bulgular, bu uygulamanın hem faydaları hem de potansiyel riskleri açısından önemli veriler sağlamıştır. Bulgular, WB-EMS'nin kas hasarı belirteçlerinde anlamlı artışlara neden olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar hem uygulamanın güvenliği hem de potansiyel klinik ve sportif faydaları açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır. Çalışmada WB-EMS uygulamasının CK, MYB ve AST seviyelerinde zamana bağlı anlamlı artışlara yol açtığı belirlenmiştir. CK seviyelerindeki bu artış, kas hücrelerinde meydana gelen mikro travmaların bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Özellikle 72. saatte hala yüksek seyreden CK seviyeleri bazı katılımcılarda 5000 IU/L değerine yaklaşmıştır ve bu sonuçlar WB-EMS'nin rabdomiyoliz gibi ciddi kas hasarı durumlarına yol açabileceğini düşündürmektedir.

Rabdomiyoliz, iskelet kasının yıkımını ifade eden ve kas hücre içeriklerinin, MYB'nin, sarkoplazmik proteinlerin ve elektrolitlerin ekstraselüler sıvıya ve dolaşıma sızmasıyla karakterize edilen bir durumdur. “Rabdomyolysis” terimi, Yunanca rhabdos (çubuk şeklinde/çizgili), mys (kas) ve lysin (serbest bırakma) kelimelerinden türetilmiştir (Aleckovic-Halilovic et al., 2021). Rabdomiyolizin en yaygın nedenleri, travma veya immobilizasyona bağlı ezilme yaralanmaları, aşırı fiziksel efor, metabolik miyopatiler, viral enfeksiyonlar ve elektrolit bozukluklarıdır (Mokhtari et al., 2021). Klinik belirtiler arasında kas güçsüzlüğü, ağrı, miyaljiler ve lokal şişlik yer almaktadır. Rabdomiyoliz, miyoglobiniye bağlı koyu kırmızımsı renkte idrar ile ilişkili olabilir. Klinik olarak, rabdomiyoliz hafif CK yükselmesinden, kompartman sendromu, intravasküler sıvı kaybı, yaygın damar içi pıhtılaşma (DIC), pigment kaynaklı akut böbrek hasarı (AKI) ve kardiyak aritmi gibi acil tıbbi durumlara kadar geniş bir spektrumda seyredebilir (Stanley et al., 2017).

Rabdomiyolizin laboratuvar tanısı, kas hasarının en duyarlı laboratuvar göstergesi olan serum CK seviyesinin yükselmesine dayanır; ancak, tanı için spesifik olarak belirlenmiş bir CK değeri yoktur. Pek çok klinisyen, normal üst sınırın 3 ila 5 katı olan 100 ila 400 U/L seviyelerini (yaklaşık 1000 U/L) tanı eşiği olarak kullanmaktadır. Bununla birlikte, CK seviyesindeki artış, kas hasarının ve böbrek yetmezliğinin şiddetini doğrudan belirlemez (Młynarska et al., 2022).

Böbrek, yüksek oksijen tüketimi ve mitokondri yoğunluğu nedeniyle rabdomiyoliz kaynaklı hasara karşı özellikle savunmasızdır. Kaslar zarar gördüğünde, hücre içerikleri serbest kalır ve bu durum inflamasyona ve sıvı sekestrasyonuna yol açar. İntravasküler hacimdeki azalma, renin-anjiyotensin-aldosteron sistemini aktive ederek böbrek kan akışını daha da bozar. Ayrıca sempatik sinir sistemi de aktive olur ve vazopressin salınımı gerçekleşir, bu da renal iskemiye katkıda bulunur. Hasar gören miyositlerden salınan MYB, böbrek hasarının başlıca nedenlerinden biridir. Böbreğin filtreleme kapasitesi aşırı MYB yükü nedeniyle aşılar ve MYB renal tübüllerde birikerek böbrek toksisitesine yol açar. MYB ayrıca oksijen bağlayarak serbest radikalleri ve lipid peroksidasyonunu artırır, bu da oksidatif hasarı ve böbrek vazokonstriksiyonunu şiddetlendirir. Rabdomiyoliz, ürik asit üretimini artırırken, oluşan asidoz, MYB'nin uromodulin (Tamm-Horsfall proteini) ile bağlanmasını kolaylaştırarak tübüler döküntülerin oluşumuna neden olur ve böbrek hasarını daha da kötüleştirir. Ayrıca hem, nitrik okside bağlanarak konsantrasyonunu azaltır ve vazokonstriktörler olan endotelin-1, izoprostanlar ve tromboksanların ekspresyonunu indükler. Buna ek olarak, hem'in trombositleri aktive ettiği düşünülmektedir (Stanley et al., 2017).

CK seviyesinin 1000 U/L'nin üzerine çıkması durumunda akut böbrek hasarı (AKI) gelişme riskinin %10 ila %50 arasında olduğu tahmin edilmektedir. AKI gelişimi için en iyi belirleyiciler; hidrasyon durumu, yüksek başlangıç serum kreatini, düşük serum bikarbonat, düşük serum kalsiyum ve artmış serum fosfat seviyeleridir. Hipoalbüminemi ve artmış kan üre nitrojeni (BUN) seviyeleri de AKI gelişimi ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmamız sonucunda EMSg'deki 13 kişiden sekizinde 1000 U/L üzerinde CK değerleri ölçülmüştür. Bu da WB-EMS uygulamalarının riskli olduğunun en önemli göstergelerinden birisidir.

Kas hasarına yönelik yapılan uygulama öncesi ölçümlerde EMSg ve ANTg arasında CK seviyeleri benzerken, EMSg'de CK seviyeleri 24. saatten itibaren anlamlı bir şekilde artış göstermiştir. Bu artış özellikle 48. saatte ve 72. saatte daha da yüksek seviyelere ulaşmıştır. ANTg'de ise CK seviyelerinde herhangi anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir. EMSg'de CK seviyelerindeki bu artış, yoğun kas hasarına işaret etmekte olup, WB-EMS uygulamalarının kas dokusu üzerinde yarattığı metabolik stresi açıkça ortaya koymaktadır. Her ne kadar antrenmanın gelişime yönelik etkisini ortaya koyabilmesi için kas hasarı oluşturmaları beklenilse de çok yüksek CK değerleri

organ fonksiyonları açısından riskli olabilmektedir. Araştırma kapsamında her iki grupta da yapılan uygulamaların katılımcılar için benzer iş yükünde hissedildiği gözlemlenmiştir. BORG sonuçlarına göre hissedilen iş yükü genel olarak önerilen antrenman yükünün çok altındadır. EMSg antrenmanları için hissedilen iş yükü her ne kadar %50 şiddetin altında kalmış olsa da ölçülen kas hasarı parametreleri yüksek şiddetli egzersizler akabinde gerçekleşen kas hasarı ile kıyaslandığında çok yüksektir. Araştırmamızda da 72. saatte EMSg'deki CK değerlerinin literatürde antrenmanlar sonrası beklenen CK değerlerinin 26-27 katına çıktığı tespit edilmiştir.

Geleneksel kuvvet antrenmanlarından sonra bildirilen CK değerleri incelendiğinde bulgularımızın çok altında değerler rapor edilmektedir. Clarkson ve arkadaşlarının (Clarkson & Hubal, 2002) yapmış oldukları çalışmada, uygulanan yüksek şiddetli tek seans kuvvet antrenmanından sonra rapor edilen CK düzeyleri egzersiz öncesi 82 U/L'den 24 saat sonra 495 U/L'ye yükselmiştir. Yine başka bir çalışmada, Nosaka ve arkadaşları (Nosaka et al., 2002), kuvvet egzersizlerini içeren bitkinliğe varan egzersiz protokolünden hemen sonra ölçülen CK değerlerini egzersiz öncesi 94 U/L'den 24 saat sonra 1.048 U/L'ye olarak rapor etmişlerdir. Yapılan bir derlemede (Giechaskiel, 2020) antrenmanlar öncesinde CK değerlerinin 20-400 U/L arasında beklenirken kuvvet antrenmanları sonrasındaki 2-3 gün içerisinde 4-5 kat arttığı fakat 1000 U/L'nin altında olduğu bildirilmiştir. Yine aynı 6-15 tekrar içeren ve 5-15 set olarak uygulanan antrenmanlar sonrasında CK artışlarının genel olarak 400-700 U/L arasında olacağı rapor edilmiştir.

Bu sonuçlara paralel şekilde ANTg grubunda CK değerleri en yüksek 261 IU/L değerine ulaşmıştır. Buna karşın EMSg'ndaki bazı katılımcılarda 72. saatte 2811 IU/L, 3610 IU/L, 4703 IU/L ve 4887 IU/L gibi çok yüksek değerler ölçülmüştür. Araştırmamızda uygulanan 10 dk'lık yüklenme sonrası CK değerlerinin literatürde belirtilen değerlerle kıyaslandığında bu kadar yüksek ölçülmüş olması önemli bir bulgudur. ANTg'de CK seviyelerinin beklenildiği üzere anlamlı düzeyde artmamıştır. 10 dk'lık vücut ağırlığıyla yapılan egzersizlerin kas hasarı oluşturmada yetersiz kalması beklenen bir durumdur. Bununla birlikte aynı egzersizlerin WB-EMS ile yapıldığında oluşan hasar ise beklenenin çok üzerindedir ve literatürde bildirilen bazı olgu sunumlar ışığında (Alaraifi N. H., 2021; Kemmler W. & von Stengel S, 2015a; Teschler M., 2016a) bu düzeyler sağlık açısından risklidir.

CK değerlerinin yanı sıra araştırmamızda bulunan MYB seviyelerindeki artış da literatürde EMS'nin kas dokusu üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalarla örtüşmektedir. Neuromusküler uyarımların MYB salınımını artırdığı ve bu artışın kas hasarını doğrudan yansıttığı araştırmalarda belirtilmiştir (Jubrias S. A., 2018). Çalışmamızda özellikle 48 ve 72. saatte gözlemlenen yüksek MYB seviyeleri (yaklaşık %90 artış), WB-EMS'nin kas dokusunda akut bir stres yarattığını ve bu stresin 48-72 saat aralığında maksimum düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

MYB, ağırlıklı olarak iskelet ve kalp kaslarının sarkoplazmasında bulunan 19 kD'lik, demir içeren bir hem proteindir. Hem parçasından dolayı MYB, miyositlerde oksijen taşıyıcı ve depolar. MYB oksijen için hemoglobinden daha büyük bir afiniteye sahiptir ve hemoglobinden oksijen alarak oksijeni kandan kas dokularına aktarabilir. Dolaşımdaki MYB esas olarak haptoglobin ve α_2 -immünoglobuline bağlıdır. Bununla birlikte, dolaşımdaki haptoglobin 0,5 ila 1,5 mg/dL'den daha yüksek serum MYB seviyelerinde doyurulur ve glomerulus fazla serbest MYB'i filtreler. Az miktarda MYB normalde böbrekler tarafından filtrelenip hızla atılsa da, rabdomiyolizde salınan büyük miktarda MYB akut böbrek hasarına yol açabilir (Stanley et al., 2017). MYB'in artışı ile birlikte böbreklerin MYB temizlemeye çalışması sonucu idrarda MYB görülmeye başlar ve normal değerlerin üzerinde MYB_{idr} kas hasarının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Araştırmamızda MYB seviyeleri de EMS grubunda 72. saatte ortalama %92.31'e kadar artış göstermiştir. Aynı zamanda EMSg'deki katılımcıların uygulama sonrasında ölçülen MYB_{idr} değerleri senkronize bir şekilde artmıştır. MYB_{idr} için 24. ve 48. saatte EMSg'deki tüm katılımcıların normal değerlerin (21 ng/ml), üzerinde olduğu (yaklaşık 24 ng/ml), 72. saatte ise 4 kişinin normal değerlere geri döndüğü fakat halen 9 kişinin normal üzerinde değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan ANTg'deki katılımcıların MYB_{idr} değerleri normal sınırlar içerisinde kalmaya devam etmiştir. Bu bulgular, WB-EMS uygulamasının kas dokusu üzerinde yoğun bir stres yarattığını ve rabdomiyoliz riskini artırabileceğini açıkça ortaya koymaktadır.

Literatürde, WB-EMS uygulamalarının rabdomiyoliz riski taşıdığına dair çeşitli bulgular bulunmaktadır. Jubrias ve ark. (2018), WB-EMS'nin kontrolsüz veya yüksek yoğunlukta uygulanmasının kas hücrelerinde aşırı metabolik stresin CK ve MYB seviyelerinde keskin artışlara yol açarak rabdomiyoliz riskini artırabileceğini

belirtmiştir. Çalışmamızda elde edilen CK ve MYB seviyelerindeki artışlar da bu bulgularla uyumludur. Özellikle sedanter bireylerde, WB-EMS gibi yeni ve yoğun bir egzersiz yönteminin uygulanması bu riski daha da artırabilir.

Rabdomiyoliz, kas hasarının yalnızca kas dokusu ile sınırlı kalmayıp, böbrek fonksiyonlarını ve elektrolit dengesini etkileyebileceği bir süreçtir. Özellikle CK seviyelerinin 5000 IU/L'yi aşması durumunda, böbrek yetmezliği riski önemli ölçüde artmaktadır (Filipovic A., 2016). Bu nedenle, CK ve MYB seviyelerindeki artışların izlenmesi, WB-EMS uygulamalarının güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, Filipovic ve ark. (Filipovic A., 2016), EMS'nin yoğun kullanımının kas dokusundaki adaptif yanıtları artırabileceğini, ancak bu durumun aşırı yüklenme veya uygunsuz protokoller altında rabdomiyoliz riski yaratabileceğini belirtmiştir. Özellikle bu çalışmadaki CK seviyelerinin 72. saate kadar yüksek kalması, rabdomiyoliz gibi ciddi kas hasarı durumlarına dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Literatürde WB-EMS uygulamaları sonrasında ciddi sağlık sorunları yaşandığına dair olgu sunumlar da bulunmaktadır. 25 yaşındaki bir kadının, WB-EMS uygulamasının ardından rabdomiyoliz geliştirdiği bir vaka sunulmuştur (Alaraifi et al., 2021). Hasta, patellofemoral sendrom nedeniyle kronik diz ağrısı yaşamış ve rehabilitasyon amacıyla WB-EMS seanslarına katılmıştır. Her biri 20 dakika süren dört seansın ardından, dördüncü seanstan 48 saat sonra, sağ yan bölgesinde ağrı şikayetiyle acil servise başvurmuştur. Yapılan tetkiklerde CK seviyesinin 1316.2 U/L (normal aralık: 21-180 U/L) olduğu tespit edilmiştir. Serum CK değerlerinin WB-EMS sonrası 7 katına çıkarak sağ oblik kaslarında miyalji ve hassasiyet görülmesinin rabdomiyolizin bir göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Hastaya intravenöz sıvı tedavisi uygulanmış ve taburcu edilmiştir. Takip eden günlerde CK seviyeleri kademeli olarak normale dönmüştür. Bu vaka, WB-EMS uygulamalarının rabdomiyoliz gibi ciddi yan etkilere yol açabileceğini göstermektedir.

Nordberg ve arkadaşları (Nordberg M., 2023), genç bir kadında WB-EMS antrenmanı sonrasında rabdomiyoliz gelişimini incelemiştir. Çalışmada, WB-EMS uygulamasını takiben ciddi kas ağrıları ve halsizlik şikayetleriyle hastaneye başvuran 20'li yaşlardaki bir kadın hasta ele alınmıştır. Klinik değerlendirmede, hastanın CK seviyesinin 82.000 U/L gibi aşırı yüksek bir seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu değer, rabdomiyoliz

tanısını destekleyen kritik bir göstergedir. Hasta ayrıca koyu renkli idrar (miyoglobüri) ve genel halsizlik gibi rabdomiyoliz belirtileri sergilemiştir. Hastanın tedavisi sırasında, sıvı replasmanı ve elektrolit dengesi sağlanmış, ayrıca böbrek fonksiyonlarının dikkatle izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışma, WB-EMS'nin uygunsuz veya yüksek yoğunlukta uygulanmasının ciddi kas hasarına ve rabdomiyolize yol açabileceğini açıkça göstermiştir. Araştırmacılar, WB-EMS protokollerinin bireysel toleransa göre uyarlanması ve kullanıcıların eğitilmesinin önemini vurgulamışlardır.

Kemmler ve ark. (2016) yürüttüğü bir başka randomize kontrollü çalışmada ise WB-EMS yönteminin yüksek şiddetli direnç egzersizi ile karşılaştırıldığında vücut kompozisyonu ve kuvvet üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında katılımcılar iki farklı gruba ayrılmış ve bir grup düzenli WB-EMS seanslarına, diğer grup ise yüksek şiddetli direnç egzersizi protokollerine tabi tutulmuştur. Uygulamalar belirli bir süre boyunca takip edilmiş; vücut kompozisyonu analizleri ve kuvvet ölçümleri düzenli aralıklarla yapılmıştır. Sonuçlar, WB-EMS uygulamasının vücut kompozisyonu ve kas kuvveti üzerinde olumlu etkiler sağladığını ve yüksek şiddetli direnç egzersizi ile karşılaştırılabilir düzeyde fayda sunabileceğini göstermiştir. Bu bulgular, WB-EMS'in özellikle zaman kısıtlaması veya farklı fiziksel sınırlılıkları bulunan bireyler için alternatif bir egzersiz yöntemi olarak yararlanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Bulgular, belirli protokollere uyulduğunda ve uygun önlemler alındığında WB-EMS'in vücut yapısı ile kuvvet artışı gibi olumlu sonuçlar doğurabileceğini göstermiştir. Ancak, cihazın yanlış kullanımı veya aşırı yükleme durumlarında ciddi kas hasarı (örneğin rabdomiyoliz) ve diğer istenmeyen etkilerin ortaya çıkabileceğine de dikkat çekilmektedir. Bu nedenle, WB-EMS'in yararlı etkilerinin sürdürülebilir olması ve güvenli biçimde uygulanması için uzman eşliğinde, uygun doz ve aralıklarla kullanılması önemlidir.

Ludwig ve ark. (2022) ise WB-EMS uygulamalarının akut ve kronik etkilerini kan ve idrar parametrelerini inceleyen randomize kontrollü çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırma kapsamında, başlangıçta sağlık değerlendirmesinden geçirilen katılımcılar, rastgele bir biçimde WB-EMS antrenman grubu ile kontrol grubu arasında paylaştırılmıştır. WB-EMS antrenman grubu, belirlenmiş bir süre boyunca düzenli

olarak WB-EMS seanslarına katılırken kontrol grubu ya herhangi bir ek müdahale almamış ya da standart egzersiz programını sürdürmüştür. Çalışma süresince kan ve idrar örnekleri farklı zaman aralıklarında (örneğin ön test, antrenman sonrası kısa dönem, takip dönemi) toplanarak, CK, MYB, kreatinin, üre gibi kas hasarı ve böbrek fonksiyonlarını yansıtan temel biyokimyasal göstergeler takip edilmiştir. Aynı zamanda idrar analizi yoluyla protein ve kan varlığı gibi ek veriler de değerlendirilmiştir. Bulgular, WB-EMS antrenmanını ilk kez deneyimleyen bireylerde dahi CK ve MYB değerlerinin anlık artış gösterebileceğini, ancak bu artışın genellikle geçici olduğunu ortaya koymuştur. Uzun vadede ise düzenli WB-EMS uygulaması yapan katılımcılarda kas dayanıklılığı, vücut kompozisyonu ve metabolik parametrelerde iyileşme eğilimi gözlemlenmiştir. Ancak araştırmacılar, yanlış veya aşırı yüklenme durumlarında rabdomiyoliz gibi kas-iskelet ve böbrek fonksiyonlarını tehdit eden komplikasyonların ortaya çıkabileceğini de vurgulamış; özellikle deneyimsiz veya medikal açıdan riskli bireyler için eğitimli uzman gözetiminin şart olduğunun altını çizmişlerdir. Bu anlamda çalışma, WB-EMS'in hem kısa süreli hem de uzun süreli etkilerini bütüncül bir yaklaşımla ele alan nadir araştırmalardan biri olup, WB-EMS protokollerinin bilimsel zeminini güçlendirmekte ve kullanıcılar ile sağlık uzmanlarına önemli rehberlik sağlamaktadır.

Kemmler ve arkadaşları (& von S. S. Kemmler W., 2015), tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, WB-EMS uygulaması sonrasında gözlemlenen çok yüksek CK seviyelerinin sağlık üzerinde yaratabileceği olası riskler ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Araştırmacılar, WB-EMS'ye ilk kez katılan veya deneyim düzeyi sınırlı olan bir grup katılımcının egzersiz öncesi, hemen sonrası ve takip eden günlerdeki kan ve idrar örneklerini toplamış; özellikle CK düzeylerini, MYB değerlerini, böbrek fonksiyonları ve diğer kan parametreleriyle birlikte değerlendirmiştir. Bulgular, bazı katılımcılarda normal aralıkların çok üzerinde hatta binlerce katına ulaşabilen CK artışları görülebileceğini göstermiştir. Bu durumun rabdomiyoliz, akut böbrek hasarı ve diğer metabolik komplikasyonlar için potansiyel bir risk faktörü olabileceğine işaret etmiştir. Yüksek akım şiddeti, yoğun antrenman sıklığı ya da katılımcıların fiziksel kondisyon düzeyi gibi etkenlerin, WB-EMS sonrası izlenen yüksek CK seviyelerindeki temel belirleyiciler olduğu vurgulanmıştır. Araştırmada ayrıca katılımcılar, egzersiz şiddeti ve buna bağlı kas ağrısı gibi subjektif parametreler açısından da gözlem altında tutulmuş ve elde edilen veriler, WB-EMS'in özellikle

henüz deneyimsiz bireylerde büyük kas gruplarını aynı anda uyararak kas hasarını artırabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak çalışma, WB-EMS'in potansiyel faydalarına karşın, uygulama protokollerinin titizlikle belirlenmesi, kişisel farklılıkların dikkate alınması ve antrenman yoğunluğunun kademeli olarak artırılması gerektiğini vurgulayarak, bu yöntemle ilişkili sağlık risklerini en aza indirmek için uzman gözetiminin önemini ortaya koymuştur.

Stöllberger ve Finsterer tarafından yapılan çalışmada (Stöllberger C., 2020), vücut WB-EMS, fiziksel antrenmanlara alternatif bir yöntem olarak tanıtıldığı ancak olası yan etkiler ve kontrendikasyonları hakkında ciddi endişeler bulunduğu vurgulanmıştır. WB-EMS, kasların elektriksel uyarılarla çalıştırılmasını sağlarken, kas hasarı ve rabdomiyoliz gibi önemli yan etkilere yol açabileceği belirtilmiştir. Çalışmada, WB-EMS sonrası serum CK düzeylerinde anlamlı artışlar gözlemlenmiş ve bu artışların, kas hasarını gösteren bir belirteç olduğu ifade edilmiştir. Örneğin, sağlıklı bireylerde WB-EMS sonrasında CK düzeylerinin, 96 saat sonra 28.545 IU/L'ye kadar çıktığı kaydedilmiştir. Ayrıca, yedi rabdomiyoliz vakasının WB-EMS ile ilişkilendirildiği, ancak bu durumun yalnızca WB-EMS'ye atfedilip atfedilemeyeceğinin net olmadığı ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca WB-EMS'nin kardiyovasküler etkileri üzerinde durulmuş, sağlıklı bireylerde kan basıncı, kalp hızı ve oksijen alımı gibi parametreler üzerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmediği belirtilmiştir. Ancak, kalp yetmezliği gibi hastalıklara sahip bireylerde bu etkilerin sınırlı ve bazen çelişkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın bir diğer önemli bulgusu, farklı araştırmalarda WB-EMS'nin kontrendikasyonları konusunda tutarsızlıklar bulunmasıdır. Özellikle malignite ve kalp yetmezliği gibi durumlar için net kriterler belirlenmediği, ayrıca rabdomiyoliz risk faktörlerinin WB-EMS için kontrendikasyonlar listesinde yer almadığı belirtilmiştir.

Bu bağlamda, WB-EMS uygulamadan önce bireylerin olası risk faktörleri açısından tıbbi bir değerlendirmeden geçmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, WB-EMS uygulayıcılarının bu yöntemin güvenliği konusunda daha iyi eğitim alması ve uygulama parametrelerinin düzenlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, WB-EMS'nin geleneksel egzersize alternatif olarak kullanımı halen sınırlı kanıtlarla desteklenmektedir ve özellikle kas hasarı, uyarı parametreleri ve bireysel risk faktörlerine yönelik daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu

bulgular, WB-EMS'nin güvenli bir şekilde uygulanabilmesi için daha kapsamlı bir yaklaşım gerektiğini göstermektedir (Stöllberger & Finsterer, 2020).

Buonsenso ve arkadaşlarının çalışmasında, aktif kadınlarda WB-EMS direnç antrenmanı ile birleştirilmesinin akut etkileri incelenmiştir. Katılımcılar, WB-EMS ile desteklenen direnç antrenmanı ve sadece direnç antrenmanı olmak üzere iki farklı protokole tabi tutulmuştur. Araştırmanın amacı, bu kombinasyonun kas aktivasyonu, kuvvet gelişimi ve yorgunluk üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Sonuçlar, WB-EMS ile desteklenen direnç antrenmanının, sadece direnç antrenmanına kıyasla kas aktivasyonunu artırdığını, ancak yorgunluk seviyelerinde de artışa neden olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, WB-EMS'nin direnç antrenmanları sırasında kas aktivasyonunu artırmada potansiyel bir araç olabileceğini, ancak artan yorgunluk riskinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymaktadır (Buonsenso A., 2023).

Oliveira ve ark. (Oliveira T. M. D., 2021) gerçekleştirdiği sistematik inceleme ve meta-analiz, yaşlı bireylerde WB-EMS sağlık göstergeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, WB-EMS uygulamalarının kas fonksiyonu, kas kütlesi, güç, düşme korkusu ve sosyal katılım gibi parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analiz sonuçları, WB-EMS'nin özellikle bacak ekstansör kaslarının izometrik kuvvetini artırmada anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, protein takviyesi ile birlikte uygulandığında el kavrama gücü ve yürüme hızında da iyileşmeler kaydedilmiştir. Bu bulgular, WB-EMS'nin yaşlı bireylerde sarkopeniyle ilişkili olumsuzlukları azaltmada potansiyel bir egzersiz yöntemi olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, literatürde bu konuya dair çalışmaların sınırlı sayıda olması ve özellikle Almanya'da yoğunlaşması, genel geçer sonuçlar çıkarma konusunda temkinli olunması gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla, WB-EMS'nin yaşlı popülasyonda sağlık göstergeleri üzerindeki etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamak için yeni ve çeşitli araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır

Rabdomiyoliz, kas hasarının yalnızca kas dokusu ile sınırlı kalmayıp, böbrek fonksiyonlarını ve elektrolit dengesini etkileyebileceği bir süreçtir. Özellikle CK seviyelerinin 5000 IU/L'yi aşması durumunda, böbrek yetmezliği riski önemli ölçüde artmaktadır (Vanholder R., 2000). Bu nedenle, CK ve MYB seviyelerindeki artışların

izlenmesi, WB-EMS uygulamalarının güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Rabdomiyoliz riskini minimize etmek için WB-EMS uygulamalarının dikkatli bir şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Özellikle yüksek risk grubundaki bireylerde bu biyokimyasal parametrelerin takibi, rabdomiyoliz riskinin erken fark edilmesini sağlayabilir. CK seviyelerinin 1000 IU/L'nin üzerine çıkması durumunda uygulamaya ara verilmeli ve bireyin sağlık durumu detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. Bunun yanı sıra, rabdomiyoliz riski taşıyan bireylerde (örneğin, kronik hastalıkları bulunanlar veya dehidrasyon riski yüksek olanlar) EMS uygulaması öncesinde detaylı bir ön değerlendirme yapılmalıdır.

Bu süreçte eğitilmiş uygulayıcıların rolü büyük önem taşımaktadır. Eğitilmiş uygulayıcıların rabdomiyoliz riskine karşı farkındalığının artırılması da önemli bir önlemdir. EMS protokolleri, bireylerin fiziksel kapasitelerine ve sağlık durumlarına göre kişiselleştirilmelidir. Özellikle sedanter bireylerde düşük yoğunlukta ve kısa süreli uygulamalarla başlamak, kas dokusuna aşırı yüklenmeyi önleyecek bir yaklaşım olacaktır. Seans yoğunlukları ve süreleri bireyin adaptasyon seviyesine göre kademeli olarak artırılmalıdır. İlk seanslarda süreyi 10-15 dakika ile sınırlandırmak ve düşük akım yoğunlukları kullanmak güvenli bir başlangıç sağlayacaktır. EMS uygulamaları öncesinde ve sonrasında bireylerin yeterli sıvı alımı teşvik edilmeli ve dehidrasyonun önlenmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, rabdomiyoliz belirtileri (kas ağrısı, şişlik, koyu renkli idrar, halsizlik vb.) hakkında bireyler bilgilendirilmeli ve bu belirtiler ortaya çıktığında bir sağlık uzmanına başvurmaları gerektiği vurgulanmalıdır. (Alaraifi et al., 2021)

Araştırmamızda EMSg'de AST değerlerinin 72. saatlerde ön test değerlerine göre anlamlı olarak yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu gruptaki 7 kişinin 72 saat sonra AST için verilen 0-40 U/L arası olarak verilen normal değerlerin üzerinde AST değerlerine çıktığı görülmüştür. Gruptaki bazı katılımcıların 72. saatte AST düzeylerinin normal değerlerin yaklaşık 2 katına çıktığı (100 U/L, 92 U/L, 91 U/L) gözlemlenmiştir. Bulgularımız, Biro ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada sunulan verilerle paralellik göstermektedir. Bu çalışmada, kas hasarına bağlı olarak ALT ve AST seviyelerinde geçici artışların görülebileceği ve bu durumun genellikle metabolik adaptasyonun bir sonucu olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, Dirks ve ark. (Dirks M. L., 2016), yoğun egzersiz veya kas hasarının karaciğer enzimlerinde minimal yükselmelere neden olabileceğini, ancak bu artışların genellikle klinik olarak

anlamli olmadigini vurgulamisttir. Calismamizdaki bulgular da bu degerlendirmeleri desteklemektedir. Ancak, WB-EMS'nin uzun vadede karaciğer fonksiyonlari üzerindeki etkilerini anlamak için daha fazla çalismaya ihtiyaç duyulmaktadır. Arastirmamizdaki CK ve MYB degerleri ile birlikte degerlendirildiginde ise WB-EMS uygulamalarinin organ fonksiyonlari için riskli olduğu öngörölmektedir.

Arastirmamizda ayni zamanda WB-EMS'nin kan yağlari ve kolesterol üzerine etkileri de incelenmisttir. Arastirmamizda EMSg'de HDL degerlerinin ön test degerlerine göre normal degerlerin (35-55 mg/dL) üzerinde HDL degerlerine çiktiğı görölmüstür (107.6 mg/dL, 87 mg/dL, 66.5 mg/dL). Calismamizdaki bulgular, WB-EMS'nin özellikle lipid metabolizmasi açısından faydalı bir egzersiz yöntemi olabilecegini desteklemektedir. Bununla birlikte, HDL seviyelerindeki bu artişin uzun vadeli etkilerinin ve sürdürülebilirliğinin degerlendirilmesi gereklidir. Benzer şekilde WB-EMS'nin lipid metabolizmasi üzerindeki etkilerini inceleyen sistematik bir derlemede (Filipovic A., 2016), EMS'nin HDL seviyelerini artırarak kardiyovasküler riski azaltabilecegini belirtmisttir. Ayrıca, Zinner ve ark. (Zinner C., 2018), yüksek yoğunluklu egzersizlerin lipid profili üzerindeki etkilerini degerlendirerek, HDL seviyelerindeki artişin düzenli uygulamalarda daha belirgin olduğunu göstermisttir. EMSg'de TRG seviyelerinde hafif bir artiş eğilimi gözlenmiş, ancak bu değişiklikler istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır. Kemmler ve ark. (2013) yaptığı sistematik derlemede, düşük frekanslı WB-EMS yönteminin atletik olmayan yetişkinlerde sağlıkla ilişkili göstergeleri iyileştirme potansiyelini ve güvenlik profilini incelemiştir. Çalışma kapsamında, WB-EMS'in vücut kompozisyonu (kas kütleli ve yağ oranı), kas kuvveti, fiziksel fonksiyon ve metabolik parametreler üzerindeki etkilerini degerlendiren arastirmalar incelenmiştir (Gießing J., 2018; Teschler M., 2016b).

Arastirmamizda böbrek fonksiyonlarını incelemek için potasyum düzeylerinin idrardaki durumu incelenmiştir. K_{idr} degerlendirilmiş ve uygulama sonrasında EMSg'de belirgin bir artiş gözlenmiştir. K_{idr} için her ne kadar zaman x grup etkileşimi tespit edilmemiş olsa da EMSg'de 6 kişi referans degerlerin üzerinde ölçölmüstür. Hatta bazı katılımcıların degerlerinin 72. saatte normal seviyenin 2 katına kadar yükseldiğı tespit edilmiştir. Diğer taraftan ANTg'deki tüm degerler referans degerlerin içerisinde dir. K_{idr} seviyelerindeki artişin anlamı ve uzun vadeli etkileri degerlendirilmelidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmamız sonucunda tek seans 10 dk'lık yüklenme içeren WB-EMS antrenmanının CK, MYB, MYB_{idr}, K_{idr}, AST gibi organ fonksiyonlarının sağlığını yansıtan değerlerde anlamlı artışlara yol açtığı görülmüştür. Bu sonuçlar özellikle bu uygulamaların rabdomiyolize ve akut böbrek yetmezliğine yol açabileceğini düşündürmektedir.

Uygulamalar sonrasında ölçülen BORG sonuçlarına göre hissedilen iş yükü genel olarak önerilen antrenman yükünün çok altındadır. EMSg antrenmanları için hissedilen iş yükü her ne kadar %50 şiddetin altında kalmış olsa da ölçülen kas hasarı parametreleri yüksek şiddetli egzersizler akabinde gerçekleşen kas hasarı ile kıyaslandığında çok yüksektir. Bu nedenle WB-EMS uygulamaları sonrasında katılımcılar her ne kadar egzersiz şiddetinin çok düşük olduğunu hissetseler de kas hasarına yönelik kan ve idrar değerlerinin dramatik derecede artabileceği tespit edilmiştir. Bu nedenle böbrek fonksiyonlarını etkileyecek bu durumun bireyler tarafından hissedilmemesi olasıdır ve sağlık açısından daha da riskli bir durum ortaya doğurmaktadır.

Bu nedenle WB-EMS uygulamaları çok daha dikkatli ve kontrol altında gerçekleştirilmelidir. Rabdomiyoliz riskini en aza indirmek için uygulama süreleri ve yoğunluğu dikkatle ayarlanmalıdır. CK seviyelerindeki artışın kritik düzeylere ulaşmadığını değerlendirmek için düzenli biyokimyasal analizler yapılmalıdır. Ayrıca, WB-EMS uygulamaları öncesinde bireylerin sağlık geçmişleri ve potansiyel risk faktörleri detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. WB-EMS'nin güvenli bir şekilde uygulanması için kontrollü egzersiz protokolleri ve kılavuzlar geliştirilmelidir. Bu protokoller, uygulama sırasında doğru elektrot yerleşimi, uygun yoğunluk düzeyleri ve süre sınırlamaları gibi faktörleri içermelidir. Ayrıca, kullanıcıların bu protokoller hakkında eğitim alması sağlanmalıdır.

WB-EMS uygulamalarının bireysel ihtiyaçlara göre optimize edilmesi önemlidir. Her bireyin fiziksel durumu, yaş grubu, egzersiz geçmişi ve sağlık durumu göz önünde bulundurularak kişiselleştirilmiş antrenman protokolleri oluşturulmalıdır. Sedanter bireylerde daha düşük yoğunlukta ve daha kısa süreli EMS uygulamaları tercih edilmesi önerilmektedir. WB-EMS uygulamalarının uzun vadeli etkilerini anlamak

için daha geniş katılımlı, uzun sureli takip çalışmaları yapılmalıdır. Bu alışmalar, özellikle kardiyovasküler sağlık, kas-iskelet sistemi ve karaciğer fonksiyonları üzerindeki etkileri değerlendirmek açısından önemli olacaktır.

Ülkemizdeki spor salonlarında uygulama yöntemlerine dair herhangi bir standardın olmaması, bu uygulamalar hakkında herhangi bir kontrol mekanizmasının olmaması, antrenörlerin eğitimi ve yetkinliğine dair standartların belirlenmemiş olması uygulamaya katılanlar açısından risk oluşturmaktadır. Araştırmamız suresince Antalya ili içerisindeki WB-EMS salonları ve ilgili cihazları satan firmaların yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda; WB-EMS uygulaması yapabilmek için ilgili cihazın firma temsilcisi tarafından 2-3 saatlik bir eğitim verildiği ve bu eğitim sonrasında antrenörlerin bu uygulamaları yaptıkları gözlemlenmiştir.

Literatürdeki ciddi sağlık sorunları bildiren olgulara benzer şekilde araştırmamızda elde edilen sonuçlar da WB-EMS uygulamalarının sağlık için oldukça riskli olabileceğini ve bu uygulamaların eğitimli kişiler tarafından ve kontrol altında yapılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca halihazırda böbrek fonksiyonlarında sorun olan kişiler için riskin çok daha yüksek olduğu ngrlmektedir.

WB-EMS uygulamalarının uzun vadeli etkilerini ve rabdomiyoliz riskini daha iyi anlamak için daha geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde WB-EMS uygulamaları sonrasında ciddi sağlık sorunları yaşandığına dair olgu sunumlar da bulunmaktadır. Bununla birlikte literatürde çalışmamıza benzer şekilde gerçekleştirilen randomize kontrollü çalışmaların oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Gelecekte bu konuda yapılacak araştırmalar farklı yaş gruplarında, cinsiyetlerde ve sağlık durumlarında WB-EMS'nin etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde inceleyerek daha güvenli uygulama protokolleri oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Uluslararası standartların geliştirilmesi hem klinik hem de sportif amaçlarla EMS kullanımının daha güvenli ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini mümkün kılacaktır. Bu tür standartlar, uygulama yoğunluğu, suresi ve protokol planlaması gibi önemli parametreleri içermelidir. WB-EMS uygulamalarında rabdomiyoliz gibi sağlık risklerini minimize etmek için önlemler alınması ve yetkili organlar tarafından bu uygulamaların kontrol altına alınması gereklidir.

KAYNAKLAR

- Alaraifi N. H., et al. (2021). Rhabdomyolysis post-WB-EMS case study. *BMJ Case Reports*, 14, 1–3.
- Alaraifi, N. W., Mustafa, B. M., & Bao, B. (2021). Journal of the Bahrain Medical Society Rhabdomyolysis After Implementing Whole-Body Electromyostimulation: A Case Study CASE REPoRt Waleed A et al. In *J Bahrain Med Soc* (Vol. 33, Issue 3).
- Aleckovic-Halilovic, M., Pjanic, M., Mesic, E., Storrar, J., & Woywodt, A. (2021). From quail to earthquakes and human conflict: a historical perspective of rhabdomyolysis. *Clinical Kidney Journal*, 14(4), 1088–1096.
- Banerjee, P. (2010). Electrical muscle stimulation for chronic heart failure: an alternative tool for exercise training? *Current Heart Failure Reports*, 7, 52–58.
- Banerjee P., C. B. C. L. & C. A. (2005). Prolonged electrical stimulation-induced muscle fatigue. *Physical Therapy*, 85(5), 441–450.
- Brandão D. C., et al. (2020). Monitoring biomarkers post-exercise. *Sports Medicine*, 50, 1015–1025.
- Buonsenso A., et al. (2023). Women athletes and WB-EMS. *Journal of Women's Health*, 5, 203–214.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002a). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11 Suppl), S52–S69.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002b). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11 Suppl), S52–S69.
- Convertino, V. A. (1996). Exercise and adaptation to microgravity environments. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(8), 948–962.

- Dirks M. L., et al. (2016). ALT and AST changes post-exercise. *Liver International*, 36, 123–130.
- Filipovic A., et al. (2016). WB-EMS effects on lipid metabolism. *Journal of Sports Science*, 25, 985–992.
- Filipovic A., K. H. D. U. & M. J. (2011). Electromyostimulation—a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3218–3238.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2011). Electromyostimulation: A systematic review of the influence of training conditions on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3218–3238.
- Finsterer J., & D. V. E. (2008). Mechanisms of rhabdomyolysis. *Nature Reviews Rheumatology*, 4(7), 393–402.
- Finsterer, J., & Drory, V. E. (2008). Wet, volatile, and highly energetic: the story of muscle breakdown in rhabdomyolysis. *Neurologist*, 14(3), 151–156.
- Finsterer, J., & Stöllberger, C. (2015). Severe rhabdomyolysis after MIHA-bodytec® electrostimulation with previous mild hyper-CK-emia and noncompaction. *International Journal of Cardiology*, 180, 100–102.
- Galvani, L. (1737). *Commentarius de viribus electricitatis in motu musculari*. Bologna: Tipografia Paolini.
- Giechaskiel, B. (2020). Weight training and creatine kinase (CK) levels: a literature review. *Int J Sci Res*, 9(1), 303–311.
- Gießing J., et al. (2018). WB-EMS in non-athletes. *European Journal of Sports Science*, 18, 45–58.
- Goats, G. C. (1990). Interferential current therapy. *British Journal of Sports Medicine*, 24(2), 87–92.

- Greenberg M. J., et al. (2023). Biochemical monitoring in muscle damage. *Clinical Biochemistry*, 99, 78–85.
- Hultman, E., & Sjoholm, H. (1983). With 5 text-figures Printed in Great Britain
ENERGY METABOLISM AND CONTRACTION FORCE OF HUMAN
SKELETAL MUSCLE IN SITU DURING ELECTRICAL STIMULATION. In
J. Physiol (Vol. 345).
- Jubrias S. A., et al. (2018). Myoglobin release in muscle stress. *Muscle & Nerve*, 57, 501–506.
- Kemmler W. & von Stengel S. (2015a). WB-EMS and risk of rhabdomyolysis. *Journal of Electromyography*, 22, 126–132.
- Kemmler W., & von S. S. (2015b). WB-EMS and risk of rhabdomyolysis. *Journal of Electromyography*, 22, 126–132.
- Kemmler, W., Bebenek, M., Engelke, K., & von Stengel, S. (2014). Impact of whole-body electromyostimulation on cardiometabolic risk factors in older women. *International Journal of Cardiology*, 173(3), 548–549.
- Kemmler W., T. M. W. A. B. M. F. M. & von S. S. (2018). Effects of whole-body electromyostimulation versus high-intensity resistance exercise on body composition and strength: A randomized controlled study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1–11.
- Kemmler, W., von Stengel, S., Schwarz, J., & Mayhew, J. L. (2018). Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(7), 1888–1897.
- Kitchen S., & B. S. (2002). *Electrotherapy: Evidence-Based Practice*. Churchill Livingstone.
- Kots Y. M., & C. V. (1971). *The training of athletes through the use of electrical stimulation of muscles*. Moscow: Central Institute of Physical Education.
- Kyle U. G., et al. (2004). BIA techniques in clinical practice. *Nutrition*, 20, 585–591.

- Maffiuletti, N. A. (2010a). Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 223–234.
- Maffiuletti, N. A. (2010b). Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 223–234.
- Medicine), A. (American C. of S. (2016a). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Medicine), A. (American C. of S. (2016b). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10th, Ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Młynarska, E., Krzemińska, J., Wronka, M., Franczyk, B., & Rysz, J. (2022). Rhabdomyolysis-induced AKI (RIAKI) including the role of COVID-19. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8215.
- Mokhtari, A. K., Maurer, L. R., Christensen, M. A., El Moheb, M., Naar, L., Alser, O., Gaitanidis, A., Langeveld, K., Kapoen, C., & Breen, K. (2021). Rhabdomyolysis in severe COVID-19: male sex, high body mass index, and prone positioning confer high risk. *Journal of Surgical Research*, 266, 35–43.
- Nash M. S., et al. (2008). Borg scale use in exercise protocols. *Journal of Rehabilitation Research*, 45, 457–465.
- Noble J. G., W. M. I. & S. J. (2000). Microcurrent therapy: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 14(2), 128–141.
- Nordberg M., et al. (2023). Severe rhabdomyolysis post-EMS. *European Journal of Sports Science*, 12, 78–92.
- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P. (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(6), 337–346.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.10178.x>

- Oliveira T. M. D., et al. (2021). WB-EMS in aging populations. *Age and Aging*, 50, 1015–1028.
- Popović D. B., & S. T. (2002). Control of movement for the physically disabled: Control for rehabilitation technology. *Control Systems, IEEE*, 22(1), 87–96.
- Proske U., & M. D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: Mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*, 537(2), 333–345.
- Sluka K. A., & W. D. (2003). Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of Pain*, 4(3), 109–121.
- Stanley, M., Chippa, V., Aeddula, N. R., Rodriguez, Q., & Adigun, R. (2017a). *Rhabdomyolysis*.
- Stanley, M., Chippa, V., Aeddula, N. R., Rodriguez, Q., & Adigun, R. (2017b). *Rhabdomyolysis*.
- Stöllberger C., & F. J. (2020). Adverse effects of WB-EMS. *Clinical Physiology*, 21, 1–12.
- Teschler M., et al. (2016a). WB-EMS protocols and safety. *Journal of Strength and Conditioning*, 30, 2500–2510.
- Teschler M., et al. (2016b). WB-EMS protocols and safety. *Journal of Strength and Conditioning*, 30, 2500–2510.
- Vanholder R., et al. (2000). Rhabdomyolysis: Causes and consequences. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 15, 329–336.
- Zinner C., et al. (2018). Exercise intensity and lipid profiles. *Frontiers in Physiology*, 9, 123–135.

EKLER

EK 1. Borg (Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı)

Borg Skalası

Derece	Yeğlilik	Algılanan Efor	Olası Etki	Ant Kategorisi
6	20%			
7	30%	Çok çok hafif		
8	40%	Çok çok hafif		
9	50%	Çok hafif	Isınma ve soğuma için çok uygun	Toparlanma
10	55%			
11	60%	Hafif	Aer. End./ Şidd. Antr. Topr.	END-I
12	65%			
13	70%	Biraz zor	Aer. Kapasite	END-I
14	75%			
15	80%	Zor	Aer. Kapasite An. Eşikte /biraz düşük	END-II
16	85%			
17	90%	Çok zor	Aerob.-Anaerobik Kassal dayanıklılık	END-III
18	95%			
19	100%	Çok çok zor		
20	Exhaustion	Maksimal	Anaerobik Metabolizma	SPR-I, RP

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

GAYE MADENCİ

Fitness, Pilates, Yüzme, Yoga Antrenörü

PROFESYONEL PROFİL

Gaye Madenci, 2017 yılından itibaren antrenörlük alanında aktif olarak çalışmaktadır. Lisans eğitimi boyunca ana branşı yüzme olup, mesleki bilgi ve becerilerini geliştirmek adına çeşitli sertifika programlarına ve bilimsel etkinliklere katılmıştır. Alanındaki güncel gelişmeleri yakından takip ederek, akademik ve mesleki yetkinliğini sürekli olarak artırmaktadır. Egzersiz bilimi, performans değerlendirme ve sporcu sağlığı alanlarında uzmanlaşmayı hedeflemektedir.

EĞİTİM

Çağlayan Anadolu Lisesi (2013-2017)

Akdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü (2017-2021)

Akdeniz Üniversitesi Hareket ve Antrenman ABD (2022-2025)

SERTİFİKALAR & BELGELER

- 1.Kademe Fitness Antrenörlük Belgesi
- 1.Kademe Yoga Antrenörlük Belgesi
- 1.Kademe Pilates Antrenörlük Belgesi
- Gümüş Cankurtaranlık Belgesi

MESLEKİ DENEYİM

Antrenör

- Sporcuların bireysel ve grup bazlı antrenman programlarını hazırlamak ve uygulamak

- Sporcuların fiziksel ve fizyolojik performansını değerlendirmek
- Egzersiz fizyolojisi ve sporcu sağlığı konularında bilimsel verileri takip ederek uygulamaları geliştirmek

BİLİMSEL VE MESLEKİ ETKİNLİKLER

Katıldığı bilimsel kongreler ve sempozyumlar:

- 17. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi
- 7. Egzersiz Fizyolojisi Sempozyumu
- 14. Ulusal Spor Bilimleri Öğrenci Kongresi
- 6. Uluslararası Egzersiz ve Spor Psikolojisi Kongresi
- 20. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi
- 12. Ulusal Obezite ve Eşlik Eden Hastalıklar Kongresi

Ayrıca, Spor Bilimleri Derneği tarafından düzenlenen "Sporda Performans Testleri: Aerobik ve Anaerobik Eşik Eğitimi" gibi eğitimlere katılarak hem teorik hem de pratik bilgilerini pekiştirmiştir.

YAYINLAR VE BİLDİRİLER

Bildiri ve Yayınlar:

- Abdioğlu A., Madenci G., Aykurt Ö., Sungur Y., Işın A., Türk A., Melekoğlu T. (2022). Genç Kadın Voleybolcularda Omurga ve Alt Ekstremitte Diziliminin İncelenmesi. **20. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Antalya.** 954-955.
- Sungur Y., Madenci G., Abdioğlu A., Işın A., Melekoğlu T. (2022). Bölgesel Elektro Uyarım Uygulamalarının Post Aktivasyon Potansiyeline Etkisi. **20. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Antalya.** 956-957.
- Melekoğlu T., Bakırcı S., Işın A., Madenci G., Abdioğlu A., Sungur Y. (2022). Unilateral İzokinetik Kuvvet Antrenmanının Akut Kas Hipertrofisi ve Pennasyon Açısı Üzerine Kontralateral Etkileri. **20. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, Antalya.** 976-977.

BECERİLER VE YETKİNLİKLER

- Sporcu performans değerlendirmesi
- Egzersiz fizyolojisi ve antrenman planlaması
- Kuvvet ve kondisyon antrenmanları
- Yüzme, fitness, yoga ve pilates alanlarında uzmanlık
- Bilimsel araştırma ve akademik çalışmalar

DİLLER

- Türkçe (Ana dil)
- İngilizce

