

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

**İZOKİNETİK ANTRENMAN VE TOPARLANMADA
ELEKTROUYARIM UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

FZT. NAGEHAN ERDOĞAN DİLMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2021-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

İZOKİNETİK ANTRENMAN VE TOPARLANMADA
ELEKTROUYARIM UYGULAMALARININ ETKİLERİ

FZT. NAGEHAN ERDOĞAN DİLMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. TUBA MELEKOĞLU

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü tarafından
desteklenmiştir. (Proje no: TYL-)
“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2021-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı Hareket ve Antrenman Yüksek Lisans Programında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

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

İmza

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

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

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.

İmza

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR



ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın da amacı; elektrouyarımla izokinetik antrenmandan sonra, elektrouyarımla uygulanan toparlanma protokollerinin; kandaki kas hasarı belirteçleri, egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısı, kalp atım hızı değişkenliği gibi toparlanma değişkenleri üzerine etkilerinin incelenmesidir.

Yöntem: Araştırmaya katılan 17 gönüllünün yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kitle endeksi, kalp atım hızı değişkenliği, izokinetik kuvvet ölçümleri yapılmıştır. Kalp atım hızı değişkenliği ölçümleri Polar H7 kalp atım hızı sensörü, izokinetik ölçümler için de Cybex Humac Norm İzokinetik Test ve Egzersiz Sistemi kullanılmıştır. Elektrouyarım ile toparlanan ve pasif toparlanan olarak 2 gruba ayrılmışlardır. Gönüllülerin toparlanma parametrelerini değerlendirmek için; kalp atım hızı değişkenliği, kanda kas hasarı parametreleri, algometre ile ağrı ölçümü yapılmıştır. İzokinetik antrenmandan sonra yorgunluk ve ağrı değerlerini belirlemek amacıyla VAS ve BORG skalası kullanılmıştır. Verilerin analizi SPSS 24 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulgular: Verilerin analizinde her iki grubun da toparlanma verileri birbirine benzer bulunmuştur. CK ve MB değerleri kendi aralarında anlamlı seviyede artış ($p<0.001$) gösterse de her iki toparlanma grubunda karşılaştırıldığında anlamlı farklılık bulunamamıştır. KAHd hem izokinetik antrenmanda hem de toparlanma gruplarında değişiklik göstermemiştir.

Sonuç: Araştırmada EMS ile yapılan izokinetik antrenman sonrası EMS ile toparlanma ya da pasif toparlanma grupları arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır ($p<0.005$).

Anahtar Kelimeler: İzokinetik, EMS, Toparlanma, Kreatin Kinaz

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to examine the effects of recovery protocols with electromyostimulation that are applied after isokinetic training with electromyostimulation on recovery variables such as muscle damage markers, delayed onset muscle soreness and heart rate variability.

Method: Age, height, body weight, body mass index, heart rate variability, and isokinetic strength measurements were made of 17 volunteers participating in the study. Polar H7 heart rate sensor was used for heart rate variability measurements and Cybex Humac Norm Isokinetic Test and Exercise System was used for isokinetic measurements. They were divided into 2 groups as recovered with electro stimulation and recovered passively. To evaluate the recovery parameters of volunteers; Heart rate variability, muscle damage parameters in blood were measured. Pain were measured with an algometer. VAS and BORG scales were used to determine fatigue and pain values after isokinetic training. The analysis of the data was calculated using the SPSS 24 package program.

Results: In the analysis of the data, the recovery data of both groups were found to be similar. Although CK and MB values showed a significant increase ($p < 0.001$), no significant difference was found when compared in both recovery groups. Heart rate variability did not differ in both isokinetic training and recovery groups.

Conclusion: In the study, after isokinetic training with EMS, there was no significant difference between EMS recovery or passive recovery groups ($p < 0.005$)

Key words: Isocinetic, EMS, Recovery, Creatin kinase

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	
2.1. KUVVET	
2.1.1. Sporda Kuvvet	
2.1.2. Genel ve Özel Kuvvet	
2.1.3. Maksimal Kuvvet	
2.1.4. Kuvveti Etkileyen Faktörler	
2.2. KAS HASARI	
2.2.1. Egzersize Bağlı Kas Hasarı	
2.2.2. Gecikmiş Kas Ağrısı	
2.2.3. Kanda Kas Hasarı Parametrelerinin Değerlendirilmesi	
2.2.3.1 Kreatin Kinaz (Ck)	
2.2.3.2. Miyogloblin (Mb)	

2.2.3.3. Nötrofil (Neu)

2.3. TOPARLANMA

2.3.1. Toparlanma Çeşitleri

2.3.2. Toparlanma Hızına Etki Eden Faktörler

2.4. İZOKİNETİK UYGULAMALAR

2.4.1. İzokinetik Egzersizin Avantajları

2.4.2. İzokinetik Egzersizin Dezavantajları

2.4.3. İzokinetik Test Parametreleri

2.5. ELEKTROTERAPİ

2.5.1. Elektroterapide Kullanılan Akımlar

2.5.2. Elektrik Stimülasyonu ile Ağrının Azaltılması

2.5.3. Elektrik Stimülasyonu ile Kas Kuvvetinin Artırılması

2.5.4. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

3.2. Gönüllü Tanımı ve Sayısı

3.2.1. Araştırmaya Katılma Kriterleri

3.2.2. Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri

3.3. Antropometrik Ölçümler

3.3.1 Boy Uzunluğu Ölçümü

3.3.2. Vücut Ağırlığı Ölçümü

3.3.3. Vücut Kitle İndeks Ölçümü

3.4. Kalp Atım Hızı Değişkenliği

3.5. Visuel Analog Skala

3.6. Algometrik Ağrı Ölçümü

3.7. Borg (Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı) Skalası

3.8. İzokinetik Uygulamalar

3.8.1. Maksimal İzokinetik Kuvvet Ölçümü

3.8.2. İzokinetik Kuvvet Antrenmanı Tanıtım Seansı

3.8.3. Elektrouyarımla İzokinetik Kuvvet Antrenmanı

3.9. Toparlanma Uygulamaları

3.9.1. Elektrouyarımla Toparlanma Protokolü

3.9.2. Pasif Toparlanma Protokolü

3.10. Kas Hasarına Dair Kan Parametreleri Ölçümleri

3.11. İstatistiksel Analiz

4. BULGULAR

5. TARTIŞMA

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR

EKLER

EK 1. Klinik Araştırmalar Etik Kurul Kararı

EK 2. Aydınlatılmış Onam Formu

ÖZGEÇMİş



TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Elektroterapide Kullanılan Akımlar ve Frekansları

Tablo 2.2. Frekanslarına Göre Akımlar

Tablo 4.1. Gönüllülerin Demografik Verileri

Tablo 4.2. Gönüllülerin İzokinetik Verileri

Tablo 4.3.1. Tekrarlayan Ölçümlerde Kan Verileri

Tablo 4.3.2. Kalp Atım Hızı Verileri

Tablo 4.3.3. EMS’li ve Normal Antrenman BORG Verileri

Tablo 4.3.4. Algometre Verileri

Tablo 4.3.5. VAS Verileri

Tablo 4.3.6. CK ve MB Değerlerinin Korelasyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Tekrarlı Ölçümlerde CK Değerleri

Şekil 4.2. EMS'li ve Normal Antrenman BORG Değerleri



SİMGELER VE KISALTMALAR

EMS: Elektrouyarım

CK: Kreatin Kinaz

MB: Miyoglobin

NEU: Nötrofil

GKA: Gecikmiş Kas Ağrısı

ADP: Adenozin difosfat

ATP: Adenozin trifosfat

NMES: Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu

TENS: Transkuteneal Elektriksel Sinir Stimülasyonu

DD: Diadinamik Akım

BORG: Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı Skalası

VAS: Visual Analog Skala

HRV: Kalp Atım Hızı Değişkenliği

VKİ: Vücut Kitle İndeksi

ALGO: Algometre

MT: Maksimum Tekrar

1. GİRİŞ

Spor ve antrenman bilimlerindeki gelişmeler insan performansının sürekli olarak sınırlarını zorlamasına ve alınan derecelerin gelişmesine yol açmaktadır. Özellikle elit sporcular, performanslarını arttırmak için yüksek şiddetteki antrenmanları düzenli olarak uygulamaktadır. Spor ve sağlık alanındaki çalışmalarda önem kazanmış olup hızla devam etmektedir. Spor bilimeiler, sporcuların kendi alanlarında daha başarılı olabilmelerini sağlamak için sürekli bir arayış içindelerdir. Sporcular üzerinde yapılan birçok çalışma ile antrenman metotları gelişmeye devam etmektedir. Antrenman uygulamaları için izotonik kuvvet makinalarını, izokinetik cihazları ve özellikle son yıllarda sporcular tarafından sıkça kullanılmaya başlanan modüler elektrouyarım cihazları kullanılmaktadır. Özellikle fonksiyonel elektrouyarım antrenmanları ile sporcular antrenman kapsamalarını arttırabilmekte ve daha yüksek performans gelişimi sağlamaktadırlar. Sporcunun kas kuvvetini geliştirmek ve kas kuvvetini belirlemek için kullanılan izokinetik egzersiz etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir. İzokinetik egzersizde uygulanan kuvvet ne kadar fazla olursa olsun, açısal hareketin hızı değişmemektedir. Bu şekilde eklem hareket açıklığı boyunca maksimal kas kontraksiyonu sağlanabilmektedir. İzokinetik kasılma sırasında kasların hareket genişliği maksimalde olduğunda kuvvet gelişimi açısından etkin bir egzersiz olarak tanımlanmaktadır. İzokinetik kuvvet testleri spor bilimlerinde oldukça önem taşımaktadır. Bunun sebebi ise izokinetik dinamometre ile yapılan ölçümlerde kuvvet değerlerinin geçerli ve güvenilir olmasıdır. Sağlıklı bireylerde iyi bir kas kuvveti daha iyi kas fonksiyonu ve buna bağlı olarak daha aktif bir yaşam anlamına gelmektedir. Sportif performansın artırılmasında, yaralanmaların önlenmesinde ve rehabilitasyon yaklaşımının belirlenmesinde alt ekstremit ve üst ekstremit kasları belirleyicidir. Kas kuvvetini arttırmaya yönelik çalışmalarda kas liflerinin çaplarında artış yani hipertrofi gözlenmektedir.

Antrenman kapsamının ve şiddetinin artışı ile paralel olarak vücudun adaptasyonu ve performansı da gelişmektedir. Antrenman şiddetinin yüksek olmasıyla birlikte, antrenmanların sıklığı da sportif performansın gelişimi açısından önemlidir. Bu nedenle, bir sonraki antrenmana hazır hale gelmek için kullanılan toparlanma yöntemleri oldukça önemlidir. Özellikle kuvvet antrenmanlarından sonra toparlanma 48-72 saati bulabilmektedir. Toparlanma ise, kasların ve tüm organizmanın egzersiz öncesi durumuna döndüğü bir süreçtir. Toparlanma süreçlerinde genellikle kandaki kas hasarı belirteçleri, gecikmiş kas ağrısı, kas dokusundaki değişiklikler, psikolojik yorgunluk,

sürantrane, performans gibi değişkenler araştırılmaktadır. Özellikle kuvvet antrenmanları için ise en önemli değişken antrenman sonrası kas hasarı ve buna bağlı olarak 24-48 saat içerisinde gerçekleşen egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısıdır. Diğer taraftan güncel araştırmalarda ise antrenmana bağlı yorgunluğun diğer bir göstergesi olabilecek bir belirteç olarak kalp atım hızı değişkenliği gösterilmektedir. Kalp atım hızı değişkenliği vücudun fizyolojik stres, hastalık yorgunluk gibi birçok durumunun bir göstergesi olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte genel sağlığın ve mortalite riskinin değerlendirilmesinde önemli bir veri olarak kullanılmaktadır. Sporcular tarafından ise toparlanmaya yönelik önemli bilgi sağlamaktadır.

Kuvvet antrenmanlarıyla hedeflenen fizyolojik adaptasyonlar, antrenman esnasında oluşturulan kas hasarını takiben, kastaki hasarın onarılması ve kasın gelişmesidir. Bu adaptasyonla birlikte kasın kütlesi ve kuvveti de gelişmektedir. Bununla birlikte kuvvet antrenmanlarına cevap olarak kas kuvvetinin ve kütlesinin gelişmesi için antrenman şiddetinin yüksek olması gerektiği birçok araştırmada bildirilmiştir. Yüksek şiddetle uygulanan bu antrenmanların sonrasında kişinin ikinci antrenmana hazır olması ise yaklaşık 48 saati bulabilmektedir. Bu nedenle özellikle kuvvet antrenmanlarından sonra egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısının azalması ve kas hasarının toparlanması için doğru toparlanma önlemlerinin alınması önemlidir.

Literatürde sporda toparlanma ile ilgili olarak pasif toparlanma, aktif toparlanma, masaj, kontrast banyo, kriyoterapi, hidroterapi, hiperbarik oksijen uygulamaları, kompresyon giysileri, streoid içermeyen ilaç uygulamaları, germe egzersizleri ve kombine modeller gibi yöntemler araştırılmıştır. Son yıllarda modüler elektrouyarım cihazları da sporcular için toparlanmada kullanılan yöntemlerden birisidir. Son zamanlarda, özellikle kuvveti ve koordinasyonu geliştirmek üzere, elektrouyarım ve istemli kasılmaların birlikte uygulandığı antrenman uygulamaları kullanılmakta ve gittikçe popüler hale gelmektedir. Ayrıca elektrouyarım ile toparlanma protokolleri antrenman ve müsabaka sonrası yorgunluğu azaltmak ve toparlanma süresini kısaltmak üzere kullanılmaktadır.

Bu araştırmanın da amacı; elektrouyarımla izokinetik antrenmandan sonra, elektrouyarımla uygulanan toparlanma protokollerinin; kandaki kas hasarı belirteçleri, egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısı, kalp atım hızı değişkenliği gibi toparlanma değişkenleri üzerine etkilerinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kuvvet

2.1.1. Sporda Kuvvet

Kuvvet, kas gücünü karşı bir dirence karşı kullanabilme yeteneğidir. Sporda performansı belirleyen en önemli biyomotor yeteneklerden birisi olup, günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirebilmek için de önem taşımaktadır (1). Kuvvet, içsel ve dışsal dirençleri aşmaya yardımcı nöromusküler bir yetenek olarak da görülmektedir. Dışsal kuvvetler; yer çekimi, sürtünme kuvveti ve yer reaksiyon kuvvetidir. İçsel kuvvetler ise, kas, bağ doku, ligaman ve tendon kuvvetleridir. Spor bilimciler kuvvet tanımını değişik şekillerde tanımlamış olsalar da benzer şekillerde yorumlamışlardır. Hollman kuvveti, bir dirençle karşı karşıya kalan kasların kasılabilme ya da bu direnç karşısında belli bir ölçüde direnebilme yeteneği olarak ifade etmektedir (2).

2.1.2. Kuvvet Antrenmanı

Antrenman sporcunun var olan seviyesini koruyabilmesini ya da seviyesini yükseltmesini sağlamaktır. Sporcunun kuvvet parametrelerini geliştirmeyi amaçlayan antrenman şekline kuvvet antrenmanı denir. Kuvvet gelişimi çeşitli yöntemler ve farklı materyal kullanımı ile sağlanabilmektedir. Kuvvet antrenmanları kaslar da hipertrofi görülmesini sağlayarak kas kuvvetinin geliştiren oldukça etkili bir antrenman türüdür. Kas kuvvetinin artması için normal alışık olduğunun üzerinde dirençler gerekmektedir ve ancak doğru planlanmış bir antrenman döngüsü ile mümkün olabilir (3).

Kişinin sadece 1 kez kaldırabildiği maksimum ağırlık miktarı 1 Maksimum Tekrar olarak belirtilmiştir. Kasta ki kuvvet artışı hızlı sağlanmak isteniyorsa 1 MT'ın %80 ve fazlası dirençlerle çalışılmalıdır. Kuvvet antrenmanları periyodik olarak artarak, 2 haftada 1 kez 1 maksimum tekrar belirlenerek gerekli ağırlık değişiklikleri yapılarak ilerlenmelidir (4).

Kuvvet Antrenman Çeşitleri

1- Genel Kuvvet Antrenmanı

Genel kuvvet, spor dalına özgü olmayan tüm kasların kuvveti olarak tanımlanmaktadır. Bir spor dalına yönelik olacak çalışmalara ön hazırlıktır. Böylece, genel kas grubu kuvvet çalışmalarında ağırlık kişilerin özelliklerine göre planlanmalıdır. Genel kuvvet gelişimi için istasyon çalışmaları oldukça verimlidir ve genel kuvvet antrenmanlarıyla birçok farklı kas grubunun farklı sistemle çalışması ekonomik şekilde sağlanır (5).

2-Özel Kuvvet Antrenmanı

Özel kuvvet, spor dalına özgü ihtiyaç duyulan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Özel kuvvet antrenmanlarında spor dalının gerektirdiği kas gruplarına yönelik kuvvet çalışmaları gerçekleştirilir. Genel kuvvet antrenmanlarında istasyon sayısı daha fazla iken bu antrenmanlarda istasyon sayıları daha az ve o alana özeldir (5). Bazı spor dalları üst ekstremité ağırlıklı iken bazılarında ise alt ekstremité baskındır. Örneğin futbol branşında alt ekstremité, voleybol ve basketbol gibi branşlarda hem alt hem üst ekstremité etkinliğe katılır fakat daha çok el kuvveti gerektirir (6).

3-Maksimal Kuvvet Antrenmanları

Maksimal kuvvet, kasların kasılabilme veya direnç karşısında maksimal şekilde dayanabilme becerisi olarak tanımlanır. Alman spor bilimci Hollman maksimal kuvveti, bir dirençle karşılaşan kasın kasılıp bu dirence belli süre dayanma yetisi olarak açıklamaktadır (1). Maksimal kuvvet antrenmanında ise yüklenme şiddeti %90-100 olmalı ve tekrar sayısı düşük olmalıdır. Maksimum kuvvet ağırlık çalışmaları ile gelişir. Çalışmaların verimli olması için maksimal şiddet ile kısa süreli ve patlayıcı kasılmalar şeklinde yapılmalıdır. Maksimal kuvvet antrenmanını 3 ile 5 set arasında maksimum ağırlığa yakın (%85-%95) şiddet aralığında 1 maksimum tekrara ulaşınca kadar yapılan kuvvet antrenmanıdır. Maksimum kuvvet antrenmanı, konsantrik fazda maksimum kuvvet artışı ile daha fazla sayıda 1 maksimum tekrarı kaldırmak için gerekli kuvveti sağlar. Çeşitli spor dallarında kuvveti arttırdığına dair kanıtlanmış etkisiyle yaygın olarak kullanılan bir antrenman biçimidir. Aslında, daha düşük yoğunluklarda konvansiyonel kuvvet antrenmanı ile

karşılaştırıldığında, maksimal kuvvet antrenmanının kuvvet artırma kapasitesindeki artışı yaklaşık iki katına çıkardığı gözlemlenmiştir (3).

Maksimal kuvvet antrenmanlarının faydaları ise, yüksek şiddette uygulandığı için hızlı kasılan kas lifleri devreye girer ve motor ünitelerin büyük kısmını çalıştırır. Büyüme hormonlarının salgılanmasını artırır. Performans sırasında kas gruplarının koordinasyonunu ve senkronizasyonunu geliştirir. Kas kasılma elemanlarının çapını artırır (7).

2.1.3. Kuvveti Etkileyen Faktörler

Kas kuvvetini etkileyen faktörler arasında; sporcunun antropometrik ölçüleri, kas yapısı ve özellikleri gibi anatomik ve fizyolojik faktörler, harekete katılan kaslar arasındaki ve kasların kendi içindeki koordinatif faktörler, sporcunun kuvvet rezervlerini en iyi şekilde kullanmasını sağlayan motivasyonel faktörler vardır (7).

2.2. Kas Hasarı

2.2.1. Egzersize Bağlı Kas Hasarı

Otuz yılı aşkın bir süredir egzersiz ve spor bilimciler araştırmalarında kas hasarı konusuna yoğun bir şekilde odaklanmışlardır. Sporcu ve spor bilimciler için yüksek performans gerektiren spor branşlarında yorgunluğun ne kadar geç olduğu veya ne kadar kısa sürede giderildiği çok önemli bir durumdur. Klinik ve sportif açıdan egzersiz sonrası oluşan kas hasarı oldukça önemlidir. Egzersizden sonra oluşan bu kas hasarı tıbbi açıdan sportif bir yaralanma olmamakla beraber performansı önemli derecede etkilemektedir (8). Yapılan araştırmalarda kas hasarını belirleyen faktörler arasında egzersizin türü ve boyutu, oluşan hasarın miktarı önemli oranda yer tutmuştur. Eksantrik kasılma türünde kas hasarının daha fazla olduğu belirtilmiştir. Maraton ve ultra maraton gibi yüksek efor gerektiren branşlarda da kas hasarı fazla görülmektedir (9).

Egzersiz sonrası kas hasarına bağlı mekanik değişiklikler ve metabolik stres, sonrasındaki doku onarımını ve yeniden yapılanmasını başlatmak için iskelet kası içerisindeki çeşitli hücre tiplerini uyarır. Bu şekildeki uyarı ile özel olarak, uydu hücreleri, enflamatuar hücreler, vasküler hücreler ve stromal hücreler birbirleriyle etkileşime girer. Bu hücreler arasındaki ilişkinin dinamikleri, kas hasarından sonraki toparlanmanın etkinliğine ve zamanına etki etmektedir. Oluşan enflamatuar

yanıtlar etkili şekilde çözülürse, yeni ve yenilenen kas lifleri, ortalama 7 gün içerisinde iskelet kası dokusunun üst yapısını eski haline getirir (10).

Kas hasarının tespiti ve değerlendirilmesi doğrudan ve dolaylı olarak iki yolla yapılmaktadır. Doğrudan değerlendirme için kullanılan yöntemler; MRI (manyetik rezonans görüntüleme tekniği) ve iskelet kasından alınan biyopsilerin analizidir. Dolaylı değerlendirme için kullanılan yöntemler ise; istemli maksimum kasılma kuvveti, esneklik, sürat gibi performans testleri ve kasa özel enzim ve proteinlerin kandaki seviyelerinin incelenmesini içermektedir (11) (12). Yorgunluk göstergesi olan kas hasarını belirlemek için alınan kan örneklerinde serum kreatin kinaz (CK), miyogloblin (MB), nötrofil (NEU), laktad dehidrogenaz (LDH), aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin amino transferaz değerleri araştırmalarda kullanılmıştır (10).

2.2.2. Gecikmiş Kas Ağrısı

Gecikmiş kas ağrısı terimi ilk kez 1902 yılında Hough tarafından tanımlanarak ilk kez egzersiz yapan bireylerde egzersizden yaklaşık 8-10 saat sonra hissedilen ve sadece yorgunluk oluşturmakla kalmayarak başka etkilere yol açan sendrom olarak tanımlanmıştır. GKA kasta aşırı duyarlılık ve sertleşmeye sebep olan bir ağrıdır. Bu ağrı 24-48 saatleri arasında maksimum seviyeye çıkmaktadır. Tamamen geçmesi toparlanmaya, kas yapısına, yaşa, cinsiyete, yapılan antrenman şiddetine vb faktörlere bağlı olarak 1 haftaya kadar sürebilmektedir. GKA hareket veya elle muayene sırasında hissedilen kas duyarlılığı ya da ağrısı olarak tanımlanan birinci seviye kas hasarıdır (13). GKA'nın bir başka tanımı ise yüksek şiddette yüklenme sırasında kas lifi içerisindeki zayıf mikrofibrillerde oluşan mikro yırtıklardır. Meydana gelen bu yırtıklar sonrasında kas dokusunda dolaşım bozukluğu ve buna bağlı olarak ödem meydana gelir. Bütün bu reaksiyonlar ile oluşan iyon dengesizlikleri kasta ağrı meydana gelmesini tetikler ve akabinde kas ve kan enzimleri olan CK ve NEU serbestleşir (14). Serbestleşen bu enzimlerin miktarı uygulanan egzersizin şiddetine ve ortaya çıkan yıkımın büyüklüğüne bağlıdır ve egzersiz bittikten sonra da kandaki seviyelerini muhafaza ederler. Doku hasarının tespit edilmesinde iyi bir gösterge oldukları için CK ve NEU oranı plazma konsantrasyonlarına bakılır (15). GKA, ekzantrik kasılmalarda diğer kasılmalara göre daha sık görülmekte olup, tamamen kaybolması birkaç gün hatta bazen haftalarca sürebilmektedir. Kas hasarına bağlı gelişen GKA kaslarda kuvvet kaybı, sürat ve esneklik gibi özellikler de ise azalmaya sebep olmaktadır (11) (12). Sporcularda özellikle sezon arası dinlenme bitip de antrenmanlara geri döndükleri zaman programın belli yerlerindeki zorlayıcı antrenmandan

sonra GKA oldukça sık görülmektedir. GKA yapılan egzersizin tipine, şiddetine ve süresine bağlıdır (16). Subjektif olarak DOMS'u belirlemek için en sık görsel bir ölçek olan VAS (visual analog scale ya da sayısal ölçek) kullanılmaktadır (17).

GKA değerlendirmek için; 1- Eklem hareket açıklığı (ROM), 2- Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı Düzeyi (BORG), 3-CK, LDH, MB gibi kan parametrelerinin incelenmesi, 4- Kas fonksiyonu ve kas kuvvet kaybının belirlenmesi gibi yöntemler kullanılmaktadır (18).

2.2.3. Kanda Kas Hasarı Parametrelerinin Değerlendirilmesi

2.2.3.1. Kreatin Kinaz (CK)

CK kalp kası, iskelet kası ve beyin dokusunda yüksek yoğunlukta bulunan ve en aktif iskelet kasında görev alan enzimdir. Kreatin kinaz enzimi kas içinde fosfokreatinin (PCr) parçalanmasını sağlayan enzimdir. Kalp kasında veya iskelet kasında meydana gelen herhangi bir travmadan sonra kreatin kinazın dolaşım sistemindeki seviyesi artar (19) (20). Egzersize bağlı olarak artış gösteren kreatin kinazın seviyesi egzersizin türü, şiddeti ve süresi gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. CK normal değerleri: 95-140 U/L arasında iken sporcu olanlarda ve olmayanlarda farklılık göstermektedir. Bunu yapılan bir çalışmada; erkeklerde 350 U/L bayanlarda 200 U/L altında ya da erkeklerde, 391-398 U/L, bayanlarda, 240 ve 207 U/L, arasında olduğunu öne sürmüşlerdir (21). İnsanda kanda bulunan CK seviyesinde; VKİ, vücut kas kitlesi, kas lif tipi, ırk, yaş, cinsiyet, iklim gibi faktörlerin de etkili olabileceği düşünülmektedir (22). Kas hasarının belirlenmesinde en çok kullanılan ve en önemli olan enzim kreatin kinazdır. CK, ATP yenilenmesinde de etkin rol oynayan enzimdir. Enerji üretimde ADP den yeniden ATP sentezlenmesini sağlar. Her kas kasılmasında kreatin fosfat kullanılır ve ATP oluşumu gerçekleşerek kasın ATP düzeyi sabit tutulur ve CK bu reaksiyonda katalizör görevi görmektedir (23). Egzersizden sonra artan CK, ilk 24 saatte maksimum seviyeye çıkıp, 48 saatte azalmaya başlayıp ve 72 sonunda egzersizden önceki hale geri gelmektedir (9). Literatürdeki çalışmalara bakıldığında; CK değerleri 24-48 saat sonra anlamlı bir artış göstererek yapılan egzersizin türüne ve şiddetine göre 3-7 gün arasında en yüksek değerlere ulaşp, 7-14 gün arasında da normal değer dönüş yapmaktadır (24). Bununla beraber CK değerlerinin egzersizden sonraki 5. güne kadar bile yükselmesinin devam edebileceği belirtilmektedir (25). Hikida ve ark. aktif erkeklerde yaptığı

çalışmada yoğun egzersiz ve yaralanma sonrası serum CK seviyelerinde anlamlı artışlar tespit edilmiş ve çalışma sonucunda ağırlık antrenmanı yapanların CK seviyeleri koşu grubu ve kontrol grubuna göre %500 artış göstermiştir. Aynı çalışmaya katılan ve hamstring kasından yaralanan bir sporcunun CK değerinde anlamlı derecede artış gözlemlenmiştir (26).

2.2.3.2. Miyoglobin (Mb)

Myoglobin oksijenin kas hücresi içerisindeki mitokondriye taşınmasında görevli iskelet kasında bulunan ve demir bileşiği içeren bir proteindir. Kırmızı kas fibrillerinde daha fazla bulunup, 1 gram myoglobin 1.34 mililitre O₂ bağlamaktadır. Kaslar için gerekli oksijeni oksijen myoglobin depoları acil olarak sağlar. Egzersiz anında myoglobin kendisine bağlı olan oksijeni serbest bırakarak mitokondriye giderek orada kullanılmasını sağlar. Dinlenme esnasında ise olaylar ters yönde gelişir ve myoglobin oksijen ile dolar (27). Egzersiz de oksijen taşıma sistemlerinden önce devreye myoglobin girer ve ona bağlı olan oksijen harcanır ve egzersiz başlangıcında erken laktik asit oluşumunu yavaşlatır veya engeller (28).

2.2.3.3. Nötrofil (Neu)

Nötrofil kanda bulunan ve lökosit adı da verilen bir beyaz küre çeşididir ve temel görevi vücudu enfeksiyonlara karşı savunmaktır. Nötrofiller inflamasyon olduğu zaman akut bir cevap olarak inflamasyon bölgesine hareket etmektedirler. Egzersizden hemen sonraki oluşan kas hasarı ve ısı artışı nötrofilin egzersize verdiği yanıtlardır. Yapılan egzersizin yoğunluğu ve süresi dolaşımdaki nötrofillerin artmasındaki temel etkenlerdir. Egzersizin sebep olduğu kas hasarından 2-3 saat sonrasında nötrofillerde anlamlı bir düzeyde yükselme meydana gelir (29). Nötrofiller kas hasarını takiben 2 saatte artar, 1 gün sonrasında ise en üst seviyeye ve 7 gün sonrasında ise normal seviyesine ulaşırlar. Nötrofil de kreatin kinaz gibi egzersizin şiddetine göre artan bir parametredir. Yüksek şiddetteki egzersizler nötrofil seviyesinin artmasına neden olan sebeplerdendir (30).

Yapılan araştırmalarda, GKA'nı belirlemek için en sık kullanılan laboratuvar testleri arasında serum CK düzeyi ve NEU düzeyi yer almaktadır (31).

2.3. Toparlanma

Spor ve antrenman bilimlerindeki gelişmeler insan performansının sürekli olarak sınırlarını zorlamasına ve alınan derecelerin gelişmesine yol açmaktadır. Birçok spor branşında başarıya ulaşmak için oldukça yüksek şiddette antrenmanlar uygulanmaktadır. Orta ve düşük şiddetteki antrenmanların performansı koruyucu rol oynayabileceği bildirilmişken, performansı geliştirmedeğine dair birçok araştırma sonucu bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle elit sporcular; performanslarını arttırmak için yüksek şiddetteki antrenmanları düzenli olarak uygulamaktadır. Antrenman kapsamının ve şiddetinin artışı ile paralel olarak vücudun adaptasyonu ve performansı da gelişmektedir. Bu nedenle sporcular, mümkün olduğunca, antrenman şiddetini yüksek tutmayı istemektedir (32).

Antrenmanla vücudun girdiği fizyolojik stres sonrası toparlanma evresinde, fizyolojik açıdan onarım ve gelişim aşamaları gerçekleşir. Örneğin; kuvvet antrenmanları sonrasında oluşan kas hasarını takiben, kas dokusu onarılırken, antrenmanların sıklığı ve şiddetine bağlı olarak kas dokusunda birçok anlamda fizyolojik gelişim gözlemlenir. Kas uydu hücrelerinin devreye girmesiyle birlikte miyoflamentlerin sayısının artması, kaç içi enzim aktivitelerinin artması, kastaki nükleus, mitokondri gibi organellerin çoğalması bu gelişimlere örnek olarak gösterilebilir (33).

Egzersizden sonra organizma istirahat düzeyine hemen dönememektedir. Toparlanma süresince oksijen ve enerji tüketiminin hızlı bir şekilde devam etmesi de bu sebeptendir. Toparlanma süresi egzersiz şiddet ve yoğunluğuna göre değişiklik göstermektedir (34). Herhangi bir egzersizden sonra organizmanın normale dönme süreci toparlanma olarak değerlendirilmektedir. Bir diğer tanımla sporcuların antrenman ya da müsabaka öncesindeki fizyolojik ve psikolojik durumuna geri dönebilmesi ve meydana gelen yorgunluğun en iyi derecede giderilmesi toparlanmadır. İyi bir toparlanma sporcunun enerji rezervlerinin dolması ve yorgunluk parametrelerinden kurtulmasıdır (30). Başka bir tanımla ise; egzersizden sonra metabolik hızdaki artış devam etmektedir, bu sırada fosfajen depoları, karbonhidrat depolarının tekrardan dolmasına, miyogloblin oksijenerasyonun sağlanması ve dokuda biriken laktik asidin uzaklaştırılmasına toparlanma denmektedir (35).

Sporda toparlanma çok büyük önem taşımaktadır. Sporcunun başarılı ya da başarısız olması toparlanma süreci ile yakından ilgilidir. Yüksek yoğunluklu egzersiz kas yorgunluğuna neden olur. Kas yorgunluğu, istemli kas kuvveti veya gücünde egzersize bağlı bir azalma olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle toparlanma süresi sporcunun performansını etkileyen önemli bir faktördür. Sporcular da performans değerlendirilirken toparlanma da enerji rezervlerinin ne kadar hızlı yenilendiğine bakılır. Toparlanma esnasında meydana gelen fizyolojik olaylar, en az egzersiz esnasındakiler kadar önemlidir. Kullanılan enerji sistemleri de toparlanmada önemli rol almaktadır. Spor ortamında yorucu egzersizden sonra toparlanma oranını artırmak için uygun yöntemlere ihtiyaç olduğu açıktır. Bu nedenle, birçok araştırma grubu en uygun toparlanma müdahalelerini tanımlamaya çalışmıştır. Bu bağlamda egzersizden sonra uygun toparlanma stratejilerinin kullanılması sonraki performansı artırdığı gibi yaralanma riskini de en aza indirmektedir (36).

Toparlanmanın amacı; antrenman ya da müsabakada meydana gelen hasarları onarmak, yorgunluğu azaltmak veya ortadan kaldırmak, enerji kaynaklarının tekrar yenilenmesi, kan laktatının uzaklaştırılması, vücut fonksiyonlarının normalleşmesi, ödem ve inflamasyonun azaltılması, gecikmiş kas ağrısının azaltılması, enzimlerin normal seviyeye gelmesi ve homeostatik dengenin sağlanmasıdır (37). Sporcuların performansını üst seviyelere taşımak için; antrenman, rekabet stresleri ve dinlenme arasındaki dengeyi sağlamak çok önemlidir. Bu dengeyi sağlamak için çok çeşitli dinlenme modaliteleri artık seçkin sporcuların antrenman programlarının ayrılmaz parçaları olarak kullanılmaktadır.

2.3.1. Toparlanma Çeşitleri

Sporcular da müsabaka esnasında ya da sonrasında toparlanma için kullanılan yöntemler performansı artırmak için oldukça önemlidir. Toparlanma modaliteleri büyük ölçüde, yüksek yoğunluklu egzersizin ardından kan laktat uzaklaştırma oranını artırma veya egzersize bağlı kas hasarının ve gecikmiş kas ağrısının (GKA) şiddetini ve süresini azaltma yetenekleri açısından araştırılmıştır. Bu toparlanma sürecini hızlandırmak için bazı yöntemler kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında zaman en sık kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır (30).

1- Pasif Toparlanma: Hiçbir hareket yapmadan oturarak, yatarak dinlenme şeklindedir. Pasif toparlanma ile diğer yöntemleri kıyasladığımız zaman daha uzun sürdüğünü görülmektedir. Literatürde pasif toparlanmanın daha az etkili olduğu çalışmalarla görülürken, diğer uygulamalarla arasında farklılıkların olmadığını belirten çalışmalarda mevcuttur. Yapılan çalışmalarda aktif

toparlanmanın pasif toparlanmaya göre daha çok tercih edilen bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir (38).

2- Masaj: Sporcular tarafından herhangi bir aktiviteden sonra sakatlıkları önlemek, gevşemek, kasların tonusunu geri kazandırmak ve performansı arttırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Masaj ile yumuşak dokudan uzaklaştırılan metabolik atıklar venöz ya da lenf sistemi gibi düşük basınçlı sistemlere gönderilir. Masaj uygulaması; kas kramplarını azaltır, iskelet kasının kasılma kuvvetini artırır, psikolojik olarak motivasyonu da olumlu etkilemektedir. Masaj kullanımı toparlanma yöntemi olarak literatürde etkili bir yöntem olarak belirtilmiştir. Toparlanmada masajının laktatı hızlı bir şekilde uzaklaştırdığı düşünülmektedir. Laktatın kas içinde ve kanda birikmesi yorgunluğa yol açmaktadır. Laktat ile masaj ilişkisini belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda masajın laktik asit üzerindeki etkisi ile ilgili anlamlı bir sonuç tespit edilememiştir (39). Robertson ve ark. 30 gönüllü ile yaptıkları çalışmada, 30 sn'lik wingate testi uygulanmış, arkasından 30 sn'lik bir dinlenme ve 20 dk'lık bir masaj uygulanmış ve sonuçları incelenmiştir. Kan laktat oranları incelendiğinde hiçbir değişiklik bulunamazken, yorgunluk skalası verilerinde %34'den %30'a doğru bir iyileşmenin görüldüğünü rapor etmişlerdir. GKA oluştuktan sonra uygulanan 20 dakikalık masajın ağrıyı azalttığı fakat normal eklem hareket açıklığında hiçbir değişikliğe sebep olmadığı belirtilmiştir. GKA bağlı gelişen fizyolojik parametreler olan CK ve Nötrofil üzerinde etkisi bulunmamaktadır (40). Masajın egzersiz sonrası toparlanmayı olumlu yönde etkilediğine dair çok fazla çalışma bulunmamakla beraber psikolojik olarak olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir.

3-Hidroterapi: Su kullanımıyla ilgili ilk bilimsel okul 1800'lü yılların sonlarında Avusturyalı Profesör Winter Witz tarafından kurulmuştur. Burada yapılan çalışmalar ile su içi egzersizler bulunarak kullanılmaya başlanılmıştır (41). Son zamanlarda hidroterapi uygulamalarının popüler olma sebebi egzersiz sonrası toparlanmayı hızlandırılması ve bir sonraki egzersiz için performansı artırmasıdır. Fizyolojik olarak, hidroterapi uygulamalarının vücuttaki kan akışını artırdığı ve buna bağlı olarak kardiyovasküler fonksiyonlarda olumlu gelişmelere sebep olduğu ayrıca kaslardaki ödemi de azalttığı gözlemlenmiştir. Egzersizde sonra toparlanmak için su içine girmenin organizma için birçok yararlı fizyolojik etkileri olduğu bilinmektedir (42). Su içine girme ile ilgili bir diğer görüşte yorucu bir egzersiz sonrası su içine girme yönteminin sadece fizyolojik olarak

değil, psikolojik olarak da toparlanmaya yardımcı olduğunu açıklamaktadır (43).

4-Kriyoterapi: Soğuk uygulamalarının performans üzerinde olumlu etkileri tespit edilmiştir (44). Kriyoterapi ile dokulardaki ısıнын düşmesiyle, metabolizmadaki atık ürünlerin artması yavaşlayarak dokudaki inflamasyon ve ödemin azaldığı düşünülmektedir. Kas spazmı ve ağrı algısının azalmasında sinirsel aktiviteler de soğuktan etkilenecek sinir iletim hızı yavaşlar (35). Elit güreşçiler ile yapılan bir araştırmada, sporculara uygulanan 8 dakikalık buz masajının kandaki CK ve MB seviyelerini anlamlı derece düşürdüğü ve kas hasarını önlemede etkili olabileceği belirtilmiştir (45). En yaygın kullanılan toparlanma yöntemlerinden biri olmasına rağmen, olumlu yönde etkisi olduğunu destekleyen kanıtlar azdır. Hatta bazı araştırmacılar egzersizden sonra oluşan kas hasarı üzerine etkisini çok az ya da hiç olarak tanımlamışlardır (46).

5-Kontrast Banyo: Toparlanma da sıcak ve soğuk suyun beraber kullanıldığı kontrast banyo yaygın bir yöntemdir. Kas hücresi içerisindeki kan akışını artırıp azaltarak pompalama etkisinden faydalanmaktadır. Soğuk su ile meydana gelen vazokonstriksiyon ve sıcak su ile meydana gelen vazodilatasyon kaslarda pompalama etkisi oluşturarak kan akımını artırarak metabolik atıkları uzaklaştırıp toparlanmayı hızlandırdığı öngörülmektedir. Kontrast banyo, ödemi ve kas spazmını azaltması kan akışında meydana getirdiği değişiklikler ile olduğu düşünülmektedir (35). Yapılan çalışmalarda, kontrast banyoda, ilk önce 1 dk 10-15 C’de soğuk, 2-4 dk kadar 38-45 C ‘de sıcak uygulamasının 3-7 kez tekrar edilmesi tavsiye edilmektedir. Araştırmacıların bazılarına göre soğuk ile başlayıp sıcak ile bitirmek, bazılarına göre de sıcakla başlayıp soğuk ile bitirmek önerilmektedir (47). Coffey ve ark. çalışmasında toparlanma üzerinde aktif, pasif ve kontrast su yöntemlerinin etkilerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, aktif toparlanma ve kontrast banyo yöntemlerinde laktik asit konsantrasyonu anlamlı şekilde düşük bulunmuştur. Kontrast banyo yönteminin ise algılanan yorgunluk derecesi sonuçlarında en etkili yöntem olduğu belirtilmektedir (48).

6- Kompresyon Giysileri: Atletik popülasyonda giderek kullanımı yaygınlaşan bir yöntemdir. Kompresyon giysilerinin, proksimalden distale doğru uzuvlara kademeli kompresyon uygulaması yoluyla venöz dönüşü iyileştirdiği, ödemi azalttığı ve propriyosepsiyon duygusunu geliştirdiği düşünülmektedir. Metabolik atıkların uzaklaştırılmasında dolayısıyla da toparlanmanın hızlanmasında etkilidir. Ayrıca kompresyon giysilerinin yarattığı dış basınç, enflamatuvar tepkiyi hafifletip kas ağrısını azaltabilir. Fakat henüz olumlu ya da olumsuz etkileri ile ilgili çalışmalar

belirsizliğini korumaktadır (49). Dascome ve ark. çalışmasında kompresyon giysilerin kanocularının performansını etkilemediği rapor edilmiştir (50). Ayrıca kısa vadeli (30 dk dan az), antrenman aralarında kullanımı ile ilgili çalışmalar mevcut değildir. Toparlanmada kullanılan kompresyon giysilerinin kandaki CK seviyesini düşürdüğü gözlemlenmiştir (51).

7- Elektrouyarım: Elektriksel kas stimülasyonu (EMS), birçok atletik popülasyon tarafından kullanılan başka bir pratik toparlanma stratejisidir ve kompresyon giysileri gibi, egzersizden sonra toparlanmayı artırmak için artan kan akışı ve venöz dönüş esasına dayanmaktadır (49). EMS lokal olarak uygulanabildiği gibi tüm vücut uygulamaları da mevcuttur. Yöntem, elektrotların cilt yüzeyine yapıştırılması ile uygulanır ve bu da motor nöronları uyararak elektrik akımının iletilmesine izin verir. Verilen elektrik akımı küçük kas kasılmalarına neden olduğu bu şekilde kan akışını artırdığı, metabolik atıkların kandan uzaklaşmasını hızlandırdığı ve ağrıyı azalttığı gözlemlenmiştir. Bu kasılmalarının sonucu olarak doku onarımını artıran kas pompası etkisi oluşmaktadır (8). Yaralı bölgeye doğru artan kan akışı, hücrel birikintilerin giderilmesine, besin iletiminin artmasına ve dolayısıyla doku onarımına yardımcı olabilir. Elektrouyarım(EMS), özellikle düşük frekanslarda stimülasyon kullanıldığında kas kan akışını artırmanın başka bir yoludur. EMS ayrıca çeşitli etiyolojilerdeki ağrının tedavisi için etkili bir farmakolojik olmayan modalite olarak klinik ortamlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hipoaljezik etki, düşük frekanslara özgü görünmektedir. Bu nedenle, düşük frekanslı EMS, toparlanma sürecini potansiyel olarak destekleyebilir. (EMS), metabolitlerin uzaklaştırılmasını artırarak toparlanmayı kolaylaştırmak için iyi bir yöntem olarak tanımlanabilir. EMS ile toparlanma geliştirmenin başka bir olasılığı ise, elektrouyarımın motor ünitelerinin aktivasyon oranında bir artışa yol açtığı bulgusudur. Egzersize bağlı kas hasarını ve yorgunluğu oluşturan etmenleri iyi anlayabilirsek toparlanma yöntemlerini uygularken kullandığımız metodun başarısı da buna bağlı olarak artacaktır. Elektroterapi ajanı olarak sıklıkla; TENS, Ultrason, Diadinamik Akımlar, Orta Frekanslı (Enterfaransiyel) Akımlar kullanılmaktadır. Özellikle US kullanımı derin dokulara etki eden fizyokimyasal özelliği ile antrenmanın sebep olduğu travmalarda tedavi edicidir (52). EMS ile ilgili yakın zamanda yapılan bir incelemede, toparlanma üzerindeki etkileri inceleyen 13 makale içermektedir. Ancak sadece 1 çalışma sonraki performansta önemli gelişme bildirmiştir. Lattier ve ark. düşük frekanslı EMS'nin, pasif veya aktif toparlanmaya kıyasla diz ekstansörlerinin istemli kuvvet üretme artırmadığını bulmuştur. TENS uygulamasının, eksantrik egzersizden sonra 72 saate kadar olan DOMS ile ilişkili ağrı üzerinde hipoaljezik etkisinin olmadığı da bulunmuştur (8).

EMS'nin toparlanma yöntemi olarak kullanılması son zamanlarda popüler olmuştur ve olumlu etkilerine dair çalışmalar henüz netleşmemiştir. Bu yöntemde kas ağrısında ve ödeminde azalma, toparlanma kalitesinde artış, kan akışında artış, kas pompalama aktivitesinde artış, doku yenilemesi gibi pozitif etkilerle ilişkilendirilmektedir (53).

8- Germe: Kas yorgunluğunu önleyip buna bağlı etkileri de ortadan kaldıran bir yöntemdir. Germe egzersizleri bağ dokuya zarar vermeden bilinçli ve dikkatli bir şekilde yapılmalıdır (28). Antrenman öncesinde ve sonrasında yapılan germe egzersizleri ile, iskelet kaslarının tonusu azaltılarak, kas liflerinde oluşabilen mikro yırtık riski azalmaktadır (54). GKA'nın önlenmesinde yapılabilecek en etkili kolay uygulanabilir yöntem olarak antrenman öncesi ve sonrasında yapılan pasif germe egzersizleri gösterilmiştir. Eğer sporcuda GKA oluşmuş ise germe egzersizleri uygulanmamalıdır (55). Smith ve ark. çalışmasında, germe egzersizi doğru yapıldığı takdirde GKA tüm belirtilerini ortadan kaldırmak için yeterli olabilmektedir (56).

9- Beslenme ve Ergojenik Destek: Uzun süren antrenmanlardan sonra kas glikojen depolarının yenilenmesi için alınan karbonhidratın olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (57). Performansın devam etmesi için karbonhidratın yanı sıra sıvı alımının da önemi büyüktür. Fakat protein ve yağın içeceklere takviye edilmesinin bir yararı bulunmamaktadır (36). Yüksek şiddetli antrenman sonrası alınan karbonhidrat yüklemesinin kas hasarı parametreleri olan CK, kortizol ve IL-6 üzerinde anlamlı etkisi bulunamamıştır (58). Bunların dışında kas hasarını önlemek için farklı farmakolojik ajanların da kullanımı bulunmaktadır. Bu ajanlara kalsiyum kanallı antagonistleri, Coenzim Q10, E vitamini, C vitamini, ve Östradiaol olarak belirtilmiştir (59). C vitamini ile ilgili yapılan çalışmalarda, kullanılmasının kas yorgunluğunu azalttığı ve kompleks bölgesel ağrı sendromu gelişmesini önlediği belirtilmiştir (60). Sarıtaş ve ark. çalışmasında, E vitamini kullanımının dayanıklılık sporcularında kas hasarı parametrelerinden CK ve LDH değerleri üzerinde anlamlı farklılık görülmüştür (61). Connolly ve ark. ise antienflamatuar ilaç ve antioksidan kullanımının GKA önlemede germe, masaj ve ultiarason uygulamalarından daha etkili olduğunu bulmuştur (62).

10- Kombinasyon Yöntemler: Birden fazla toparlanma yönteminin art arda ya da beraber kullanıldığı yöntemdir. Kombine şekilde uygulanan yöntemlerin toparlanma üzerindeki etkisini incelemek için yapılan çalışmalar mevcuttur. Tessitore ve ark. yaptıkları çalışmada, aktif toparlanma ve su uygulamalarını beraber uygulamışlar. Su içerisinde jog, yürüme, yanlara ve geriye koşma hareketlerinden oluşan bir toparlanma yöntemi dizayn etmişler. Diğer taraftan EMS

ve pasif toparlanma yöntemleri ile bu dizaynı karşılaştırmışlar ve squat sıçrama, aktif sıçrama ve 10 metre sürat koşusu performansları üzerine etkisinin bütün gruplar da benzer olduğu gözlemlenmiştir (32). Başka bir çalışmada ise, aktif toparlanma ve masajın beraber kullanıldığı 20 dakikalık bir toparlanma protokolü uygulamışlar ve 5 kilometrelik performansı sürdürmede toparlanmada kullanılan aktif, pasif ve masaj yöntemlerinden daha etkili olduğu bildirmişlerdir (8).

2.3.2. Toparlanma Hızına Etki Eden Faktörler

Sporcularda toparlanma hızına etki eden faktörler; yaş, cinsiyet, deneyim, sağlık durumu (sakatlık durumu olup olmayışı), toparlanabilme yeteneği, genetik, yapılan spor branşının özellikleri, süstantrene durum, beslenme durumu, çevresel ve psikolojik etmenler, zaman, jetlak etkisi, uyku, yaşam biçimi, özel toparlanma tekniklerinin kullanılması olarak sıralanabilmektedir (63).

Genç yaştaki sporcularda toparlanma ileri yaştaki sporculara göre daha hızlı gerçekleşmektedir. 18 yaş altı sporcuların toparlanma süresi 18-40 yaş arası sporculara göre daha uzundur. Dolayısıyla toparlanma ve antrenman planlanmasında yaş faktörü göz önünde bulundurulmalıdır (64). Sporda toparlanmada cinsiyetin etkisi tartışmalı olmakla beraber; kadınların menstürel döngü zamanlarındaki farklar ve bu zamanda toparlanmaya verdiği yanıtlar ile glikojen depolarının tekrar dolmasındaki farklılıklar görülmüştür (23). Egzersiz sonrası toparlanma da gıda ve sıvı alımının kalitesi, miktarı ve zamanlaması veya enerji depolarının doldurulması, rehidrasyon, kas lifi onarımı ve adaptasyon gibi işlemleri optimize etmek için ölçülü besin alımı çok önemlidir. Sonuçta iyi bir toparlanma için beslenme en önemli faktörlerden biridir (65). Antrenmana uyumlu olan sporcularda daha hızlı bir toparlanma meydana gelmektedir. Gelişmiş bir aerobik kapasiteye sahip olmak egzersizden sonra atık maddelerin hızlı uzaklaştırılmasını, hızlı oksijenlenme ve hızlı iyileşme anlamına gelmektedir. Ayrıca tükenen enerji depolarının daha hızlı dolması anlamına gelmektedir. Kaliteli bir toparlanma performansı artırmak için büyük önem taşımaktadır. Spor bilimciler uzun zamandır bu yöntemleri incelemişler ve etkinliklerini belirtmişlerdir. Yöntemlerin etkinliği ise hala tartışmalıdır. Sporunun en kısa sürede toparlanmak için birkaç toparlanma tekniği uygulanarak dengeli sıvı ve besin desteği kullanılarak egzersiz sonrası oluşan atıklar uzaklaştırılıp kas hasarı en aza indirilmelidir (63).

2.4. İzokinetik Uygulamalar

İzokinetik egzersiz kavramı 1960'ların sonlarında başlamıştır. İzokinetik kas aktivitesi, sabit bir hızda ($1^\circ/s$ 1000 $^\circ/s$) ve uygun dirence karşı kasın göstermiş olduğu performans olarak

tanımlanmaktadır (66). Sabit hızda kas kontraksiyonunun sağlanması için özel geliştirilmiş cihazlara izokinetik dinamometre denilmektedir. İzokinetik uygulamalar sıklıkla izokinetik dinamometreler kullanılarak yapılmaktadır. Günümüzde izokinetik dinamometreler hem rehabilitasyon hem eğitim hem de test amacıyla kas fonksiyonunu değerlendirmek ve iyileştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. İzokinetik dinamometrelerin yaygın uygulaması, sabit hızda toplam hareket aralığı boyunca kas fonksiyonunu doğru bir şekilde ölçebilme yetenekleriyle ilgilidir. Böylelikle bu sistem, maksimum kas kasılmalarına izin verir ve yüksek tekrarlanabilirlik ile ölçüm yapılmasını sağlar. Spor bilimleri açısından izokinetik test cihazları izole kas grubunun kuvvetini güvenli ve geçerli bir şekilde ölçtüğü için oldukça önemlidir. Çünkü İzokinetik uygulamalarda ölçülen kuvvet zirve tork üzerinden değerlendirilir. Tork, bir eksen etrafında döndürücü kuvvettir ve izokinetik ölçümlerde tork Newton.Metre(Nm) cinsinden kaydedilir (67).

İzokinetik eğitimlerde dinlenme zamanının kuvvet gelişimi üzerine etkisini araştırmış ve hamstring kuvvetinin dinlenme süresine bağlı değiştirdiğini, kuadriseps kas kuvvetinin ise dinlenme süresi ile alakası olmadığını bulmuştur. Çalışmaya katılan gönüllüler 4 haftalık haftada 3 gün olacak şekilde 3 set 10 tekrarlı kuadriseps ve hamstring konsentrik kuvvetlendirme programına (90°/s açısal hızda) dahil edilmiştir. Dinlenme zamanı uzun tutulan (160 sn) bireylerde hamstring konsentrik kas kuvvet gelişimi dinlenme zamanı az tutulan (40 sn) bireylere göre daha fazla bulunmuştur. Bu çalışma eğitim süresi ile dinlenme süresi arasındaki oranın 1:8 olması gerektiğini savunmuştur. Literatürde, kas kuvvetinin toparlanması için gerekli süre eğitim şiddetine göre değişmekle beraber ortalama 120 saniye olarak gösterilmiştir (68).

2.4.1. İzokinetik Uygulamaların Avantajları

- Sistem tarafından uygulanan direnç kasın ortaya çıkardığı kuvvete eşit olduğundan sistem, kişinin kaldırabileceğinden daha fazla ağırlık uygulamaz. Bu sebeple güvenlidir.
- Kas grupları izole bir şekilde test edilebilir ya da çalıştırılabilir.
- Egzersizde değişik açısal hızlar kullanılabilir.
- Kasın bütün eklem açıklığı boyunca maksimum kapasitede çalışmasını sağlar.
- Yüksek açısal hızlarda çalışmaya olanak sağlar.
- Kişiye ekrandan kendini takip etme (Biofeedback) olanağı sunar.
- Veriler dökümanite edilebilir.

2.4.2. İzokinetik Uygulamaların Dezavantajları

- Sadece laboratuvar ortamında kullanılabilen pahalı bir yöntemdir.
- Test hareketi fonksiyonel değildir.
- Cihazı kullanmak için mutlaka eğitimli bir personele ihtiyaç vardır.
- Cihazı farklı bölgelerde kullanmak için ayarlama esnasında vakit kaybı olur pratik değildir.

2.4.3. İzokinetik Test Parametreleri

- Tork: Hareket eksenin etrafında üretilen dönme kuvvetidir.
- İş: Dönme uzaklığı $\times$ Kuvvet
- Güç: İşin yapılması için ihtiyaç duyulan zaman (66).

2.5. Elektroterapi

Elektroterapi, elektrik akımları ve elektromanyetik dalgaların genellikle tedavi amacıyla kullanılması esasına dayanan bir yöntemdir. Tarihçesi oldukça eskidir. 1780 yılında Bologna Üniversitesi Profesörü Luigi Galvani, elektrik akımın etkisiyle kurbağanın bacak kasında kontraksiyon görmüştür. Duchenne de Boulogne 1867 yılında cilt üzerinden kasın motor noktaları ile yaptığı uygulamalarla elektrik stimülasyonunu kullanımını yaygınlaştırmıştır (69). Daha sonraki zamanlarda ise elektrik stimülasyonu ile denerve kasların da uyarılabileceği keşfedilmiştir. Günümüzde ise hem inerve hem de denerve kas üzerinde çalışılmaktadır (70).

Elektroterapi, kas kuvvetini artırmada, kasların yeniden eğitilmesinde, yapısal anormalliklerin düzeltilmesinde, kas spazmının ve ödemin giderilmesinde, kas tonusunun artırılmasında, ağrının azaltılmasında etkilidir. Ayrıca bazı ilaçların transdermal olarak uygulanmasında (iyontoforezis) da kullanılmaktadır. En sık rehabilitatif bir ajan olarak kullanılan bir yöntem olmakla beraber günümüzde sporcularda kuvvetlendirme için de kullanılabilmektedir (71).

APTA (American Physical Therapy Association) 1990 yılında elektroterapi ile ilgili terminoloji standartlarını belirlemiştir. Buna göre ağrıyı azaltmak için kullanılan elektroterapi cihazları TENS (Transcutaneous electrical nerve stimulation), kasların yeniden eğitilmesini sağlayan, kas atrofisini

önleyen ve eklem hareketini artıran cihazlar da NMES (nöromüsküler elektrik stimülasyonu) ya da EMS (elektrikel kas stimülasyonu) olarak tanımlanmıştır (71).

Elektrik stimülasyonunun sağlıklı kas üzerine etkisine bakıldığında, çeşitli histokimyasal, fizyolojik ve morfolojik değişiklikler görülmektedir (72). NMES sağlıklı kasa uygulandığında kaslar da metabolik aktiviteyi artırmaktadır. Hızlı kasılan kaslara yoğun NMES uygulanmasında, kasın performansını artırır ve aerobik metabolizma da değişiklikler oluşturur (12). Aitman ve arkadaşlarının çalışmasında, sağlıklı kaslara 14 ve 28 gün boyunca farklı frekanslarda NMES uygulanmış ve aerobik metabolizmanın üzerindeki değişimler incelenmiş ve kassal performansın geliştiği bulunmuştur (73). Kas kuvvetinin artırılmasıyla ilgili çalışmalar egzersizin EMS den daha faydalı olduğunu, stimülasyon ile beraber yapılan egzersizin ise daha fazla kuvvet ortaya çıkardığını göstermiştir (74).

2.5.1. Elektroterapide Kullanılan Akımlar

Tablo 2.1. Elektroterapide kullanılan akımlar ve frekanslar

Akım	Frekans	Tedavide kullanılan frekanslar
Doğru akım (Galvanik akım)	0	0
Alçak frekanslı akımlar	1-1000 Hz	1-100 Hz
Orta frekanslı akımlar (interferansiyel akım)	1000-10000 Hz	3000-4000 Hz
Yüksek frekanslı akımlar	1 MHz ve üzeri	27 MHz, 433 MHz vb

Elektroterapi akımları gösterdikleri değişik fiziksel özelliklere göre kategorilere ayrılırlar. Akım türlerine göre 2 ye ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi direkt akım olarak adlandırılan galvanik akımdır, ikincisi ise alternatif akımdır. Galvanik akım aynı yönde ve aynı şiddette akan, frekansı sıfır olan elektrik akımlarıdır. Dokuda iyon hareketine neden olarak kimyasal olaylara yol açarlar. Alternatif akım ise, kesintisiz ve çift yönlüdür. Simetrik veya asimetrik özellik gösterir (75).

Tablo 2.2. Frekanslarına Göre Akımlar

Alçak frekanslı akımlar	Orta frekanslı akımlar	Yüksek frekanslı akımlar
Faradik Akım	İnterferansiyel akımlar	Kısa dalga Diatermi
Diadinamik	Rus (KOTZ) Akımları	Mikrodalga Diatermi
Tens		

Akımlar frekanslarına göre ise 3'e ayrılmaktadır. Bunlar ise; alçak frekanslı akımlar, orta frekanslı akımlar ve yüksek frekanslı akımlardır. Alçak frekanslı akımlar; kas kontraksiyonu veya ağrının giderilmesine yardımcı olurlar. Nöromüsküler elektrik stimülasyonunda da sıklıkla bu akımlar kullanılmaktadır (75). Orta frekanslı akımların özelliği ise ağrı ve ödem tedavisi amacıyla kullanılmalarıdır. Literatüre bakıldığında, farklı akım türleri ile oluşturulan protokollerin klinikte kullanıldığı gözlemlenmiştir. Kas kuvvetini artırmak için sıklıkla; Faradik Akım, Rus Akımı ve Yüksek Voltaj Kesikli Galvani Akım kullanılmaktadır (69).

2.5.2. Elektrik Stimülasyonu ile Ağrının Azaltılması

1-Tens (Transkuteneal Elektriksel Sinir Stimülasyonu)

Transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS) ağrı tedavisinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Ağrı; kişiyi doku harabiyetinden korumak için bir uyarandır. Ağrı oluşumu ile ilgili birçok teori olsa da en yaygın olanı Melzack ve Wall'un kapı kontrol teorisidir ve ilk kez 1965 yılında ortaya atılmıştır. TENS'in ağrı tedavisinde kullanımı bu teori ile ağrı mekanizmasının anlaşılmasıyla artmıştır. TENS, ağrıyı kesmek amacıyla deri üzerine yerleştirilen elektrodlar aracılığı ile uygulanan bir akımdır (76) (77).

TENS kullanım açısından pratik bir yöntemdir. Herhangi bir yan etki oluşturmaz ve alışkanlık yapmamaktadır. Portatif cihazlarla hem taşınabilir hem de kişinin kendine uygulayabilme avantajı sağlar. Kas spazmı kaynaklı ağrılarda kısmen etkilidir. Çevresel kaynaklı ağrılarda merkez

kaynaklı ağrılara göre daha etkilidir. Kontraendikasyon olarak kardiyak pacemakerı olanlarda kullanılmamalıdır (78).

Akım Şekillerine Göre Tens Çeşitleri

-Konvansiyonel TENS: 50-100 Hz frekans, 20-60 msn atım sürelidir. Uygulama süresi 30-60 dk arasındır. Ağrı olan bölgeye kontraksiyon oluşturmıyacak şekilde uygulanır.

-Akupunktur TENS: 1-4 Hz frekans, 15-25 msn atım sürelidir. Uygulama süresi 20-30 dk arasındır. Kasta kontraksiyon görülünceye kadar uygulanır.

-Burst TENS: Düşük ve yüksek frekansın kombinasyonu ile oluşan akımdır. Motor noktalara uygulanır.

-Module TENS: Frekans ve atım süresinin değışerek oluşturduğu akımdır. Çevresel sinirlerin üzerine ve genellikle sinir kökenli ağrılarda uygulanır (69).

2. Diadinamik Akımlar

1919 yılında Pierre Bernard, galvano-faradik akımları diadinamik akımlar olarak tanımlamıştır. Analjezik ve hiperemik etkilere sahip akımlardır. Diadinamik akımlar, iki sinüzoidal akımın üst üste bindirilmesi ile elde edilen rektifikasyonudur. Dalgalar arasındaki iniş çıkışlar hızlı olursa stimüle edici etki, yavaş olursa hiperemik etki fazladır. DD akımların tedavi edici etkisi yalnız akım çeşidine bağlı değil, aynı zamanda şiddetine de bağlıdır. Kas egzersizi hariç uygulamalarda kontraksiyon meydana getirmeyecek şiddette akım verilmelidir. DD akımın özelliğinden dolayı uygulama süresi birkaç dakika ile sınırlandırılmalıdır. Total uygulama süresi 10-12 dakikayı aşmamalıdır. Burkulmalar, ezikler, kas incinmeleri, epikondilit, artroz, periartrit, sudeck atrofisi, dolaşım bozuklukları, nevralji ve myalji gibi birçok durumda kullanılan akımlardır (69).

Diadinamik Akım Çeşitleri

- Diafaz Fikse (DF): 50 Hz'lik alternatif akımın tam dalga rektifiye edilmiş halidir. Frekansı 100 Hz'dir. Başka DD akım uygulamalarından önce sempatik ganglionlar üzerine kullanılır.

- Monofaz Fikse(MF): 50 Hz'lik alternatif akımın yarı dalga rektifiye edilmiş halidir. Frekansı 50 Hz'dir. DF uygulamasından sonra ağrılı spazm durumlarında kullanılır.

- Kurt Peryot(KP): DF ve MF tipi akımların sırayla birbirini takip etmesinden oluşan akımdır. Spazm olmayan ağrılı durumlarda ve trofik bozukluklarda kullanılır.

- Long Peryot(LP): MF akım çeşidi ikinci bir MF ile karışmıştır. İkinci MF nin şiddeti yavaş yavaş yükselip alçalır. Uzun süreli analjezik tesiri vardır. Myalji ve nevraljilerin tedavisinde kullanılır.

- Ritim Senkop(RS): Aralıklı olarak birbirini takip eden MF veya DF tipinde akımlardır. Kas ve sinirde faradik akımda olduğu gibi diagnostik amaçlı kullanılır (69).

3. Enterferansiyel Akımlar

1950 yılında Dr. Nemec tarafından tanımlanan ve frekansları 3900-5000 hz arasında değişen iki veya üç alternatif akımın kesişmesi sonucu ortaya çıkan akımlardır. Enterferansiyel akımlar deri direncini aşmada problem yaşamadan vücut içinde alçak frekanslı uyarıcı akımlar meydana getirirler. Frekansı 50 hz olan akımlarda akım şiddetinin büyük bir kısmı deri rezistansını yenmede kullanılır. Bu akımlara yüzeysel ve derin dokuların stimülasyonu ve ağrılı durumlarda kullanılır. Akım vücut içinde olduğu için tehlikesizdir. Çok derinde bulunan kaslar dahi stimüle edilebilir. Denerve kaslarda ve kanama riski olan durumlarda kullanılamaması da dezavantajlarıdır. Enterferansiyel akımlar tedavide direkt olarak kaslar, sinirler ve hücrel metabolizma üzerine etki ederek iyonik değişimlere sebep olurlar. Geçirgenliği artırır ve lenfatik sistemi uyarırlar. Periartriküler lezyonlarda, kaslar ve nöromusküler bozukluklarda, ortopedik durumlarda ve stres inkontinans durumlarında kullanılan akımlardır (69).

Eski model tedavi aletlerinde kullanılan frekanslar ve etkileri:

Sabit 100 Hz: Analjezik etki oluşturur.

0-10 Hz: İnervasyon kasları uyarır.

0-100 Hz: Kas tonusunu korur.

90-100 Hz: Sedasyon sağlar.

Yeni model tedavi alacetlerinde kullanılan frekanslar ve etkileri:

25-50 Hz: Kaslarda tetanik kontraksiyon meydana getirir.

25 Hz ve altı: Kaslarda kesikli kontraksiyon meydana getirir.

50 Hz ve üstü: Analjezik etki meydana getirir (69).

2.5.3. Elektrik Stimölasyonu ile Kas Kuvvetinin Artırılması

EMS uygulamasının kas kuvvetlendirme amacıyla kullanımının etkileri çalışmalarla gösterilmiş olup klinikte; Rus Akımı, Faradik Akım ve Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik (YVKG) akımlar kullanılmaktadır (79).

- Rus Akımı

1977 yılında Rus bilim adamı Dr. Yakov Kots tarafından tanımlanmıştır. Kas stimölasyonu meydana getiren bir akım olup, istemli kas kasılması ile birlikte veya tek başına kullanılarak kas kuvvetlendiren olduğu bildirilmiştir. Hem sağlıklı bireylerde hem de hastalarda kullanılabilir. Rus akımı Tip 2 kas liflerinin aktivasyonunu sağlayarak dışarıda oluşan iş yüküne karşı elektriksel olarak arttırılmış kassal kontraksiyonlar ve sonucunda kas kuvvetlenmesi sağlamaktadır. Rus akımının diğer kas kuvvetlendiren akımlardan olumlu yönde farkı akım şiddeti yüksek olsa dahi ağrısız olarak kullanılabilmesidir. “Russian Tekniğı” olarak kullanılan protokol Kots tarafından geliştirilmiştir. Literatürde rus akımının tedavide en sık kullanıldığı protokoldür. Russian Tekniğı’nde 10 sn kontraksiyon, 50 sn dinlenme zamanı şeklinde 10 kas kontraksiyonu vardır. Dinlenme süresi uzun olduğu için kasta yorgunluk oluşturmada yüksek kuvvet kazancı sağlamaktadır (80).

Stimölasyon iki şekilde yapılabilir;

1.Bipolar metot: Yüzeyel kas veya kas gruplarının stimölasyonunda kullanılır. Kasta origo-insersiyö tekniğı kullanılır.

2.Monopolar metot: Sinir yoluyla daha derin kasların stimülasyonunda kullanılır. Tek kas stimülasyon tekniği kullanılır (69).

Günümüzde sporcular tarafından izole kas gruplarını kuvvetlendirmek için yaygın olarak Russian Protokolü kullanılmaktadır. Protokol; sinyal frekans: 2.500 Hz civarında, modülasyon: 50 Hz, kontraksiyon süresi: 10 sn, dinlenme süresi: 50 sn, kontraksiyon sayısı günde 10 kontraksiyon ve haftada 5 seans olmak üzere uygulanmaktadır. Russian akımlarının direk fizyolojik etkisi hücresel düzeydedir. Ancak doku üzerinede segmental ve sistemik etkileri vardır. Russian akımı kas kuvveti ve eklem hareket açıklığının arttırılmasında, kronik ödemin azaltılmasında etkili olduğu belirtilmiştir (81).

- **Faradik Akım**

Faradik akım 19. yüzyıldan günümüze kadar genel veya lokal uygulamalar olarak kullanılmaktadır. 1950' lerde geçiş süresinin galvanik akımdan daha kısa olması sebebi ile daha rahat tolere edildiğinden kullanımı artmıştır (81). Birbirine eşit olmayan iki faz içeren alternatif akımdır. Akımın frekansı 30-100 Hz, atım süresi 0.1-1 msn ve sağlıklı kasta optimal frekansı 50 Hz'dir (82). Sağlıklı kasta, motor siniri stimüle ederek o sinirin uyardığı kasta kontraksiyon oluşturur. Uygulanan bölgede hafif bir eritem, iğnelenme şeklinde ağrısız bir his oluşturur. Denerve kasta kullanılmayıp, disuse atrofisinde ise kesikli hale getirilerek kullanılmaktadır (83).

- **Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik (Yvkg)**

Bu akım ilk kez 1945 yılında Haslip tarafından geliştirilmiştir ve buna Dyne-Ware nöromuskuler stimülasyon adını vermiştir. 1970 'ler de bu akım şekline alaka artmış ve HVPKS olarak tanıtılmıştır. Ani yükseliş yavaş iniş içerirler. Bu tür akımlar çok kısa uyarı süresine sahip olup dokulardaki penetrasyonu fazladır. Sinirleri; duyu, motor ve ağrı duyusunu taşıyanlar olarak ayırım yapabilirler. Tedavide kullanım voltajı 100 voltun üzerindedir. Kullanılan aletlerde voltaj(0-500V) sabit olup frekans ayarlanmaktadır (69). YVKG akım; kas kuvvetlendirme ve yara tedavisinde kullanılabilir. YVKG akımının rejeneratif etkisi ile bası ve diabetik yaraların tedavisinde kullanılmaktadır. Atrofi olan kasın tekrar eğitilmesinde yüksek voltaj kesikli akım halinde kullanılmaktadır (82). YVKG akım, uzun süren tetanik kontraksiyon ile kas spazmı-ağrı döngüsünü bozarak ani gelişen kas spazmının gevşemesinde de kullanılmaktadır. YVKG akım

diğer nöromusküler akımlarla karşılaştırıldığında daha avantajlıdır. Empedansı düşük olduğundan ötürü daha rahat tolere edilir (83).

2.5.4. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu

Günümüzde kas kuvvetini artırmak için temel olarak direnç egzersizleri kullanılsa da farklı yöntem arayışları devam etmektedir. Kasların kuvvetlendirilmesinde amaç daha fazla motor ünitenin işine girmesini sağlamaktır. Bu şekilde kuvvet antrenmanları ile sağlıklı kişilerde merkezi sinir sistemindeki adaptasyonların sonucu olarak kas kuvveti gelişmektedir (84). Elektrik stimülasyonu da sağlıklı bireylerde ve sporcularda kas kuvvetini artırmak için kullanılan yöntemlerdendir. Kasa elektrik akımı uygulayarak kas kontraksiyonu oluşturarak yapılan eğitime Nöromuskuler Elektriksel Stimülasyon (NMES) denilir (85). NMES kullanımı ile sporcularda, maksimal istemli kontraksiyonda normalden daha fazla motor ünite sayısını devreye girmesini amaçlanmıştır. NMES ile maksimal istemli kas kontraksiyonu ile kas hipertrofisinin yanı sıra elektromiyografi (EMG) aktivitesinde de artış gözlenmiştir (86). Elektrik stimülasyonunun istemli kas kontraksiyonu ile birlikte ilk defa Denny-Brown (1928) ve Metron (1954) tarafından kullanılmıştır. Araştırmacılar istemli kontraksiyonla birlikte motor sinirlere elektrik şoku vererek kas kuvvetine etkinliğini araştırmışlardır. Bu çalışmaların rehberliğinde günümüze kadar kas kuvvetlendirme yöntemlerinden birisi olarak literatürde yerini almıştır (87). Araştırmacılar tarafından Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu (FES) çalışmalarda farklı şekilde kullanılmıştır. Burada amaç egzersiz ile elektrik stimülasyonunu bir arada kullanmaktır. Wolf ve ark. (1986) squat egzersizi ile, Currier ve ark. izometrik egzersizle, Buhmann ve ark. (1998) izokinetik cihazla, Paillard ve ark. (2005) merdiven çıkarken, Newsam ve ark. (2004) inme sonrası yürüme ve merdiven eğitimi sırasında elektrik stimülasyonunu hareket ile beraber uygulamışlardır (81). FES ile yapılan antrenmanların beyindeki duyusal, sensorimotor ve motor alanları aktive ettiğine dair güçlü kanıtlar vardır. Bu nedenle uzun süreli veya kısmi hareketsiz kalınan dönemlerde kas kütleini korumak için elektrik stimülasyonun kullanımı yarar sağlamaktadır (84). Ancak bazı çalışmalar istemli egzersizin tek başına kullanımının ya da elektrik stimülasyon ile kombinasyonunun önemli oranda fark oluşturmadığını göstermiştir (88).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Araştırma için Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na başvurulmuş ve gerekli onay alınmıştır. Gönüllü sayısının belirlenmesi için yapılan Power (Güç) analizi sonuçlarına göre en az 16 gönüllüden ölçüm alınması planlanmıştır. Araştırmaya katılmayı kabul eden gönüllülere araştırma protokolü hakkında yazılı ve sözlü bilgilendirme yapılmış ve gönüllü olur formu onayları alınmıştır. Araştırma için duyurular yapıldıktan sonra aktif ağırlık antrenmanı yapan elit sporculardan oluşan 17 gönüllüden ölçümler alınmıştır.

3.2. Gönüllü Tanımı ve Sayısı

Araştırma örneklem grubunu ($n=20$); en az 2 yıldır düzenli olarak kuvvet antrenmanlarına katılan (en az 3 gün/hafta), 20 yaş ve üzerindeki erkek gönüllüler oluşturulmuştur. Taylor ve ark. (Taylor ve ark. 2015) çalışması baz alınarak hesaplamaları yapılan güç analizi sonucunda; etki büyüklüğü $f=0.992$ olarak hesaplanmış ve 0.05 hata payı ve 0.95 güç ile yapılan analiz sonucunda minimum örneklem sayısı 6 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmadaki başka bir değişken için etki büyüklüğü $f=0.492$ olarak hesaplanmış ve minimum örneklem sayısı 12 olarak tespit edilmiştir. Yapılan güç analizi sonucunda araştırmaya 20 gönüllü alınmıştır. Çalışmaya devam etmeyen 3 kişi çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışma 18 gönüllü ile tamamlanmıştır.

Bireylerin aynı zamanda normal diyet kalıplarını sürdürmeleri ve herhangi bir ergojenik yardımcı madde veya kafein gibi uyarıcı maddelerin kullanımından kaçınmaları istenmiştir. Tüm katılımcılara yüksek şiddetli fiziksel aktivitelere katılmalarında mahsur olmadığına dair sağlık raporu alınmıştır. Antrenman ve toparlanma süreçleri esnasında bir spor hekimi antrenman sahasında bulunmuştur. Çalışma süresi boyunca gönüllülerden test seanslarından önceki gün yoğun egzersiz yapmaktan kaçınmaları istenmiştir. Gönüllüler araştırma ve olası riskler hakkında bilgilendirilmiş ve araştırmaya katılmadan önce gönüllü olur formlarını imzalamışlardır. Araştırma randomize kontrollü dizayn olarak gerçekleştirilmiştir. Gruplar kendi içlerinde tabakalı randomizasyon yöntemiyle izokinetik kuvvet değerlerine göre elektrouyarımla toparlanma grubu ($n=9$) ve pasif toparlanma kontrol grubu ($n=8$) olarak ikiye ayrılmıştır.

3.2.1. Araştırmaya Katılma Kriterleri

- 18-35 yaşları arasında olma,
- Gönüllü olma,
- Daha önce kas iskelet sisteminde bir yaralanma veya ameliyat geçirmemiş olma,
- Son 2 yıldır düzenli olarak kuvvet antrenmanlarına katılıyor olma,
- Haftanın en az 3 günü aktif olarak antrenman yapıyor olma,
- Son 6 ay içerisinde alt ekstremitte ağrısı yaşamıyor olma,
- Vücut kütle indeksi normal sınırları içinde olma,
- Son 4 haftadır herhangi bir ergojenik yardımcı almıyor olmak.

3.2.2. Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri

- Gönüllünün araştırmadan ayrılmayı istemesi
- Çalışma esnasında veya 4 hafta öncesine kadar ergojenik yardımcı kullanmış olmak
- Gönüllülerin ölçümlere katılamamaları durumunda

3.3. Antropometrik Ölçümler

3.3.1. Boy Uzunluğu Ölçümü

Gönüllünün ağırlığı iki ayağına eşit dağılmış olarak topuklar birleşik ve baş Frankfort planda kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış durumdayken stadiometre ile ölçülmüştür (89).

3.3.2. Vücut Ağırlığı Ölçümü

Gönüllülerin vücut ağırlığı Tanita Body Composition Analyzer Type BC-418MA kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler gönüllünün iki ayağını da tartıya eşit basması sağlanarak, gönüllü dik ve hareketsiz durumdayken yapılmıştır (89).

3.3.3. Vücut Kitle İndeks Ölçümü

VKİ= Ağırlık (kg)/Boy (m²) formülü kullanılarak hesaplanmıştır (89).

3.4. Kalp Atım Hızı Değişkenliği

Kalp atım hızı değişkenliği (KAHd) ölçümü, otonom sinir sisteminin durumu hakkında bilgi veren, girişimsel olmayan, ekonomik ve kolay bir yöntemdir. Göğüs bandı ve ona bağlı saat ile yapılan ölçümle kaydedilen R-R intervalleri değerlendirilir. KAHd otonomik sistem tarafından düzenlenir ve yaş, genetik, vücut pozisyonu, günün saati, mental stres, fiziksel yorgunluk ve sağlık durumlarına göre değişiklik gösterebilir. KAHd; antrenmandan sonra toparlanma durumunun ve antrenmandan sonraki vücuttaki değişen homeostatik dengenin belirlenmesi için giderek daha sık kullanılmaya başlanmıştır (90). Parasempatik aktivite kalp atım hızını azaltır ve KAHd'yi artırırken, sempatik aktivite kalp atım hızını artırır ve KAHd'yi azaltır. Belirli bir durumda (örneğin dinlenik yatar pozisyonda) veya verilen iş yükündeki KAHd değişim göstermişse, sporcunun toparlanmadığını ve antrenman yükünün veya şiddetinin yeniden değişmesi gerektiğini göstermektedir.

Kalp atım hızı değişkenliği ölçümleri Polar H7 kalp atım hızı sensörü ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler izokinetik antrenmanların yapılacağı gün, 24 ve 48 saat sonra, sabahları aynı saatte, gönüllüler hemen uyandıktan sonra, yatar pozisyonda gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda QRS kompleksleri arasındaki aralıklar (NN) değerlendirilmiştir, istatistiksel (NN aralıklarının standart sapması) ve frekans-alan analizleri (çok düşük frekans, düşük frekans, yüksek frekans) yapılmıştır.

3.5. Visual Analog Skala (VAS)

Egzersiz bağlı gecikmiş kas ağrısını ölçmek için Visual Analog Skala (VAS) kullanılmıştır. VAS sayısal olarak ölçmenin mümkün olmadığı bazı değerleri sayısalı çevirmek için kullanılmaktadır. 100 mm'lik bir çizgi çizilir. Çizginin iki ucuna değerlendirilecek parametrenin alt ve üst sınırı yazılır ve gönüllüden bu çizgi üzerinde kendi durumunun uygun olduğu yere bir çizgi çizerek veya nokta koyarak veya işaret ederek belirtmesi istenir. Gönüllülere 0 noktası hiç yok, 10 noktası çok şiddetli ağrı olarak anlatılmıştır. VAS'da rakamsız olan kısım gösterilerek gönüllülerin ağrıyı ifade

etmesi istenmiştir. Ağrının hiç olmadığı yerden gönüllünün işaretlediği yere kadar olan mesafenin uzunluğu gönüllünün ağrısını belirlemek üzere sayısallaştırılmıştır (91).

3.6. Algometrik Ağrı Ölçümü

Gönüllülerin egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısı düzeylerini sayısallaştırmak üzere, basınca bağlı ağrı eşiği ve ağrı toleransını ölçmek için, dijital algometre kullanılmıştır (FPIX 50, Wagner Instruments, Canada). Ölçümler dominant bacak için, quadriceps kasında, rektus femoris kas gövdesinden, anterior superior iliac spine ve patella tabanı arasındaki çizgi üzerinden alınmıştır. Cihaz 1cm²'lik yüzeyi ile avuç içi orta noktasından 1 kg/s hızında basınç uygulanarak kullanılmıştır. Gönüllünün ağrısı ilk hissettiği noktadaki ağırlık miktarı (kg olarak), kişinin ağrı eşiği olarak kaydedilmiş, bu noktadan sonra, basınç uygulamasına devam edilerek, kişinin bu ağrıyı daha fazla tolare edemediği noktadaki ağırlık değeri, ağrı toleransı olarak kaydedilmiştir. Her uygulama yapılacak bölge için iki kez ölçüm yapılacak, en düşük değeri ağrı eşiği, en yüksek değeri ise ağrı toleransı değeri olarak kaydedilmiştir. Algometrik ağrı ölçümleri FEI'den önce, hemen sonra, 24, 48 ve 72 saat sonra gerçekleştirilmiştir.

3.7. BORG (Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı) SKALASI

Gönüllülere izokinetik antrenmanın hemen ardından hissettikleri yorgunluk düzeyini ölçekte denk gelen aralığı (6-20 arasında) söylemeleri istenerek ve ardından algılanan yorgunluk dereceleri kaydedilmiştir (92).

3.8. İzokinetik Uygulamalar

İzokinetik uygulamalar da Cybex Humac Norm İzokinetik Test ve Egzersiz Sistemi kullanılmıştır (93).

3.8.1. Maksimal İzokinetik Kuvvet Ölçümü

Gönüllüler tanıtım egzersizinden (familiarization) sonra, 90°/sn açısal hızdaki konsantrik diz ekstensör pik torkları için, maksimal izokinetik kuvvet ölçümüne katılmışlardır. Tüm izokinetik uygulamalardan önce, standart bir ısınma protokolünün (bisiklet ergometresinde yaklaşık 50 rpm'de 5 dk'lık ısınmayı takiben açma germe egzersizleri) uygulanmıştır. Tüm izokinetik uygulamalar gönüllülerin dominant bacaklarıyla yapılmıştır. Gönüllüler cihazın kılavuzunda belirtildiği üzere, kalçaları 185°'lik fleksiyonda test koltuğuna oturup ve pelvis ve gövdelerinden

cihazın bantlarıyla dinamometreye sabitlenmiştir. Diz 90°'lik fleksiyonda iken, dinamometrenin mekanik eksen; görsel olarak diz eklemine eksenile hizalanmıştır. Diğer bacak stabiliteyi sağlamak üzere sabitlenmiştir. Kaldıraç kolunun destek süngeri, gönüllülerinin medial malleoluslarının proksimaline gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Dinamometrenin kaldıraç kolunun uzunluğu her bir gönüllünün bacak uzunluğuna göre ayarlanmıştır. Her bir izokinetik test öncesinde bacağın ağırlığı için yerçekimi düzeltmeleri yaklaşık 45°'lik fleksiyonda yapılmıştır. Hareket aralığı için; dizin anatomik 0°'si (diz tam ekstansiyondayken belirlenerek) ve bu noktadan 90 °'lik fleksiyonun gerçekleştirileceği nokta kullanılmıştır. Dizin anatomik 0°'si belirlenirken, gönüllülerin, dizde tam ekstansiyon yaparken aşırı kasılma yapmamaları sağlanmıştır. Anatomik 0° için; yüksüz olarak, gönüllünün en rahat tam ekstansiyon yaptığı pozisyonadaki açı dikkate alınmıştır. Bu nokta yaklaşık olarak zorlamalı olarak sağlanan 0°'lik açıdan 3-5 derece sapmaktadır. Güvenlik amacıyla, belirlenen 90°'lik açı için dinamometreye 2 adet durdurucu pim takılmıştır. Dinamometrede ısınma amacıyla 90°/sn'lik açısal hızda submaksimal bir eforla 10 diz ekstansiyon ve fleksiyonu yapılmıştır. Isınmadan 2 dk sonra 90°/sn'lik açısal hızda maksimal izokinetik kuvvet ölçümü alınmıştır. İzokinetik test esnasında, gönüllülerin en iyi performanslarını göstermeleri için sesli olarak teşvik sağlanmıştır. Dinamometrenin bilgisayar ortamındaki veri toplama sistemiyle en yüksek tork değerleri ölçülmüştür (7).

3.8.2. İzokinetik Kuvvet Antrenmanı Tanıtım Seansı

Tanıtım seansı için cihazın kullanımı, ayarlamaları ve ısınma protokolü “maksimal izokinetik kuvvet ölçümü” ile aynı olmuştur. Elektrouyarım cihazındaki “Kuvvetlendirme Antrenman Protokolü”nün zaman aralıkları dikkate alınarak, elektrouyarım verilmeksizin, antrenman gerçekleştirilmiştir. Gönüllüler belirlenmiş olan standart ısınma protokolünü gerçekleştirdikten sonra, izokinetik cihazın ekranındaki zaman eşliğinde kasılmaları gerçekleştirilmiştir. Gönüllüler her set için; 2 ekstansiyon+fleksiyonu (toplam 4 sn) takiben 10 sn bekleyip ve bu döngüyü yorgunluğa kadar tekrar etmişlerdir. Bu egzersiz modeli 2 set ve setler arasında 3 dk'lık dinlenme ile uygulanmıştır. İzokinetik test esnasında, gönüllülerin en iyi performanslarını göstermeleri için sesli olarak teşvik sağlanmıştır. Dinamometrenin bilgisayar ortamındaki veri toplama sistemiyle en yüksek tork değerleri ölçülmüştür.

3.8.3.Elektrouyarımla İzokinetik Kuvvet Antrenmanı

Tanıtım seansı için uygulanan izokinetik antrenman uygulamasından sonra, 1 hafta temizlenme evresi (wash out) verilip ve bu esnada gönüllülerin herhangi bir zorlayıcı fiziksel aktiviteden kaçınmaları istenmiştir. Antrenmanlar sabah 09:00-12:00 saatleri arasında yapılmıştır. Fonksiyonel elektrouyarım kuvvet antrenmanı için cihazın kullanımı, ayarlamaları ve ısınma protokolü “maksimal izokinetik kuvvet ölçümü” ile aynı yapılmıştır. Gönüllüler belirlenmiş olan standart ısınma protokolünü gerçekleştirdikten sonra, dinamometrede ısınma amacıyla 90°/sn’lik açısal hızda submaksimal bir eforla 10 diz ekstansiyonu ve fleksiyonu yapmışlardır. Isınmadan sonra gönüllüler her set için; 2 ekstansiyon+fleksiyonu (toplam 4 sn) takiben 10 sn bekleyip ve bu döngüyü yorgunluğa kadar tekrar etmişlerdir. Bu egzersiz modeli 2 set ve setler arasında 3 dk’lık dinlenme ile uygulanmıştır. Kasılmalar elektrouyarım ile senkronize bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Cihaz içindeki mi-Range özelliği ile uygun kas tepkisini ortaya çıkarmak için gerekli olan minimum enerji düzeyi belirlenmiştir. Uygulanacak olan amplitüt gönüllünün sözel bildirimi doğrultusunda bireysel toleransına göre ayarlanmıştır. Elektrouyarım cihazı içindeki kuvvetlendirme protokolü ile; tip IIb liflerinde tetanik kasılma yaratmak üzere 4 sn boyunca 75 Hz’lik frekans ve kasın dinlenmesi için 10 sn boyunca 4 Hz’lik frekans kullanılmıştır. İzokinetik test esnasında, gönüllülerin en iyi performanslarını göstermeleri için sesli olarak teşvik sağlanmıştır. Dinamometrenin bilgisayar ortamındaki veri toplama sistemiyle en yüksek tork değerleri ölçülmüştür.



3.9. Toparlanma Uygulamaları

3.9.1. Elektrouyarımla Toparlanma Protokolü

Elektrouyarım ile toparlanma için Chattanooga Wireless Professional cihazı kullanılmıştır (94). İzometrik antrenmandan sonra 10 dk pasif olarak dinlenildikten sonra, cihazın içerisinde toparlanma dizaynı olarak yer alan “Ek Toparlanma” programı uygulanmıştır. Tüm elektrouyarım uygulamaları araştırma ekibinde yer alan deneyimli fizyoterapist tarafından gerçekleştirilmiştir. Seans esnasında kas stimülasyonunu sağlayacak şekilde, Quadriceps kası üzerine firmanın belirttiği şekilde elektrotlar yerleştirilmiştir. Cihaz otomatik olarak Mi-Range özelliği sayesinde kas için gereken minimum enerji düzeyini belirlemiştir. Aynı şekilde protokol esnasında bu enerji düzeyine ulaşılması için cihaz üzerinden uyarı verilmiştir. Ek toparlanma protokolünde amaç kaslarda biriken toksinlerin atılması için kan akışını arttırmak, ağrıyı azaltmak veya engellemek, kas gevşemesini sağlamak, egzersizi takiben kas niteliklerinin restorasyonunu hızlandırmaktır. Ek toparlanma protokolünde sırasıyla 2-4-6-5-4-3-2-1 Hz’lik frekanslar kullanılmış ve uygulama 25 dk sürmüştür. Toparlanma protokolünde de gözle görülebilir kas seğirmelerinin ortaya çıkacağı enerji düzeyi kullanılmıştır. Enerji düzeyi ayarlanırken cihazın mi-Range özelliği kullanılmıştır.

3.9.2. Pasif Toparlanma Protokolü

İzometrik antrenmandan sonra gönüllüler bir sandalyede oturarak veya uzanarak herhangi bir hareketten kaçınarak serbest pozisyonda dinlenmişlerdir (38).



3.10. Kas Hasarına Dair Kan Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Egzersize bağılı olarak gerçekleşen kas hasarıyla ilişkili olarak kanda, özellikle nötrofil, kreatin kinaz ve miyoglobin değerlerinin değiştiği bildirilmiştir (95). Gönüllülerde egzersize bağılı olarak oluşan kas hasarını değerlendirmek üzere kanda; nötrofil, kreatin kinaz (CK) ve miyoglobin ölçümleri yapılmıştır. Kan örnekleri değerlendirilmek üzere, FEI'den önce, hemen sonra, 24, 48 ve 72 saat sonra deneyimli sağlık personeli tarafından, hastane ortamında, antekübital venden alınmıştır.

3.11. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucunda farklı yöntemlerle toparlanma sonrasında elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığı tespit etmek üzere; basıklık ve çarpıklık değerleri (96), histogram, normal Q-Q ve kutu grafiklerinin görsel değerlendirmesi ve Shapiro-Wilk testi (97) sonuçları değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farkı değerlendirmek için; Bağımsız Örneklem T-Testi ve/veya Mann-Whitney U testi 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 testi kullanılmıştır. Verilerin analizinde IBM SPSS Statistics for Mac. v.23 paket programı kullanılarak tüm veriler için anlamlılık düzeyi ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$) olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Araştırmaya katılan 17 gönüllünün (9 EMS ile toparlanma grubu; 8 pasif toparlanma grubu) boy uzunlukları, vücut ağırlıkları, vücut yağ yüzdeleri ve vücut kitle indeksleri ölçülmüştür. Egzersiz sonrası toparlanma parametrelerini değerlendirmek için; kalp atım hızı değişkenliği, algometrik ağrı ölçümü, kanda kas hasarı parametreleri (CK, MB, NEU) ölçülmüştür. İzokinetik antrenmandan sonra yorgunluk ve ağrı değerlerini belirlemek amacıyla VAS ve BORG skalası kullanılmıştır.

4.1. Gönüllülerin Demografik Verileri

Araştırmaya katılan 17 gönüllünün boy uzunluk ortalamaları 176.9 ± 1.42 cm, vücut ağırlıkları 71.6 ± 2.8 kg, yağ yüzdeleri 11.13 ± 1.42 %, vücut kitle indeksleri 22.9 ± 0.8 kg/m²'dir. Araştırmaya katılan gönüllülerin gruplara göre EMS ile toparlanma grubu ve pasif toparlanma grubu olarak demografik verileri Tablo 4.1' de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Gönüllülerin demografik verileri

	(n=17)	BOY (cm)	AĞIRLIK (kg)	YAĞ (%)	VKİ (kg/m ²)
ET	Ort $\pm$ SS	176 $\pm$ 1.17	67.80 $\pm$ 3.20	10.90 $\pm$ 1.91	21.90 $\pm$ 1.06
	Min ; Mak	170; 181	51.90; 8.50	1.90; 1.80	17.10; 26.90
PT	Ort $\pm$ SS	177.80 $\pm$ 2.80	75.90 $\pm$ 4.43	11.43 $\pm$ 2.26	23.96 $\pm$ 1.18
	Min ; Mak	164; 187	56; 98	3.60; 21.70	20.80; 30.60

ort $\pm$ ss: ortalama $\pm$ standart sapma; ET: elektroyarımla toparlanma grubu; PT:pasif toparlanma grubu; VKİ: Vücut Kitle İndeksi; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, $p < 0.05$.

Araştırmaya katılan gönüllülerin EMS ile toparlanma ve pasif toparlanma grupları arası demografik verileri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p < 0.05$). Gruplar boy, ağırlık, vücut yağ yüzdesi ve VKİ bakımından birbirine benzerdir. Verilerimizin gruplara göre normal dağıldığı tespit edilmiş olup parametrik testlerle değerlendirilmiştir.

4.2. Gönüllülerin İzokinetik Verileri

Tablo 4.2.1. Gönüllülerin İzokinetik Verileri

Maksimum İzokinetik Kuvvet		ET (n=9) (ort ± ss)	95% CI	PT (n=8) (ort ± ss)	95% CI	ES
Ekstensörler	Tork max (nM)	196.11 ± 34.82	169:223	213.37 ± 43.80	177:250	0.44
	Tork max /VA (nM/kg)	287.33 ± 30.78	264:311	281.50 ± 20.47	264:299	
	İş (watt)	204.33 ± 31.35	180:228	218.00 ± 38.38	186:250	
	İş /VA (watt/kg)	300.00 ± 29.81	277:323	289.37 ± 30.27	264:315	
Fleksörler	Tork max (nM)	87.00 ± 16.10	75:99	110.62 ± 20.80*	93:128	1.26
	Tork max /VA (nM/kg)	129.00 ± 23.66	111:147	148.62 ± 30.35	123:174	
	İş (watt)	100.33 ± 18.46	86:115	124.50 ± 26.60*	102:147	
	İş /VA (watt/kg)	148.33 ± 28.50	126:170	168.75 ± 43.07	133:205	
E/F Tork max oranı		45.55 ± 9.98	38:53	53.38 ± 12.24	43:64	

ort ± ss: ortalama ± standart sapma; ET: elektrouyarımla toparlanma grubu; PT:pasif toparlanma grubu; 95% CI: %95 güven aralığı; ES: etki büyüklüğü; Tork max: maksimum tork değeri; VA: vücut ağırlığı; E/F: ekstensörler/ fleksörler; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, p < 0.05.

EMS toparlanma ve pasif toparlanma grupları ekstansör torklarına göre tabakalı randomizasyon yöntemi kullanılarak ayrılmıştır. Gruplar arası antropometrik özellik ve ekstansör torklarına göre anlamlı fark bulunmamaktadır (p<0.05). Gruplar birbirine benzerdir.

Tablo 4.2.2. Gönüllülerin İzokinetik TORK Verileri

Maksimum İzokinetik Kuvvet		A1 (ort ± ss)	A2 (ort ± ss)
Ekstensörler	Tork max PT Grubu (nM)	181.84 ± 26.93	171.36 ± 21.50
	Tork max ET Grubu (nM)	167.30 ± 26.35	160.68 ± 22.85
Fleksörler	Tork max PT Grubu (nM)	102.70 ± 15.50	95.09 ± 19.10
	Tork max ET Grubu (nM)	85.14 ± 13.47	78.30 ± 15.53

ort ± ss: ortalama ± standart sapma; ET: elektrouyarımla toparlanma grubu; PT:pasif toparlanma grubu; Tork max: maksimum tork değeri; A1: 1. Antrenman; A2: 2. Antrenman; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, p < 0.05.

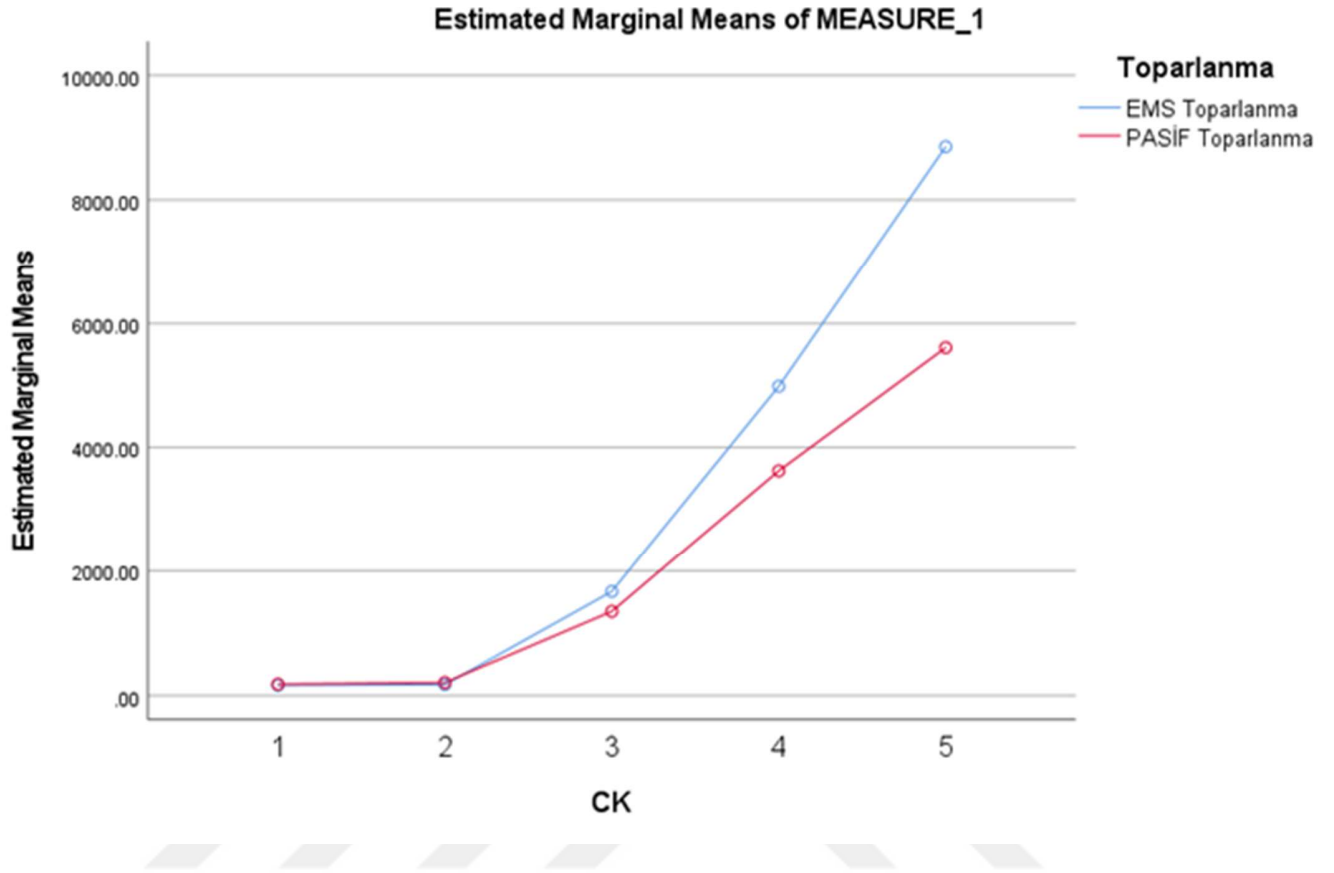
4.3. Gönüllülerin Tekrarlayan Ölçüm Verileri

Tablo 4.3.1. Tekrarlayan Ölçümlerde Kan Verileri

	Öntest (ort ± ss)	Sontest (ort ± ss)	24 saat (ort ± ss)	48 saat (ort ± ss)	72 saat (ort ± ss)	E.
CK Total	174.85 ± 83.72	192.14 ± 87.61	1533.42 ± 1479.50	4401 ± 4665.38	7464.83 ± 5942.82	
CK Toparlanma ET	167 ± 47.39	177.62 ± 51.03	1670.12 ± 1843.58	4985.62 ± 5530.97	8855.88 ± 6633.72	
CK Toparlanma PT	185.33 ± 121.88	211.50 ± 124.60	1351.17 ± 929.07	3621.50 ± 3533.65	5608.83 ± 4794.39	
MB Total	34.64 ± 13.88	71.07 ± 45.69	306.07 ± 330.73	605.21 ± 632.41	544.35 ± 447.19	
MB Toparlanma ET	34 ± 15.99	63.62 ± 38.91	368.12 ± 417.13	660.12 ± 707.83	675.38 ± 529.37	
MB Toparlanma PT	35.50 ± 11.88	81 ± 55.68	223.33 ± 162.55	535 ± 571.98	369.67 ± 252.03	
NEU Total	3.74 ± 0.92	4.32 ± 1.23	3.55 ± 1.14	3.58 ± 1.32	3.60 ± 1.02	
NEU Toparlanma ET	3.77 ± 0.94	4.49 ± 1.22	3.51 ± 0.74	3.47 ± 1.13	3.42 ± 0.49	
NEU Toparlanma PT	3.71 ± 0.97	4.11 ± 1.30	3.60 ± 1.59	3.72 ± 1.61	3.84 ± 1.48	

ort ± ss: ortalama ± standart sapma; ES: etki büyüklüğü; CK: kreatin kinaz; MB: miyogloblin; NEU: nötrofil; ET: elektrouyarımla toparlanma grubu; PT:pasif toparlanma grubu; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, p < 0.05.

Çalışmaya katılan gönüllülerden antrenmandan hemen önce, antrenmandan hemen sonra, 24 saat sonra, 48 saat sonra ve 72 saat sonra alınan örneklerden elde edilen CK, MB ve NEU değerleri yukarıdaki tabloda verilmiştir. Veriler tekrarlayan ölçümlerde ANOVA kullanılarak değerlendirilmiştir. CK ve MB değerleri kendi içinde anlamlı bir artış göstermiştir (p<0.001). EMS ile toparlanma ve pasif toparlanma gruplarındaki artış incelendiğinde ise her iki gruptaki artış da benzerdir. Gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p<0.005) NEU değerlerinde ise hem kendi içinde hem de gruplar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır (p<0.005).



Şekil 4.1. Tekrarlayan Ölçümlerde CK Değerleri

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü gibi CK değerleri giderek artan bir eğilim göstermiştir. Bu artış literatüre paralel olarak bulunmuştur. Fakat iki toparlanma grubunu karşılaştırsak artış her iki grupta da benzer görülmüştür. CK değerinin kendi içindeki artışı anlamlı olsa da her iki toparlanma grubundaki artış benzer bulunmuştur. Toparlanma grupları arasında CK değerlerindeki artış anlamlı bulunmamaktadır ($p < 0.05$)

Tablo 4.3.2. Kalp Atım Hızı Değişkenliği Verileri

	Toparlanma ET (ort ± ss)	Toparlanma PT (ort ± ss)	Total (ort ± ss)	E.
HRV SC. 1	56.42 ± 8.87	56.67 ± 12.12	56.53 ± 10.03	
HRV SC. 24	60.42 ± 7.04	54.17 ± 10.69	57.53 ± 9.10	
HRV SC. 48	61 ± 5.71	55.16 ± 10.75	58.30 ± 8.59	
HRV SC. 72	58.42 ± 6.85	54.67 ± 10.55	56.69 ± 8.59	
SDNN 1	70.97 ± 25.98	64.19 ± 23.94	67.83 ± 24.27	
SDNN 24	76.37 ± 16.41	57.69 ± 32.49	67.74 ± 25.85	
SDNN 48	71.70 ± 14.54	58.30 ± 24.04	65.51 ± 19.88	
SDNN 72	72.64 ± 17.51	61.09 ± 18.38	67.31 ± 18.17	

ort ± ss: ortalama ± standart sapma; ES: etki büyüklüğü; HRV: Kalp Atım Hızı Değişkenliği; SC: Skor; SDNN: NN intervallerinin standart sapmalarının ortalaması; ET: elektroyarımla toparlanma grubu; PT:pasif toparlanma grubu; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, $p < 0.05$.

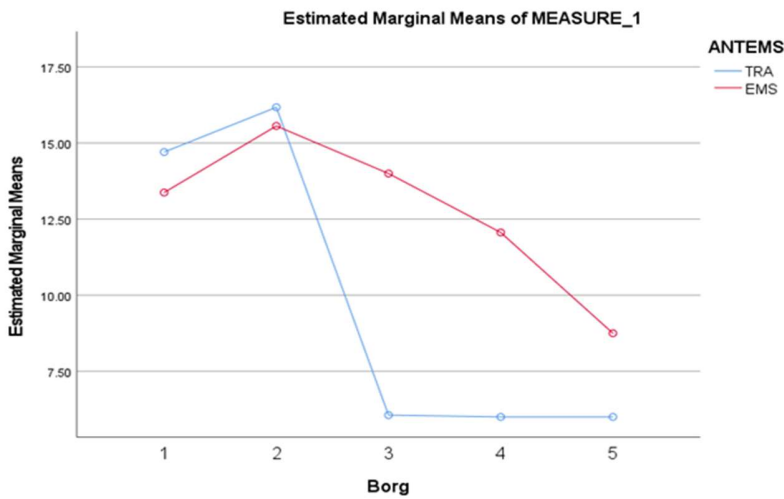
Kalp atım hızı değişkenliği verileri antrenmandan önce, 24 saat sonra, 48 saat sonra ve 72 saat sonra olarak ölçülmüştür. Veriler de hem izokinetik antrenman da hem de iki toparlanma grubu arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p < 0.005$).

Tablo 4.3.3. EMS’li ve Normal Antrenman BORG Verileri

	TRA (ort $\pm$ ss)	EMS TRA (ort $\pm$ ss)	Total (ort $\pm$ ss)	E.
BORG A1	14.70 $\pm$ 2.02	13.38 $\pm$ 3.27	14.06 $\pm$ 2.73	
BORG A2	16.18 $\pm$ 2.28	15.57 $\pm$ 2.44	15.88 $\pm$ 2.34	
BORG P. 24	6.05 $\pm$ 0.55	14 $\pm$ 5.50	9.90 $\pm$ 5.53	
BORG P. 48	6 $\pm$ 0	12.06 $\pm$ 4.62	8.93 $\pm$ 4.41	
BORG P. 72	6 $\pm$ 0	8.75 $\pm$ 3.27	7.33 $\pm$ 2.64	

ort $\pm$ ss: ortalama $\pm$ standart sapma; ES: etki büyüklüğü; TRA: Antrenman; EMS: Elektroyarım; A1: Antrenmandan önce; A2: Antrenmandan Sonra; P: sonra; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, $p < 0.05$.

Kas hasarı parametrelerindeki verileri ele alarak toparlanmada iki grup arasında anlamlı bir farklılık olmadığını görüyoruz. Bu tabloda toparlanma gruplarını göz ardı ederek bütün grupları beraber değerlendirdiğimiz zaman EMS ile yapılan antrenman ile normal yapılan antrenmandaki BORG değerlerini görüyoruz. EMS ile antrenman da yapılan antrenman aynı olmasına rağmen GKA’nın çok artmış olduğunu görüyoruz. BORG sonuçlarımız ve CK, MB verilerimiz de birbiri ile uyushmaktadır. Bu bağlamda zamana bağlı olarak normal antrenman ve EMS ile yapılan antrenman arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p < 0.001$).

**Şekil 4.2. EMS’li ve Normal Antrenman BORG Değerleri**

Tablo 4.3.4. Algometre Verileri

	TRA	EMS TRA	Total	E.
ALGO A1-1	8.71 ± 5.08	9.11 ± 4.75	8.90 ± 4.85	
ALGO A2-1	9.01 ± 3.99	9.82 ± 5.47	9.40 ± 4.70	
ALGO A1-2	12.84 ± 5.22	13.50 ± 5.97	13.16 ± 5.15	
ALGO A2-2	13.65 ± 5.45	14.44 ± 6.89	14.03 ± 6.11	

ort ± ss: ortalama ± standart sapma; ES: etki büyüklüğü; ALGO 1: Ağrıyı ilk hissettiği eşik; ALGO 2: Rahatsızlık hissettiği eşik; TRA: Antrenman; EMS: Elektroyarım; ; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, p < 0.05.

Algometrik ölçümlerde antrenman öncesi ve antrenman sonrası alınan ölçümlerde normal antrenman ve EMS ile yapılan antrenman grupları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p<0.005).

Tablo 4.3.5. VAS Verileri

	TRA	EMS TRA	Total	E.
VAS A1	5.13 ± 1.50	3.79 ± 2.08	4.49 ± 1.90	
VAS A2	6.13 ± 1.84	5 ± 2.14	5.58 ± 2.04	

ort ± ss: ortalama ± standart sapma; ES: etki büyüklüğü; A1: 1. antrenman; A2: 2. antrenman; TRA: Antrenman; VAS: Hissedilen zorluk düzeyi; EMS: Elektroyarım; ; *: gruplararası anlamlı farklılık düzeyi, p < 0.05.

Hissedilen zorluk düzeyi (VAS) verilerine göre, antrenman şiddeti arttıkça VAS düzeyi artsa da normal antrenman ve EMS ile yapılan antrenman grupları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p<0.005).

Tablo 4.3.6. CK ve MB Değerlerinin Korelasyonu

	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4	CK-5	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5
CK-1		<.001	.251	.766	.528	<.001	.034	.673	.505	.471
CK-2	<.001		.203	.830	.545	<.001	.013	.713	.515	.457
CK-3	.251	.203		<.001	.005	.001	.026	<.001	.003	.134
CK-4	.766	.830	<.001		<.001	.160	.481	<.001	<.001	.004
CK-5	.528	.545	.005	<.001		.727	.701	<.001	<.001	<.001
MB-1	<.001	<.001	.001	.160	.727		<.001	.249	.756	.832
MB-2	.034	.013	.026	.481	.701	<.001		.566	.953	.444
MB-3	.673	.713	<.001	<.001	<.001	.249	.566		<.001	.005
MB-4	.505	.515	.003	<.001	<.001	.756	.953	<.001		.001
MB-5	.471	.457	.134	.004	<.001	.832	.444	.005	.001	

CK: Kreatin Kinaz MB: Miyogloblin

Gönüllülerin CK ve MB değerleri korelasyon tablosu incelendiğinde; CK ve MB tekrarlayan ölçümlerde birbiri ile pozitif yönde korelasyon içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Bu araştırma 20 yaş ve üzeri düzenli kuvvet antrenmanı yapan gönüllülerde, elektrouyarımla izokinetik antrenmandan sonra, elektrouyarımla uygulanan toparlanma protokollerinin; kandaki kas hasarı belirteçleri, egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısı, kalp atım hızı değişkenliği gibi toparlanma değişkenleri üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda gönüllülerin antropometrik özelliklerini belirlemek için; boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut yağ oranı ve vücut kitle indeksleri ölçülmüştür. Gönüllülerin toparlanma parametrelerini değerlendirmek için; kalp atım hızı değişkenliği, kanda kas hasarı parametreleri, algometre ile ağrı ölçümü yapılmıştır. İzokinetik antrenmandan sonra yorgunluk ve ağrı değerlerini belirlemek amacıyla VAS ve BORG skalası kullanılmıştır. Gönüllüler pasif toparlanma grubu ve EMS ile toparlanma grubu olarak ikiye ayrılmışlardır. Literatürde EMS ile yapılan kuvvet antrenmanı sonrası EMS ile toparlanma ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamakla beraber son zamanlarda sporcular tarafından kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu sebepten ötürü çalışmamız elit sporculardan oluşan ve düzenli kuvvet antrenmanı yapan gönüllüler ile yapılmıştır.

Kas kuvveti; kasın kasılma sırasında oluşturabildiği maksimum gerilim miktarıdır ve kasın kesit alanının genişliği ile doğru orantılıdır, yani kesit alanı arttıkça kas kuvveti artar. Egzersiz ile kas liflerinin çapı artar, kesit alanı büyür ve kas kuvveti artar (3). Kas kuvveti atletik performansın, yaralanmalardan korunmanın, fiziksel sağlığın ve yaşam kalitesinin önemli değişkenlerinden birisidir. Sportif performans anlamında da önemli motorik özelliklerden birisidir. Bu nedenle birçok araştırma, özellikle kuvveti geliştirmek için dizayn edilen birçok farklı antrenman yöntemini incelemiştir. Her bir farklı kuvvet antrenman metodu kas yapısına farklı bir uyaran göndererek, farklı adaptasyonlara sebep olur. Örneğin yüksek şiddetteki kuvvet antrenmanlarının kas kuvvetini ve kütlesini arttırdığı çoğu çalışmada bildirilmiştir (4). Kuvvet antrenmanları; genel kuvvet antrenmanı, özel kuvvet antrenmanı ve maksimal kuvvet antrenmanı olarak çeşitlendirilmiştir (5). Kas kuvvetlendirilmesi ve kasın performansının değerlendirilmesi için; izokinetik, izometrik ve izotonik metodlar kullanılmaktadır (98). Sporcularda performansı geliştirmek için maksimal kuvvet antrenmanları büyük önem taşımaktadır. Yüksek şiddette uygulanan bu antrenmanlar hızlı kasılan kas liflerini devreye sokarak motor ünitelerin büyük kısmını çalıştırır (7). Kasların kuvvetlendirilmesinde amaç daha fazla motor ünitenin işin içine girmesini sağlayarak merkezi sinir sistemindeki adaptasyonların sonucu olarak kas kuvveti gelişmektedir (84). Kuvveti geliştirmek

için yapılan uygulamaları takiben yorgunluk, kas spazmı ve GKA gibi negatif bulgular karşımıza çıkmaktadır. Buna bağlı olarak kuvvet eğitiminde kullanılan yöntemlerin performansa etkisi incelendiği zaman, kasın egzersizi tolere ederek adaptasyon sağlaması için zaman verilmesi, yorgunluk ve buna bağlı olarak sakatlanmayı önlemek için antrenmana düşük yoğunlukta az tekrar sayısı ile başlanıp kademeli olarak yoğunluk ve tekrar sayısında artışa gidilmesini öngörülmüştür (99) .

GKA yüksek şiddette yüklenme sırasında kas lifi içerisindeki zayıf mikrofibrillerde oluşan mikro yırtıklardır. Meydana gelen bu yırtıklar sonrasında kas dokusunda dolaşım bozukluğu ve buna bağlı olarak ödem meydana gelir. Bütün bu reaksiyonlar ile oluşan iyon dengesizlikleri kasta ağrı meydana gelmesini tetikler ve akabinde kas ve kan enzimleri olan CK ve NEU serbestleşir. Serbestleşen bu enzimlerin miktarı uygulanan egzersizin şiddetine ve ortaya çıkan yıkımın büyüklüğüne bağlıdır ve egzersiz bittikten sonra da kandaki seviyelerini muhafaza ederler. Doku hasarının tespit edilmesinde iyi bir gösterge oldukları için CK ve NEU oranı plazma konsantrasyonlarına bakılır (14, 15). Yapılan bir çalışmada, el bileği fleksörlerine yaptırılan eksantrik egzersizden önce, sonra ve 10 gün boyunca alınan örneklerde CK değerleri (236 - 25,244 IU) yüksek değişkenlik göstermiştir (31). Bizim çalışmamızda da antrenmandan önce, antrenmandan sonra, 24,48,72. saatlerde ölçülen tüm grupların ortalama CK değerleri sırasıyla; 174.85 ± 83.72 , 192.14 ± 87.61 , 1533.42 ± 1479.50 , 4401 ± 4665.38 , 7464.29 ± 5942.82 olarak bulunmuştur. CK değerleri literatüre paralel olarak bizim çalışmamızda da antrenman şiddeti ve yorgunluğa paralel olarak artmıştır. Antrenmandan önce ortalama 174.85 ± 83.72 olan CK değerleri 72 saat sonra ortalama 7464.83 ± 5942.82 seviyelerine çıkmıştır. Fakat aynı değişim nötrofil de anlamlı olarak görülmemiştir. Antrenmandan hemen önce 3.74 ± 0.92 olan NEU değeri 5 ölçümde de benzerdir.

Uzun süreli antrenmanlardan sonra kanda CK seviyesi 24. ve 48. saatler arasında pik yapar. Sürekliliği olmayan kısa süren eksantrik antrenmanlarda ise bu pik 2 ya da 5 gün sonra gecikmeli olarak meydana gelir. Düzenli ağırlık antrenmanı yapan halter sporcuları ve sedanter bir grup ile yapılan çalışmada, gönüllülerin ağırlık antrenmanı sonrası CK değerlerine bakıldığı zaman en yüksek değere (3272 IU) 3-4. günlerde ulaşıldığı gözlemlenmiştir (100). Bizim çalışmamız da karşılaştığımız en yüksek CK değerleri (ort. 7464.83 ± 5942.82) 3. günde görülmüştür. Newham ve ark. çalışmasında gönüllülere yürüyüş bandında yokuş yukarı yürüme (konsantrik kasılmaların

olduğu) ve yokuş aşağı yürüme (eksantrik kasılmaların olduğu) egzersizi yaptırılmış. Yokuş yukarı yürüme egzersizinden 24 saat sonra plazma CK değerleri 60–200 IU, yokuş aşağı yürüme egzersizinden 4-7 gün sonra ise 700-1500 IU seviyelerine ulaşmıştır. CK değerlerini eksantrik kasılmaların daha fazla artırdığı bulunmuştur (101). Egzersiz bir kas hasarı meydana getirmektedir ve bu kas hasarının ne boyutta olduğu yapılan egzersizin türü ve şiddeti ile ilgilidir. Yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi eksantrik kasılma ile yapılan egzersizler de kas hasarı daha fazla olmaktadır. Maraton sporcularında kas hasarı daha fazla görülmektedir. Maratoncular ile yapılan bir çalışmada, CK-MB değerlerindeki değişimin akut miyokart enfarktüs geçiren hastaların değerlerine benzer bulmuşlardır. Bu değerlerin normal seviyelerine gelmesi maratoncular da daha yavaş olmuştur (22). 14 atletizm sporcusuna kuvvet antrenmanından sonra uygulanan 20 dakika su jet masajının biyokimyasal parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma 2 hafta sürmüş, her gönüllü sırayla 3 gün 5 kuvvet antrenmanı seansına katılmışlardır. Antrenman haftaları sadece su jet masajı uygulaması açısından birbirinden farklılık göstermiştir. Su jet masajı uygulamasından sonra kas dokusundan kana protein geçişi artmış ve MB değerleri yükselmiştir (102). Bizim çalışmamızda da MB değerleri literatüre paralel olarak antrenman öncesi ve sonrası ölçümler de artış göstermiştir. Antrenmandan hemen önce ortalama 34.64 ± 13.88 olan MB değeri antrenmandan hemen sonra ortalama 71.07 ± 45.69 olarak ölçülmüştür. Antrenmandan sonra yapılan 24, 48 ve 72. saatlerdeki ölçümlerde de artış devam etmiştir.

Günümüzde yaygın olarak sağlıklı bireylerde de EMS yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. EMS kullanımı ile sporcularda, maksimal istemli kontraksiyonda normalden daha fazla motor ünite sayısının devreye girmesi amaçlanmıştır (86). EMS ile beraber yapılan antrenmanların beyindeki duyuşal, motor ve sensorimotor alanları aktive ettiği ve bu sebeple uzun süreli hareketsiz kalınan sakatlık dönemlerinde kas kütlesini artırmak amaçlı yarar sağladığı düşünülmektedir (84). Quadricep femoris kası üzerinde yapılan bir çalışmada, istemli kas kontraksiyonu olmaksızın EMS ile kuvvetlendirme yönteminin kasın izometrik gücünü artırdığı tespit edilmiştir (88). EMS ile yapılan antrenmanların kassal fonksiyonlara olan etkileri bu zamana kadar araştırmacılar tarafından incelenmiştir ve kas kuvvetini artırma çalışmaları oldukça yaygındır ve güncelliğini korumaktadır (85). EMS ile kuvvet antrenmanı yapıldığı zaman uygulanan elektrik stimülasyonunun kas üzerinde birtakım histokimyasal, fizyolojik ve morfolojik etkileri görülmektedir. Bunlar kas kan içindeki enzim aktivitesinde artış, kas içi kan akışının artışı, kas liflerinin çapının artışıyla hipertrofi gibi etkilerdir (72). Parker ve ark. yaptıkları çalışmada, 12

voleybol oyuncusuna 4 hafta süren haftada 3 kez uygulanan EMS ile kuvvetlendirme antrenmanı uygulamışlar. 4 hafta öncesinde ve sonrasında dikey sıçrama performanslarını karşılaştırdıkları zaman önemli ölçüde artış bulunmuş ve quadriceps femoris kasında da kas kuvvetinde artış görülmüştür (103). Avila ve arkadaşlarının çalışmasında, 20 gönüllü (10 erkek, 10 kadın; 21 ± 1.5 yıl) 4 hafta süren haftada 2 gün izokinetik antrenmana katılmıştır. İzokinetik antrenman protokolü her iki diz ekstansörleri için uygulanmıştır. Bir tarafa sadece izokinetik kuvvet antrenmanı yapılırken diğer tarafta EMS ile beraber izokinetik kuvvet antrenmanı yaptırılmıştır. Gruplar değerlendirilirken maksimum ekstansör torklarına göre değerlendirilmiştir. EMS ile antrenman yapan grup ile normal izokinetik antrenman yapan grup arasında her iki cinsiyetteki gönüllüler için kuvvet antrenmanı güç kazanımı ve nöromuskuler özelliklerin gelişimi açısından bir fark gözlenmemiştir (104). Bizim çalışmamızda da her iki antrenman modelinde ortaya konan tork, iş arasında anlamlı bir fark yoktur. Kuvvet antrenmanı için, bu sonuçlar EMS ile antrenmanın sağlıklı kasta istemli kontraksiyon ile beraber kullanımını desteklememektedir. Herhangi bir sakatlık sonrası, ağrı ve ödemi azaltmak için, ROM artışı sağlamak için ve kas fonksiyonlarını geliştirmek için kullanılabilir. (104)

Sağlıklı, genç (22.43 ± 1.12 yıl) ve sedanter olan bireyler ile yapılan bir çalışmada, istemli kas kontraksiyonu ve EMS'nin birlikte kullanıldığı bir grup, tek başına EMS kullanan bir grup ve direnç egzersizi yapan bir grup ile antrenman yapılmış. Değerlendirmelerde quadriceps femoris kası baz alınmış. 3 antrenman grubunda; antropometrik ölçümler, kas kuvveti testleri, kas endüransı testleri ve fonksiyonel performans testleri kullanılarak değerlendirilmiş. Yorgunluk düzeylerini değerlendirmek için de BORG skalası kullanılmış. Sonuç olarak; 3 yöntem ile de quadriceps femoris kası üzerinde pozitif yönde etki olmuş ($p < 0.05$), fakat 3 yöntemdeki sonuçlar birbirine benzer bulunmuş, anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Aynı çalışmada antrenmandan sonraki BORG sonuçlarına bakıldığı zaman, gruplar arasında fark olduğu görülmüş ($p < 0,05$). BORG sonuçlarının ortalama değerlerine bakıldığı zaman en yüksek değerler istemli kas kontraksiyonu ve EMS'nin beraber kullanıldığı grupta bulunmuş, en düşük değer de direnç egzersizi yapan grupta gözlemlenmiştir (81). Bizde çalışmamızda EMS ile ya da normal izokinetik antrenmandan sonra oluşan GKA'nı değerlendirmek için BORG skalası ile değerlendirdik ve benzer bir durum ile karşılaşmış bulunmaktayız. Antrenmandan hemen sonra aldığımız ölçümlerde normal izokinetik antrenman grubunda 16.18 ± 2.28 EMS'li antrenman grubunda 15.57 ± 2.44 ortalama BORG değerleri görülmüştür. Bu sonuçlara bakarak EMS kullanan grupta ilk başta BORG değeri daha

yüksek görünse de antrenmandan 24 saat sonra aldığımız ölçümlerde, normal izokinetik antrenman grubunda 6.05 ± 0.55 EMS'li antrenman grubunda 14 ± 5.50 ortalama BORG değerleri görülmüştür. Bu da gösteriyor ki normal izokinetik antrenman yapan grupta 24 saat sonra neredeyse GKA tanımlanmazken, EMS ile antrenman yapan grupta GKA şiddetini koruyarak devam etmiştir. 48 ve 72. Saatte aldığımız ölçümler sonucunda ise EMS ile antrenman yapan grupta 72. saate kadar GKA devam etmiştir. GKA'nın performansı olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Bununla ilgili Akdeniz ve ark. yaptığı çalışmada, 11 sağlıklı erkek futbolcudan oluşan gruba, 5 set 20 tekrardan oluşan sıçrama egzersizi yaptırılmıştır. Egzersizden önce, 1, 24, 48, 72 ve 96. saatlerde vizual analog skala (VAS) ile ağrı düzeyleri, çeviklik ve sürat koşusu zamanları ölçülmüştür. VAS sonuçları ve çeviklik süresi 1, 24, 48, 72 ve 96. saatlerde, sürat koşusu ise 1, 24 ve 48. saatlerde egzersiz öncesi değerlere göre anlamlı ($p<0.05$) bir şekilde yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, egzersizden sonra oluşan kas hasarının çeviklik ve sürat performansını olumsuz yönde etkilediği bulunmuştur (105). Biz çalışmamızda izokinetik antrenman ve EMS ile yapılan izokinetik antrenman sonrası hissedilen zorluk düzeyini VAS ile değerlendirdik. VAS verilerine göre antrenman şiddeti arttıkça VAS düzeyi artıyor gibi görünse de iki antrenman grubu arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p<0.005$). Çalışma sonuçlarımız da elde ettiğimiz veriler de anlamlı bir farklılık bulunmasa da iki antrenman grubunda tekrarlı ölçülen BORG değerleri bize EMS ile antrenmanın daha mı fazla kas hasarı oluşturduğunu düşündürmektedir. Bununla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Sporcular performanslarını geliştirmek için yüksek şiddetteki antrenmanları belli bir düzen içinde uygulamaktadırlar. Çünkü orta ve düşük şiddette antrenmanları ile performansı artırmadığı sadece koruyucu olabileceği bildirilmiştir. Jamurtas ve arkadaşları, “tekrarlı uygulamaların etkisi (repeated bout effect)” olarak kas hasarı meydana getiren antrenmanların uzun süre uygulanmasının kasta daha çabuk bir adaptasyon oluşturduğunu belirtmişlerdir (13). Yüksek şiddette antrenman sonrası vücudun girdiği fizyolojik açıdan onarım süreci toparlanma evresinde gerçekleşir. Spor bilimciler sporcuların tam bir toparlanma sağlayabilmeleri için uzun zamanlardır çalışmaktadırlar. Sporcuların performansı için iyi bir toparlanma büyük önem taşımaktadır. Literatürde toparlanma yöntemleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (63). Bizim çalışmamız da elektrouyarım ile yapılan izokinetik antrenmandan sonra pasif toparlanma ve elektrouyarım ile toparlanmayı karşılaştırmıştır. Toparlanmayı değerlendirmek için çeşitli kas hasarı parametrelerini EMS ile toparlanma grubu pasif toparlanma grubu olarak karşılaştırdık. Kanda kas hasarı

parametreleri olan CK, MB ve NEU değerlerini antrenman öncesi ve sonrası karşılaştırdığımız zaman CK ve MB değerlerinde kendi içinde anlamlı bir artış olduğunu ($p<0.001$), fakat iki toparlanma grubunda karşılaştırdığımız zaman ise değerlerin birbirine benzer olduğunu ve anlamlı bir fark olmadığını ($p<0.005$) gözlemlemekteyiz. NEU değerlerinde ise ne antrenmanda ne de toparlanma gruplarında bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Çalışmamız da KAHd verileri antrenmandan önce, 24, 48 ve 72 saat sonra olarak ölçülmüştür. Hem izokinetik antrenman da hem de toparlanma grupları arasında KAHd verilerinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Smith ve arkadaşlarının çalışmasında, 14 sedanter erkek gönüllü randomize olarak masaj ile toparlanma ve kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Gönüllülere dirsek fleksörleri ve ekstansörleri için 5 set izokinetik eksantrik egzersiz yaptırılmış ve kontrol grubu pasif bir şekilde dinlenirken, diğer gruba 30 dakikalık spor masajı uygulanmıştır. GKA ve CK değerleri antrenmandan önce, 8, 24, 48, 72, 96 ve 120. saatlerde değerlendirilmiştir. NEU değerleri ise egzersizden önce ve hemen sonra ve 30 dakikalık aralıklarla 8 saat süreyle değerlendirilmiştir. CK değerlerinde ve GKA ağrısında masaj grubunda kontrol grubuna göre anlamlı bir düşüş görülmüştür ($p=0.001$). Fakat NEU değerleri artmaya devam etmiştir. Bu çalışmadaki CK değerlerine baktığımız zaman egzersizden önce 83.8 ± 9.0 U/L; 24 ve 48 saat sonra 240.4 ± 152.8 U/L ve 648.4 ± 494.8 U/L; 96 saat sonra $1,917 \pm 1,023$ U/L (106).

Hilbert ve arkadaşlarının yaptığı benzer bir çalışmada, 18 sedanter gönüllü rastgele masaj veya kontrol grubu olarak ayrılmışlardır. Kas hasarı meydana getirmek için, izokinetik cihazda hamstring için 10 maksimal eksantrik kasılma gerçekleştirilmiştir. Egzersizden 2 saat sonra masaj grubuna 20 dakika masaj yapılmıştır. Egzersizden 2, 6, 24, 48 saat sonra NEU değerleri, ağrı şiddeti, ROM ve pik torkları ölçülmüştür. Masajın NEU değerlerinde ve hamstring fonksiyonlarına bir etkisi görülmemiştir. Sadece gönüllüler tarafından ağrı yoğunluğunu azalttığı belirtilmiştir (107). Bizim yaptığımız çalışmada da NEU değerleri ne izokinetik antrenmanda ne de toparlanma protokolü sonrası herhangi bir değişme göstermemiştir. Sırasıyla antrenman öncesi, sonrası 24, 48 ve 72. saat bütün grupların ortalama değerleri; 3.74 ± 0.92 , 4.32 ± 1.23 , 3.55 ± 1.14 , 3.58 ± 1.32 , 3.60 ± 1.02 olarak ölçülmüştür. Kendi içinde ve gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur ($p<0.005$).

Pınar ve arkadaşlarının çalışmasında farklı toparlanma yöntemlerinin yorucu egzersizden sonraki etkilerini incelemişlerdir. 12 spor öğrencisinden oluşan gönüllüye laboratuvar ortamında 5 günlük uygulama yapılmıştır. İlk önce wingate testi uygulanıp ardından 6 seans zorlayıcı egzersizden sonra

rasgele masaj, EMS ve pasif toparlanmadan oluşan 3 toparlanma yöntemi uygulanmıştır. EMS uygulaması CompexMI-Sport, (Medicompex SA, Ecublens, İsviçre) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Laktat seviyesi, kalp hızı, tepe ve ortalama güç, algılanan efor derecesi (RPE) ve toplam toparlanma kalitesi (TQR) değerlendirilmiştir. 3 toparlanma yönteminde de kalp atış hızı yanıtı ve kan laktat konsantrasyonunda değişiklik gözlenmemiş. Bulunan sonuçlar değerlendirildiğinde masaj, elektrouyarım ve pasif toparlanma uygulamalarının sonuçlarının arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (108).

EMS uygulamaları farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Bunlardan bir tanesi bütün vücut elektrouyarım uygulamasıdır. Tüm vücut elektromiyostimülasyon (WB-EMS) cihazları ile ilgili yapılan çalışma az olmasına rağmen günümüzde sağlık ve spor antrenmanında kullanılmaktadır. Miguel ve arkadaşlarının çalışmasında, 9 antrenmanlı erkek gönüllüye aynı egzersiz protokolü uygulanıp ardından 3 farklı toparlanma yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulamalar; bisiklet ergometresinde aktif toparlanma, pasif toparlanma ve bütün vücut elektrouyarım olmuştur. Toparlanma parametrelerini değerlendirmek için; laktat, kalp hızı, hemogloblin değerleri, vücut ısı ve nöromuskuler yorgunluk bakılmıştır. Çalışmanın sonucunda bütün vücut EMS uygulamasının sonuçları ile diğer iki toparlanma yöntemi arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir (53).

Argus ve arkadaşlarının çalışması 4 farklı toparlanma stratejisinin tekrarlanan sprint- bisiklet performansı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. 11 elit erkek bisikletçi gönüllüye 20 dakikalık toparlanma araları ile ayrılmış bisiklet ergometresinde maksimum sprintten oluşan 4 oturum yapılmıştır. Toparlanma yöntemi olarak; basınç giysileri, nem terapisi, elektrouyarım ve pasif toparlanma kullanılmıştır. Toparlanmayı kan laktat seviyesi değerlendirmesi ile yapılmıştır. Sonuç olarak basınç giysisi ve nem terapisinin sprintler arasında toparlanmayı artırdığını fakat elektrouyarım uygulamasında herhangi bir değişiklik olmadığını gözlemlemişlerdir (49).

Elektroterapi kullanımının en sık kullandığı yer kas ağrısını gidermektir. Elektroterapi ajanlarından olan TENS uygulaması ağrıyı azaltmada en sık kullanılan ajandır. Genellikle rehabilitasyon amacıyla kullanılsa da GKA üzerine de az da olsa çalışma mevcuttur. TENS ile ilgili yapılan bir çalışmada, GKA için bir grup TENS uygulaması grubu, diğer grupta kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, CK değerleri üzerinde TENS in anlamlı etkisi bulunmuştur ($p<0.05$). Aynı çalışmada NEU değerinde de anlamlı düşüş görülmüştür ve TENS uygulamasının GKA üzerine olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır (109). Bizim

Çalışmamız da ise EMS ile toparlanmada pasif toparlanmaya göre kan parametrelerinin seviyelerinde anlamlı bir düşüş görülmemiştir. Antrenman metodumuz da EMS ile birlikte olduğu için kas hasarının beklenilenden fazla olmasının toparlanmayı etkilediğini düşünüyoruz.

Farklı spor dallarında görevli yapan antrenörlere yapılan bir anket çalışmasında kullanılan toparlanma teknikleri çoğunluk olarak aktif toparlanma, germe egzersizleri, kontrast banyo ve besin desteği kullanılmıştır. EMS/USG, kompresyon giysileri, hidroterapi ve ilaçlar gibi toparlanma teknikleri maliyetli ve pratik olamamaları, ulaşılabilir olmamaları gibi sebeplerden ötürü az kullanılmaktadır (110).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elektrouyarımla izokinetik antrenmandan sonra, elektrouyarımla uygulanan toparlanma protokollerinin; kandaki kas hasarı belirteçleri, egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısı, kalp atım hızı değişkenliği gibi toparlanma değişkenleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Kandaki kas hasarı belirteçlerini incelediğimiz zaman CK ve MB değerleri antrenmandan sonra zamana bağlı bir artış gösterse de toparlanma grupları arasında anlamlı fark bulunamamıştır.

Antrenman öncesi ve sonrası ölçülen KAHd ne antrenmanda ne de toparlanmada farklılık gözlenmemiştir.

Araştırmada EMS ile yapılan izokinetik antrenman sonrası EMS ile toparlanma ya da pasif toparlanma grupları arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır. Verilerin analizinde her iki grubun da toparlanma verileri birbirine benzer bulunmuştur.

Araştırmamızda BORG verileri dikkat çekmektedir. Çalışmamızda EMS ile ya da normal izokinetik antrenmandan sonra oluşan GKA'nı değerlendirmek için BORG skalası kullanılmıştır. Antrenmandan hemen sonra aldığımız ölçümlerde EMS ile antrenman yapan grupta egzersizden hemen sonra BORG değeri daha düşük görünse de antrenmandan 24 saat sonra aldığımız ölçümlerde, normal izokinetik antrenman grubunda neredeyse GKA tanımlanmazken, EMS ile antrenman yapan grupta GKA şiddetini koruyarak devam etmiştir. 48 ve 72. Saatte aldığımız ölçümler sonucunda ise EMS ile antrenman yapan grupta 72. saate kadar GKA devam etmiştir. Bu bize EMS ile kas hasarının daha mı fazla arttığını düşündürmüştür.

Ayrıca çalışmamız da gözlemlediğimiz EMS ile yapılan fonksiyonel antrenmanın sakatlanmalardan sonra ve sezon başlangıcında performansı hızlı bir şekilde artırabileceği yönünde daha fazla çalışma ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

1. Dündar U. Antrenman Teorisi: Nobel Yayınevi 2003. 80-3 p.
2. Yaşar S. Antrenman Bilgisi: Nobel Yayınevi; 2002. 50-4 p.
3. Gökmen Özen ÖA. Spor Bilimlerinde Multidisipliner Araştırmalar 2020. 192-200 p.
4. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. Musculoskeletal adaptations to resistance training in old age. *Manual therapy*. 2006;11(3):192-6.
5. Çağlayan A, Özbar N. The Examination of The Effects of Functional Training Program Applied on Instable Ground on Anaerobic Capacities of Elite Martial Arts Athletes. *European Journal of Education Studies*. 2017.
6. NARİN S, DEMİRBÜKEN İ, ÖZYÜREK S, ERASLAN U. Dominant El Kavrama Ve Parmak Kavrama Kuvvetinin Önkol Antropometrik Ölçümlerle İlişkisi. 2009.
7. Bompa T, Pasqual M, Cornacchia L. Nitelikli Kuvvet Antrenmanı. Bağırhan, Çev, Spor Yayınevi ve Kitabevi, Ankara. 2014:69-70.
8. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports medicine*. 2006;36(9):781-96.
9. Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ, Şıktar E. Spor fizyolojisi ve performans ölçüm testleri. Ankara: Gazi Kitabevi. 2018:639-40.
10. Tokat F. Yoğun egzersiz sonrası uygulanan farklı toparlanma protokollerinin bazı fizyolojik parametrelere etkisi: YÖK Ulusal Tez Merkezi; 2018.
11. Stupka N, Tarnopolsky MA, Yardley N, Phillips SM. Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of applied physiology*. 2001;91(4):1669-78.

12. Lieber RL. Skeletal muscle structure, function, and plasticity: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
13. DOKUMACI B, ATABEK HÇ. Gecikmiş Kas Ağrısı ve Oluşum Mekanizmaları: Oksidatif Stres ile İlişkisi. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*. 2016;8(1):22-34.
14. Gleeson M, McDonald W, Cripps A, Pyne D, Clancy R, Fricker P. The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers. *Clinical & Experimental Immunology*. 1995;102(1):210-6.
15. Harvey PCC-RA. *Biyokimya Nobel Tıp Kitabevleri* 1997.
16. Korkmaz S. Sporcularda uzun süreli yorgunluğun kas hasarıyla ilişkisi. Adana: Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi Ve Spor Anabilim Dalı. 2010:23-6.
17. Tiidus PM. Skeletal muscle damage and repair: Human Kinetics; 2008.
18. McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Gleim GW. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports medicine*. 1999;27(3):157-70.
19. Clarkson P, Byrnes W, McCormick K, Turcotte L, White J. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *International journal of sports medicine*. 1986;7(03):152-5.
20. Schwane JA, Buckley RT, Dipaolo DP, Atkinson M, Shepherd JR. Plasma creatine kinase responses of 18-to 30-yr-old African-American men to eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000;32(2):370-8.
21. Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology*. 1988;65(1):1-6.
22. Hazar S. Egzersize Bağlı İskelet Ve Kalp Kası Hasarı. *Spor metre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2004;2(3):119-26.

23. Murray B, Rosenbloom C. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutrition reviews*. 2018;76(4):243-59.
24. Vickers AJ. Time course of muscle soreness following different types of exercise. *BMC musculoskeletal disorders*. 2001;2(1):5.
25. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness. *Sports medicine*. 2003;33(2):145-64.
26. Hikida R, Staron R, Hagerman F, Leonardi M, Gilders R, Falkel J, et al. Serum creatine kinase activity and its changes after a muscle biopsy. *Clinical physiology*. 1991;11(1):51-9.
27. Noyan A. Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji: Meteksan Yayınları 2011.
28. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. The physiological basis of physical education and athletics: William C Brown Pub; 1989.
29. Hoffman-Goetz L, Pedersen BK. Exercise and the immune system: a model of the stress response? *Immunology today*. 1994;15(8):382-7.
30. Şahin FB. Farklı toparlanma türlerinin kas hasarı ve sitokin salınımı üzerine etkisi: İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2018.
31. Nosaka K, Clarkson P. Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *International journal of sports medicine*. 1996;17(02):120-7.
32. Gümüşdağ H, Egesoy H, Cerit E. The Strategies of Recovery in Sport. *Hitit University Journal of Social Sciences Institute*, Year. 2015;8:53-69.
33. Vierck J, O'Reilly B, Hossner K, Antonio J, Byrne K, Bucci L, et al. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell biology international*. 2000;24(5):263-72.

34. Nikolić Z, Ilić N. Maximal oxygen uptake in trained and untrained 15-year-old boys. *British journal of sports medicine*. 1992;26(1):36-8.
35. Cochrane DJ. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport*. 2004;5(1):26-32.
36. ALEMDAROĞLU U, KOZ M. Egzersiz Sonrası Toparlanma; Toparlanma Çeşitleri ve Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri*. 2011;3(1).
37. Balsom P, Seger J, Sjödén B, Ekblom B. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International journal of sports medicine*. 1992;13(07):528-33.
38. Lau S, Berg K, Latin RW, Noble J. Comparison of active and passive recovery of blood lactate and subsequent performance of repeated work bouts in ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001;15(3):367-71.
39. Bangsbo J, Graham T, Johansen L, Saltin B. Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: impact of light exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1994;77(4):1890-5.
40. Robertson A, Watt JM, Galloway S. Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise. *British journal of sports medicine*. 2004;38(2):173-6.
41. Nafiz Akman ÖS. Hidroterapi ve Akuatik Rehabilitasyon: Haberal Eğitim Vakfı; 2006.
42. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *European journal of applied physiology*. 2008;102(4):447-55.
43. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion. *Sports medicine*. 2006;36(9):747-65.
44. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *International journal of sports medicine*. 2008;29(07):539-44.

45. Mehmet Günay KT, İbrahim Cicioğlu Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçüm Testleri Gazi Kitabevi 2006.
46. Leeder JD, Godfrey M, Gibbon D, Gaze D, Davison GW, Van Someren KA, et al. Cold water immersion improves recovery of sprint speed following a simulated tournament. *European journal of sport science*. 2019;19(9):1166-74.
47. Johansen LB, Jensen TUS, Pump B, Norsk P. Contribution of abdomen and legs to central blood volume expansion in humans during immersion. *Journal of Applied Physiology*. 1997;83(3):695-9.
48. Coffey V, Leveritt M, Gill N. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2004;7(1):1-10.
49. Argus CK, Driller MW, Ebert TR, Martin DT, Halson SL. The effects of 4 different recovery strategies on repeat sprint-cycling performance. *International journal of sports physiology and performance*. 2013;8(5):542-8.
50. Dascombe B, Laursen P, Nosaka K, Polglaze T. No effect of upper body compression garments in elite flat-water kayakers. *European journal of sport science*. 2013;13(4):341-9.
51. Duffield R, Portus M. Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *British journal of sports medicine*. 2007;41(7):409-14.
52. Zalessk M. Choaching, Medico-Biological, and Psychological Means of Recovery. *Legkaya Atletika*. 1977;7:20-2.
53. de la Cámara Serrano MÁ, Pardos AI, Veiga ÓL. Effectiveness evaluation of whole-body electromyostimulation as a postexercise recovery method. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2018;58(12):1800-7.

54. İPEK D, ÖZKAYA Ö, SÖZEN H, TEKAT A. Pasif germe hareketlerinin sedanterlerde oluşturulan gecikmiş kas ağrısı üzerine etkileri. 2009.
55. HÜTLER M, BENEKE R, BÖNING D. Determination of circulating hemoglobin mass and related quantities by using capillary blood. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000;32(5):1024-7.
56. Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, McCammon MR, Houmard JA, Franklin ME, et al. The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Research quarterly for exercise and sport*. 1993;64(1):103-7.
57. Burke LM, Loucks AB, Broad N. Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of sports sciences*. 2006;24(07):675-85.
58. Erith S, Williams C, Stevenson E, Chamberlain S, Crews P, Rushbury I. The effect of high carbohydrate meals with different glycemic indices on recovery of performance during prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2006;16(4):393-404.
59. Connolly D, Lauzon C, Agnew J, Dunn M, Reed B. The effects of vitamin C supplementation on symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2006;46(3):462.
60. Zollinger PE, Tuinebreijer WE, Kreis RW, Breederveld RS. Effect of vitamin C on frequency of reflex sympathetic dystrophy in wrist fractures: a randomised trial. *The Lancet*. 1999;354(9195):2025-8.
61. SARITAŞ N, COŞKUN B, YAZICI C, BÜYÜKİPEKÇİ S, YILDIZ K, YARDIMCI M. Dayanıklılık Antrenmanı Yapan Atletlerde E Vitamini Kullanımının Oksidan Ve Antioksidan Kapasitesi Ve Kas Hasarı Üzerine Etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2012;6(3).

62. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of strength and conditioning research*. 2003;17(1):197-208.
63. Gümüşdağ H, Egesoy H, Cerit E. Sporda toparlanma stratejileri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 2015;8(1):53-70.
64. Rowland T, Von Duvillard S. Exercise cardiac contractility in men and boys: a recovery echocardiographic study. *International journal of sports medicine*. 1990;11(04):308-11.
65. Burke LM, Mujika I. Nutrition for recovery in aquatic sports. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2014;24(4):425-36.
66. Perrin DH. *Isokinetic exercise and assessment*1993.
67. Harput G. Eksentrik Eğitim. *Alt Ekstremitte Spor Yaralanmalarında Rehabilitasyon Özel Sayısı*. 2017:584-6.
68. Yenigün Ö, Çolak T, Bamaç B, Yenigün N, Özbek A, Bayazıt B, et al. Voleybol oyuncularının diz ekleminin izokinetik performans değerleri ve hamstring (fleksör)/quadriceps (ekstansör) oranlarındaki farklılıkların belirlenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*. 2008;5(1):1-13.
69. Şimşek N. *Elektroterapide Temel Prensipler ve Klinik Uygulamalar*2015.
70. Braddom RL. *Physical medicine and rehabilitation e-book: Elsevier Health Sciences*; 2010.
71. Johnson J, Levine D. Electrical stimulation. *Canine rehabilitation & physical therapy: Elsevier*; 2004. p. 289-302.
72. Tunç Y. *Elektrik Stimülasyonunda Kullanılan Farklı Akımların Derinin Biyofiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi*. 2014.

73. Aitman T, Hudlicka O, Tyler K. Long-term effects of tetanic stimulation on blood flow, metabolism and performance of fast skeletal muscle [proceedings]. The Journal of physiology. 1979;295:36P.
74. Kuran B. Kas stimölasyonu. Şişli Etfal Tıp Bülteni.39(2):7-11.
75. Başar G. Hemiplejiye bağılı gelişen üst ekstremitte fleksör spastisitesinde elektrik stimölasyonun etkinliğı. TC Sağıık Bakanlığı İstanbul. 2006;70:42-3.
76. Bélanger A-Y. Evidence-based guide to therapeutic physical agents: Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia; 2002.
77. Gökçen N, Başaran S. Kompleks Bölgesel Ağrı Sendromu ve Tedavi Yaklaşımları. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi. 2013;22(4):514-31.
78. Barr J. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain management. Clinical electrotherapy. 1999.
79. Nelson RM, Hayes KW, Currier DP. Clinical electrotherapy: Prentice Hall; 1999.
80. Bélanger A. Therapeutic electrophysical agents: evidence behind practice: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
81. Taşpınar F. Süperempoze elektrik stimölasyon tekniğinin sağıık kuadriseps femoris kasının fiziksel fonksiyonlarına etkisinin incelenmesi: Pamukkale Üniversitesi Sağıık Bilimleri Enstitüsü; 2007.
82. Peter Brukner KK. Clinical Sports Medicine McGraw Hill Book Company; 1995.
83. Mohr T, Carlson B, Sulentic C, Landry R. Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength. Physical therapy. 1985;65(5):606-9.

84. Hortobágyi T, Maffiuletti NA. Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *European journal of applied physiology*. 2011;111(10):2439-49.
85. BOYACI A. Nöromusküler Elektriksel Stimülasyon. *Türkiye Klinikleri Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon-Özel Konular*. 2015;8(1):44-50.
86. Jubeau M, Zory R, Gondin J, Martin A, Maffiuletti NA. Late neural adaptations to electrostimulation resistance training of the plantar flexor muscles. *European journal of applied physiology*. 2006;98(2):202-11.
87. Allen G, Gandevia S, McKenzie D. Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 1995;18(6):593-600.
88. De Vahl J. NMES and rehabilitation. Gersh M *Electro-therapy in Rehabilitation* Philadelphia: FA Davis. 1992:244-5.
89. Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM, Armstrong LE. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
90. Myllymäki T, Rusko H, Syväoja H, Juuti T, Kinnunen M-L, Kyröläinen H. Effects of exercise intensity and duration on nocturnal heart rate variability and sleep quality. *European journal of applied physiology*. 2012;112(3):801-9.
91. Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Academic emergency medicine*. 2001;8(12):1153-7.
92. Morishita S, Yamauchi S, Fujisawa C, Domen K. Rating of perceived exertion for quantification of the intensity of resistance exercise. *Int J Phys Med Rehabil*. 2013;1(9):1-4.

93. Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiuletti NA. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clinical physiology and functional imaging*. 2008;28(2):113-9.
94. Compex Wireless User Guide 2011. p. 147.
95. Peake JM, Suzuki K, Wilson G, Hordern M, Nosaka K, Mackinnon L, et al. Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine & science in sports & exercise*. 2005;37(5):737-45.
96. Tabachnick BG, Fidell LS. *Using multivariate statistics: International edition*. Pearson2012. 2013.
97. Shapiro SS, Wilk MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 1965;52(3/4):591-611.
98. KAFKAS A, ÇOKSEVİM B. İzometrik Egzersiz Programlarının Sporcuların Üst ve Alt Ekstremitelerdeki Kas Grupları Üzerine Etkisi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2014;1(3):10-21.
99. Baskan E. Elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizin sağlıklı quadriceps femoris kasının izometrik kuvvetine etkilerinin karşılaştırılması. 2009.
100. Vincent H, Vincent K. The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *International journal of sports medicine*. 1997;28(06):431-7.
101. Newham D, Jones D, Edwards R. Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 1986;9(1):59-63.

102. Viitasalo J, Niemelä K, Kaappola R, Korjus T, Levola M, Mononen H, et al. Warm underwater water-jet massage improves recovery from intense physical exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1995;71(5):431-8.
103. Malatesta D, Cattaneo F, Dugnani S, MAFFIULETTI NA. Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(3):573-9.
104. Avila M, Brasileiro J, Salvini T. Electrical stimulation and isokinetic training: effects on strength and neuromuscular properties of healthy young adults. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2008;12(6):435-40.
105. AKDENİZ Ş, KARLI Ü, DAŞDEMİR T, YARAR H, YILMAZ B. Impact Of Exercise Induced Muscle Damage On Sprint And Agility Performance. *Journal of Physical Education & Sports Science/Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2012;6(2).
106. Smith LL, Keating MN, Holbert D, Spratt DJ, McCammon MR, Smith SS, et al. The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count: a preliminary report. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1994;19(2):93-9.
107. Hilbert JE, Sforzo G, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *British journal of sports medicine*. 2003;37(1):72-5.
108. Pinar S, Kaya F, Bicer B, Erzeybek MS, Cotuk HB. Different recovery methods and muscle performance after exhausting exercise: comparison of the effects of electrical muscle stimulation and massage. *Biology of sport*. 2012;29(4):269.
109. Yar SM. Kontrast Su Terapisi ve Elektroterapi Uygulamalarının Bireysel ve Takım Sporlarında Gecikmiş Kas Ağrısına Etkileri: ANKARA ÜNİVERSİTESİ; 2016.

110. Simjanovic M, Hooper S, Leveritt M, Kellmann M, Rynne S. The use and perceived effectiveness of recovery modalities and monitoring techniques in elite sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009;12:S22.



EKLER

EK 1. Klinik Araştırmalar Etik Kurul Kararı



EK 2. Aydınlatılmış Onam Formu

Katılımcı / Gönüllünün Protokol Numarası:

1. Araştırmayla İlgili Bilgiler:

a. Araştırmanın Adı: İzokinetik Antrenman ve Toparlanmada, Elektrouyarım Uygulamalarının Etkileri

Araştırmanın İçeriği: Araştırmaya örneklem grubunu; son 2 yıldır düzenli kuvvet antrenmanına katılan (en az 2 gün/hafta), 18-35 yaş arası, daha önce kas iskelet sistemi yaralanması/ameliyatı geçirmemiş ve son 6 ayda alt ekstremitte ağrısı yaşamamış olan gönüllüler oluşturacaktır. Elektrouyarımla izokinetik antrenman ve bu antrenman sonrası toparlanma yöntemi uygulanacaktır.

Araştırmanın Amacı: Bu araştırmanın amacı; İzokinetik egzersizlerde fonksiyonel elektrouyarım ile performans artışı sağlamak ve bu antrenman sonrası kas yorgunluğunu gidermek amacı ile toparlanma metotlarının etkisini incelemektir.

Araştırmanın Nedeni:

() Bilimsel araştırma (X) Tez çalışması

b. Araştırmanın Öngörülen Süresi: Başlama tarihi itibaren 18 ay.

c. Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı: 20 kişi

Araştırmada İzlenecek Deneysel İşlemler:

Antropometrik Ölçümler: Bireylerin boy, vücut ağırlığı, vücut yağ oranı ölçümleri testler öncesi alınacaktır.

Kalp Atım Hızı Değişkenliği: Kalp atım hızı değişkenliği ölçümleri Polar H7 kalp atım hızı sensörü ile gerçekleştirilecektir. Ölçümler izokinetik antrenmanların yapılacağı gün, 24 ve 48 saat

sonra, sabahları aynı saatte, gönüllüler hemen uyandıktan sonra, yatar pozisyonda gerçekleştirilecektir.

Maksimal İzokinetik Kuvvet Ölçümü: Gönüllüler tanıtım egzersizinden (familiarization) sonra, 90°/sn açısal hızdaki konsantrik diz ekstensör pik torkları için, maksimal izokinetik kuvvet ölçümüne katılacaklardır. Tüm izokinetik uygulamalar gönüllülerin dominant bacaklarıyla yapılacaktır.

İzokinetik Kuvvet Antrenmanı Tanıtım Seansı: Tanıtım seansı için cihazın kullanımı, ayarlamaları ve ısınma protokolü “maksimal izokinetik kuvvet ölçümü” ile aynı olacaktır. Elektrouyarım cihazındaki “Kuvvetlendirme Antrenman Protokolü”nün zaman aralıkları dikkate alınarak, elektrouyarım verilmeksizin, antrenman gerçekleştirilecektir. Gönüllüler her set için; 2 ekstansiyon+fleksiyonu (toplam 4 sn) takiben 10 sn bekleyecekler ve bu döngüyü yorgunluğa kadar tekrar edeceklerdir. Bu egzersiz modeli 2 set ve setler arasında 3 dk’lık dinlenme ile uygulanacaktır.

Elektrouyarımla İzokinetik Kuvvet Antrenmanı: Fonksiyonel elektrouyarım kuvvet antrenmanı için cihazın kullanımı, ayarlamaları ve ısınma protokolü “maksimal izokinetik kuvvet ölçümü” ile aynı olacaktır. Gönüllüler belirlenmiş olan standart ısınma protokolünü gerçekleştirdikten sonra, dinamometrede ısınma amacıyla 90°/sn’lik açısal hızda submaksimal bir eforla 10 diz ekstansiyonu ve fleksiyonu yapılacaktır. Isınmadan 2 dk sonra gönüllüler izokinetik dinamometrede 90°/sn’lik açısal hızda, 3 set, %85-90 antrenman şiddetiyle, hareketi istenilen şiddette devam ettiremeyene kadar, istemli kontraksiyon ile leg ekstansiyon egzersizini tamamlayacaklardır. Kasılmalar elektrouyarım ile senkronize bir şekilde gerçekleştirilecektir.

Elektrouyarımla Toparlanma Protokolü: Elektrouyarımla toparlanam için Chattanooga Wireless Professional 4 CH cihazı kullanılacaktır. Cihazın içerisinde otomatik olarak dizaynı yer alan ‘Ek Toparlanma’ programı uygulanacaktır. Tüm elektrouyarım uygulamaları araştırma ekibinde yer alan deneyimli fizyoterapist tarafından gerçekleştirecektir.

Pasif Toparlanma Protokolü: İzokinetik antrenmandan sonra gönüllüler bir sandalyede oturacak ve herhangi bir hareketten kaçınarak pasif dıleneceklerdir.

Kas Hasarına Dair Kan Parametreleri Ölçümleri: Hemogram, Kreatin Kinaz , Miyogloblin

Visual Analog Skala (VAS): Gönüllülere izokinetik antrenmanın hemen ardından hissettikleri ağrı değerini ölçekte denk gelen aralığı (0-10 arası) göstermeleri istenecek ve ağrı dereceleri kayıt edilecektir.

Algometrik Ağrı Ölçümü: Gönüllülerin egzersize bağlı gecikmiş kas ağrısı sayısallaştırmak için quadriceps kasında, rektus femoris kas gövdesinden, anterior superior iliac spine ve patella tabanı arasındaki çizgi üzerinden dijital algometre ile ağrı eşiği ve ağrı toleransı alınacaktır. Algometrik ağrı ölçümleri FEI'den önce, hemen sonra, 24, 48 ve 72 saat sonra gerçekleştirilecektir.

Borg (Hissedilen Yorgunluk ve Ağrı) Skalası: Gönüllülere izokinetik antrenmanın hemen ardından hissettikleri yorgunluk düzeyini ölçekte denk gelen aralığı (6-20 arasında) söylemeleri istenecek ve ardından algılanan yorgunluk dereceleri kaydedilecektir.

Gönüllünün/Katılımcının Uygulama Sırasında Karşılaşabileceği Riskler ve Rahatsızlıklar:

Araştırmada, katılımcıların genel sağlık durumlarını belirlemek üzere testler yapılacaktır. Bu testlerin çoğu, özellikle hastalıklara karşı erken teşhis ve önlem almak amacıyla, bireyler için periyodik aralıklarla düzenli olarak yapılması önerilen testlerdir. Bu nedenle yapılacak olan sağlık kontrollerine yönelik testler denekler için herhangi bir risk taşımamaktadır.

Araştırmada kullanılacak olan elektrouyarım cihazı her kullanım öncesinde MI-Scan ve MI-Range özelliği ile doğru kas gruplarının, hangi elektik uyarım şiddetinde kasılması gerektiğine dair tarama yapmakta ve aralıkları belirlemektedir. Bu nedenle uygulanan kişide optimal kasılma yapılmasını sağlamaktadır. Kullanım esnasında optimal kasılma eşiğine gelmesi durumunda, cihaz otomatik olarak uyarı eşiğinin arttırılmamasına izin vermemektedir.

Elektrouyarım yönteminde olası risk uyarı şiddetinin yüksek olması sonucu bireyin ağrı hissetmesidir. Kuvvet geliştirme protokollerinde uyarım şiddeti yüksek iken, araştırmada kullanılacak olan toparlanma protokollerinde uyarı şiddeti düşüktür. Bu nedenle bireyin herhangi bir ağrı hissetmeyeceği, aksine ağrısının azalacağı öngörülmektedir. Elektrouyarımda yüksek şiddette uzun uyarım süreleri uygulanması durumunda kasa kramp girmesi söz konusu olabilmektedir. Kullanılacak olan toparlanma yönteminde uygulanacak protokol bu tarz uyarımları içermediğinden kramp oluşması öngörülmemektedir. Elektrouyarım cihazı ile

yaptırılacak olan tüm uygulamalar proje ekibinde yer alan ve elektrouyarım cihazı üzerinde deneyimli fizyoterapist tarafından gerçekleştirilecektir.

2. Gönüllüler/Katılımcılar İçin Araştırmadan Beklenen Yarar:

Elektrouyarım yöntemiyle toparlanmada olumlu sonuçlar alınması durumunda, alternatif bir toparlanma yöntemi literatüre sunulacaktır. Bu konuda literatürde yer alan çelişkili sonuçlara, katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sportif performansın, özellikle kuvvet ve kuvvette devamlılık özelliklerini içeren branşlarda geliştirilmesi için katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Sporcuların kısa ve uzun süreli toparlanma dönemlerinde performanslarının nasıl etkilendiği tespit edilecektir.

3. Araştırma Konusundaki Soruların Cevaplandırılması:

Araştırmanın yürütülmesi sırasında olası yan etkiler, riskler ve zararlar ile hakların konusunda bilgi almak için aşağıda belirtilen kişiyle bağlantı kurmam yeterli olacaktır.

Adı- Soyadı: Doc. Dr. Tuba MELEKOĞLU

Adı- Soyadı: Fzt. Nagehan ERDOĞAN DİLMEN

4. Zararların Karşılanması:

Gönüllülerin test aşaması, tırmanış performans testi ve toparlanma esnasında işleme bağlı olarak gelişebilecek yaralanmaların ve kas ağrısının tedavisi araştırma ekibinde yer alan Uzm. Dr.

Ayşen Türk ve Doc. Dr. Tuba MELEKOĞLU tarafından gerçekleştirilecektir.

5. Araştırma Giderleri:

Araştırma giderleri “Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi” tarafından karşılanacaktır.

6. Gönüllülük, Çalışmayı Reddetme ve Çalışmadan Çekilme Hakkı, Çalışmadan Çıkarılma:

- a. Araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama altında olmaksızın gönüllü olarak katılıyorum.
- b. Araştırmaya katılmayı reddetme hakkına sahip olduğum bana bildirildi.
- c. Sorumlu araştırmacıya haber vermek kaydıyla, hiçbir gerekçe göstermeksizin istediğim anda bu çalışmadan çekilebileceğimin bilincindeyim.

7. Çalışmanın yürütücüsü olan araştırmacı ya da destekleyen kuruluş, çalışma programının gereklerini yerine getirmedeki ihmalim nedeniyle ya da araştırma prosedürüne bağlı olarak onayımı almadan beni çalışma kapsamından çıkarabilir.

8. Gizlilik:

Bu çalışmanın sonuçları bilimsel toplantılar ya da yayınlarda sunulabilir. Ancak, bu tür durumlarda gönüllülerin kimliği kesin olarak gizli tutulacaktır. Gönüllülerin fotoğrafları araştırma ekibi dışında kimseyle paylaşılmayacaktır.

9. Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce gönüllüye / katılımcıya verilmesi gereken bilgileri gösteren Aydınlatılmış Onam Formu adlı metni kendi anadilimde okudum ya da bana okunmasını sağladım. Bu bilgilerin içeriği ve anlamı, yazılı ve sözlü olarak açıklandı. Aklıma gelen bütün soruları sorma olanağı tanındı ve sorularıma doyurucu cevaplar aldım. Çalışmaya katılmadığım ya da katıldıktan sonra çekildiğim durumda, hiçbir yasal hakkımdan vazgeçmiş olmayacağım. Bu koşullarla, söz konusu araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum.

Bu metnin imzalı bir kopyasını aldım.

Gönüllünün / katılımcının

Adı- Soyadı:

Yaş ve Cinsiyeti:

Tarih:

İmzası:

Adresi (varsa telefon ve/veya fax numarası):

.....

Açıklamaları Yapan Araştırmacının;

Adı- Soyadı: Nagehan ERDOĞAN DİLMEN

Tarih:

İmzası:

Onam alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin

Adı- Soyadı:

Tarih:

İmzası:

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	NAGEHAN	Uyruğu	T.C
Soyadı	ERDOĞAN DİLMEN	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lisans	BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ	2011
Yüksek Lisans	AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ	

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Fizyoterapist	Özel Antalya Meydan Hastaneleri	2012-2020

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İNGİLİZCE	YDS	67.5
İNGİLİZCE	YÖKDİL (Sağlık Bilimler)	65

Yayınlar ve Bildiriler:

Erdoğan N., Dilmen A., Melekoglu T., (2019). ‘‘El Bilek Güreşçilerinde Ön Kol Çevresi ve El Kavrama Kuvveti İlişkisi’’, 2. Dünya Spor Bilimleri Araştırmaları Kongresi, Sözel Bildiri

Erdoğan N., Şahin E., Daşkpan A., (2011). ‘‘ Postmenepozal Kadınlarda Egzersiz ile Yaşam Kalitesi ve Farkındalık Arasındaki İlişki ‘‘ ,Başkent Üniversitesi Bitirme Tezi

