

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

SPOR TIRMANIŞ SONRASI ELEKTROUYARIMLA
TOPARLANMANIN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Cemil Çağlar BILDIRCIN

DOKTORA TEZİ

2022-ANTALYA

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

**SPOR TIRMANIŞ SONRASI ELEKTROUYARIMLA
TOPARLANMANIN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Cemil Çağlar BILDIRCIN

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından **TSA-2019-4786** proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2022-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼ę¼ne;

Bu alışma j¼rimiz tarafından Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı Hareket ve Antrenman Doktora Programında doktora tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Tez Danışmanı :
(¼nvanı, Adı Soyadı) (¼niversite)

¼ye :
(¼nvanı, Adı Soyadı) (¼niversite)

¼ye :
(¼nvanı, Adı Soyadı) (¼niversite)

¼ye :
(¼nvanı, Adı Soyadı) (¼niversite)

¼ye :
(¼nvanı, Adı Soyadı) (¼niversite)

Bu tez, Enstit¼ Y¼netim Kurulunca belirlenen yukarıdaki j¼ri ¼yeleri tarafından uygun g¼r¼lm¼ř ve Enstit¼ Y¼netim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Enstit¼ M¼d¼r¼

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.

Cemil Çağlar BILDIRCIN

İmza

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Bir insanın hayatında resmi olarak alabileceği en üst düzey eğitim doktora eğitimidir. Dolayısıyla zorlu olması oldukça beklenen ve kabul edilebilir bir durumdur. Ancak zorlu eğitimin kendisine bir de pandemi şartları ve kökten değişen bir hayatın kendisi de eklenince bu süreç oldukça yokuşlu bir hal alabiliyormuş. Doktora eğitim dönemime hayatımın en zorlu aşamalarını sığdırdığıma inanıyorum. Bu anlamda, geride kaldığı ve sonuca ulaştığı için oldukça mutluyum.

Tez çalışmamın her aşamasında bana alabileceğim en büyük desteği sağlayan, akademik kariyerimin dönüm noktası olan ve keşke çok daha önce tanıma şansım olsaydı dediğim sevgili hocam **Doç. Dr. Tuba Melekoğlu**'na tüm içtenliğimle teşekkür ederim. Çalışmam boyunca her türlü akademik desteğini yakından hissettiğim sevgili **Prof. Dr. Gül Özkaya** ve **Doç. Dr. Güney Çetinkaya** hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tırmanış sayesinde yıllar önce tanıdığım ve hem sosyal hem de akademik olarak her zaman desteklerini yakinen hissettiğim sevgili hocalarım **Dr. Alkan Uğurlu, Öğr. Gör. Güray Ekici ve Doç. Dr. Dicle Aras'a** en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, yaşamımın her aşamasında verdiğim kararların doğruluğunu sorgulamadan bana sonsuz güvenen ve her türlü desteği sunan biricik annem **Pervin Bildircin** ve biricik babam **Yusuf Bildircin'a**, kardeşlerim **Pınar Boğa, Burcu Memili** ve **Fatih Bildircin'a** çok teşekkür ederim.

Her seferinde beni yeniden motive eden, her sorunda çözümün bir parçası olan, varlığını yaşantımın her anında her daim desteğiyle hissettiğim sevgili eşim **Sezin Bildircin'a** çok teşekkür ederim.

İyi ki varsınız...

ÖZET

Amaç: Günümüz dünyasının teknolojik gelişmeleri, spor bilimlerine konu olan çalışmaları da etkisi altına almaktadır. Bu çalışmada yeni nesil teknolojik elektrouyarım (EMS) cihazı ile uygulanan dinlenme protokolünün spor tırmanıcıların performansları üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmamıza 30–36 yaş aralığında, boyları $1,78\pm0,06$ m, vücut ağırlıkları $74,3\pm5,01$ kg olan 10 erkek tırmanıcı gönüllü olarak katılmıştır. Tırmanıcılarda yorgunluğun oluşması birer dakikalık tırmanış ve dinlenmeden oluşan 15 setlik Tırmanış Test Protokolü (TTP) ile sağlanmış ve her TTP öncesi ve sonrası toplam hamle sayıları, düşük, orta ve yüksek ağırlıklı asılı kalma süreleri, mekik ve şınav sayıları ve TTP süresince kalp atım hızı ile algılanan zorluk derecesi kaydedilmiştir. Tırmanıcılar ilk TTP ölçümlerinden sonra pasif, bir hafta sonra yapılan ikinci ölçümlerden sonra ise EMS ile toparlanma protokolüne tabi tutulmuşlardır. İstatistiksel analizlerde SPSS paket program kullanılmıştır ($p<0.05$).

Bulgular: Tırmanıcılarda ölçülen toplam hamle sayısı, pasif dinlenme sonrası belirgin şekilde azalmışken, EMS ile dinlenme sonrası bu azalma görülmemiştir. EMS ile dinlenme protokolünün, pasif toparlanmaya oranla %25 daha etkili olduğu görülmüştür ($p<0.01$). EMS'nin asılı kalma test süreleri üzerinde düşük, orta ve yüksek şiddet için sırasıyla %10, %22 ve %28 daha verimli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). EMS ile dinlenme sonrası şınav performanslarının bozulmadığı tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Sonuç: EMS ve pasif dinlenme protokolleri arasındaki farkın spor tırmanıcılarda incelendiği bu çalışmada EMS ile uygulanan dinlenme protokolünün tırmanış performansını belirleyen değişkenler üzerinde belirgin şekilde olumlu yönde etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonuçları dâhilinde EMS ile geçirilen dinlenme evresinin, tırmanış performansının sürdürülmesinde etkili olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Elektrouyarım, spor tırmanış, performans, dinlenme, toparlanma.

ABSTRACT

Purpose: The technological developments of today's world also influence the subjects of the studies on sports sciences. In this study, it is aimed to examine the effects of recovery protocol applied with new generation technological electrostimulation (EMS) device on the performance of sport climbers.

Material and Methods: Ten male climbers aged between 30 and 36 years, 1.78 ± 0.06 m body height and 74.3 ± 5.01 kg body weight, volunteered to participate in the study (means $\pm$ SD). Climbing Test Protocol (CTP), which consist of 15 sets of 1-minute climbing and 1-minute rest was applied to the climbers. Total number of moves, heart rate, rating of perceived exertion (BORG), low, medium and high-weight dead hang times, total number of sit-ups and push-ups were recorded before and after every TTP. Climbers were subjected to passive recovery protocol during the first CTP, and then EMS recovery protocol during the second CTP. A one-week rest break was given between two different recovery protocols. SPSS package program was used for statistical analyzes ($p < 0.05$).

Results: While the total number of moves measured in climbers decreased significantly after passive rest protocol, this decrease was not observed after rest protocol with EMS. Resting protocol with EMS was found to be ~25% more effective than passive recovery ($p < 0.01$). EMS was found to be ~10%, ~22% and ~28% more efficient on dead hang test time for low, medium and high intensity, respectively ($p < 0.01$). In addition, it was determined that push-up performances did not deteriorate after EMS resting protocol ($p < 0.05$).

Conclusion: In this present study which focuses on the differences between EMS and passive recovery protocols in sport climbers, it is observed that the EMS recovery protocol has a significant positive effect on the variables that determine climbing performance. Within the results of the study, it can be said that EMS recovery protocol is effective in maintaining the climbing performance.

Key Words: Electrostimulation, sport climbing, performance, resting, recovery.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Spor Tırmanış	6
2.2. Spor Tırmanış Yarışma Kronolojisi	8
2.3. Elektrouyarım Metodu	10
2.4. Elektrouyarım Çalışma Prensibi ve Aksiyon Potansiyeli	13
2.5. Yorgunluk	22
2.6. Toparlanma	25
2.7. EMS ve Toparlanma İlişkisi	29
2.8. Metabolik Enerji Yolakları	32
2.8.1. Anaerobik Glikoliz	34
2.8.2. Aerobik Metabolizma	36
3. GEREÇ ve YÖNTEM	39
3.1. Araştırma Grubu	39
3.2. Çalışma Dizaynı	39
3.3. Pasif Toparlanma:	40
3.4. Elektrouyarım Yöntemi İle Toparlanma:	41
3.5. Yapılan Ölçümler	43
3.5.1. Vücut Ağırlığı, Boy Uzunluğu ve Beden Kitle İndeksi	43
3.5.2. Çap, Çevre, Uzunluk Ölçümleri ve Somatotip Belirlenmesi	44
3.5.3. Deri Kıvrım Kalınlığı (<i>Skinfold</i>) Ölçümleri	47
3.5.4. Tırmanış Test Protokolü	50
3.5.5. Kalp Atım Hızı	53
3.5.6. Algılanan Zorluk Derecesi:	54
3.5.7. Branşa Özgü Asılı Kalma Testi:	54
3.5.8. Bir dakika maksimum mekik testi	56
	iii

3.5.9. Bir dakika maksimum şınav testi	57
3.6. İstatistiksel Analiz	57
4. BULGULAR	58
5. TARTIŞMA	75
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	95
7. ÇALIŞMANIN SINIRLILIKLARINA DAİR	97
8. KAYNAKLAR	99
9. EKLER	112
EK-1 Ölçümlerde kullanılan performans tanımlama formu.	
EK-2 Ölçümlerde kullanılan antropometri formu.	
10. ÖZGEÇMİŞ	115

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3-1: Ölçüm akış şeması.	40
Tablo 3.4-1: Chattanooga Wireless Professional 4CH elektro uyarım cihazının Ek Toparlanma programında uygulanan frekans ve süre bilgileri.....	43
Tablo 4. 1 Tırmanıcılara ait tanımlayıcı ve somatotipik özellikler.....	58
Tablo 4. 2 Tırmanıcıların Toplam Hamle Sayısı, Kalp Atım Hızı ve Algılanan Zorluk Dereceleri (BORG) değerleri.	60
Tablo 4.3 Tırmanıcıların her iki dinlenme protokolü öncesi ve sonrası asılı kalma test sonuçları.	64
Tablo 4.4 Tırmanıcıların her iki toparlanma protokolü öncesi ve sonrası mekik ve şınav verileri.....	67
Tablo 4. 5 Tırmanıcıların Algılanan Zorluk Derecesi (AZD), Kalp Atım Hızı (KAH) ve Set Sayıları Değerleri	73
Tablo 4. 6 Tırmanıcıların Algılanan Zorluk Derecesi (AZD), Kalp Atım Hızı (KAH) ve Set Sayıları Değerleri	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.4-1: Bifazik, monofazik ve kesikli monofazik akım dörtgen dalga formları.	14
Şekil 2.4-2: Bifazik akım sinüzoidal dalga formlarına ait farklı genliklerin gösterilmesi.	15
Şekil 2.4-3: Hücre içi ve dışı sıvıdaki bazı iyon konsantrasyonları.	17
Şekil 2.4-4: Dinlenme membran durumundaki bir sinir hücresi.	17
Şekil 2.4-5: Aksiyon potansiyelinin evreleri.	18
Şekil 2.7-1: EMS kaynaklı elektriksel uyarıların potansiyel etkileri gösterilmektedir.	30
Şekil 2.8-1: Anaerobik glikoliz sonucunda iki molekül privük asit oluşmaktadır.	35
Şekil 2.8-2: Krebs döngüsü.	38
Şekil 3.4-1: Chattanooga Wireless Professional 4CH elektro uyarım cihazı.	42
Şekil 3.4-2: Chattanooga Wireless Professional 4CH elektro uyarım cihazının önkol, el bileği fleksör grubu kasları üzerine firmanın belirttiği şekilde yerleştirilmesi.	42
Şekil 3.5-1: AccuTeck Marka, ACB440 model elektronik baskül.	44
Şekil 3.5-2: American Diagnostic marka esnek olmayan hemşire mezurası.	45
Şekil 3.5-3: CESCORF marka antropometri seti.	45
Şekil 3.5-4: NutriActiva marka kaliper.	47
Şekil 3.5-5: Genel somatotip özellikler.	50
Şekil 3.5-6: TensionBoard tırmanış duvarında Tırmanış Test Protokolünün gösterilmesi.	52
Şekil 3.5-7 TensionBoard tırmanış duvarında tutamakların gerçek duvarda görüntüsü.	53
Şekil 3.5-8: BeastMaker marka 20mm kampüs çıtası.	55
Şekil 3.5-9: BeastMaker 20mm kampüs çıtası ile yapılan asılı kalma test anından bir görüntü.	55
Şekil 3.5-10: BeastMaker 20mm kampüs çıtası ile yapılan asılı kalma test anından bir görüntü.	56
Şekil 4.1: Tırmanıcıların somatotipik özelliklerinin somatotip harita üzerinde gösterilmesi.	59
Şekil 4.2 Tırmanış test protokolü (TTP), her iki toparlanma protokolü için Toplam Hamle Sayılarının ön test sonuçlarının gösterilmesi.	61
Şekil 4.3 Tırmanış test protokolü (TTP), her iki toparlanma protokolü için Toplam Hamle Sayılarının son test sonuçlarının gösterilmesi.	61
Şekil 4.4 Tırmanış test protokolü (TTP), her iki toparlanma protokolü için Kalp Atım Hızı ön test sonuçlarının gösterilmesi.	62
Şekil 4.5 Tırmanış test protokolü (TTP) her iki toparlanma protokolü için Kalp Atım Hızı ön test sonuçlarının gösterilmesi.	62
Şekil 4.6 Tırmanış test protokolü (TTP) her iki toparlanma protokolü için Algılanan Zorluk Derecesi ön test sonuçlarının gösterilmesi.	63

Şekil 4.7 Tırmanış test protokolü (TTP) her iki toparlanma protokolü için Algılanan Zorluk Derecesi ön test sonuçlarının gösterilmesi.	63
Şekil 4.8 Düşük ağırlık (VA+6.8kg) ile asılı kalma test sonuçlarının ve ön test sonuçları ile son test sonuçları arasındaki azalmanın yüzdelerik olarak gösterilmesi.	65
Şekil 4.9 Orta ağırlık (VA+11.3kg) ile asılı kalma test sonuçlarının ve ön test sonuçları ile son test sonuçları arasındaki azalmanın yüzdelerik olarak gösterilmesi.	65
Şekil 4. 10 Yüksek ağırlık (VA+18.1kg) ile asılı kalma test sonuçlarının ve ön test sonuçları ile son test sonuçları arasındaki azalmanın yüzdelerik olarak gösterilmesi.	66
Şekil 4.11 Tırmanıcıların pasif toparlanma protokolü öncesi ve sonrası ölçülen asılı kalma süreleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi.	68
Şekil 4.12 Tırmanıcıların EMS ile toparlanma protokolü öncesi ve sonrası ölçülen asılı kalma süreleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi.	68
Şekil 4.13 EMS ile dinlenim protokolü öncesi ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.34$).	69
Şekil 4.14 EMS ile dinlenim protokolü sonrası ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.32$).	69
Şekil 4.15 Pasif dinlenim öncesi ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.51$).	70
Şekil 4.16 Pasif dinlenim sonrası ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.12$).	70
Şekil 4.17 Vücut kas oranı ve yağ oranı (%) ile EMS dinlenim protokolü öncesi ve sonrası toplam hamle sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları vücut kas oranı ve yağ oranı ile EMS dinlenim protokolü öncesi ve sonrası hamle sayıları arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir.	71
Şekil 4.18 Vücut kas oranı ve yağ oranı (%) ile pasif dinlenim protokolü öncesi ve sonrası toplam hamle sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları vücut kas oranı ve yağ oranı ile pasif dinlenme öncesi ve sonrası hamle sayıları arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir.	72

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACH:	Asetilkolin
ADP:	Adenozin Difosfat
AMP:	Adenozin Monofosfat
ATP:	Adenozin Trifosfat
AZD:	Algılanan Zorluk Derecesi
BKİ:	Beden Kütle İndeksi
DHP:	Dihidropiridin
EMS:	Elektro Kas Uyarımı
ETS:	Elektron Taşınım Sistemi
ICC:	Uluslararası Yarışma Tırmanış Konseyi
IFSC:	Uluslararası Spor Tırmanış Federasyonu
IRCRA:	Uluslararası Kaya Tırmanış Araştırmaları Birliği
IOC:	Uluslararası Olimpik Komite
KAH:	Kalp Atım Hızı
MSS:	Merkezi Sinir Sistemi
PCr:	Kreatin Fosfat
Pi:	Fosfat
TTP:	Tırmanış Test Protokolü
UIAA:	Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Federasyonu

1. GİRİŞ

Tüm performans sporlarında olduğu gibi tırmanışın da tüm dallarında yüksek yoğunluklu ve yüksek şiddetli antrenmanlar başta iskelet kas sistemi olmak üzere tüm vücut sistemleri üzerinde kayda değer bir stres yaratabilmektedir. Tırmanış antrenmanlarının, kampüs çıtası, parmak tahtası, kısa kaya tırmanışları ve yüksek şiddetli ağırlık antrenmanları gibi bileşenleri düşünüldüğünde metabolizma üzerinde oluşturduğu stres göz ardı edilmemelidir. Atletlerin performansı üzerinde negatif etkiler yaratan, başta kreatin fosfat ve glikojen depolarında azalma, inorganik fosfat konsantrasyonunda artış, pH dengesi gibi hücre içi moleküler değişiklikler ve hatta kas yaralanmaları ile sonuçlanabilen söz konusu bu stres göz önünde bulundurulduğunda hem antrenman hem de yarışma dönemlerinde toparlanma büyük önem taşımaktadır (Wilkie, 1986; D. G. Allen ve ark., 2008). Metabolizma üzerinde yaratılan bu stresin boyutu, antrenmanın şiddeti, süresi ve hacmi ile doğru orantılı olabileceği gibi tam toparlanma için ihtiyaç duyulan süre saatler ve hatta günlerle ifade edilmektedir (Häkkinen, 1993; Halson ve Jeukendrup, 2004; Lattier ve ark., 2004; Malone ve ark., 2014). Bu anlamda toparlanma ve bir sonraki yüklenmeye hazır olmak adına birçok dinlenme yöntemi önerilmektedir (Monedero ve Donne, 2000). Bu yöntemlerin arasında masaj terapi, soğuk su/buz uygulamaları, pasif dinlenme ve elektrouyarım ile dinlenme/toparlanma oldukça sıklıkla rastlanılanlardır. Bilimsel çalışmalardan edinilen kaynaklara göre uygulanan farklı yöntemlerin farklı sonuçlar gözlemlenebilmektedir. Bu sonuçlar dâhilinde atletler ve/veya antrenörler toparlanma stratejilerini belirleyebilmektedir.

Antrenman sonrasında uygulanan masaj terapisinin atletlerin toparlanmaları ve fizyolojik-psikolojik değişkenleri üzerinde etkilerinin incelendiği çalışmalarda bu terapinin fizyolojik bazı değişkenler üzerinde olumlu etki yaratmadığı ancak algılanan toparlanma seviyesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Kreider ve ark., 1990; Hemmings ve ark., 2000). Masaj terapisinin, antrenman sonrasında yarattığı yorgunluğa olan etkilerinin incelendiği bir çalışma, terapinin eklem hareket açıklığı ve pik tork üzerinde olumlu bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Ancak, egzersiz sonrası masaj yapılan gruptaki katılımcıların antrenmana bağlı oluşan ağrıların daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Hilbert ve ark., 2001). Masaj terapisinin hücresel boyutta fizyolojik

etkileri net olarak açıklanamamış olsa da çalışmalar masaj terapisinin egzersize bağlı oluşan yorgunluk ve kas ağrılarını dindirmedeki muhtemel mekanizmaları düzenlenmiş uyku paterni, stres hormon seviyelerinde azalma ve beraberinde endorfin ve serotonin seviyelerinde meydana gelen artış üzerinde yoğunlaşmaktadır (Field, 1998). Egzersiz olmadan yapılan masaj terapisinin etkilerinin hücre boyutunda araştırıldığı bir çalışmada 1 saatlik masaj uygulaması sonrası alınan kan örneklerinde kan lökosit ve eritrosit sayıları, hemoglobin konsantrasyonu, hematokrit, serum kreatin kinaz aktivitesi, laktat dehidrogenaz, serum sodyum, potasyum, toplam protein, büyüme hormonu ve kortizol gibi kan değişkenleri incelenmiştir. Bahsi geçen bu değişkenler egzersiz öncesi ve sonrası metabolizmanın düzenlenmesinde de oldukça önem arz etmektedirler. Bu çalışmanın sonuçlarında kreatin kinaz, laktat dehidrogenaz aktivitesinde artışa ek olarak serum potasyum konsantrasyonunun da arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum masaj terapisinin iskelet kas hücresinin geçirgenliğini (*permeability*) arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır (Arkko ve ark., 1983). Ancak çalışmaya katılım sağlayan kişiler arasında büyük bireysel farklılıkların görülmesi dikkat çeken bir detay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda masajın yaratabileceği potansiyel etkilerin bireysel farklılıklar gösterebileceği düşünülmektedir.

Bilimsel literatürde hatırı sayılır bir yere sahip olan bir diğer toparlanma yöntemi de soğuk su uygulamalarıdır. Soğuk su uygulamalarının fizyolojik etkilerinin araştırılması 1970’li yıllarda İngiltere sahillerinde soğuk suya düşme-maruz kalmadan dolayı ölümlerin artması ile hız kazanmıştır. Öyle ki 1987 yılında yayınlanan bir raporda soğuk suya maruz kalmaktan her yıl 400’den fazla insanın öldüğü bildirilmiştir (Rospa, 1987). Sonrasında yapılan araştırmalarda soğuk suya maruz kalmanın kardiyovasküler etkileri, solunumsal, metabolik ve hormonal yanıtları merak konusu olmuştur. Soğuk su uygulamalarının kardiyovasküler etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sağlıklı bireylerin soğuk suya maruz kalmaları durumunda gösterdikleri birincil yanıt kalp atım hızında belirgin artış (*taşikardi*) şeklinde olmuştur (Cooper ve ark., 1976; Hayward ve Eckerson, 1984). Atım hızında görülen belirgin artışa ek olarak kardiyak çıktının da kayda değer şekilde arttığı ifade edilmiştir (Keatinge, 1964). Kardiyak etkilerin periferdeki en önemli yanıtı ise periferel vazokonstriksiyona bağlı olarak periferel kan dolaşımının azalması olarak açıklanmıştır (Lin, 1984). Oluşan bu özel yanıt özellikle ağır

antrenmanlar sonrası oluşan mikro kanamaların önlenmesinde aktif rol alarak toparlanmanın hızlanmasına katkıda bulunuyor olabilir. Kardiyak yanıtların yanı sıra oluşan diğer önemli bir yanıtta solunum sisteminde gerçekleşmektedir. Soğuk suya maruz kalınmasıyla birlikte solunum sisteminin hızlı yanıtı hiperventilasyona neden olduğu gözlemlenmiştir (Hayward ve Eckerson, 1984). Oluşan bu yanıtların incelenmeye başlaması ile birlikte, soğuk su uygulamaları spor bilimlerinde de merak konusu olmuştur. Özellikle yoğun antrenman dönemlerinde, yarışma öncesi-sonrası toparlanmayı hızlandırıcı yöntemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuk su uygulamalarının atletlerin toparlanma sürecindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda benzer sonuçlar elde edildiği gözlemlenmektedir. 10 dakika boyunca 15C° soğuk suya maruz bırakılan atletlerde sürat ve çeviklik parametrelerinde gelişme olduğu gösterilmiştir (Çakır ve Şenel, 2017). Futbolcular üzerinde yapılan bir çalışmada 10 dakika boyunca 10C° soğuk suya maruz kalan sporcuların, yorgunluk algılama düzeylerinin azaldığı ve performans değerlerinin arttığı ifade edilmiştir (Ascensão ve ark., 2011). Bu çalışmada kas hasarının azaldığı, buna bağlı konfor hissinin arttığı ve nöromüsküler fonksiyonlarda artış görüldüğü de vurgulanmıştır. Futbolcular üzerinde yapılan bir diğer çalışmada benzer koşullar sağlanmasına rağmen (10 dakika 10C°) alınan sonuçların oldukça farklı olduğu dikkat çekmektedir (Rowell ve ark., 2009). Bu çalışmanın sonuçlarına göre maç sonrasında soğuk suya maruz kalmanın kas hasarı, enflamasyon ve fiziksel test performansı üzerinde olumlu bir etkisinin olmadığı söylenmektedir. Ancak genel yorgunluk hissinin azaldığı şeklinde bir gelişme not edilmiştir. Soğuk su maruziyetinin anaerobik performans üzerindeki etkilerinin bisikletçilerde incelendiği bir çalışmada sporculara 30 saniyelik 2 yüklenme ve yüklenmeler arasındaki 1 saatlik dinlenme periyodunda 15 dakikalık soğuk su uygulaması (13-14C°) yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre zirve güç çıktısı ve toplam iş soğuk su uygulamasından sonra, ilk ölçümlere ve kontrol grubuna göre azalma göstermiştir. Ayrıca soğuk su uygulamasının sprint performansında da bozulmalara neden olduğu ifade edilmiştir (Crowe ve ark., 2007). Soğuk su uygulamaları ile yapılan toparlanma yöntemlerinin incelendiği akademik çalışmalar tıpkı masaj terapide olduğu gibi, farklı kitleler üzerinde tutarsız sonuçların görülebileceğini ifade etmektedirler. Kimi çalışmalarda fizyolojik ve performans ölçütlerine negatif etkilerinin görülmüş olmasına rağmen yaratmış olduğu psikolojik

etkilerden (*rahatlık, ağrının azalması gibi*) dolayı tercih edilen bir toparlanma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Pasif dinlenme, en genel tanımıyla, kişinin yoğun egzersiz, antrenman ve/veya oyun sonrasında herhangi bir uygulamaya dâhil olmadan, sıklıkla oturarak yapmış olduğu dinlenme yöntemidir (Lattier ve ark., 2004). Bu dinlenme protokolünden beklenti vücudun, dışardan herhangi bir uygulama olmadan, kendi metabolik süreçleriyle homeostazın yeniden sağlanabilmesidir. Literatürde yer alan ve pasif dinlenmenin diğer dinlenme yöntemleri ile farklarını inceleyen bir çok çalışma, pasif dinlenmenin birçok performans verisi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu öne sürmektedir (Ahmaidi ve ark., 1996; Corder ve ark., 2000). Yorgunluğun en önemli tanımlayıcılarından biri olan laktatın, özellikle iş yapan kas gruplarında biriktikten sonra hücreden uzaklaştırılması noktasında pasif dinlenmenin oldukça etkisiz olduğu bildirilmiştir (Monedero ve Donne, 2000). Yarışmacı yüzücülerde yapılmış bir çalışmada pasif dinlenmenin süresi ölçülmüş ve bunun performans değişkenleri üzerine etkileri irdelenmiştir (Neiva ve ark., 2017). Bu çalışmada, ısınma yapıldıktan sonra uygulanan pasif dinlenmenin süresinin 20 dakikaya aştığı durumlarda performans üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği dile getirilmiştir. Aynı çalışmada 10 dakikalık pasif dinlenmenin 100 metre yüzme performansı üzerinde 20 dakika dinlenmeye oranla daha olumlu etkilerinin olduğu söylenmiştir. Benzer şekilde 10 dakikalık farklı dinlenme yöntemlerinin incelendiği bir çalışmada pasif dinlenme sonrası laktat ve serbest radikal konsantrasyonlarının diğer toparlanma yöntemlerine oranla daha yüksek kaldığını ifade etmiştir (Young-Bok ve Sun-ho, 2015). Aktif ve pasif dinlenme arasındaki farkların iş çıktısına olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada, pasif dinlenmenin negatif etkileri gösterilmiştir (Spierer ve ark., 2004). Bu çalışmada, yapılan toplam işin aktif dinlenme sonrası daha az etkilendiği vurgulanmıştır. Literatürdeki birçok çalışmadan da anlaşılabileceği üzere pasif dinlenmenin sportif performans üzerinde olumlu bir etkisinin olduğunu söylemek oldukça zordur. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda atletlerin set aralarında, devre aralarında, performans tekrarları arasında pasif olarak dinlenmesinin pozitif bir getirisinin gözlemlenmediği de söylenebilir. Bu nedenle atletlerin, antrenörlerin optimal aktif dinlenme stratejileri geliştirmelerinin performans sürdürülebilirliği açısından önemli olabileceği düşünülmektedir.

Bir diğerk önemli toparlanma yöntemi olan elektrouyarım (EMS) bilimsel kaynaklardan edinilen faydaları ve kolay ulaşılabilirliği göz önüne alındığında her geçen gün popülerleşen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. EMS'nin ilk uygulamaları, herhangi bir sakatlık ve/veya patoloji yaşamış hastaların güçsüzleşmiş-atrofiye uğramış kas gruplarının yeniden innervasyonu sağlayarak fonksiyonel hale getirmek adına kullanılan bir yöntem olduğu bilinmektedir. Hasta yeniden istemli kasılmaları yerine getirebilme kapasitesi edindiğinde ise geleneksel kuvvet geliştirme yöntemleri uygulanmaktadır (Porcari ve ark., 2002). Konu ile ilgili ilk araştırmaları yapan bilim insanı *Yakov Kots* çalışmasında maksimal istemli kasılmalarda yüksek oranda artış olduğunu ifade etmiştir (Kots ve Xvilon, 1971). *Kots ve ark (1971)* bu çalışmasında kullandıkları 10 saniyelik 50 hertzlik akım ve 50 saniyelik dinlenme periyodunun 10 dakikalık uygulama süresinden oluşan bu protokol ("*10/50/10*") literatüre 'Rus Akımı' olarak geçmiştir. Adı geçen bu uygulama, yayınlandığı günden itibaren, yöntem ile ilgili neredeyse tüm bilimsel çalışmalara konu olmuştur. Ancak Kots ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışma oldukça tartışmalı bir yer almıştır. Zira konu ile ilgili yapılmış bir çalışma söz konusu araştırmanın fizik tedavi alanında oldukça sık kullanıldığını ancak yayının orijinal dili olan Rusçanın dışında başka bir literatürde yetersiz kaldığını savunmaktadır (Ward ve Shkuratova, 2002). Kots'un 1960'lı yıllarda yaptığı çalışmalar batılı spor enstitüleri ile 10 yıl kadar sonra paylaşılmıştır. Elektrouyarım yönteminin medikal fizyolojik araştırmalarda kullanılması 1970'li yıllara denk gelmektedir. Bu nedenle elektrouyarım ile ilgili mekanizmaların netliğe ulaşması oldukça uzun zaman almıştır (Kaya ve Erzeybek, 2016). Günümüzde ise medikal fizyolojik araştırmalar, spor ve performans bilimleri ve fizik tedavi alanında sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sunulan bu çalışmada spor tırmanıcıların, belirgin yorgunluğa neden olabilecek tırmanış antrenmanı sonrası meydana gelen kas yorgunluğunun daha verimli giderilebilmesi amacı ile elektrouyarım ve pasif toparlanma metotları arasındaki farkın araştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Spor Tırmanış

Her geçen gün popülaritesi artan bir spor dalı olan spor tırmanış, kapalı spor salonlarında kurulmuş yapay tırmanış duvarlarında icra edildiği gibi, doğal kayalarda emniyet noktaları oluşturularak da yapılabilmektedir. Ancak 1991 yılında Uluslararası Tırmanış ve Dağcılık Federasyonu tarafından alınan bir kararla uluslararası yapılacak her türlü tırmanış yarışmaları sadece yapay tırmanış duvarlarında organize edilmeye başlanmıştır. Her ne kadar yeni bir spor dalı olarak algılansa da tarihi oldukça eskilere dayanmaktadır. 2020 Tokyo Oyunlarına kabul edilmesiyle birlikte hem sportif hem de akademik çalışmalara konu olması hız kazanmıştır.

Spor tırmanışta yüksek performans yalnızca üst ekstremité güç, kuvvet ve dayanıklılığı ile sınırlı olmayıp tüm vücut fiziki kapasitesinin ve atletik becerilerin yüksek seviyede olmasını gerektirmektedir. Günümüzde spor tırmanış kendi içerisinde; *Lider Tırmanış*, *Kısa Kaya Tırmanışı* ve *Hız Tırmanışı* olmak üzere üç farklı disiplini barındırmaktadır. Her bir disipline ait tırmanış duvarlarının farklı özellikler taşıması tırmanış sporunu daha da zorlu hale getirmektedir.

Hız Tırmanışına ait duvar 15 metre uzunlukta ve % 5 eğimli bir duvar olmakla birlikte üzerinde 20 adet el tutamağı ile 11 adet ayak basamağı bulunmaktadır. Hız tırmanış yarışmalarında 2 atlet yan yana (*aralarında en az 5 metre mesafe olacak şekilde*) tamamı birebir aynı şekilde tasarlanmış iki rotada yarışmaktadırlar. Daha hızlı tırmanarak duvarın en üst noktasındaki süreölçer durdurma tuşuna daha önce basan atlet o karşılaşmayı kazanmakta ve bir üst turdaki karşılaşmaya gitmeye hak kazanmaktadır. 2021 yılına kadar hız tırmanışı dünya rekoru 5.48 saniye ile İranlı atlet *Reza Alipour*'a aitti. Ancak 2021 yılında Amerika'da yapılan Dünya Kupasında 5.258 saniyelik derecesiyle Endonezyalı atlet *Veddriq Leonardo* yeni bir rekora imza atmıştır (<https://www.planetmountain.com/en/news/competitions/veddriq-leonardo-sets-new-world-record-salt-lake-city-speed-world-cup.html>, Erişim Tarihi: 21 Nisan 2021). Basit matematik ile hesaplayacak olursak bu atletin dikey yönlü hızı 2.85 m/saniyelik olağan

üstü bir hıza denk gelmektedir. Kadın atletlerde ise Rus atlet *Iulia Kaplina* 2020 yılında yeniden kırdığı 6.964 saniyelik rekorla dünyanın en hızlı tırmanan kadın atleti olarak yerini korumaktadır (https://en.wikipedia.org/wiki/Iuliia_Kaplina, Erişim Tarihi: 21 Nisan 2021).

Lider Tırmanış duvarının uluslararası standartlar gereği 15 metre yüksekliğe ve farklı eğimlere sahip olması gerekmektedir. Lider tırmanışta, atletler yarışmadan önce deneyimli ve sertifikalı rota yapıcılar tarafından tasarlanmış, tırmanış mesafesi daha uzun olan ve birçok zorlu hamleyi içinde barındıran bir rotayı tırmanmaya çalışmaktadırlar. Dünya standartlarında yapılan yarışmalarda atletler sıralama, yarı final ve final olmak üzere üç turda yarışmaktadırlar. Her tur için farklı zorluk derecelerine sahip şekilde organize edilen bu rotalar için her atletin yalnızca bir deneme hakkı bulunmaktadır. Tırmanıcılara tanınan 6 dakikalık süre içerisinde ulaşabildikleri en üst noktaya her hangi bir kural hatası yapmadan, yalnızca tırmanış için tasarlanmış rota üzerinden ulaşmaya çalışmaları beklenmektedir (<https://www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/rules>, Erişim Tarihi: 25 Nisan 2021).

Kısa kaya tırmanış disiplininin ise hem lider hem de hız tırmanışından oldukça farklı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Her ne kadar tırmanılan duvarın boyutları diğerlerine oranla daha küçük ve basit görünse de içerdiği akrobatik hamleler bu disiplini oldukça zorlu kılmaktadır. Kısa kaya tırmanış duvarlarının yüksekliği ile ilgili bir sınırlama bulunmazken, uluslararası kural kitapçığında atletlerin yaralanmasıyla sonuçlanmayacak şekilde organize edilmiş duvar ve rotaların yapılması şeklinde tanımlanmıştır. Ancak günümüzde yapılan uluslararası organizasyonlarda inşa edilen kısa kaya tırmanış duvarlar 4-6 metre yüksekliği aşmadığı dikkat çekmektedir. Lider tırmanışın tersine, atletler tırmanış için ayrılan süre içerisinde tırmanış rotasını diledikleri kadar deneyebilmektedirler. Atletler tırmanış rotasını bir defa başarıyla tırmandıktan sonra geriye kalan süreyi dinlenme ve bir sonraki rota için beklemek-hazırlanmak üzere izolasyon bölgesine gitmekle yükümlüdürler. Bu tırmanış disiplininde emniyet aracı olarak ip kullanılmazken, tırmanıcıların emniyeti, zemine döşenmiş özel minderlerle sağlanmaktadır.

Olimpiyat oyun kuralları gereği atletlerin her disiplinde başarılı olmaları gerekmektedir. IFSC'nin spor tırmanışın öz tanımında 'Üç disiplin, tek hedef' ilkesi olimpik başarının nasıl elde edileceğini de tanımlamaktadır (<https://www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/rules>, Erişim Tarihi: 25 Nisan 2021). Olimpik kurallar gereği her bir atletin lider tırmanış, hız tırmanışı ve kısa kaya tırmanışı olmak üzere her disiplinde yarışması ve olimpik dereceye girebilmesi için her üç disiplinde de başarılı olması gerekmektedir. Bu başarının sağlanabilmesi için ise kuvvet, dayanıklılık, esneklik ve atletik beceri ile birlikte özenle planlanmış antrenman programına ihtiyaç duyulmaktadır. Tokyo olimpiyat oyunlarında dereceye girecek olan atletler fiziksel ve mental kapasitenin bir araya gelmesiyle sergilenmiş binlerce saatlik antrenman ve üstün performansın ürünün karşılığı olarak spor tırmanış dalında ilk olimpik madalyanın sahibi olacaklardır.

2.2. Spor Tırmanış Yarışma Kronolojisi

1985 yılında İtalya'nın Torino kentine bağlı küçük bir kasaba olan *Bardonecchia* günümüz modern spor tırmanış yarışmalarının temelini atmış olmasıyla anılmaktadır. O dönemde akademik kimliğe sahip bir grup tırmanıcı grubu ile İtalya'nın tanınmış spor gazetecilerinden olan *Emanuele Cassara* Avrupa'nın en iyi tırmanıcılarını bir araya getirmek için doğal kayada ve günümüz teknoloji ve şartlarından çok uzakta bir organizasyona imza atmışlardı. Bu yarışma dünya literatürüne yapılmış ilk kaya tırmanış yarışması olarak geçmiştir (<https://www.theuiaa.org/about/>, Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2021). 1985 yılında yapılan ve tüm Avrupa'da ses getiren bu organizasyondan sonra Fransız Federasyonu 1986 yılında Lyon kentinde kayıtlara geçmiş ilk salon tırmanış yarışmasını organize etmiştir. Bu yarışma sayesinde Uluslararası Tırmanış ve Dağcılık Federasyonu (UIAA) spor tırmanış yarışmalarını tanımaya başlamış ve kendi yarışma programına ekleyerek 1989 yılında ilk kez Hız ve Lider Tırmanış Dünya Kupasını düzenlemiştir. Bu yarışmada Büyük Britanyalı *Simon Nadin*, tüm spor camiasının favori ismi olan ve tırmanış ve dağcılık camiasında efsane olarak bilinen *Didier Raboutou*'yu geride bırakarak tarihin ilk Spor Tırmanış Dünya Şampiyonu olmuştur. Bu durum The Guardian gazetesinde, *Mike Tyson*'un bir eskimoya yenilmesine eşdeğer olduğu şeklinde ifade edilmiştir (<https://www.theguardian.com/theguardian/2012/nov/20/climbing-world->

cup-simon-nadin-1989, Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2021). 1990 ve 1991 yıllarında bu tipte organizasyonlar tüm dünyada yaygınlaşmaya başlamış ve ilk Dünya Şampiyonası 1991’de Almanya’nın Frankfurt kentinde organize edilmiştir. Bu yarışma ile birlikte uluslararası yarışmaların yalnızca yapay duvarlarda yapılmasına karar verilmiştir. Bu kararın alınmasının birincil nedeni olarak yarışmaların doğal ortamlar üzerinde yaratacağı etkilerin ortadan kaldırılması olduğu açıklanmıştır. Spor Tırmanış Dünya Şampiyonası her iki yılda bir organize edilmektedir. Spor tırmanışın her geçen gün popülerleşmesi ile birlikte 1992 yılında ilk kez Spor Tırmanış Gençler Dünya Şampiyonası İsviçre’de organize edilmiştir. Katılımcı sayısının çok fazla olması spor tırmanışın gençler arasında oldukça popüler olduğunu göstermiştir. Bu nedenle alınan bir kararla Spor Tırmanış Gençler Dünya Şampiyonası her yıl düzenlenmektedir. 1997 yılına kadar spor tırmanış UIAA tarafından yönetilmekteydi. 97 yılında UIAA çatısı altında ancak UIAA yönetiminden bağımsız olan Uluslararası Yarışma Tırmanışı Konseyi (ICC) kurulmuştur. Bu konseyin kuruluşunda spor tırmanışın ihtiyaç duyduğu özerkliğin sağlanabilmesi, büyüme ve gelişmesi için ihtiyaç duyulan her türlü katkının yaratılabilmesi amaçlanmıştır. 1998 yılına kadar yarışmalarda sadece lider tırmanış ve hız tırmanışı kategorileri bulunmaktaydı. Ancak 98 yılının başlarında Kısa Kaya Tırmanışı, tırmanışın yeni bir disiplini olarak kabul edilmiş ve 99 yılında Kısa Kaya Tırmanışı Dünya Kupası ilk kez organize edilmiştir. 2000 yılında spor tırmanış yarışmaları oldukça büyümüş ve 45 ülkeden katılımcılarla organize edilmiştir. 2005 yılında spor tırmanış Almanya’nın Duisburg düzenlenmiş olan Dünya Oyunlarına dahil edilmiştir. Bu oyunlara 14 ülkeden 32 sporcu katılmıştır. Bu yarışma ile birlikte spor tırmanış daha da popüler hale gelmeye başlamıştır. Takip eden yıl spor tırmanış için dönüm noktası niteliği taşımıştır. UIAA yarışma tırmanışı üzerindeki yönetsel her türlü hakkından vazgeçeceğini duyurmuş ve tamamen bağımsız bir uluslararası federal bir yapının kurulması gerekliliğini dile getirmiştir. Aynı yıl Rusya’da düzenlenmiş olan Avrupa Şampiyonası bir ilke imza atmış ve 4 ülkeden katılan görme engelli atletlerin yarıştığı Uluslararası Engelli Tırmanış Yarışması organize edilmiştir. 2007 yılının Ocak ayında Almanya’da bir araya gelen 57 ülkenin federasyon yöneticileri ICC’nin geliştirilmiş versiyonu olan Uluslararası Spor Tırmanış Federasyonunu kurmuşlardır. Bu sayede spor tırmanış Olimpik Spor Federasyonuna sahip bir disiplin haline gelmiştir. Uluslararası Olimpik Komite’nin (IOC)

IFSC'yi olimpik spor ailesine dâhil etmesi ise 2010 yılında olmuştur. Uluslararası Olimpik Komitenin bu kabulü ile birlikte spor tırmanışın olimpiyat oyunlarında yer alabilme şansı da oldukça artmıştır. IOC'nin 2011 yılında aldığı karar doğrultusunda spor tırmanış ile birlikte 7 diğer spor dalı da 2020 Tokyo Olimpiyat Oyunlarında yer alma şansı tanımıştır. 2015 yılında ise IOC spor tırmanışı resmen olimpik bir spor dalı olarak tanımış ve Tokyo Olimpiyat Oyunlarına eklemiştir. Tabi o dönemlerde 2020 yılının tüm dünya halkları için talihsiz ve üzücü bir yıl olacağı henüz bilinmemekteydi. Dünya çapında patlak veren yeni bir virüs ve beraberinde ortaya çıkan pandemi tüm yaşamı neredeyse durdurma noktasına getirmekle kalmayacak, dünya çapında organize edilecek olan her türlü spor karşılaşmasının da bir yıldan fazla süreyle ertelenmesine neden olacaktır.

2.3. Elektrouyarım Metodu

Elektrouyarım (*bazı kaynaklar elektrostimülasyon, elektromiyostimülasyon ve/veya elektriksel kas uyarımı olarak da tanımlamaktadır*), sinir ve kas hücreleri gibi uyarılabilen hücrelerin, yapay elektrik kaynakları kullanılarak, belirli miktarlarda elektrik akımı ile aksiyon potansiyeli yaratmayı amaçlayan bir yöntemdir. EMS ile ilgili çalışmaların sonuçları, uygulanan akımın türü, şekli, şiddeti, frekansı gibi temel elektriksel değişkenlerle birlikte, elektrot gibi kullanılan malzemenin özellikleri gibi birçok değişkenden etkilenebilmektedir (Peckham ve Knutson, 2005; Kaçoğlu ve Mehmet, 2015).

Tarihte elektrik kaynaklarının birçok deney düzeneklerinde kullanıldığı bilinmektedir. Elektriksel akımı depo edip, kontrollü ve bilinçli bir şekilde kullanımı ise 18. yüz yılda karşımıza çıkmaktadır. 1746 yılında Hollanda'nın Leiden Üniversitesinde araştırmalarını yürüten *Pieter (Petrus) van Musschenbroek*, Alman fizikçi *Ewald Georg von Kleist*'in mucidi olduğu *Leiden Kavanozunu* geliştirerek kontrollü bir şekilde kullanmaya başlamıştır. Söz konusu cihaz kimi zaman *Leiden Kavanozu* kimi zaman ise *Kleist Şişesi* olarak anılmaktadır ve genel olarak günümüz kapasitörünün temellerini atmıştır. Özellikle o dönemin elektrostatik alanında yapılan çalışmalarında büyük rol oynamıştır (Beaudreau ve Finger, 2006). Elektriksel cihazların tıbbi alanda kontrollü olarak kullanılması ve tedavi amacı güden çalışmaların başlaması ise *Guillaume-Benjamin-Amand Duchenne* isimli Fransız Nörolog ile başlamıştır. *Duchenne* elektrik akımını yalnızca tedavi yöntemi

olarak kullanmayıp, hastalar üzerinde fizyolojik araştırmalar için de kullanmıştır. Kendi inşa ettiği taşınabilir elektriksel bir cihaz ile hem sağlıklı hem de hastalarda tüm vücut kas sistemlerinin nasıl çalıştığına ilişkin araştırmalar da yapmıştır (Parent, 2005). Elektriksel akımların tedavi, iyileştirme ve hatta sporcu performans deneylerinde kullanılması ise oldukça yeni sayılır. Elektriksel akımların spor bilimlerinde ve özellikle performans sporcularında kullanılmasına *Yakov Kots* isimli Rus bilim insanının öncülük ettiği düşünölmektedir (Babkin ve Timtsenko, 1977). Söz konusu bu çalışmada Kots ve arkadaşları, uygulanan özel bir akım protokolü ile elit atletlerde maksimal istemli kasılmalarda yaklaşık % 40 artış kaydettiklerini ifade etmişlerdir. Ancak bu çalışma, yazılı kaynakların yeterli olmaması, yazarın belgeleri kamuoyu ile paylaşıma uzun süre açmaması nedenleriyle oldukça tartışmalı bir hal almıştır. Her ne kadar tartışmalı olsa da Kots'un çalışmasında iddia ettiği yüksek oranlardaki gelişmelerin, elektrouyarımın spor bilimlerinde ve özellikle performans gelişiminde kullanımına destek olduğu düşünölmektedir.

Günümüzde EMS spor bilimleri alanında sıklıkla kullanılan ve etkileri araştırılan bir yöntemdir. Öyle ki neredeyse tüm spor disiplinlerinde farklı uygulamalar denenmiş ve etkileri irdelenmiştir. Futbolcular (Billot ve ark., 2010), elit ragbi oyuncularını (Babault ve ark., 2007), yarışmacı yüzücüler (Pichon ve ark., 1995), basketbolcular (N. Maffiuletti ve ark., 2000), jimnastikiler (Deley ve ark., 2011), atletler (Filipovic ve ark., 2012), halterciler (Seyri ve Maffiuletti, 2011) gibi birçok farklı sporcu profili üzerinde etkileri incelenmiştir.

Futbolcularda uygulanan 5 haftalık EMS antrenmanlarının kas kuvveti, şut hızı, hız ve dikey sıçrama performansları üzerinde anlamlı etkiler yarattığı ifade edilmiştir. Bu alışmada EMS'nin anlamlı etkilerinin eksantrik, konsantrik ve izometrik tork değerleri ile şut hızında olduğu vurgulanmışken, çalışmanın 3. haftasından itibaren diz ekstansörlerinin eksantrik ve konsantrik kasılmalarda kuvvet artışının görölmeye başladığı ifade edilmiştir. Ancak diğer kasılmalarda ve ölçömlerde artışın görölmesi için 5 haftanın tamamlanması gerektiği de açıklanmıştır (Billot ve ark., 2010). Elit Ragbi oyuncularında yapılan 12 haftalık bir çalışmada ilk 6 haftanın yalnızca squat kuvvetinde gelişme gözlemlenmişken 12 haftanın sonunda eksantrik ve konsantrik tork verileri ile

skuat kuvveti, dikey sıçrama gibi saha testlerinde de anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir (Babault ve ark., 2007). Yarışmacı yüzücülerin performans çıktıları üzerine yapılan bir çalışmada, 3 haftalık EMS kuvvet antrenmanlarının 25 ve 50 metre yüzme performansları ve izokinetik dinamometre ile ölçülen kuvvet değerleri üzerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Pichon ve ark., 1995). Basketbol oyuncularını ile organize edilmiş bir çalışmada EMS ile yapılan antrenmanların, diz eklemi ekstansörlerinde eksantrik, konsantrik ve izometrik kasılmaların 4 hafta gibi kısa bir sürede önemli seviyelerde artış gösterdiğini ve bu artışın dikey sıçrama performansına yansıdığı gösterilmiştir (N. Maffiuletti ve ark., 2000). Prepubertal dönemdeki sporcularla çalışılan bir araştırmada 20 dakikalık EMS uygulamaları 3 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları EMS uygulamasının kas kuvvetini arttırdığını ve saha testleri üzerinde olumlu sonuçlar yarattığını ifade etmiştir (Deley ve ark., 2011). EMS'nin etkilerinin özellikle antrene elit atletlerde detaylı bir şekilde ele alındığı bir çalışmada, EMS uygulamalarının fiziksel performans geliştirmede oldukça etkili bir yöntem olduğu vurgulanmaktadır (Filipovic ve ark., 2012).

EMS uygulamalarının farklı kişiler üzerinde farklı durumlarda çok farklı sonuçlar yarattığı bilinmektedir. Oluşan bu farklar temel olarak kullanılan frekans, süre ve akım gibi elektriksel elemanlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. *Vanderthommen ve Duchateau* (2007) EMS ile edinilecek faydaların optimize edilmesi için 100-400 mikrosaniyelik atımların 50-100 Hz'lik frekanslarla uygulanmasını önermişlerdir. Ayrıca, uygulanacak akımın şiddetinin, kişinin tolere edebileceğı en yüksek eviyede olması gerekliliğı de vurgulanmaktadır (Lake, 1992). Bununla beraber EMS'nin etkilerinin başında, lokal olarak dokudaki kan dolaşımını artırarak egzersiz sonrası oluşan metabolitlerin temizlenmesini hızlandırdığı gelmektedir. Dokunun dolaşımını artırarak kolaylaştırılan bu temizlik işlemi yorgunluk üzerinde olumlu etkiler yaratarak sportif performansın bir sonraki antrenman birimlerinde de sürdürülmesine yardımcı olabileceğı ifade edilmektedir (Bieuzen ve ark., 2014).

Dinlenme ve toparlanmanın performans üzerindeki etkilerinin incelenmesi konusunda yapılan çalışmalarda EMS oldukça önemli bir yer almaktadır. Konu ile ilgili çalışmalarda EMS'nin farklı atletik performans sporcularında olumlu etkiler yarattığını ve özellikle

hemen egzersiz sonrasında ölçülen kan laktat konsantrasyonunun azalma hızını arttırdığını gözler önüne serilmiştir (Tessitore ve ark., 2007; Bieuzen ve ark., 2014; T. Taylor ve ark., 2015). Sharma ve ark (2017) EMS etkilerinin fizyolojik karşılıklarını inceledikleri çalışmalarında, EMS ile toparlanma sürecine dâhil olan sporcuların pH değerlerinin, kan laktat ve bikarbonat seviyelerinin egzersiz öncesi normal duruma dönme hızlarının pasif dinlenmeye oranla çok daha yüksek olduğunu da ifade etmişlerdir. Bununla birlikte kalp atım hızına ve oksijen kullanımına olan olumlu etkilerini de dikkat çekmişlerdir.

Tüm bu çalışmalardan edinilen bilgiler ve teknolojik gelişmeler ile birlikte egzersiz yöntemlerine bakış açısının da değişmesiyle, performans çalışmaları üzerine olan ilgiyi gözler önüne sermektedir. Sporda yüksek performansın karşılık bulduğu '*daha hızlı, daha yüksek, daha güçlü*' felsefesi atletlerin sınırlarını hem mekanik hem biyolojik hem de psikolojik olarak zorlamalarını gerektirmektedir. Bu felsefenin gerçekte hayat bulması ise ancak gelişmiş, bireyselleştirilmiş, özel olarak periyodize edilmiş, çeşitli yüklenme ve dinlenme fazlarından oluşan antrenmanlarla mümkün olabilmektedir. Ancak, elit düzeyde antrenmanlar yapılarak elde edilebilen üst düzey performansın sürdürülebilmesi, aynı şekilde kaliteli dinlenmeyi ve yeniden hazır olmayı gerekli kılmaktadır. Bu durumda tek başına antrenman bileşeni, elit düzeyde performans elde edebilmek ya da sürdürebilmek için yeterli olmayabilir. Antrenmanlarla uygulanan yüklenmeler her ne kadar kaliteli veya her ne kadar hedefine yönelik olursa olsun, atlet bir sonraki antrenman birimi için yeterince dinlenememiş/toparlanamamış ise performansın sürdürülebilirliği söz konusu değildir. Bu nedenle antrenman bilimlerinde kullanılan performans artırıcı yenilikler dinlenme ve toparlanma süreçlerinde de oldukça büyük önem taşımaktadır.

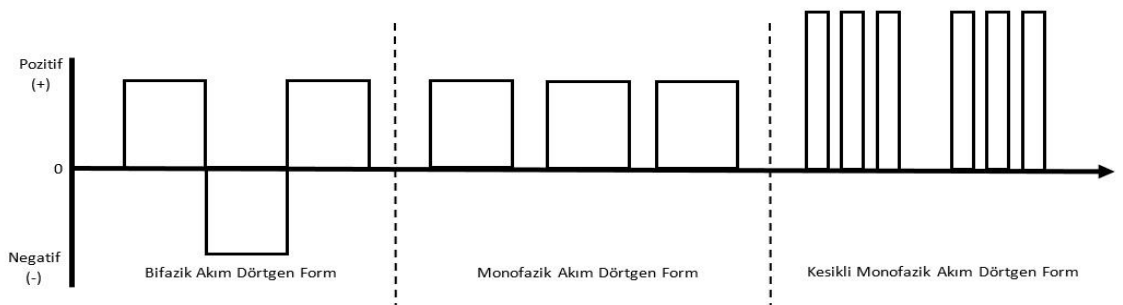
2.4. Elektrouyarım Çalışma Prensibi ve Aksiyon Potansiyeli

EMS'nin çalışma prensibinin net bir şekilde anlaşılabilmesi ancak iskelet kas hücreesindeki elektriksel aktiviteler ve bir takım elektriksel kavramların irdelenmesiyle mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu anlamda, Merkezi Sinir Sistemi'nin (MSS) iskelet kas hücrelerini nasıl aktive ettiği, bu süreç boyunca pozitif ve negatif yüklü iyonların hareketleri ile birlikte meydana gelen elektriksel değişimlerin hücre zarı üzerinde nasıl bir

etki yarattığı oldukça büyük önem taşımaktadır. Çünkü EMS'nin en temel biyokimyasal etkisi, uygulandığı bölgede hücrel olarak yaratmış olduğu iyon hareketliliğine bağlı aksiyon potansiyelidir (Kaçoğlu ve Mehmet, 2019).

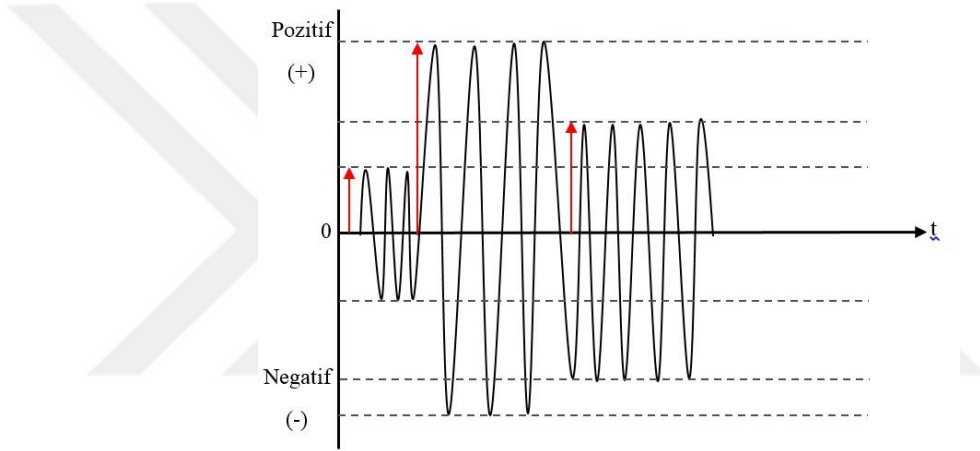
EMS ile ilgili değişkenler düşünüldüğünde akla ilk gelen bileşen elektrik akımıdır. Elektrik akımı, elektronik dilinde 'I' harfi ile gösterilmekte ve birim zamanda (t) iletken bir maddeden geçen elektrik yüklü elektron parçacık miktarı (q) olarak tanımlanmaktadır ($I = \Delta q / \Delta t$). Bu akımın niceliği Amper (A) olarak ifade edilir. Akımın büyüklüğünü iletken maddeden geçen elektronların miktarı belirlemektedir. Kısa zaman diliminde ne kadar çok elektron iletimi olursa akım o kadar büyük olur. Ancak EMS gibi basit elektrik akımını uygulayabilen cihazlarda söz konusu akım mili (mA) ve/veya mikroamper (μA) cinsinden kullanılabilmektedir. İnsan sinir hücrelerindeki elektriksel potansiyel düşünüldüğünde böylesine küçük akım şiddetlerinin kasılma mekaniği anlamında büyük karşılıkları olduğu görülmektedir. Yani aksiyon potansiyeli oluşturmaya yetecek her türlü akım karşılığında kas kasılması yaratabilecek etkiye sahiptir. Günümüz EMS cihazlarında kullanılan elektrik akımları temel olarak üç tipte tartışılmaktadır;

- *Monofazik akım*; akım yönünün aynı, genlik değişken olabilir
- *Bifazik akım*; akım yönünün ve genliğinin düzenli aralıklarla değişebildiği (sinüzoidal)
- *Polifazik akım*; Yüklü parçacıkların periyodik, tek ya da iki yönlü akışının kısa sürelerle kesildiği akım şeklidir (Kaçoğlu ve Mehmet, 2019).



Şekil 2.4-1: Bifazik, monofazik ve kesikli monofazik akım dörtgen dalga formları. Dalga formları üçgen veya sinüzoidal formda da olabilir.

EMS uygulamalarında bir diğer önemli elektriksel kavram da uygulanan akımın kuvvetini ifade eden genliktir. Bir akımın genliği, o akımın voltaj büyüklüğünü ifade etmekte de kullanılmaktadır. Grafiklerde akımın sıfır noktasına göre ulaşılan en yüksek tepe noktası olarak görülen genlik, EMS gibi cihazlarda mili amper (mA) seviyelerinde kullanılmaktadır. Akımın genliği *Şekil 2.4-2*'de görüldüğü gibi her atımda simetrik de olabilir, her atımda yükseliş ve düşüş oranı değiştirilerek asimetrik de olabilir. Simetrik veya asimetrik olabilen bu dalgaların genliği o akımın şiddeti olarak tanımlanmaktadır (Kaçoğlu ve Mehmet, 2019).



Şekil 2.4-2: Bifazik akım sinüzoidal dalga formlarına ait farklı genliklerin gösterilmesi.

EMS uygulamalarının akım ve genlik gibi bir diğer önemli bileşeni de kullanılan frekanstır. Uyarının 1 saniyedeki atım sayısını ifade eden frekans, Uluslararası Birimler Sisteminde Hertz (Hz) ile ifade edilmektedir. Titreşim sayısı olarak da tanımlanabilen frekans, birim zaman içinde gerçekleşen bir uyarının hangi sıklıkla tekrarlandığının ölçüsüdür. Genel olarak düşük frekans (1-1000 Hz), orta frekans (1001-10.000 Hz) ve yüksek frekans (10.000 Hz üzeri) olarak sınıflandırılır. EMS gibi düşük akımlı terapi-tedavi amaçlı cihazların büyük çoğunluğunda düşük ve orta frekansların sıklıkla tercih edildiği bildirilmiştir (Mitra, 2006). *Filipovic ve ark (2012)* yapmış oldukları çalışmada, spor bilimlerinde EMS kullanılarak yapılan çalışmaların çoğunda düşük ve orta seviyeli frekansların kullanıldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca düşük ve orta seviye frekansların dayanıklılık gelişiminde, yüksek seviyeli frekansların ise kuvvet gelişiminde kullanılabileceğini de dile getirmişlerdir.

İnsan vücudundaki önemli iletişim yollarından bir tanesi de elektriksel iletilerdir. Merkezi sinir sisteminden kalkan ve belirli bir kas grubunu aktive etmek üzere gönderilen mesajların tümü elektriksel olarak iletilmektedir. Hücreler arası yüklü iyonlar hareketliliği ile gerçekleşen bu uyarıların temelinde yatan prensip, günlük hayatta kullandığımız elektrik devrelerinin çalışma prensiplerinden pek de farklı değildir. Yukarıda sözü geçen elektriksel olayların tümü (*akım, genlik, frekans*) biyolojik sistemlerde de ölçülebilen ve yaşamsal olayların gerçekleşmesinde büyük payı olan bileşenlerdir. Bu olayın en önemli örneklerinden biri iskelet kas sisteminde gerçekleşen, iyon hareketliliğine bağlı elektriksel olayların aracı olarak ortaya çıkardığı kas kasılmalarıdır. İskelet kasında gerçekleşen kas kasılmaları istemli ve kimi zaman yaşam için mecburi olmamakla birlikte, bu olay kalp kaslarında otonom bir şekilde gerçekleşmektedir. Öyle ki, kalp kaslarında gerçekleşen elektriksel aktivitenin durması ve/veya duraklaması bile yaşamla bağdaşmayan bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

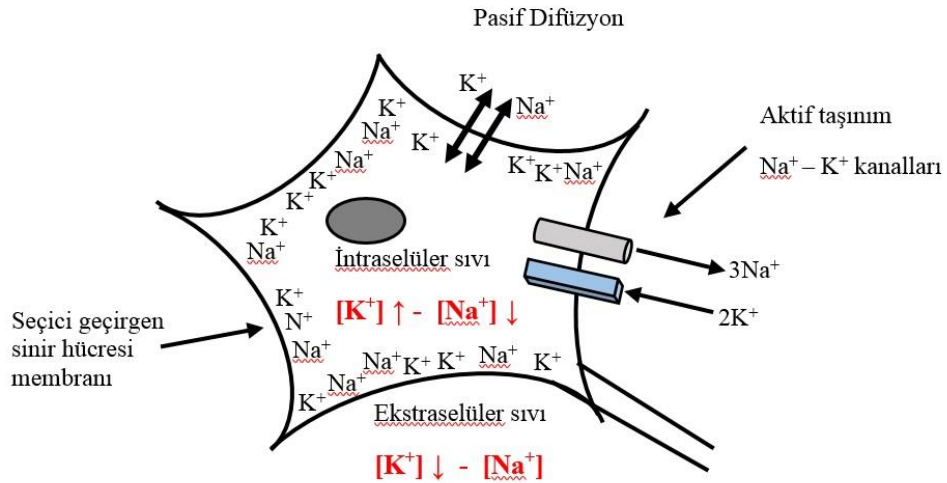
Normal şartlarda iskelet kası hücrelerinin iç membranları, dış ortamlarına oranla negatif polarizedir. Yani, eksi (-) yükler hücre içerisinde birikmiş iken artı (+) yükler hücre membranının dışında daha yoğun olarak konumlanmışlardır. Bu potansiyel farkının oluşmasının asıl nedeni, *Şekil 2.4-3*'de görüldüğü gibi hücre membranının dışında, hücre içine göre, Na^+ , K^+ , Ca^{++} gibi pozitif yüklü iyonların daha fazla olmasıdır. Bu durumda hücre içinin hücre dışına oranla negatifleşebilecek potansiyeli bulunmaktadır. Hücre membranının içi ile dışı arasındaki bu farka '*dinlenim zar potansiyeli*' adı verilmektedir. Dinlenim zar potansiyelini oluşturan iyon dengesi hücre membranı boyunca yayılmış olan farklı tipteki kanallardan etkilenmektedir. Bu kanalların en önemlileri sodyum ve potasyum kanallarıdır. Hücre içi ile hücre dışı arasındaki sodyum ve potasyum konsantrasyonu farkı, hücre membranı üzerinde sodyum kanallarından daha fazla potasyum kanallarının olmasıdır. Bu nedenle membranın potasyum geçirgenliği de sodyum geçirgenliğinden daha fazladır. Bu durum ise dinlenim zar potansiyelinin potasyum denge potansiyeline daha yakın olmasına neden olmaktadır (Guyton ve John, 2011). Söz konusu denge potansiyeli, potasyum için +60mV iken sodyum için -100 mV seviyelerindedir. Sodyum ve potasyum özelinde irdelendiğine, hücre membranı üzerinde iki tip kanal bulunmaktadır. Bunlar (a) *voltaj kapılı kanallar* ve (b) *voltaj kapılı olmayan kanallardır*. Denge potansiyelinin korunmasında voltaj kapılı olmayan kanallar büyük rol

oyunmaktadır. Bu kanallar iyon konsantrasyonuna göre sodyum ve potasyumun hücre içine/dışına pasif difüzyon ile hareket etmelerine izin verirler (Guyton ve John, 2011).

Hücre dışı	Hücre içi
Na^+ -----142mEq/L	-----10mEq/L
K^+ -----4mEq/L	-----140mEq/L
Ca^{++} -----2.4mEq/L	-----0.0001mEq/L
Mg^{++} -----1.2mEq/L	-----58mEq/L

Şekil 2.4-3: Hücre içi ve dışı sıvıdaki bazı iyon konsantrasyonları.

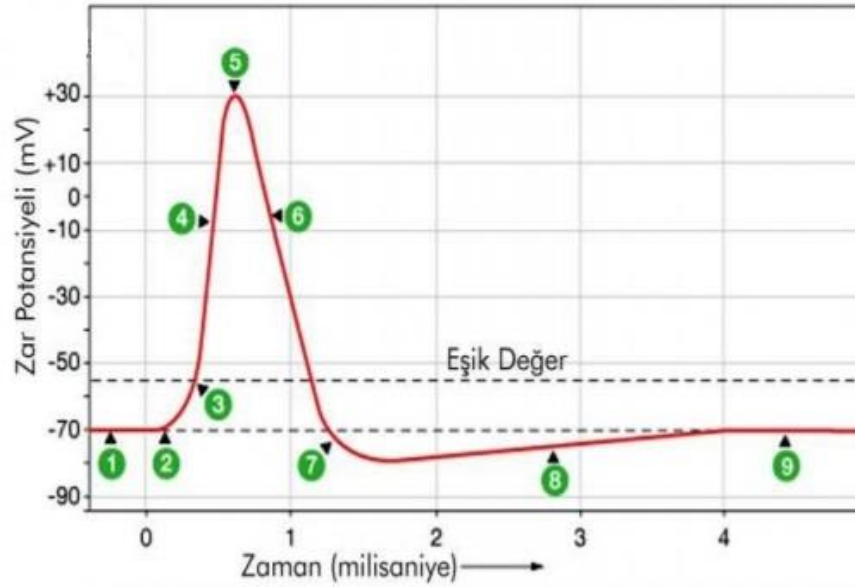
Merkezi sinir sistemi üzerinde herhangi bir uyarı olmadığı süre hücre membranı kutuplaşma eğiliminde değildir. Bu durum basit olarak özetlenecek olursa, hücre membranının üzerinde konumlanmış olan voltaj kapılı kanallar henüz açılmamış ve hücre membranı üzerinde yüksek yoğunluklu bir iyon trafiği başlamamıştır (Şekil 2.4-4).



Şekil 2.4-4: Dinlenim membran durumundaki bir sinir hücresi. Sodyum ve potasyum gibi pozitif yüklü iyon konsantrasyonları hücre içerisinde, hücre dışına oranla daha yüksektir. Ayrıca, klorür gibi negatif yüklü

iyonların hücre içi konsantrasyonları da yüksektir. Bu durum hücre içersini negatif yüklü yaparken hücre dışını da pozitif yüklü hale getirmektedir.

Çıplak gözle görülebilen basit bir kas kasılmasının gerçekleşmesi birçok biyolojik yolağın ortak çalışması ile gerçekleşen oldukça karmaşık reaksiyonlar zincirinden oluşmaktadır. Bu reaksiyonlar dizisinin aktive olması merkezi sinir sisteminin bir kas grubunu çalıştırma isteği ile doğan aksiyon potansiyelinin alfa motor nöron aracılığıyla taşınmasıyla başlar. Elektrofizyolojik olarak aksiyon potansiyeli, bir hücrenin zar potansiyelinin çok kısa süre içerisinde yükselmesi ve azalması olarak da tanımlanmaktadır (Guyton ve John, 2011). Bu hücre membranlarının içi ve dışı arasında bir aksiyon potansiyeli yaratabilmek için dinlenme membran potansiyelinin -50 mV'luk eşik değerine yükselmesi gerekmektedir. Bu eşik değeri sağlandığında membran, dinlenme durumundan aktivite durumuna geçer ve aksiyon potansiyelini sinir lifi boyunca iletir. Bu iletinin hedefi bir kas ise motor son plağa ulaşır ve kasılmanın gerçekleşmesi için gerekli kimyasal reaksiyonlar zincirinin başlatılmasını sağlamış olur.



Şekil 2.4-5: Aksiyon potansiyelinin evreleri.

Şekil 2.4-5 Bir aksiyon potansiyelinin önemli anlarını rakamsal olarak ifade etmektedir. Grafikte görüldüğü gibi dinlenme membran potansiyeli -70 ile -90mV aralığındadır. Bu durumda hücre üzerinde herhangi bir potansiyel oluşmamıştır. Depolarizasyonun oluşabilmesi için gerekli uyarının gelmesi durumunda -70mV'luk dinlenme membran

potansiyeli -55mV'luk eşik değerine yükselmeye başlar. Aksiyon potansiyeli ile ilgili en önemli aşamalardan bir tanesi eşik aşılmasını sağlayacak olan iletinin büyüklüğüdür. Bahsi geçen uyarı eşik limitin altındaysa hücre membranı buna herhangi bir yanıt vermez ve aksiyon potansiyeli oluşmaz. Bu durumda söz konusu eşik altı ileti söner ve etki yaratmadan kaybolur. Bu durum aksiyon potansiyelinin '*hep veya hiç yasa*sı' olarak tanımlanmaktadır. *Şekil 2.4-5'de* 3 numara ile gösterildiği üzere, ileti boyutu -55mV seviyesine ulaştığı anda zar potansiyeli çok hızlı bir şekilde +30mV seviyelerine kadar yükselmeye başlar. Bu durumun oluşmasındaki asıl neden voltaja duyarlı Na^+ kapılarının tam kapasite açılmasıyla birlikte hücre içine yüksek miktarlarda Na^+ akışının gerçekleşmesidir. Buna karşın K^+ kanalları henüz tam kapasite çalışmamaktadır. 4 numara ile gösterilen ve hücre içerisine Na^+ akışının tepe yaptığı noktada hücre içi ile dışı arasındaki polarizasyon artmıştır. Bu dönem *Depolarizasyon* evresi olarak tanımlanmaktadır. Hücre içerisindeki Na^+ konsantrasyonu arttıkça hücre kendi iç polarizasyonunu Na^+ denge potansiyeli olan +60mV'a kadar yükseltme eğilimindedir. Ancak, Na^+ voltaja duyarlı kapıları çok kısa bir sürede yeniden inaktive olur ve hücre içerisine Na^+ akışı durma noktasına ulaşır. Buna ek olarak Na^+/K^+ ATPaz aktivitesi Na^+ konsantrasyonunun hücre içinde tepe yaptığı anda K^+ voltaj kapılarının açılması sağlar. Böylece hücre içerisine Na^+ akını azalmış olur ve hücre iç polarizasyonunu Na^+ denge potansiyeline taşıyamaz. *Şekil 2.4-5'de* 5 numara ile gösterilen tepe noktasında K^+ kapılarının açılmasıyla K^+ hücre dışına çıkmaya ve hücre içi hızla pozitif yük kaybetmeye başlar. Bu noktada hücrenin *Repolarizasyon* evresi başlar. *Şekil 2.4-5'de* 6 numaralı evre K^+ kanallarının tam kapasite açık olduğu ve hücre içindeki yüksek yoğunluktaki K^+ 'un hücre dışı sıvıya akışı olarak tanımlanan evredir. Bu kanallar membran dinlenim potansiyelinin eski haline döneceği nokta olan -70 mV seviyesine kadar açık kalır. Bu aşamada voltaja duyarlı K^+ kapıları kapanarak membran potansiyelinin daha da negatif değerlere düşmesini durdurur. Ancak K^+ sızıntı kanallarından devam eden bir miktar K^+ sızıntısı hücre membranının az da olsa -75 / -85 mV gibi negatif seviyelere düşmesine neden olur. Bu evre membranın *Hiperpolarizasyon* evresi olarak tanımlanmaktadır. Hiperpolarizasyon evresinde bir hücrenin uyarılması oldukça zordur. Bunun için daha yüksek seviyelerde eşik uyaranlar gerektiği bilinmektedir (Guyton ve John, 2011). K^+ kapılarının görece daha yavaş kapanması, çok kısa bir süre daha aktif olarak kalması

hiperpolarizasyon evresini uzatır. Kısa bir süre sonra K^+ akışı da neredeyse tamamen durmuş olur ve hücre membran potansiyeli dinlenim durumu olan -70 mV seviyesine döner.

Merkezi sinir sisteminde oluşan aksiyon potansiyeli alfa motor nöron ile taşınır. Her bir nöron arasında oldukça yüksek bir hızda ilerleyen bu elektriksel fark akson boyunca sinaptik boşluğa doğru ilerlemesini sürdürür. Söz konusu iletimi motor son plağa ulaştırdığında aksiyon potansiyeli kas kasılması için gerekli kimyasal reaksiyonları başlatır. Bu reaksiyonlar genel olarak *uyarılma-kasılma eşleşmesi* olarak tanımlanmaktadır. Alfa motor sinirin, sinir kas kavşağında gerçekleşen kimyasal reaksiyonların başında voltaja duyarlı Ca^{+} kapılarının açılması ve beraberinde sinaptik aralığa bol miktarda asetilkolin (ACh) salınması gelir. Salınan ACh iletinin taşınacağı kas hücresinin membranında bulunan *nikotinik asetilkolin almaçlarına* tutunur ve hücre içerisine Na^{+} girişine ve bir miktar K^{+} çıkışına neden olacak kapıların açılmasını sağlar. Na^{+} ve K^{+} 'un bu hareketliliği aksiyon potansiyelinin sinaptik boşluktan kimyasal yolla geçerek kas hücre membranının depolarize olmasını sağlar. Depolarizasyon, membran boyunca ilerleyerek, rotası üzerindeki voltaja duyarlı Na^{+} kanallarının açılmasına ve aksiyon potansiyelinin yayılmasını sağlar. Yaratılan aksiyon potansiyeli kasılmayı gerçekleştirmek üzere yoluna devam ederken geride kalan ACh'ler, kas hücresi membranında bulunan ve ACh'leri parçalamakla görevli bir enzim olan *ACh-esteraz* etkisi altında kalır. ACh, ACh-esteraz etkisi ile asetik asit ve kolin olmak üzere parçalanır ve tekrar ACh sentezlenmek üzere sinir hücresine taşınır. Tüm bunlar olurken aksiyon potansiyeli *t-tübül sistemi* boyunca yayılmaya devam ederek bu sistem üzerindeki *dihidropiridin reseptörlerini (DHP)* etkiler. Bu reseptörler *sarkoplazmik retikulum* membranında konumlanmış olan *riyanodin* almaçlarını etkisi altında bırakarak Ca^{+} kanallarının açılmasına ve sarkolemmaya Ca^{+} serbestlenmesine neden olur. Salınan Ca^{+} *Troponin* moleküllerine bağlanarak troponin üzerinde yapısal değişikliklere neden olur. Bu yapısal değişiklik *Tropomiyozinin* bulunduğu yerden ayrılmasını sağlar. Tropomiyozinin hareket etmesi *aktin* lifi üzerindeki *miyozin* bağlanma bölgelerinin açılmasını ve miyozin başının aktine bağlanarak kasılmayı başlatmasını sağlar. Söz konusu oldukça karmaşık kimyasal reaksiyonlar dizisi varlığını kas kasılması olarak göstermekte ve bu süreç milisaniyeler ile ifade edilmektedir.

Merkezi sinir sisteminde başlayıp, alfa motor nöron ile ilgili kas kavşağına kadar devam eden ve sonrasında birçok kimyasal reaksiyonu aktive ederek hücreler arası boşluktan geçip yoluna devam edebilen bu elektriksel ileti, EMS ile yaratılan ve sonucunda yine kas kasılmasına neden olan elektriksel ileti ile aynı çalışma prensibine sahiptir. Bu özelliğiyle EMS hem klinik ortamlarda fizik tedavi hem de spor bilimlerinde özel olarak seçilmiş kas gruplarında taklit kas kasılmaları yaratmakta sıklıkla kullanılmaktadır (Gregory ve Bickel, 2005). Ancak merkezi sinir sistemi kaynaklı istemli kasılmalar ile EMS ile yaratılan kasılmalar arasında bir takım temel farklılıklar bulunmaktadır. İstemli kasılmalarda motor üniteler boyutlarına göre kasılma döngüsüne girerler.

1957 yılında henüz motor nöronların aktivasyona katılımı ile ilgili çok detaylı bilgiler bulunmazken, Dr. Henneman (1957) konu ile ilgili, motor nöronların hem dentrik dallanmalarının çapı ve uzunluğu hem de soma sayıları ile akson çaplarının boyutlarının çok büyük farklılıklar gösterebileceğini ifade etmiştir. Ancak nöronların boyutları ile ilgili bu bilgiler, kas kasılması sırasında uyarılma işine nasıl dâhil oldukları ile ilgili bilgi içermemekteydi. Bunun üzerine Henneman (1957) konu ile ilgili ilk çalışmalarını yayınlarak nöronlar ile uyardıkları kas lifleri arasındaki ilişkiyi '*Henneman Boyut Prensibi*' adı altında açıkladılar. Bu prensibe göre; merkezi sinir sistemi kaynaklı istemli kas kasılmaları sırasında aktive olan motor ünitelerin katılımı, uyarının boyutuna ve kuvvet ihtiyacına göre, küçük çaplı, yorgunluğa direnci yüksek ve yavaş kasılan kas fibrilleri ile başlayıp, daha büyük çaplı, yorgunluğun çabuk oluştuğu ve hızlı kasılan kas fibrillerini içeren motor ünitelere doğru devam etmektedir (E Henneman, 1965). Dolayısıyla motor ünite boyutu ne kadar büyükse, uyarımı da o kadar zor olacaktır. Daha küçük motor ünitelerin uyarımı ise büyüklere oranla daha kolay olacaktır. Henneman'ın bu prensibi, motor üniteler arasında bir sıralama olduğunu ifade etmektedir. Söz konusu bu sıralamada daha fazla kuvvet ihtiyacı oldukça daha fazla motor ünitenin işe katılacağı dile getirilmektedir (E Henneman, 1965). Boyut prensibi göz önünde bulundurulduğunda temel olarak iki önemli fizyolojik etki dikkati çekmektedir. Birincisi, organizmanın ihtiyaçları doğrultusunda yorgunluğa direnci yüksek olan motor üniteleri kullanması, mutlak yorgunluğun ötelenmesi olarak düşünülebilir. Böylece ihtiyaç olmadığı halde hızlı kasılan motor ünitelerin aktivasyonu ile ortaya çıkabilecek metabolitler, metabolizma üzerinde ek bir stres yaratmamış olacaklardır. İkinci önemli etki ise üretilen kuvvetin sabit

kalabilmesi noktasında karşımıza çıkmaktadır. Şayet boyut prensibi olmaksızın tüm motor üniteler işe katılacak olsaydı üretilen kuvvetin de ihtiyaç doğrultusunda sabit kalması mümkün olmayabilirdi. Bu nedenle kuvvet ihtiyacı doğrultusunda motor ünite katılımı metabolizma üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır da denilebilir.

EMS ve istemli kasılmalar arasındaki temel farkların başında motor ünite katılımı gelmektedir. Buna göre, istemli kasılmalarda kasılma sırası yavaş kasılan kas lifleri ile başlayıp kuvvet üretimi gereksinimine göre hızlı kasılan liflerin katılımıyla devam ederken, EMS kaynaklı kasılmalarda bu sıralamanın rast gele olduğu ifade edilmektedir (Adams ve ark., 1993). Bilindiği üzere, hızlı kasılan kas liflerinin aksonları yavaş kasılan liflere göre daha büyük ve elektriksel uyarılara daha duyarlıdır. Yani çapı daha büyük olan aksonların uyarılma eşikleri daha düşüktür (N. A. Maffiuletti, 2010). *Enoka* (2002) EMS ile ortaya çıkan kasılmalarında önceliği hızlı kasılan kas liflerinin almasını, çapı daha büyük olan aksonların daha düşük aktivasyon eşiklerinin olması ve elektriksel uyarılarla daha kolay uyarılabiliyor olmalarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Bu özelliği EMS'nin en büyük avantajlarından bir tanesi olabileceği de ifade edilmektedir (N. A. Maffiuletti, 2010).

2.5. Yorgunluk

Genel anlamda yorgunluk, iş yapabilme kapasitesinin azalması olarak da tanımlanabilir. Sporcu performansı noktasında incelendiğinde ise yorgunluk; yoğun antrenman veya yarışma sonrası atletik performansta belirgin azalmada meydana gelen ve geçici olması beklenen durum olarak da ifade edilmektedir (Roger ve Thomas, 2008). Sözü edilen kas yorgunluğunun tersine çevrilebilir bir fenomen olduğu da bildirilmiştir (D. G. Allen ve ark., 2008). Yani uygun toparlanma yöntemleri ve optimal süre ile yorgunluk hali ortadan kaldırılabilir ve hem enerji seviyesi hem de performans daha yüksek seviyelere taşınabilir. Bu yaklaşım antrenman bilimlerinde fazlaya tamlama (*süper kompenzasyon*) olarak tanımlanmaktadır (Bompa ve Buzzichelli, 2019).

Yorgunluğun tanımı yapılırken iskelet kas sisteminin yorgunluğuna neden olan kasılma şekli göz önünde bulundurulmalıdır. Öyle ki; yorgunluk hücresel mekanizmalar boyutunda irdelendiğinde, izometrik kasılmaların neden olduğu yorgunlukta kas liflerinin

kuvvet üretiminin etkilendiği söylenirken, konsantrik ve eksantrik kasılmalardan oluşan dinamik kasılmaların neden olduğu yorgunluk tanımında, kas sisteminin kuvvet üretiminin negatif etkilenmesi ile birlikte kasılma hızının azalması şeklinde ifade edilebilmektedir (Åstrand ve ark., 2003; McArdle ve ark., 2006; D. G. Allen ve ark., 2008).

Sporcu performansının enerji sistemlerine bağlı olarak bozulmasının, fiziksel olarak yaratılan antrenman stresinin çoklu organ sistemleri üzerindeki etkisi, doku ve hücrel aktivitelerin hücre homeostasi bozması gibi birbiriyle ilişkili birçok nedeni olduğu bilinmektedir. Yaratılan stresin iskelet kas hücresi boyutunda etkisi ele alındığında ATP kullanımının dinlenme durumuna oranla, egzersiz/antrenmanın enerji ihtiyacını karşılayabilmek adına, belirgin şekilde artması yorgunluk tablosunun oluşmasındaki ilk aşama olabileceği şeklinde ifade edilmiştir (Green, 1997). ATP kullanımının ve dolayısıyla ihtiyacının artması durumunda devreye kreatin fosfat (*PCr*), glikoliz ve oksidatif fosforilasyon girmektedir (McArdle ve ark., 2006). Ancak vücudumuzda depo halde bulunan enerji formlarının hiçbirinin sonsuz olmadığı bilinmektedir. Egzersiz/antrenman şiddeti arttıkça ATP üretim oranı, ATP kullanım oranını karşılayamayacak hale gelebilmektedir. Bu durum iskelet kas hücresinde, talep edilen enerji ihtiyacının karşılanmasını olumsuz yönde etkileyecek olan bazı metabolik son ürünlerin birikmesine neden olmaktadır. Sözü edilen metabolik artıkların başında hidrojen iyonları, inorganik fosfat, adenosin difosfat (*ADP*) ve adenosin monofosfat (*AMP*) gelmektedir (Green, 1997; Åstrand ve ark., 2003). İskelet kasının yüksek enerji talebi ve beraberinde yetersiz oksijen kullanım kapasitesi iskelet kasında laktik asitin oluşmasına ve birikmesine neden olarak pH dengesini 6.4-6.6 seviyelerine kadar düşürerek Ca^{++} salınımını ve troponinin Ca^{++} afinitesini azaltır (Hultman ve ark., 1986). Hidrojen dengesindeki bu bozulma ise iskelet kasının kasılma mekaniğini etkileyerek yorgunluk belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olabilecek bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak iskelet kasının güç üretiminin bozulması yorgunluğun oluşmasına tek başına H^{+} iyon konsantrasyonu neden olmamaktadır. Öyle ki, hücrenin enerji talebini karşılamak üzere ihtiyaç duyduğu ATP konsantrasyonunun yenilenmesinde görev alan *PCr* aktivitesinin güç üretiminde sınırlayıcı en önemli faktör olabileceği ifade edilmiştir (Sahlin, 1986). *PCr* aktivitesinin azalması ile birlikte sodyum Na^{+}/K^{+} dengesinin bozulması Ca^{++} döngüsünün

etkilenmesi, aktin-miyozin eşleşmesinin bozulması da yorgunluğun oluşmasında önemli etkenler olarak tartışılmaktadır (Williams ve Klug, 1995; D. Allen, 2004). Hücre içi metabolik faaliyetlerden kaynaklanan bu yorgunluk çoğunlukla metabolik yorgunluk olarak ifade edilmektedir. Metabolik yorgunluk, egzersiz/antrenman/aktivite gibi stres yaratan faktörlere ara verilmesi durumunda hücrenin enerji potansiyelinin normale dönmesi ve güç üretiminin görece artması ile sonuçlanabilmektedir (Green, 1997; Duhamel ve ark., 2005).

Spor bilimleri alanında yorgunluğun tanımlanmasında kullanılan ve genel hatlarıyla kabul görmüş 2 farklı model bulunmaktadır. İskelet kas hücresi içerisinde meydana gelen değişikliklerin güç çıktısında meydana gelen kayıplara neden olduğu düşünüldüğü model ‘*periferik yorgunluk*’ olarak tanımlanmıştır (Davis ve Bailey, 1997; A. Taylor ve ark., 1997). Buna karşın, merkezi sinir sisteminden kalkan ve ilgili kas grubunda aksiyon potansiyeline neden olacak sinirsel iletilerin herhangi bir nedenle kısıtlanması ‘*merkezi yorgunluk*’ olarak tanımlanmaktadır. Merkezi yorgunluk ifadesi kullanılırken meydana gelen yorgunluğun kas grubundan bağımsız olduğu da ifade edilmektedir (Kent-Braun, 1999; Gibson ve Noakes, 2004; Meeusen ve ark., 2006).

Atletlerin günlük antrenmanları sırasında ve/veya antrenman sonrasında yorgunluk hissetmeleri ve performanslarında azalma yaşamaları, antrenman sürecinin bir parçası olarak ifade edilmiştir (Halsen ve Jeukendrup, 2004). Sözü edilen bu yorgunluk klasik antrenman biliminde ve fizyolojik kaynaklarda iskelet kasının kuvvet ve güç üretim süreçlerinin bozulması ve/veya kapasitesinin negatif etkilenmesi şeklinde tanımlanmaktadır (McArdle ve ark., 2006; Plowman ve Smith, 2013). Antrenman-yorgunluk-toparlanma üçlüsünden oluşan bu döngüden pozitif faydalanabilmenin doğru toparlanma stratejileri ile mümkün olabileceği düşünülmektedir. Ancak iskelet kas sistemi üzerinde belirgin etkisi olan bu antrenman yüklenmeleri ve dinlenme/toparlanma süreleri arasındaki ilişkinin yanlış organize edilmesi durumunda aşırıya varmak (*over-reach*) riski ile karşı karşıya kalınabilir (Budgett, 1998). Söz konusu bu senaryo erken teşhis edilemez ve antrenman uygulamalarına aynı yoğunluk ve şiddette devam edilirse aşırıya varma’nın ileri safhası olan aşırı antrenman (*sürantrene*) durumu oluşabilir (Budgett, 1998). Bilimsel kaynaklarda aşırıya varma, yoğun ve yüksek şiddetli antrenmanların etkisiyle oluşan ve

çoğu zaman 2 hafta gibi görece kısa toparlanma süresine ihtiyaç duyulduğundan normal karşılanan bir antrenman yanıtı olarak algılanmaktadır. Bazı kaynaklar bu durumu pozitif aşırıya varma olarak tanımlamakta ve sonucun antrenmana adaptasyon ve performansın artışı ile gerçekleştiğini ifade etmektedirler. Süreci, antrenmanın yıkım etkisi (katabolizma) ve devamında toparlanma evresi olarak olumlu bir evre şeklinde tanımlamaktadırlar (Kenttä ve Hassmén, 1998). Fakat bu sürecin devamında aşırı antrenman sendromu (*overtraining*) senaryosunun gelişmesi durumunda toparlanma için ihtiyaç duyulan süre aylar ve bazen yıllarla ifade edilebilmektedir (Budgett, 1998; Halson ve Jeukendrup, 2004). Dolayısıyla atletin performans takibi yapılması ve erken teşhis ile gerekli toparlanma stratejilerinin belirlenerek ivedilikle uygulanması büyük önem taşımaktadır.

2.6. Toparlanma

Spor bilimleri literatüründe aktif ve pasif toparlanma olarak iki başlıkta tartışılmakta olan bu kavram; yapılan her türlü fiziksel aktivite sonrası, fiziksel kapasitenin egzersiz/antrenman öncesi durumuna geri taşınma çabası olarak tanımlanabilir (Morgan, 1987). Pasif toparlanma genel hatlarıyla, atletin oturarak yaptığı ve herhangi potansiyel toparlanma hızlandırıcı desteği almadan pasif şekilde bekleyerek yaptığı yöntem olarak tanımlanmıştır. Ancak aktif toparlanma, yapılan asıl aktivitenin/antrenmanın şiddetinin oldukça altında uygulanan ve temelde metabolizmanın aktif/hareketli kalmasını sağlayarak potansiyel düzenleyici faktörlerin kas hücresinde meydana gelen ve yorgunluk ile ilişkilendirilen olayların geri çevrilmesini amaçlayan aktiviteler bütünüdür. Bu aktiviteler, düşük tempo koşu, yüzme, bisiklet ergometresi, kürek ergometresi, kolay tırmanış, yürüyüş, soğuk suya maruz kalma, masaj, elektroterapi gibi birçok faaliyeti kapsamaktadır.

Dinlenme ile toparlanma sıklıkla göz ardı edilen ve kimi zaman karıştırılan iki farklı antrenman prensibini ifade etmektedir. Dinlenme; toparlanabilmenin sağlanabilmesi için organizmaya tanınan süreyi ifade ederken, toparlanma, dinlenme süresinden sonra hem fizyolojik hem de psikolojik olarak egzersiz/antrenman öncesi duruma dönebilmiş olma durumunu ifade ettiği söylenmektedir (Schwellnus ve ark., 2008). Antrenman birimi sonrası toparlanma stratejilerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken en

önemli faktörlerin arasında atletin yaşı, çevresel faktörler ve yapılan antrenmanın içeriği gelmektedir. *Bompa ve ark. (2019)* yapmış olduğu çalışmada 25 yaşından büyük atletlerin toparlanma için ihtiyaç duydukları dinlenme sürelerinin genç atletlere oranla daha uzun olduğunu ifade etmiştir. Yapılan çalışmalarda sıcak hava koşullarında yapılan antrenman/egzersiz ve yarışma sonrası atletlerin toparlanmalarının daha uzun sürebileceği vurgulanmıştır (Noakes, 2003; S. S. Cheung ve Ainslie, 2021). Ek olarak, kas hasarı oluşturabilme potansiyeline sahip yüksek şiddetli, yoğun ve uzun süren antrenman ve/veya yarışmalardan sonra toparlanma evresinin daha uzun tutulması önerilmektedir (Clarkson ve Hubal, 2002).

Toparlanmanın sınıflandırılması ile ilgili çalışmalar irdelendiğinde genel hatlarıyla 3 farklı gruplandırma olduğu görülmektedir. Buna göre toparlanma;

- 1- Hızlı/ani toparlanma,
- 2- Kısa vadeli toparlanma,
- 3- Antrenman toparlanması.

Hızlı/ani toparlanma (*immediate recovery*); antrenman içerisinde, yapılan uygulama her ne olursa olsun, kasılmalar/hareketler arası gerçekleşen toparlanma olarak tanımlanmaktadır. *Bishop ve ark. (2008)* bu toparlanma yöntemine örnek olarak uzun mesafe yürüyüşçülerini göstermiş ve atletin adımları arasında hareket eden adımının destek adımına oranla anlık olarak toparlanması şeklinde tanımlamışlardır. İfade edilen bu toparlanma şeklinin tırmanış adına oldukça tanımlayıcı bir aşama olabileceği düşünülmektedir. Öyle ki tırmanış mekaniği gözlemlendiğinde, tırmanıcının vücut ağırlığı üst ekstremitelerden biri ile taşınırken, diğer ekstremitenin bir sonraki tutamağa doğru hareket ettiği görülmektedir. Bu anda vücut ağırlığının büyük bir kısmını taşıyan kol izometrik kasılmaktayken, diğer kolda birkaç saniyeliğine bile olsa bir kasılma paterni görülmemektedir. Yani vücut ağırlığının büyük bir kısmı, büyük oranda bir üst ekstremita (*örneğin sol kol*) ile sabit tutulurken, diğer ekstremita (*sağ kol*) bir sonraki hamleyi yapmak üzere hareket ettirilmektedir. Böylece sağ ve sol kol arasında dönüşümlü olarak gerçekleşen bir iş gücü oluşmaktadır. Sağ ve sol kol arasında oluşan bu dönüşümlü kasılma eylemi tırmanıcıların sıklıkla kullandıkları bir dinlenme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Baláš ve ark., 2012). Bu yöntem tırmanış literatüründe '*kol sallama*' olarak

bilinmektedir. Kol sallama yöntemi tırmanıcıların tırmanış sırasında hızlı/ani toparlanmaya örnek olabileceği düşünülmektedir. Konu ile ilgili yapılmış bilimsel bir çalışmaya rastlanılmasa da kol sallamanın bir miktar da olsa enerji döngüsüne (*ATP resentezi*) ve ön kolda birikmiş olan laktik asitin uzaklaştırılmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir.

Bir diğer toparlanma şekli olan kısa vadeli toparlanmanın (*short term recovery*) en temel tanımı; setler/hareketler arası yapılan dinlenme ile oluşturulması amaçlanan toparlanma olarak karşımıza çıkmaktadır. *González ve ark (2016)* çalışmalarında kısa vadeli dinlenme aralıklarının uygulandığı antrenmanlarda, yapılan antrenman hacminin yarıya düşürülmesi (*tekrar sayılarının azaltılması*) durumunda, takip eden setler sırasında hareket hızının azalmadığını ve buna ek olarak nöromusküler performansın daha az bozulduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca egzersiz sonrası toparlanma süresinin de kısalıldığını vurgulamışlardır. Kısa vadeli dinlenme aralıklarının temel hedefi, uygulanan dinlenme süresinin uzunluğunun bir sonraki yüklenmenin tamamlanması için yeterli enerjinin yeniden sağlanabilmesi olarak açıklanmıştır (Balady, 2000). Söz konusu bu süre zarfı hem enerji kaynaklarını yenilenmesi hem de yorgunluğun oluşmasında önemli yer tutan metabolitlerin temizlenmesi adına oldukça önemlidir (Harris ve ark., 1976). Antrenman bilimlerinin genel kabul görmüş kurallarından bir tanesi de setler arası dinlenme sürelerinin egzersizin şiddetine göre belirlenmesi gerektiğidir. Yani; düşük şiddetli ve tekrar sayısının görece yüksek olduğu egzersizlerde setler arası dinlenme süreleri daha kısa tutulabilirken, yüksek şiddetli ve az tekrarlı egzersizlerde dinlenme sürelerinin daha uzun tutulması büyük önem arz etmektedir (Kraemer ve Fleck, 2007). Konu ile ilgili yapılmış çalışmalar antrenmanın hacminin etkilendiği en önemli unsurlardan birinin setler arası dinlenme süresi olduğunu ifade etmişlerdir. Öyle ki, setler arası dinlenme süreleri daha kısa tutulduğunda tekrar sayısı olumsuz etkilenmekte ve dolayısıyla antrenmanın hacmini de düşürebilmektedir (Richmond ve Godard, 2004; Jeffrey Michael Willardson, 2005; Jeffrey M Willardson ve Burkett, 2005). Bu durumda yüksek hacmin önem taşıdığı antrenmanlarda setler arası dinlenme sürelerinin görece uzun tutulması (2-3 dakika) antrenmanın hacminin istenilen aralıkta tutulmasında yardımcı olacağını da söyleyebiliriz. Kısa vadeli toparlanmanın tırmanış performansı üzerindeki etkilerinin incelendiği bilimsel bir çalışmaya rastlanamamıştır. Ancak, spor

bilimleri literatür bilgisinin tırmanış branşına yorumlanması söz konusu olduğunda, kampüs tahtası (*campus board*) ve parmak tahtası (*finger board*) gibi yüksek şiddetli antrenmanlarda dinlenme sürelerinin uzun tutulması hem antrenmanın sürdürülebilirliği hem de atletin sakatlıklardan korunması noktasında önem taşıdığını söyleyebiliriz.

Toparlanma yöntemlerinin en genel kapsamlısı olan antrenman toparlanması, antrenman birimleri arasında yapılan toparlanma yöntemidir. Bu yöntemde çoğu zaman amaç bir sonraki antrenman birimi için tam toparlanmanın sağlanmış olmasıdır. Özellikle günde iki birim antrenman yapan atletlerde bu toparlanma süreci büyük önem taşımaktadır. İki antrenman birimi arasında ne kadar dinlenme süresinin olacağını belirlemek ise optimal toparlanmanın sağlanabilmesi adına oldukça önemlidir. Toparlanmaya dair bilimsel literatür incelendiğinde pek çok yöntemin bulunduğunu görmek mümkündür (Hauswirth ve Mujika, 2013). Genel anlamda bakıldığında ise toparlanma stratejilerinin 1- *Uyku ve dinlenme*, 2- *Aktif dinlenme ve esneklik çalışmaları*, 3-*Beslenme ve sıvı alım*, 4- *Sakinleşme ve duygusal destek* olmak üzere 4 ana başlıkta incelenebileceği de söyleyebilir (Kenttä ve Hassmén, 1998).

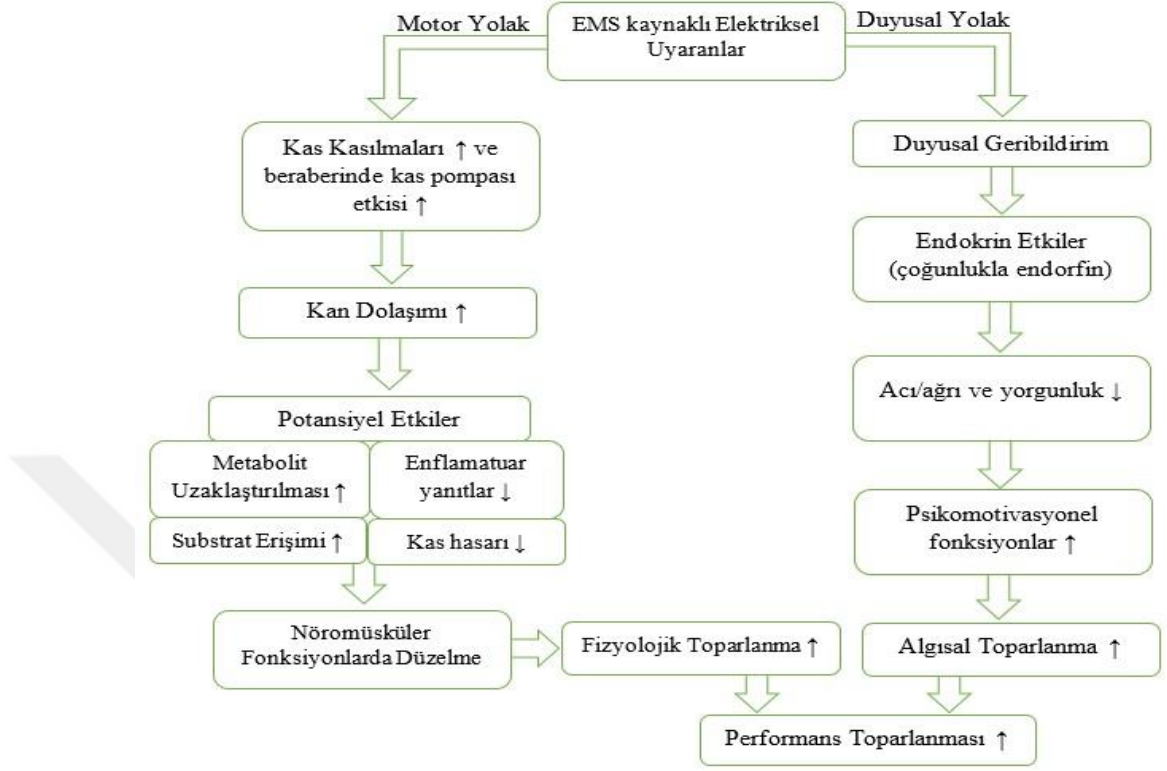
Tüm performans sporlarına katılım gösteren atletlerin neredeyse tamamının antrenmana ayırdıkları zamanın, toparlanma için organize edilen zaman aralığının çok düşük bir dilimine denk geldiği dikkat çekmektedir (Bishop ve ark., 2008). Yani, sporcu gün içerisinde çift antrenman yapıyor olsa bile toplam antrenman süresi ancak 4-6 saat kadar sürmektedir. Bu durumda geriye kalan zamanının büyük bir çoğunluğunu bir sonraki antrenman birimi için hazırlanmak üzere toparlanma ile geçtiğini söyleyebiliriz. Bazı kaynaklarda toparlanma, daha önceden sergilenmiş bir performansın, yoğun-yorucu-şiddetli bir antrenman veya yarışmadan sonra yeniden sergilenebilmesi veya daha iyi sonuçlara ulaşılabilmesi olarak tanımlanmıştır (Sayers ve Clarkson, 2001). Bu tanıma göre, herhangi bir spor dalı ile uğraşan bir sporcunun yüksek şiddetli bir uygulamadan hemen sonra, optimal toparlanma süresi tanınmadan tekrar aynı seviyede yüksek performans sergilemesi beklenemez. Bu senaryoyu tırmanış özelinde inceleyecek olursak bir tırmanıcıdan zorlu bir rotayı tırmandıktan hemen sonra, metabolizmanın ihtiyaç duyduğu toparlanma sağlanmadan tekrar aynı performansı sergilemesi söz konusu olamaz. Aynı şekilde zorlu bir antrenman biriminden hemen sonra performansın

antrenman öncesine kıyasla aynı olması beklenemez. Bu bilgiler ışığında, toparlanma öncesi ve sonrası sergilenen performanslar arasındaki farkların sporcunun toparlanma sürecini verimli geçirip geçirmediği konusunda fikir verebileceğini söyleyebiliriz.

2.7. EMS ve Toparlanma İlişkisi

EMS; hedef kas üzerindeki deriye yerleştirilen ve genellikle doğrudan kasa iletilen düşük oranlarda elektriksel akımlarla oluşturulan taklit aksiyon potansiyelleri bütünüdür. Yüksek hacimli ve yüksek şiddette antrenman birimlerinin yapılması, fiziksel performansın bozulmasına neden olabilecek nöromusküler yorgunluğu da tetikleyebilmektedir (Babault ve ark., 2011). Elit seviyede antrenmanların söz konusu bu içeriği gereği (*Yüksek hacim ve şiddet*) toparlanma süreci antrenmanın tamamlayıcı bir aşaması olarak kabul görmektedir (Bompa ve Buzzichelli, 2019). Bilimsel literatürde aktif toparlanma, masaj toparlanma, soğuk su maruziyeti, kompresyon giysileri gibi etkilerinin araştırıldığı birçok toparlanma yöntemi bulunmaktadır (K. Cheung ve Patria, 2003; Barnett, 2006; Banfi ve ark., 2010; Cortis ve ark., 2010; Pournot ve ark., 2011). EMS ise kullanılan toparlanma yöntemlerinden önemli ve oldukça popüler bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Seyri ve Maffiuletti, 2011).

Maffiuletti (2015) çalışmasında EMS'nin etkisinin motor yolak ve duyuşal yolak olmak üzere iki farklı etki odağı olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu tanıma göre motor yolak ile oluşan fizyolojik toparlanmanın etkilerinin genel anlamda kas kasılmalarının yarattığı pompa etkisinden kaynaklandığını dile getirmişlerdir. Maffiuletti (2015) çalışmalarında ifade ettikleri söz konusu bu etkiler *Şekil 2.7-1*'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7-1: EMS kaynaklı elektriksel uyarıların potansiyel etkileri gösterilmektedir.

Borne ve ark (2017) EMS kaynaklı elektriksel uyarıların yaratmış olduğu kas kasılmaları ve beraberinde artan kas pompası etkisi ile birlikte performansta meydana gelen toparlanma etkisini 24 dakika süresince uygulamış oldukları EMS protokolü ile göstermişlerdir. Bu çalışmada EMS akımları ile yaratılan kas kasılmalarının kan dolaşımını anlamlı seviyede arttırdığı ve beraberinde laktat kilirensini hızlandırdığı da vurgulanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda yüksek şiddetli yüklenmelerden sonra uygulanan EMS uygulamalarının motor yolak üzerinde doğrudan etkili olabileceğini söyleyebiliriz.

Cortis ve ark (2010) aktif olarak antrenman yapan kişilerde, gün içerisinde uygulanan çift antrenman birimi sonrası uyguladıkları farklı dinlenme protokollerinin etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında katılımcılara iki antrenman birimi arasında 4,5 saat dinlenme/toparlanma süresi verilmiştir. Bu süre zarfında pasif dinlenme (*oturarak*), su içi egzersizler ve EMS uygulamaları toparlanma protokolleri olarak organize edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, adı geçen dinlenim protokollerinin aerobik ve anaerobik

değişkenler üzerinde olumlu etkilerinin görülemediğini ifade etmektedir. Ancak, EMS protokolünün dinlenim protokolleri arasında en etkili yöntem olduğu da söylenmektedir. Cortis ve ark (2010) bu çalışmasında EMS kaynaklı elektriksel uyarıların motor yolak üzerinden sağladığı herhangi bir olumlu etki görülmemişken, asıl etkisinin duyuşsal yolak üzerinden olduğunu vurgulamışlardır. Buna göre antrenman/egzersiz ve/veya performans testleri sonrası yaşanan yorgunluğun giderilmesinde, kişinin kendini yorgun olduğu ilk duruma göre daha iyi hissetmesi büyük önem taşıyor olabilir.

Tessitore ve ark (2007) yayınlamış oldukları çalışmada dört farklı toparlanma yönteminin yoğun egzersiz sonrası uygulanarak etkileri arasındaki farkları incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre pasif dinlenme (*Oturarak dinlenme*), aerobik dinlenme (*Düşük tempo koşu/yürüyüş ve açma-germe çalışmaları*), su içi aerobik dinlenme (*Su içi düşük tempo koşu/yürüyüş ve açma-germe çalışmaları*) ve EMS ile dinlenme (*Düşük frekanslı EMS protokolü*) protokolleri karşılaştırılmıştır. Söz konusu bu çalışmada anaerobik performansın tanımlanması sıçrama ve kısa mesafe sürat koşularından oluşan anaerobik performans test protokollerinden oluşmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre, etkileri incelenen dinlenme protokollerinin anaerobik performans üzerinde olumlu etkileri görülmemişken, EMS ile dinlenim sonrası daha az kas ağrısının görüldüğü vurgulanmıştır. Buna göre EMS'nin anaerobik performans sonrasında duyuşsal yolak aracılığıyla potansiyel olumlu etkilerinin görülebileceğini söylemek mümkündür.

Tüm bu literatür verileri incelendiğinde EMS ile geçirilen toparlanma periyotlarının egzersiz/antrenman sonrası potansiyel etkilerinin olduğu görülmektedir. Ancak EMS'nin performans üzerindeki potansiyel etkilerinin bazı çalışmalarda motor yolak üzerinden, bazı çalışmalarda ise duyuşsal yolak üzerinden gerçekleşmesi dikkat çeken bir ayrıntı olarak karşımıza çıkmaktadır. Konu ile ilgili detaylı çalışmaların yapılması bu ayrıntının tanımlandırılmasına yardımcı olacaktır.

2.8. Metabolik Enerji Yolakları

Bir tırmanıcının performansını sergileyebilmesinin yegâne kaynağı hücresel boyutta enerji sistemlerini, sahip olduğu ve geliştirdiği beceri, yetenek ve antrenman bileşenleri ile kombine edebiliyor olmasıdır. Bu tanım karşımıza atletin fizyolojik karakteri olarak çıkmaktadır. Bir atletin fizyolojik karakterinin tanımlanabilmesi ve antrenman ihtiyaçlarının nitelikli bir şekilde karşılanabilmesi için vücudumuzda depo halde bulunan enerjinin hangi tepkimeler ve yolaklar aracılığıyla mekanik enerjiye dönüşebildiğini tanımlayabiliyor olmak gerekmektedir.

Vücudumuzda gerçekleşen her türlü reaksiyon için ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacı dışardan aldığımız besinler sayesinde gerçekleşebilmektedir. Bu besinlerin enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi ve/veya depo edilebilmesi ise ancak bir dizi kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesi ile mümkündür. Yani beslenme yolu ile aldığımız gıdalar doğrudan hücre düzeyinde enerji kaynağı olarak kullanılamazlar. Bunu yerine ihtiyaç duyulduğu anda hizmet vermek üzere enerji hammaddesi olarak depolanırlar. Söz konusu ihtiyaç anı, her türlü metabolik faaliyet ve/veya fiziksel aktivite olarak karşımıza çıkmaktadır. Hem gözle görülemeyen metabolik faaliyetler için hem de aktin-miyozin etkileşiminden oluşan ve mekanik enerji üreten fiziksel aktiviteler için kullanılan ürün adenozintrifosfat (ATP) olarak adlandırılan enerji hammaddesidir (McArdle ve ark., 2006, 2010).

İnsan metabolizmasının enerji deposu olan ATP; 1 adenin, 1 riboz ve 3 fosfat bağından oluşmaktadır. Yaşamsal her türlü enerji ihtiyacının karşılanması ATP molekülünün yapısını oluşturan 3 fosfat bağının kopması ile ortaya çıkan enerji sayesinde mümkün olmaktadır. Yalnızca yaşamın sürdürebilmesi için gerekli hücresel metabolik faaliyetler değil, her türlü kas aktivitesi için de bu fosfat bağlarının ayrılmasıyla açığa çıkan enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler ışığında, vücudumuzda her saniyede binlerce metabolik reaksiyonun gerçekleştiğini ve tüm bu reaksiyonlar için yoğun bir hücresel enerji üretimine ihtiyaç duyulduğunu söylemek yanlış olmaz (Plowman ve Smith, 2013).

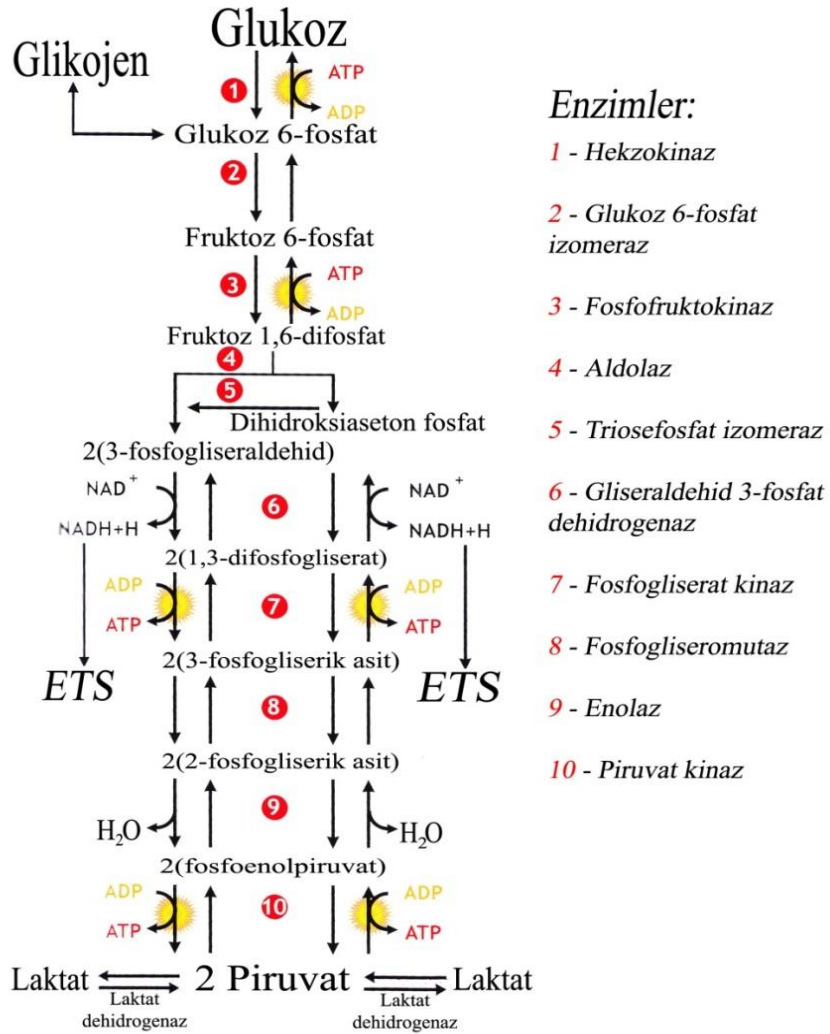
ATP molekülleri tıpkı yukarıda ifade edildiği gibi depo halde bulunmaktadır. Böylesine yüksek enerji potansiyeli olan bir molekül bile kendi başına enerji açığa çıkartamamaktadır. ATP molekülünün fosfat bağları arasında potansiyel olarak bulunan enerjinin açığa çıkması ancak ve ancak bir diğer kimyasal tepkime ile

gerçekleşebilmektedir. Bu tepkimenin gerçekleşmesinde asıl rolü Adenozintrifosfataz (ATPase) olarak adlandırılan enzim almaktadır. ATPase enzim aktivitesinin gerçekleştiği standart koşullarda 1mol ATP molekülünün hidrolize edilmesiyle 7,3 kCal enerji açığa çıkarken bu tepkimenin beraberinde 1 mol adenzindifosfat (ADP) ve fosfat (Pi)'ın da ortaya çıktığı bilinmektedir (McArdle ve ark., 2006, 2010). Söz konusu hidroliz aşamasında oksijen kullanılıp kullanılmaması ise tepkimelerin en önemli belirleyicisidir. Zira ATP moleküllerinin hidroliz edilebilmesi için oksijenin varlığı önem taşımakla beraber, oksijenin kullanılmadığı ve/veya kullanılmadığı durumlarda da hidroliz işlemi gerçekleşebilir. Bu tip tepkimeler ise anaerobik tepkimeler olarak tanımlanmaz. Fiziksel performans göz önünde bulundurulduğunda, çok kısa süreli, yüksek kuvvet üretimi gerektiren aktiviteler bu tip tepkimelere neden olabilirler. Burada kilit rol oynayan faktör ise oksijenin kullanılmadığı enerji yollarında enerji depolarının çok sınırlı olmasıdır. Bu nedenle üretilen ve kullanılan ATP arasındaki fark hızla açılacaktır. Kullanılan ATP ve beraberinde artan ADP ve Pi yoğunluğunun artması ile birlikte performansın sürdürülmesi de başlangıç aşamasına göre zorlaşacaktır. İnsan vücudunda yaklaşık 80-100 gram ATP olduğu bilinmektedir. Bu nedenle yüksek şiddetli fiziksel aktiviteler sırasında söz konusu bu enerji kaynağı kısa bir zaman içerisinde tükenir. Kısa kaya tırmanışı ve/veya lider tırmanış rotalarındaki zorlu etaplar, tırmanışın yüksek şiddetli fiziksel aktiviteleri olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla söz konusu karakteristiğe sahip tırmanışlar için ihtiyaç duyulan enerji anaerobik tepkimeler yoluyla elde edilebilir. Bu yolağın çalışması depo halde bulunan ATP'lerin kullanılmasına, ortamda ADP ve fosfat moleküllerinin yoğunluğunun artmasına neden olur. Bu durum ise hücre hemoostazisinin negatif etkilenmesine, yolağın daha yavaş çalışmasına ve devamında tamamen durmasına neden olabilmektedir. İyi antrene edilmiş bir atlette bu durum daha uzun sürebilmekteyken, sedanter insanlarda depo ATP'nin hizmet süresi daha kısa olacaktır. Depo ATP tek başına bu yolağın önemli bir kısmını oluştururken tepkimeler sonrası ortaya çıkan ADP ve Pi molekülleri de yolağın sürdürülebilmesinde oldukça büyük önem taşımaktadır. Canlılığın hücresel anlamdaki karşılığı, hücresel homeostazisini sabit tutabilmesidir. Bu durumda söz konusu anaerobik metabolizma yaşam ile bağdaşmayan bir süreç başlatmaktadır. Ancak canlıların büyük bir bölümü, hücre içi hücre ATP konsantrasyonlarını sabit tutabilmek ve yaşamını devam ettirebilmek adına yüksek enerjili

fosfat bağları içeren kreatinfosfat molekülünü kullanmaktadırlar. Bu molekülün kullanılabilmesi ise bir diğer kimyasal reaksiyonun çalışması ile gerçekleşebilmektedir. Bu tepkimede asıl rolü kreatinkinaz isimli enzimin aktivitesi almaktadır. Kreatinfosfat, kreatinkinaz enzim aktivitesi ile hidrolize olur ve sahip olduğu fosfat bağı kreatin yapısından serbestlenir. Bu hidroliz sırasında açığa çıkan enerji, bir fosfat bağının ADP molekülüne bağlanmasına neden olur ve böylece bir ATP molekülünün yeniden sentezlenmesini sağlar. Bu olaya ATP resentezi adı verilmektedir (McArdle ve ark., 2006, 2010). Bu reaksiyonun sürdürülebilirliği ortamda bulunan kreatinfosfat konsantrasyonu, kreatinkinaz enzim miktarı ve bu enzimin aktivitesine bağlıdır. Bahsi geçen bu reaksiyonlarda oksijen kullanılmazken, son ürün olarak laktik asit birikiminin olması nedeniyle klasik egzersiz fizyolojisinde alaktik anaerobik metabolizma adı altında tartışılmaktadır.

2.8.1. Anaerobik Glikoliz

Asıl amacının hücrel faaliyetlerde kullanılacak temel enerji kaynağı olan ATP sentezini sağlamak olan kimyasal tepkimeler, glikoz molekülünün iki aşamalı yıkımı ile başlamaktadır. Görece büyük olan glikoz molekülün söz konusu bu yıkım tepkimelerinin ilk aşaması hücrenin sitoplazmasında gerçekleşir. Bu tepkimede oksijen kullanılmaz ve son ürün olarak laktik asit ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle laktik anaerobik tepkimeler olarak tanımlanır. Anaerobik metabolizma olarak da kabul edilen bu süreçte gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda bir glikoz molekülünden iki molekül pirüvik asit oluşmaktadır (*Şekil 2.8-1*).



Şekil 2.8-1: Anaerobik glikoliz sonucunda iki molekül piruvik asit oluşmaktadır

Tırmanıcılarda kısa kaya tırmanışları ve/veya lider tırmanış rotalarında karşılaşılan zorlu pasajların aşılmasında -tırmanışta başarıyı etkileyen teknik ve diğer faktörler göz ardı edildiğinde- rol alan aktif enerji metabolizması anaerobik metabolizmadır. Yüksek güç çıktısı ile karakterize olan bu yolak laktik ve alaktik olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Laktik anaerobik tepkimelerin alaktik tepkimelerden en büyük farkı, sürecin alaktik anaerobik metabolizmaya oranla çok daha uzun sürdürülebiliyor olmasıdır. Ancak oksijen kullanılmadan gerçekleşen bu tepkimede ATP ve kreatinfosfat depolarının sınırlı olması ile birlikte, laktik anaerobik yolağın son ürünü olan laktik asidin hücre içinde birikmeye başlaması ve hücre içi pH'yı asit tarafa doğru kaydırması hücrenin homeostazisinin bozulmasına neden olmaktadır (McArdle ve ark., 2006, 2010). Sözü

edilen yolağın en büyük handikabı olarak karşımıza çıkan bu durum, hücrelerin limitlerinin üzerinde, uzun süre anaerobik metabolizmayı kullanamayacaklarını işaret etmektedir. Bu tablo sportif performans boyutunda incelendiğinde ise atletin yüksek şiddette, görece uzun süre fiziksel aktivite yapmasının mümkün olmadığını ifade etmektedir. Tepkime, anaerobik reaksiyonun verimliliği boyutunda incelendiğinde, bir birim glikoz molekülü için 4 ATP molekülü üretildiği görülmektedir. Glikoz molekülünün sahip olduğu kimyasal enerji potansiyeli düşünüldüğünde ise bu sayının oldukça verimsiz olduğu da görülmektedir.

Yalnızca tırmanıcılar değil, yüksek performans sporuyla ilgilenen tüm atletler sahip oldukları potansiyeli ortaya koymak adına limitlerini zorlamaktadırlar. Bu hedef doğrultusunda fiziksel aktivite her ne olursa olsun şiddetini artırmak ve/veya yüksek tempoda sürdürmek zorunda kalmaktadırlar. Özellikle hız ve kısa kaya tırmanışı olmak üzere, spor tırmanışın tüm disiplinlerinde kazanmak ve kaybetmek arasındaki fark milisaniyeler veya sadece bir tutamak olabilmektedir. Gözle görülebilen bu fark çoğu zaman hücre içerisinde gözle görülemeyen kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ATP miktarı ile ilişkilendirilebilir. Tırmanıcılarda '*Elit Atlet*' tanımındaki gözle görülemeyen ayrıntı, anaerobik yolakla elde edilebilen ve sentez/resentez reaksiyonlarını daha uzun sürdürebilen hücre yapısına sahip sporcu olabilir. Bu nedenle elit atletlerin antrenmanlarında anaerobik kapasitenin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

2.8.2. Aerobik Metabolizma

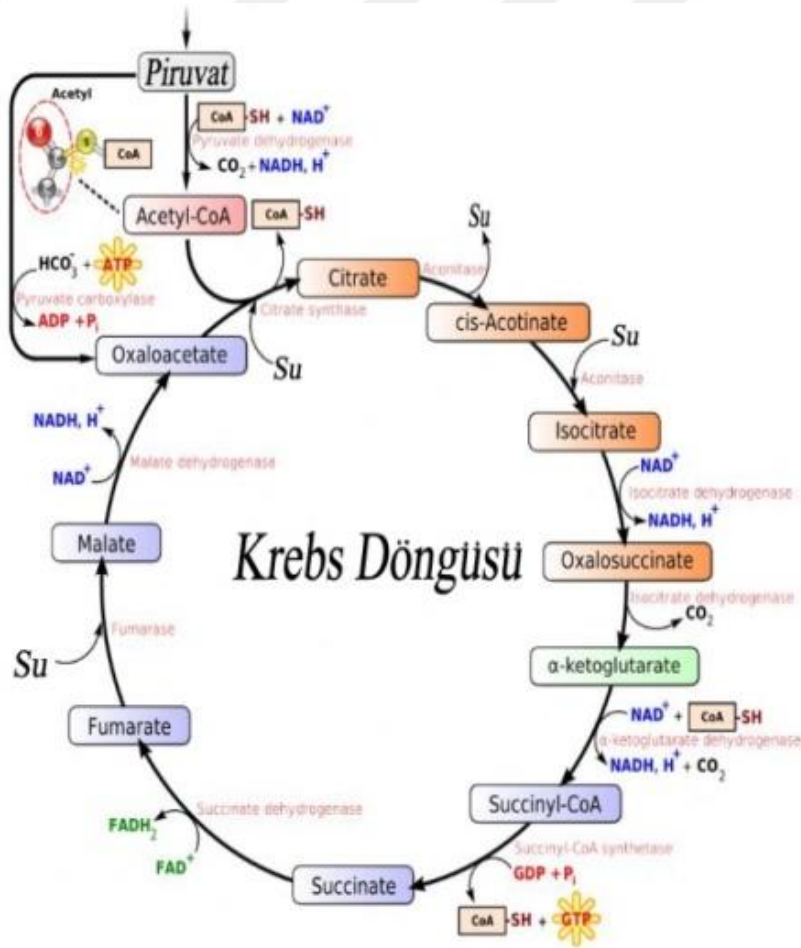
Oksijenin kullanılmadığı, kısa süreli yüksek şiddetli aktiviteler için kullanılacak olan acil enerjinin sağlanmasında çalışan yolak hücrenin sitoplazmasında konumlanmışken yaşamın önemli bir kısmı için başka bir yolağa ihtiyaç duyulmaktadır. Öyle ki canlı yaşamı boyunca, oksijenin kullanılarak enerji üretildiği tepkimelerin tamamı mitokondri adı verilen organellerin içerisinde gerçekleşmektedir (McArdle ve ark., 2006, 2010). Hücrenin enerji santrali olarak görev alan bu organeller, aerobik metabolizmanın temelini oluşturur ve krebs döngüsüne girecek ara metabolitler ile oksijenin varlığı olduğu sürece verimli çalışabilir. Bahsi geçen ara metabolitler, vücuttaki depo besinlerden sağlanmaktadır. Aerobik metabolizmanın en önemli bileşeni olan oksijen ise akciğerlerin verimli çalışmasıyla sağlanabilmektedir. Bu metabolizmayı anaerobik metabolizmadan

ayırır en önemli farklardan biri de son ürün olarak ortaya çıkan ürünlerin (*karbondioksit ve su*) temizlenmesinin, laktik asidin temizlenmesine oranla oldukça kolay olmasıdır. Karbondioksit vücut sıvıları ile akciğerlere taşınıp atmosfere bırakılırken su, metabolik birçok reaksiyonda kullanılabilir.

Aerobik ve anaerobik metabolizmanın farkları göz önünde bulundurulduğunda dikkat çeken bir diğer unsur da verimlilik anlamında karşımıza çıkmaktadır. Öyle ki glikozun aerobik yolla metabolize edilmesi sonucu, anaerobik metabolizmadan 18 kat daha verimli olduğu görülmektedir. Dinlenme ve düşük tempolu aktiviteler gibi vücut sistemlerinin zorlanmadığı durumlarda aerobik metabolizmanın aktif olmasının bir nedeni de bu olabilir. Ancak fiziksel aktivite her ne olursa olsun hücrelerin ATP gereksiniminde bir artış meydana gelmektedir. Aktivitenin düşük şiddetli olması, mitokondrilerde üretilen ATP miktarının kullanılan ATP miktarını karşılaması ile bağdaşmaktadır. Bu sayede hücrenin homeostatik dengesinin bozulması daha uzun sürmektedir. Böylece atlet, belirli şiddetteki bir fiziksel aktiviteyi, görece daha uzun, yorulmadan, kesintisiz olarak sürdürebilir. Anaerobik tepkimeler sırasında yorgunluk olarak tanımlanabilecek durumun daha erken dönemde ortaya çıkmasına karşın, aerobik tepkimelerin daha uzun sürdürülebiliyor olabilmesi, aerobik metabolizmanın çok önemli bir avantajı olarak görülmektedir.

Anaerobik glikoliz sonucu oluşan 2 mol pirüvat asit, ortamda oksijen var ise geri dönüşümsüz olarak asetil-CoA'ya dönüşmekte ve mitokondri içerisine girerek karbohidrat yıkımının ikinci aşaması olan krebs döngüsüne (*striik asit veya trikarboksilik asit döngüsü olarak da bilinir*) katılmaktadır (*Şekil 2.8-2*). Krebs döngüsüne giren her asetil-CoA molekülü iki CO₂ molekülü ve dört çift hidrojen atomu serbest bırakır. Asetil-CoA'nın oksaloasetik asit ile birleşmesi sonucu başlayan bu tepkimelerin son ürünleri karbondioksit (CO₂) ve su (H₂O)'dur ve her ikisi de hücre dışına kolayca atılabilirler. Temel anlamda bu reaksiyonlar zinciri mitokondrinin matriksinde meydana gelir ve reaksiyon boyunca asetil-CoA moleküllerinin CO₂ ve hidrojen atomlarına kadar indirgenmesi söz konusudur. Henüz bu aşamada ATP üretimi söz konusu değildir. Krebs döngüsü boyunca tek bir ATP molekülü sentezlenir. Fakat bu reaksiyonlar sonucu serbestlenen çok sayıda hidrojen atomu mitokondri kristasına taşınarak oksijenli

solunumun ATP sentezi bakımından en verimli basamağı olan elektron taşıma sistemine (ETS) aktarılır. ETS, temel anlamda, mitokondri iç zarına yerleşmiş olan elektron taşıyıcı proteinlerden oluşmaktadır. ETS zincirinde meydana gelen oksidasyon ve redüksiyon tepkimelerinde oluşan potansiyel enerji ile çok sayıda ADP yeniden sentezlenerek ATP formunu alırlar. Bu reaksiyonların başında flavoprotein bulunmaktayken, sistemin son aşamasındaki temel substratın oksijen olduğu bilinmektedir (McArdle ve ark., 2006, 2010).



Şekil 2.8-2: Krebs döngüsü.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Tırmanış ile ilgili bilimsel çalışmalara katılacak olan tırmanıcıların performans profillerinin belirlenmesi için 3:3:3 veya 3:3:6 tanımlama sisteminin kullanılması önerilmektedir (Seifert ve ark., 2016; Fryer ve ark., 2018). 3:3:6 tanımlama sistemi tırmanıcının performansını, son 6 ay içerisinde belirli bir zorluktaki 3 farklı rotayı 3 defa başarılı bir şekilde tırmanmış olması şeklinde tanımlamaktadır. Çalışmamıza katılım sağlayan tırmanıcılar bu tanımlama sistemi ile belirlenmişlerdir. Bu tanımlamaya ek olarak, tırmanıcıların tırmanış karakteristik özellikleri Uluslararası Kaya Tırmanış Araştırmaları Derneği (*International Rock Climbing Research Association - IRCRA*)'nin yayınlamış olduğu kapsamlı çalışma doğrultusunda tanımlanmıştır (Draper ve ark., 2015). Bu tanımlamaya göre çalışmamıza katılan tırmanıcılar en az 3 yıldır, haftada en az 3 - 4 gün, her antrenman gününde en az 3 saat düzenli olarak spor tırmanış antrenmanlarına katılan ve başka herhangi bir branşta yoğun antrenman yapmayan, 30-36 yaş aralığında, Fransız derecelendirme sistemine göre 7a (*IRCRA 17*) zorluk tırmanış derecesini 3:3:6 tanımlama sistemine göre tırmanabilen 10 erkek tırmanıcı gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmamıza katılan tüm tırmanıcılara, araştırma başlamadan önce, araştırma ile ilgili detaylı bilgiler sözlü ve yazılı olarak verilmiştir. Bu çalışma, spor ve egzersiz bilimleri araştırmaları etik ve standartlarına uygun olarak yapılmıştır (Harriss ve ark., 2019).

3.2. Çalışma Dizaynı

Araştırma randomize kontrollü ve çaprazlama tasarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gönüllüler, uygulanacak tüm protokol ve ölçümlerle ilgili detaylı bilgilendirildikten en az iki gün sonra başlamak üzere önce pasif dinlenme protokolüne sonrasında da EMS toparlanma protokolüne dâhil edilmişlerdir. Her iki ölçüm ve toparlanma protokolü arasında yedi gün ara verilmiştir. Gönüllülerden, uygulamalara gelmeden önceki son 24 saat içinde, şiddetli fiziksel aktivitelere katılmamaları ve rutin diyetlerinin dışına çıkmamaları istenmiştir. Tırmanıcıların antropometrik ölçümleri ve performans düzeyi bilgileri alındıktan sonra tırmanıcılara, asılı kalma, şınav ve mekik

testleri uygulanmıştır. Testlerden sonra 20 dk. dinlenme sağlanmış ve sonrasında *TensionBoard* üzerinde hazırlanmış 15 setlik tırmanış test protokolü (TTP) uygulanmıştır. Bireylerin TTP esnasında 15 seti tamamlamaları, tutuşu gerçekleştirememeleri, düşmeleri ve/veya 15 seti tamamlayamadan yorgunluğa ulaştıklarını bildirmeleri durumunda TTP sonlandırılmıştır. İlk ölçüm gününde uygulanan protokolünün hemen sonrasında tırmanıcılar 50 dakikalık pasif dinlenme yapmışlardır. Bu dinlenme periyodunun ardından tüm testler yeniden uygulanmıştır. Her bir tırmanıcı için aynı testler bir hafta arayla tekrar edilmiştir. Yapılan bu ikinci ölçüm gününde tırmanıcılar TTP sonrası 50 dakikalık elektrouyarım toparlanma sürecine dâhil edilmişlerdir. Elektrouyarım ile toparlanma protokolünden sonra tüm performans testleri tekrarlanmıştır.

Performans Testleri ve Toparlanma Protokollerinin Birinci Ölçüm Akış Şeması					
İlk Ölçümler		Tırmanış Test Protokolü	Toparlanma Protokolü	İkinci Ölçümler	Tırmanış Test Protokolü Tekrarı
- Antropometrik ölçümler - Asılı Kalma Testleri - Şınav - Mekik Testleri	Dinlenme (20 dk.)	- 15 Setlik TTP - Nabız ölçümü - BORG Skalası	- Pasif Toparlanma Protokolü	- Asılı Kalma Testleri - Şınav - Mekik Testleri	- 15 Setlik TTP - Nabız ölçümü - BORG Skalası
~ 40 dk.		~ 35 dk.	50 dk.	~40 dk.	~40 dk.
Aynı ölçümler, aynı akış şeması ile 1 hafta dinlenme evresinden sonra EMS toparlanma protokolü uygulanarak tekrarlanmıştır.					

Tablo 3-1: Ölçüm akış şeması.

3.3. Pasif Toparlanma:

TTP tamamlandıktan hemen sonra, tırmanıcılar pasif şekilde oturacakları bir sandalyede 50 dakikalık dinlenme sürelerinin tamamlanmasını beklemişlerdir.

3.4. Elektrouyarım Yöntemi İle Toparlanma:

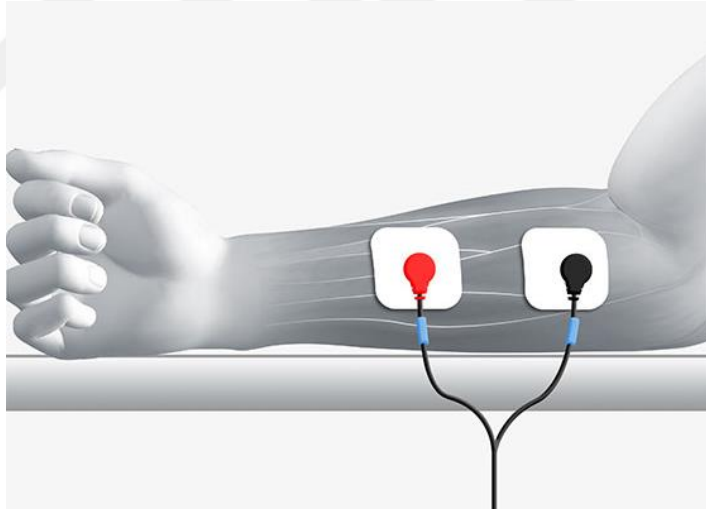
Çalışmamızda elektrouyarım yöntemi ile toparlanma aşamasında *Chattanooga Wireless Professional 4CH* cihazı kullanılmıştır (*DJO Global, Vista, California*) (*Şekil 3.4-1*). Bu cihaz, profesyonel sağlık çalışanlarının ağrı dindirme programlarında (*TENS - Transkutanöz sinir uyarımı*) kullanıldığı gibi, elektrouyarım (*EMS*) için de tasarlanmıştır. Söz konusu bu cihaz profesyonel fizik tedavi aracı olarak hastanelerde, kliniklerde veya bireysel kullanım için tasarlanmış tedavi yöntemlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır.

Toparlanma protokolünde cihazın kendi içerisinde otomatik programlanmış olan ve 2-4-6-5-4-3-2-1 Hz'den oluşan, 'Ek Toparlanma' olarak tanımlanmış uyarılar 50 dk. boyunca uygulanmıştır (*Tablo 3.4.1*). Bu toparlanma protokolünde uygulanan düşük frekanslı akım, literatürde yer alan ve olumlu etkilerinin gözlemlendiği çalışmalar temel alınarak tercih edilmiştir (Tessitore ve ark., 2007; Heyman ve ark., 2009). Aksiyon potansiyelini başlatabilmek için gerekli eşiğin aşılabilmesi ve kasılmalarının başlatılabilmesi adına dörtgen formlu simetrik bifazik akım kullanılmıştır. Bu tipteki akımlar için ihtiyaç duyulan enerji daha düşük olmakla birlikte uygulamanın yapıldığı bölgede yarattığı rahatsızlık hissi oldukça azdır (Aldayel ve ark., 2010). Uygulanan akımın şiddetinin ayarlanmasında, tırmanıcıların acı eşiğinin aşılmadığı ve akımdan rahatsız olmadıkları en yüksek akım tercih edilmiştir (*20-40 μA*).

Uygulama, ön kol fleksör kas grubuna, 5x5cm'lik biyolojik uyumlu silikon tipte elektrotların firmanın cihaz için yayınlamış olduğu kullanım kitabında belirttiği gibi özellikle fleksör karpi radialis, palmaris longus ve fleksör karpi ulnaris kaslarında kasılmanın görüleceği şekilde yapılmıştır (*Şekil 3.4-2*).



Şekil 3.4-1: Chattanooga Wireless Professional 4CH elektro uyarım cihazı.



Şekil 3.4-2: Chattanooga Wireless Professional 4CH elektro uyarım cihazının önkol, el bileği fleksör grubu kasları üzerine firmanın belirttiği şekilde yerleştirilmesi.

Tablo 3.4-1	Ek Toparlanma Protokolü (25 dakika x 2set)			
	1. Sıra Uyarı	2. Sıra Uyarı	3. Sıra Uyarı	4. Sıra Uyarı
Frekans	2 Hz	4 Hz	6 Hz	5 Hz
Süre	2 dakika	2 dakika	4 dakika	4 dakika
	5. Sıra Uyarı	6. Sıra Uyarı	7. Sıra Uyarı	8. Sıra Uyarı
Frekans	4 Hz	3 Hz	2 Hz	1 Hz
Süre	4 dakika	3 dakika	3 dakika	3 dakika

Tablo 3.4.1: Chattanooga Wireless Professional 4CH elektro uyarım cihazının Ek Toparlanma programında uygulanan frekans ve süre bilgileri.

3.5. Yapılan Ölçümler

3.5.1. Vücut Ağırlığı, Boy Uzunluğu ve Beden Kütle İndeksi

Araştırmamıza katılan tırmanıcıların vücut ağırlığı (*kg*) ölçümleri 50 gr hata payı olan *AccuTeck* Marka, *ACB440* model elektronik baskül kullanılarak yapılmıştır (*Şekil 3.5-1*). Vücut ağırlığı ölçümlerinde tırmanıcıların çıplak ayak olmasına, üstlerinde yalnızca tayt veya şort bulunmasına dikkat edilmiştir. Tırmanıcılardan vücut ağırlığı ölçümlerinden en az 2 saat önce besin alımını durdurmaları istenmiştir.

Boy ölçümleri *Accuform* marka ölçüm bandının duvara sabitlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm sırasında tırmanıcıların çıplak ayaklı olmaları sağlanmıştır. Tırmanıcıların beden kitle indeksleri (*BKİ*) ölçülen vücut ağırlığının (*kg*) boy uzunluğunun (*m*) karesine bölünmesi ile elde edilmiştir. ($BKİ = \text{Vücut Ağırlığı} / (\text{boy uzunluğu})^2$)



Şekil 3.5-1: AccuTeck Marka, ACB440 model elektronik baskül.

3.5.2. Çap, Çevre, Uzunluk Ölçümleri ve Somatotip Belirlenmesi

Araştırmamıza katılan tırmanıcıların ekstremit ve gövdelerinin çevre ve uzunluk ölçümleri *American Diagnostic* marka esnek olmayan hemşire mezurası (Şekil 3.5-2) kullanılarak, çap ölçümleri ise *CESCORA* marka antropometri seti (Şekil 3.5-3) kullanılarak yapılmıştır. Bu ölçümlerin tamamı tırmanıcılar ayakta ve anatomik pozisyonda sabit şekilde dururlarken alınmıştır. Yapılan bu ölçümlerde mezuranın “0” ucu sol elde diğer ucu ise sağ elde olmak üzere ölçüm yapılacak bölgeye sarılmış ve “0” noktası üzerine gelen rakam not edilmiştir. Ölçümler en az iki kere tekrar edilmiş, rakamlar arasında fark olmadığı durumlarda doğru kabul edilip kayda alınmıştır. Ölçüm değerlerinin birbirinden farklı olması durumunda üçüncü bir ölçüm yapılmış ve ortalama değere yakın olan veri kayda alınmıştır. Yapılan ölçümlerde mezura pozisyonu vücut bölümlerine dik konuma getirilmiş ve ölçüm yapılan dokunun sıkıştırılmamasına özen gösterilmiştir.



Şekil 3.5-2: American Diagnostic marka esnek olmayan hemşire mezurası



Şekil 3.5-3: CESCORF marka antropometri seti

a) Biseps Çevre: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, m. biseps kasının orta noktasına denk gelecek yerden yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

b) Biseps Fleksiyon Çevre: Bu ölçümde tırmanıcılardan omuz eklem 90 derece abduksiyonda ve dirsek eklemi fleksiyonda iken m.biseps kasını tam kasmaları istenmiştir. Ölçüm bu kasın en geniş kısmından alınmıştır (Lohman ve ark., 1988).

c) Önkol Çevre: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda sabitken, önkol proksimalde en geniş bölgeden yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

d) Uyluk Çevre: Tırmanıcılar anatomik duruştayken kasığa en yakın ve en geniş bölgeden alınan ölçümdür (Lohman ve ark., 1988).

e) Baldır Çevre: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, m.gastro kinemius kasının en geniş bölgesinden yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

f) Omuz Çapı: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, akromial çıkıntıların arasındaki mesafe ölçülerek yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

g) Pelvis Çapı: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, biiliak çıkıntıların arasındaki mesafe ölçülerek yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

h) Dirsek Çapı: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, humerus'un medial ve lateral çıkıntıların arasındaki mesafe ölçülerek yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

i) El Bileği Çapı: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, ulna'nın medial radial stiloidin lateral çıkıntısı arasındaki mesafe ölçülerek yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

j) Diz Çapı: Bu ölçüm, tırmanıcılar ayakları yere değmeyecek şekilde oturur pozisyonda iken, femoral kondilitlerin medial ve lateral çıkıntıları arasındaki mesafe ölçülerek yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

k) Ayak Bileği Çapı: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, ayak bileği bimalleolar çıkıntıları arasındaki mesafe ölçülerek yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

l) El Uzunluğu: Bu ölçüm, tırmanıcılar anatomik pozisyonda iken, radiusun stiloid çıkıntısı ile orta parmağın en uzun noktası arasındaki mesafe manuel kumpas kullanılarak yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

3.5.3. Deri Kıvrım Kalınlığı (Skinfold) Ölçümleri

Tırmanıcıların deri kıvrım kalınlığı ölçümleri için 1 milimetre kare (mm^2) alan üzerine 10 gram basınç uygulayan *NutriActiva* marka kaliper kullanılmıştır (Şekil 3.5.4). Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri, biceps, triseps, önkol, subskapular, abdominal, pektoral, suprailiak, uyluk ve baldır olmak üzere vücudun farklı bölgelerinden, antrenman ve/veya herhangi bir fiziksel aktivite yapılmadan önce gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yapılırken, yağ katmanının kastan ayrılması ve doğru ölçüm yapılabilmesi için sol elin baş ve işaret parmakları ile yağ katmanının kastan ayrılması sağlanmıştır. Kaliperin ağzı deri katmanını tutan sol el parmaklarının yaklaşık 1cm üzerine yerleştirilmiş ve deri katmanından doğru ölçümün yapılabilmesi için, değer okunmadan önce yaklaşık 2 saniye beklenmiştir. Sonrasında kaliperin kadranında okunan değer milimetre cinsinden antropometri formuna (EK-2) kaydedilmiştir.



Şekil 3.5-4: *NutriActiva* marka kaliper.

Ölçümler sonrasında kas (% kas) ve yağ oranları (% yağ) sırasıyla Matiegka Formülü (Eşitlik 3.5.3.1) ve Siri Formülü (Eşitlik 3.5.3.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Siri Formülünde kullanılmak üzere ihtiyaç duyulan vücut yoğunluğu verisi, Jackson-Pollock Formülü (Eşitlik 3.5.3.3) kullanılarak hesaplanmıştır.

Eşitlik 3.5.3.1 - Matieqka Formülü

$$\% \text{ Kas} = 0.65 * \text{Boy} * 100 * ((\text{biceps çevre} + \text{ön kol çevre} + \text{uyluk çevre} + \text{baldır çevre}) / 251,2 - (\text{biceps} + \text{ön kol} + \text{suprailiak} + \text{uyluk}) / 800)^2$$

Eşitlik 3.5.3.2 - Siri Formülü

$$\% \text{ Yağ} = (4.95 / VY - 4.50) * 100$$

Eşitlik 3.5.3.3 – Jackson-Pollock Vücut Yoğunluğu Formülü

- Vücut Yoğunluğu Erkek (VYE);

$$VYE = 1.112 - (0.00043499 * \text{deri kıvrım kalınlıkları toplamı}) + (0.00000055 * \text{deri kıvrım kalınlıkları toplamının karesi}) - (0.00028826 * \text{yaş})$$

a) Subskapular deri kıvrım kalınlığı: Tırmanıcı, ayakta ve kolları yana sarkıtılmış durumda iken, skapulanın inferiyor kıvrımının aşağı kısmından, vücuda diyagonal olarak 45 derecelik açı ile deri katlaması tutularak ölçüm yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

b) Triseps deri kıvrım kalınlığı: Tırmanıcı, ayakta, kolları yanlara sarkıtılmış durumda iken, sağ kolun m.triseps kasının orta hattında akromiyon ve olekranon arasındaki orta noktadan dikey düzlemde kas üzerindeki deri katlanması tutularak ölçüm yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

c) Biceps deri kıvrım kalınlığı: Tırmanıcı, ayakta, kolları yanlara sarkıtılmış durumda iken, sağ kolun m.biceps kasının ön orta hattında akromiyon ile antekübital fossa arasındaki orta noktadan dikey düzlemde kas üzerindeki deri katlanması tutularak ölçüm yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

d) Önkol deri kıvrım kalınlığı: Ön kolun en geniş olduğu alanın medial kısmında deri kıvrımı kalınlığı iki parmak arasında kavranıp kaliper uçları arasında sıkıştırılarak ölçüm yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

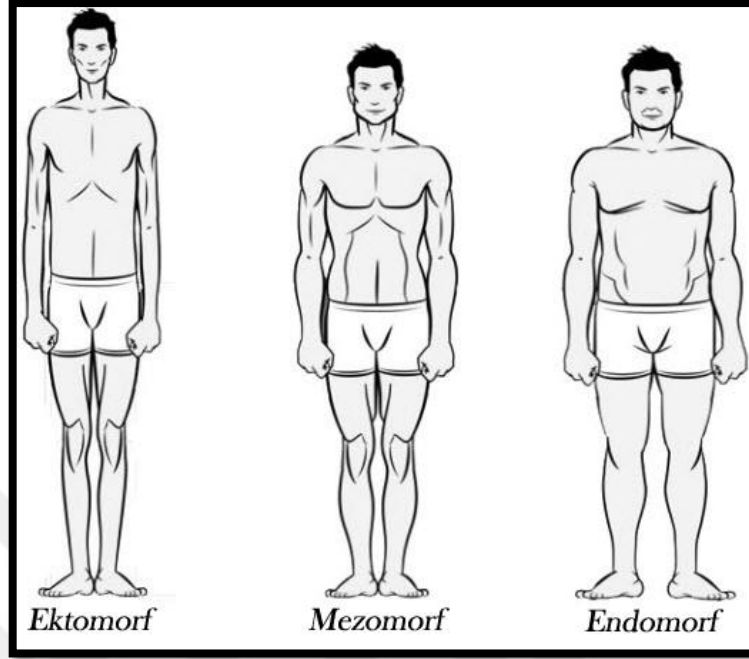
e) Abdominal deri kıvrım kalınlığı: Tırmanıcı, ayakta, kolları yanlara sarkıtılmış durumda iken, göbek deliğinin (umbilikus) yaklaşık 3cm lateral ve 1cm aşağı kısmından, kaliper dikey pozisyonda tutularak ölçüm yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

f) Pektoral deri kıvrım kalınlığı: Tırmanıcı, ayakta, kolları yanlara sarkıtılmış durumda iken, pektoralis major kasının omuz yuvarlağından ayrıldığı en belirgin yerinden yaklaşık 1cm aşağı kısmından ve yağlı doku ile kas dokusu ayrımı yapılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir (Lohman ve ark., 1988).

g) Suprailiak deri kıvrım kalınlığı: Tırmanıcı, ayakta, kolları yana sarkıtılmış durumda iken, midaksiller ekseninde iliak krest'in üstünde 45 derecelik açı ile deri katlanması tutularak ölçüm yapılmıştır (Lohman ve ark., 1988).

h) Uyluk deri kıvrım kalınlığı: Patella proksimal sınırı ile kasık arasındaki mesafenin orta noktası bulunup, dikey olarak bu deri kıvrımı tutulup kaliper uçları arasında sıkıştırılarak ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sırasında vücut ağırlığının diğer bacağına aktarılmasına dikkat edilmiştir (Lohman ve ark., 1988).

i) Baldır deri kıvrım kalınlığı: Sağ baldırın en geniş bölgesinin medialindeki kıvrım kalınlığı kaliper yere paralel olacak şekilde tutularak ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sırasında vücut ağırlığının diğer bacağına aktarılmasına ve diz ekleminin tam ekstansiyon halinde olmamasına dikkat edilmiştir (Lohman ve ark., 1988).



Şekil 3.5-5: Genel somatotip özellikler.

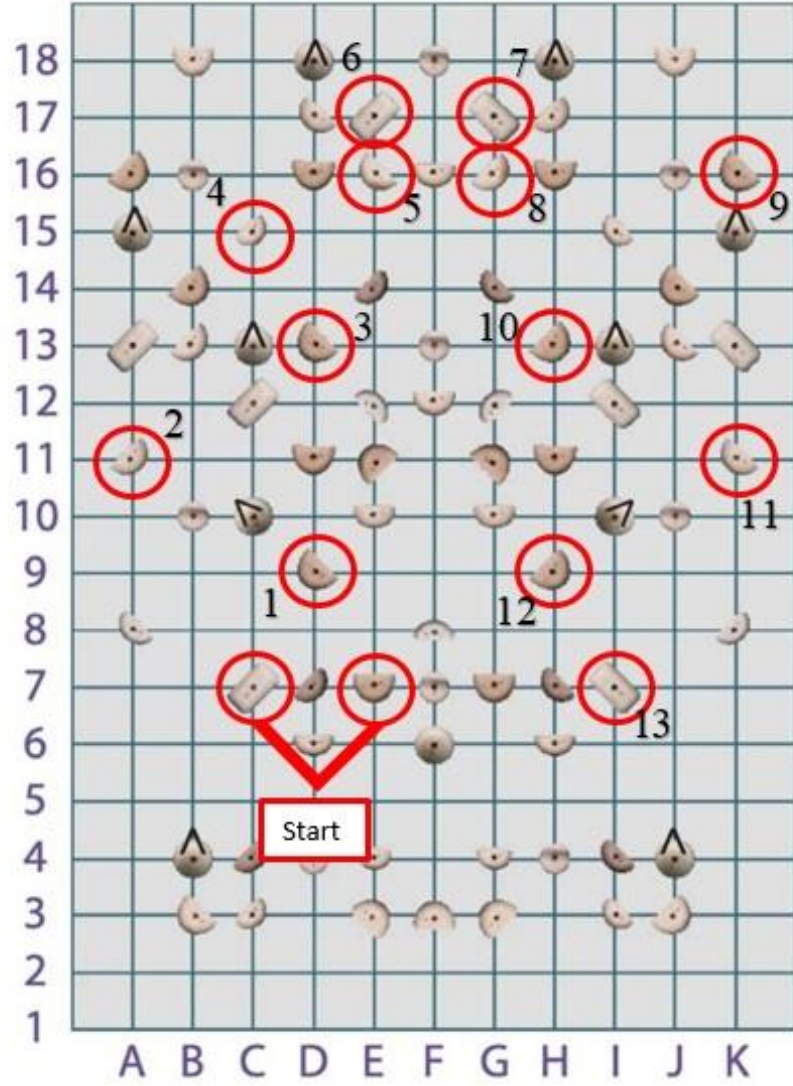
3.5.4. Tırmanış Test Protokolü

Gönüllüler Tırmanış Test Protokolü (TTP) öncesinde 20 dakikalık ısınma protokolü uygulamışlardır. Isınma sırasında tırmanıcılar; hafif koşu, açma-germe ve esnetmelerden oluşan 10 dakikalık genel ısınma evresi ve 10 dakikalık, tırmanıcıların kendi rutinlerinde olan, genel olarak çok düşük şiddette, kolay ve orta seviyede tırmanış rotalarında gerçekleştirilmiştir.

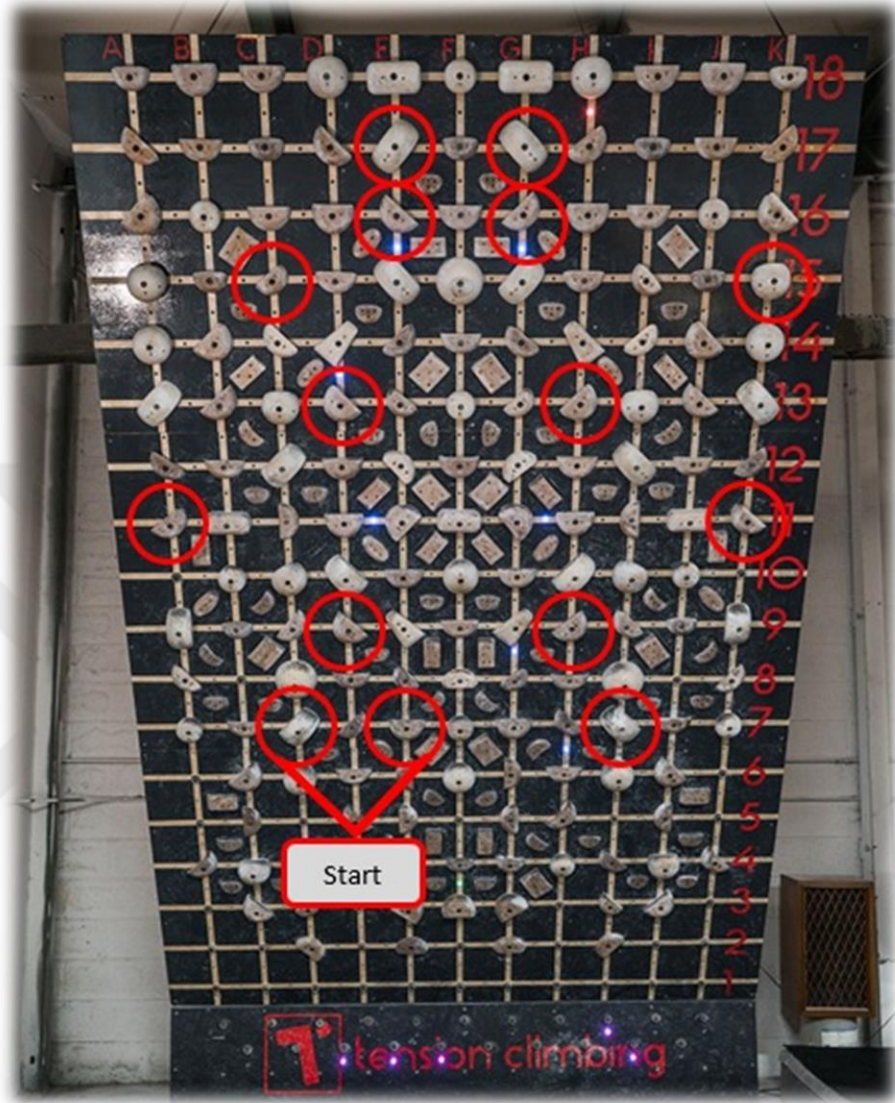
Isınma sonrasında uygulanan TTP; uluslararası standartlara sahip TensionBoard tırmanış duvarı üzerinde hazırlanmış olan 6a (IRCRA 15) zorluğundaki rotanın 1 dakika tırmanış ve 1 dakika dinlenme şeklinde, maksimum 15 set tırmanış ve/veya yorgunluk oluşup, tırmanıcının rotayı tırmanamayacak hale gelene kadar tırmanması olarak belirlenmiştir. Tasarlanan rotanın TensionBoard firmasına ait uygulama üzerindeki görüntüsü Şekil 3.5-6'da ve gerçek duvar üzerindeki görüntüsü ise Şekil 3.5-7'de gösterilmiştir. Her 1 dakikalık tırmanış turunda tırmanıcının yaptığı hamle sayısı, algılanan zorluk derecesi ve kalp atım hızı performans tanımlama formuna kaydedilmiştir (EK-1). Tırmanıcı, 15 setlik

tırmanışı tamamladığında, yorgunluk nedeniyle düştüğünde ve/veya tırmanışı daha fazla sürdüremeyeceğini ifade ettiğinde TTP tamamlanmış olarak kabul edilmiştir.

Şekil 3.5-6 ve Şekil 3.5-7’de görüldüğü üzere tırmanış rotası toplamda 15 el tutamağından oluşmaktadır. Tırmanıcılar ayak basamaklarını kendi isteklerine göre kullanmışlardır. Uluslararası kurallar gereğince başlangıç tutamakları bant ile işaretlenmiştir. Tırmanıcılar tırmanışa başlarken her iki el ile başlangıç tutamaklarını tutmuş ve ayaklarını yerden kaldırdıkları anda TTP için tanımlanan 1 dakikalık tırmanış süresi başlatılmıştır. Tırmanış rotasında her iki el başlangıç tutamaklarına konumlandırıldıktan sonraki ilk hamle sağ el ile yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Hazırlanan tırmanış rotası sağ ve sol el sıralamasının dışında tırmanışa uygun olmayacak şekilde tasarlanmış olmasına rağmen tırmanıcılara tutamakları hangi elleri ile tutmaları konusunda baskı uygulanmamıştır. Tırmanış süresi boyunca aktif şekilde tırmanmaları sağlanmış ve herhangi bir tutamakta durup dinlenmelerini izin verilmemiştir. Ancak, tırmanış sporunun gerekliliklerinden bir tanesi olan magnezyum tozu kullanımı için, tırmanışı durdurmadan, her seferinde bir el ile olacak şekilde, aktif tırmanış boyunca toz kullanımlarını izin verilmiştir.



Şekil 3.5-6: *TensionBoard* tırmanış duvarında çalışmamızda kullandığımız Tırmanış Test Protokolünü oluşturan tutamakların firmanın telefon uygulaması(*TensionBoardAPP*) üzerinde gösterilmesi. Tutamaklar işaretlerle ve hamle sayısı numaralarla gösterilmiştir. Buna göre iki el ile tutulan başlangıç tutamaklarından sonraki ilk tutamak sağ el, ikinci tutamak sol el ile tutulmak üzere sırasıyla devam etmektedir.



Şekil 3.5-7 TensionBoard tırmanış duvarında çalışmamızda kullandığımız Tırmanış Test Protokolünü oluşturan tutamakların gerçek duvarda görüntüsü.

3.5.5. Kalp Atım Hızı

Tırmanıcıların kalp atım hızı (KAH) TTP boyunca, tırmanış süresi olan 1 dakikalık sürenin hemen başında ve sonunda *POLAR* marka göğüs bandı kullanılarak ölçülüp kaydedilmiştir.

3.5.6. Algılanan Zorluk Derecesi:

Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) bir kişinin egzersiz süresi boyunca hissettiği zorluğu tanımlamada kullanılan, psikofizyolojik stresin sübjektif olarak tanımlanmasında kullanılan temel ölçeklerden bir tanesidir (Pind ve Mäestu, 2017). Bu ölçek, egzersiz anında kişinin ne kadar zorlandığını tanımlamada geçerli olduğu gibi egzersiz sırasında ve sonrasında egzersizin şiddetinin izlenmesinde, yeniden organize edilmesinde geçerliliği ile de bilinmektedir (Eston, 2012). Yetişkinlerde AZD'nin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında 6-20 ölçekli Borg Skalası gelmektedir (Borg, 1998).

Çalışmamıza katılan tırmanıcıların AZD'nin belirlenmesinde de 6-20 ölçekli Borg Skalası kullanılmıştır. Bu skalaya göre algılanan zorluk seviyeleri (6)-hiçbir zorluk hissetmiyorum, (7-8) oldukça hafif, (9-10) çok hafif, (11-12) hafif, (13-14) biraz zor, (15-16) zorlanıyorum, (17-18) oldukça zor, (19) çok çok zor, (20) tükenecek kadar zorlanıyorum şeklinde tanımlanmıştır. Tırmanıcılara uygulanan olan TTP boyunca, tırmanış süresi olan 1 dakikalık sürenin hemen ardından hissettikleri zorluk seviyesi not edilmiştir.

3.5.7. Branşa Özgü Asılı Kalma Testi:

Tırmanış literatüründe asılı kalma (*deadhang*) olarak geçen ve hem performans testleri hem de antrenman yöntemleri arasında önemli yer alan bu test, tırmanıcılara *BeastMaker* marka 20mm derinliğe sahip kampüs çitasında uygulanmıştır (*Şekil 3.5-8*). Test sırasında tırmanıcıların literatürde belirtildiği gibi 'açık tutuş' yapmaları istenmiştir (Baláš ve ark., 2012; Baláš ve ark., 2014). *BeastMaker* kampüs çitası uluslararası standartlara sahip ve dünyanın neredeyse tüm tırmanış salonlarında karşılaşılan bir antrenman aracıdır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada kullanılması çalışmanın dünyanın herhangi bir yerinde tekrarını da uygun kılmaktadır.

Tırmanıcılar 6,7 kg (15 lbs), 11,3 kg (25 lbs) ve 18,1 kg (40 lbs) ek ağırlıklarla olmak üzere her ekstra ağırlık ile 3 asılma gerçekleştirmişlerdir. Tırmanıcıların kolları yaklaşık 180 derecelik açı ile açık olacak şekilde asılı kalmaları talimatı verilmiştir. Bu pozisyonda

mümkün olduğunca uzun süre asılı kalmaları istenmiştir. Ayakların yer ile teması kesildiğinde süre başlatılmış ve eller kampüs çitasından ayrıldığı anda da süre durdurularak test sonlandırılmıştır. Denemeler arası 3 dakika dinlenme süresi verilmiştir. Tırmanıcılara maksimum 3 deneme hakkı verilmiş ve her tutuşta yaptıkları en iyi derece (en uzun asılma süresi) kaydedilerek ölçüm sonucu olarak kullanılmıştır. Süre CASIO marka süreölçer ile kaydedilmiştir.



Şekil 3.5-8: *BeastMaker* marka 20mm kampüs çitası.



Şekil 3.5-9: *BeastMaker* 20mm kampüs çitası ile yapılan asılı kalma test anından bir görüntü.



Şekil 3.5-10: BeastMaker 20mm kampüs çıtası ile yapılan asılı kalma test anından bir görüntü.

3.5.8. Bir dakika maksimum mekik testi

Bu test tırmanıcının abdominal kaslarının dayanıklılığını ve kasılma hızını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Tırmanıcı yere sabitlenmiş bir minder üzerinde elleri ensede veya göğsünde sabitlenmiş bir şekilde, diz eklemleri yaklaşık 90 derece fleksiyon halinde, ayak tabanlarının tamamı zemine temas edecek şekilde konumlandırılmıştır. Hareket mekaniğinin korunması ve ayakların zemin ile temasının korunması için ayaklardan destek sağlanmıştır. Tırmanıcıdan 1 dakikada doğru teknikle yapabildiği maksimum mekik sayısına ulaşması istenmiştir. Bu zaman aralığında ilk 30 saniye boyunca çektiği mekik sayısı da ayrıca kayıt altına alınmıştır. Test, tırmanıcı sırt

üstü yatar pozisyonda ve harekete hazır olduğunu bildirdiğinde, sözlü uyarı ile başlatılmıştır. Süre *CASIO* marka süreölçer ile belirlenmiştir.

3.5.9. Bir dakika maksimum sınav testi

Bu test ile tırmanıcının üst ekstremita kas kuvveti, dayanıklılığı temel anlamda değerlendirilmek istenmiştir. Tırmanıcıdan, temel sınav pozisyonunda 1 dakikada ulaşabileceği maksimum sınav sayısına ulaşması istenmiştir. Bu zaman aralığında ilk 30 saniye boyunca çektiği sınav sayısı da ayrıca kayıt altına alınmıştır. Test, tırmanıcı temel sınav pozisyonu aldığı anda ve harekete hazır olduğunu bildirdiğinde sözlü uyarı ile başlatılmıştır (Baumgartner ve ark., 2002). Süre *CASIO* marka süreölçer ile belirlenmiştir.

3.6. İstatistiksel Analiz

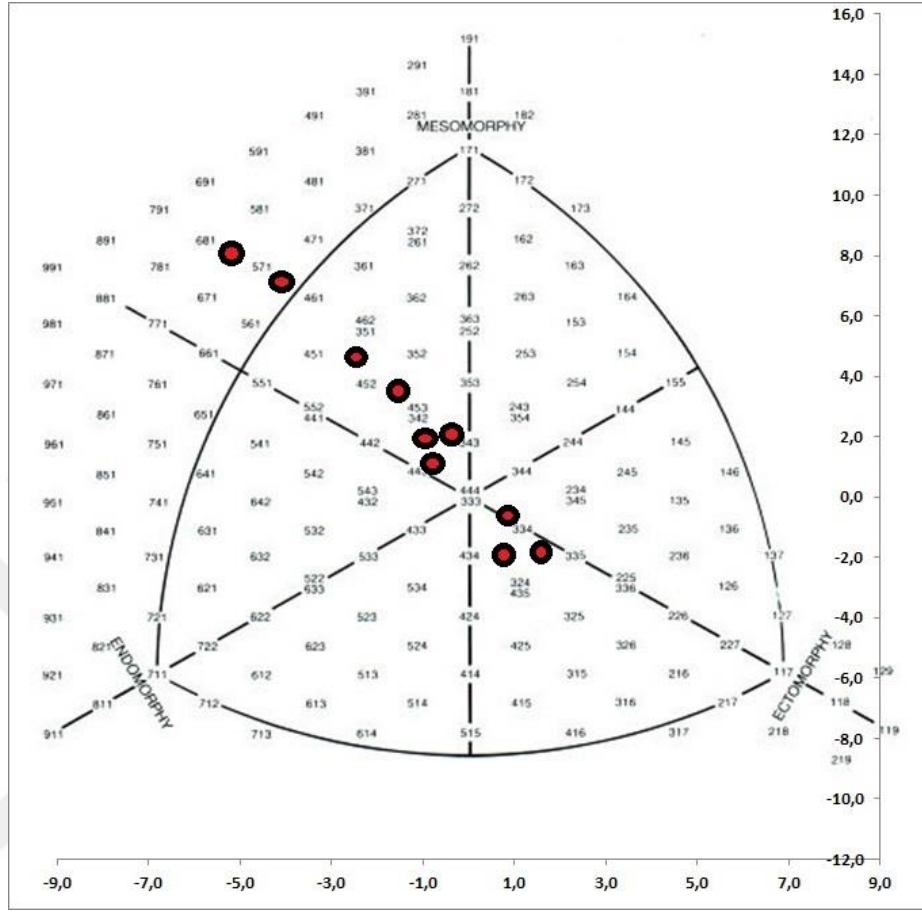
Araştırma sonucunda farklı yöntemlerle toparlanma sonrasında elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığı tespit etmek üzere; basıklık ve çarpıklık değerleri (Tabachnick ve Fidell, 2013), histogram, normal Q-Q ve kutu grafiklerinin görsel değerlendirmesi ve Shapiro-Wilk testi (Shapiro ve Wilk, 1965) sonuçları dikkate alınmıştır. 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. Toparlanma yöntemlerinin etki düzeylerini tespit etmek için regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. 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

Çalışmamıza 30 – 36 yaş aralığında, boyları 1.78 ± 0.06 m, vücut ağırlıkları 74.29 ± 4.97 kg olan 10 erkek tırmanıcı gönüllü olarak katılmıştır. Tırmanıcılara ait tanımlayıcı ve somatotipik bilgiler *Tablo 4.1*'de ve sunulmuştur.

Tablo 4.1 Tırmanıcılara ait tanımlayıcı ve somatotipik özellikler.

Haftalık Antrenman Sıklığı (birim/hafta)	3.70 ± 0.48
Haftalık Antrenman Hacmi (saat/birim)	3.20 ± 0.42
OS tırmanış becerisi*	6b+ - 7a+ (IRCRA: 14 - 18)
RP tırmanış becerisi**	7b+ - 8a+ (IRCRA: 20 - 24)
BKİ (kg/m ²)	23.51 ± 1.54
Yağ Oranı (%)	10.11 ± 2.86
Kas Oranı (%)	42.91 ± 3.01
Yağsız Vücut Ağırlığı (kg)	66.70 ± 3.33
Ektomorf	2.40 ± 0.84
Endomorf	2.32 ± 0.59
Mezomorf	3.48 ± 1.66
Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuştur. *: OS: İlk denemede yapılan başarılı tırmanış becerisi. **: RP: Birden fazla deneme yaptıktan sonraki başarılı tırmanış becerisi. IRCRA: Uluslararası Kaya Tırmanış Araştırmaları Derneği	

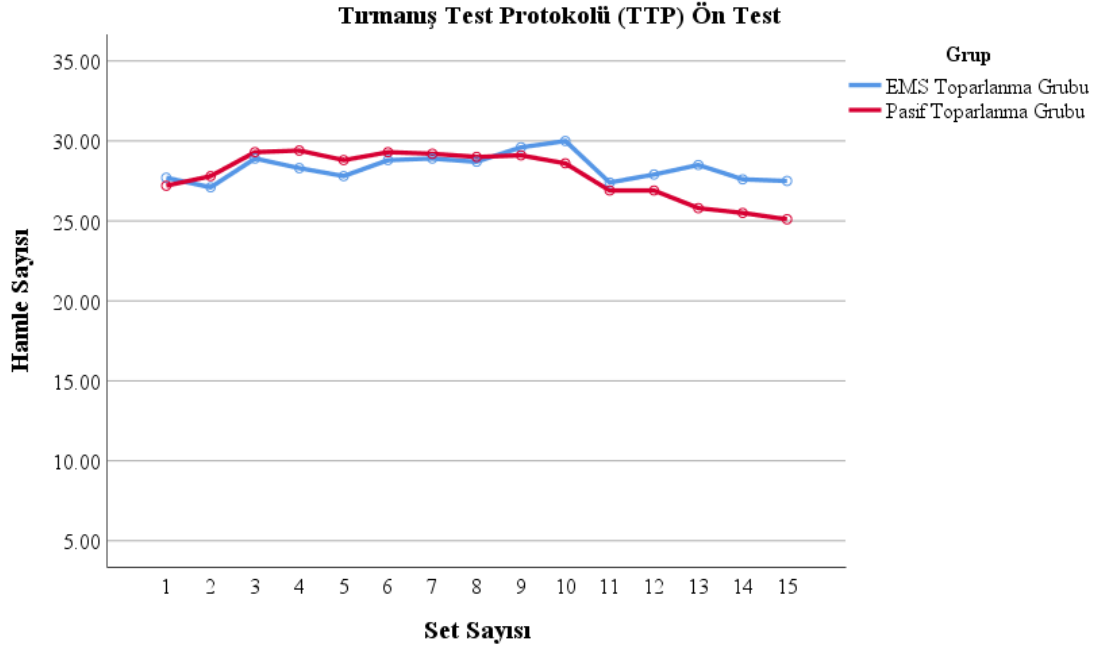


Şekil 4.1: Tırmanıcıların somatotipik özelliklerinin somatotip harita üzerinde gösterilmesi.

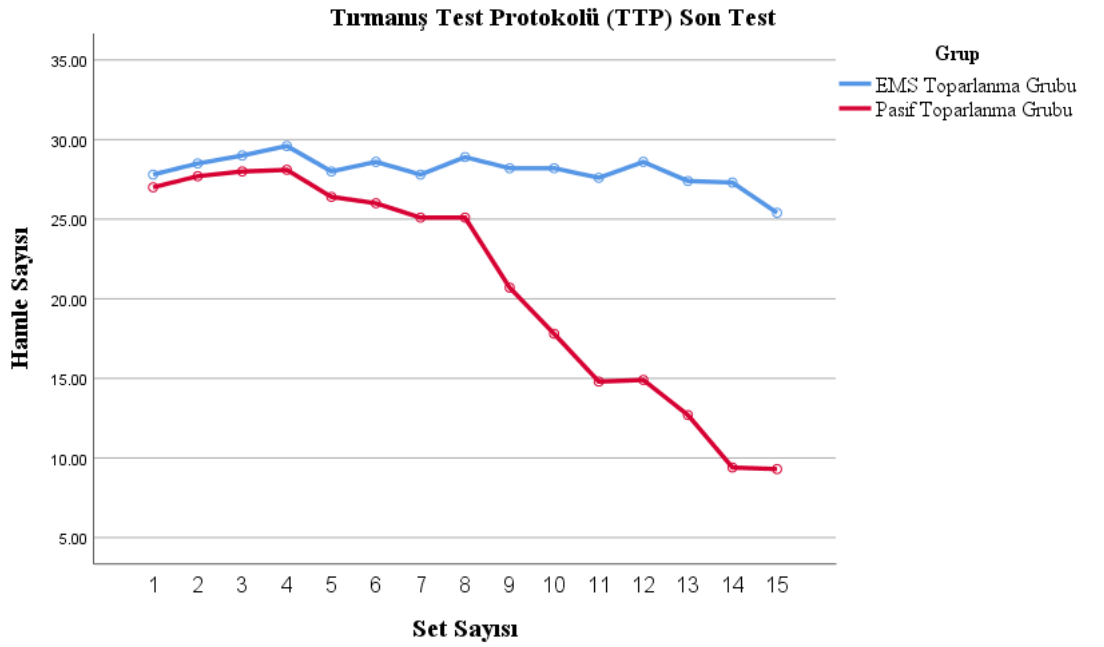
Tırmanıcıların tırmanış test protokolü sırasında ölçülen toplam hamle sayıları, kalp atım hızı ve algılanan zorluk derecesi verileri *Tablo 4.2’de* sunulmuştur. Yapılan analiz sonuçları, toplam hamle sayısına ait verilerin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar sergilediğini göstermektedir ($p<0.01$). Ayrıca toplam hamle sayısına ait verilerin pasif toparlanma grubu içinde anlamlı farklar taşıdığı da görülmüştür ($p<0.01$). Tırmanıcıların kalp atım hızlarına ait verilerde grup içi veya gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Algılanan zorluk derecesine ait veriler incelendiğinde ise, gruplar arasında oluşan farkın $p<0.05$ seviyesinde olduğu, pasif toparlanma grup içi oluşan farkın ise $p<0.01$ seviyesinde olduğu görülmüştür.

Tablo 4. 2 Tırmanıcıların Toplam Hamle Sayısı, Kalp Atım Hızı ve Algılanan Zorluk Dereceleri (BORG) değerleri.

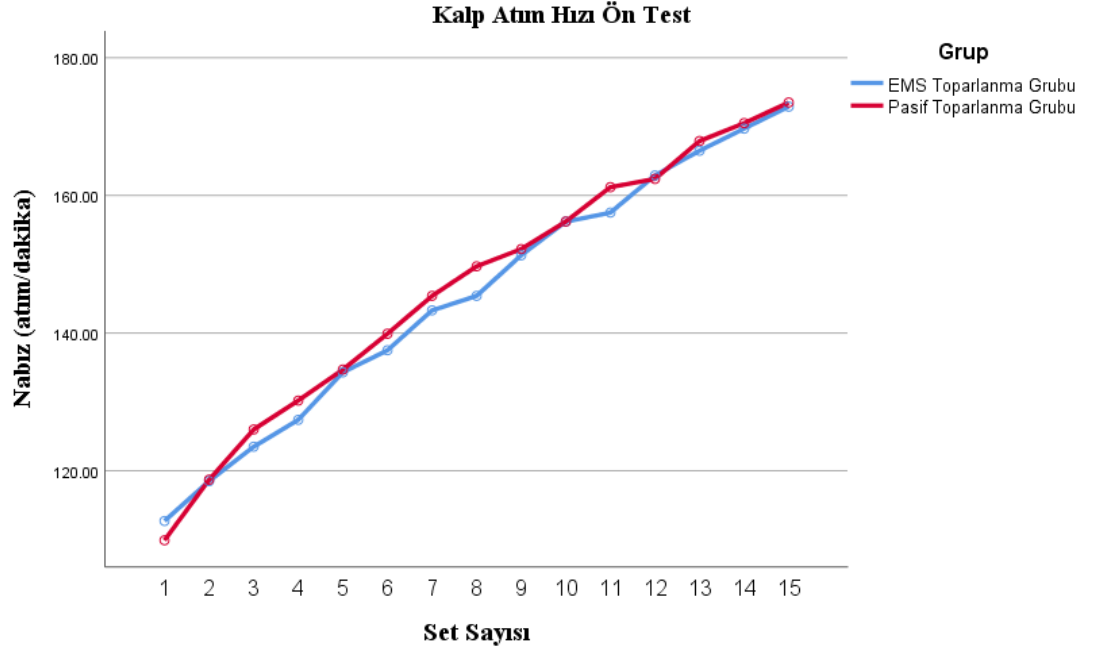
		EMS Toparlanma	Pasif Toparlanma	Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA		
				F	p	η^2
Toplam Hamle	Ön Test (n=10)	424.70 ± 52.3 (387;462)	417.91 ± 71.83 (366;469)	7.139	0.001	0.289
	Son Test (n=10)	420.90 ± 64.29 (375;467)	313.00 ± 91.61** (247;378)			
Kalp Atım Hızı	Ön Test (n=10)	145.31 ± 7.17 (140;151)	146.29 ± 10.78 (138;154)	1.223	0.305	0.064
	Ön Test (n=10)	153,09 ± 7,88 (147;159)	152,23 ± 7,63 (146;158)			
Algılanan Zorluk Derecesi	Ön Test (n=10)	10.83 ± 1.36 (10;12)	11.70 ± 1.71 (10;13)	3.505	0.023	0.163
	Son Test (n=10)	13.83 ± 2.53 (12;16)	14.71 ± 1.52** (14;16)			
Tablodaki veriler; ortalama ± standart sapma (Ort ± SS) ve %95 güven aralığı (5%;95% CI) olarak sunulmuştur. *grup içi anlamlılık düzeyi, p<0.05;** grup içi anlamlılık düzeyi, p<0.01; η^2 : kısmi eta kare (etki büyüklüğü).						



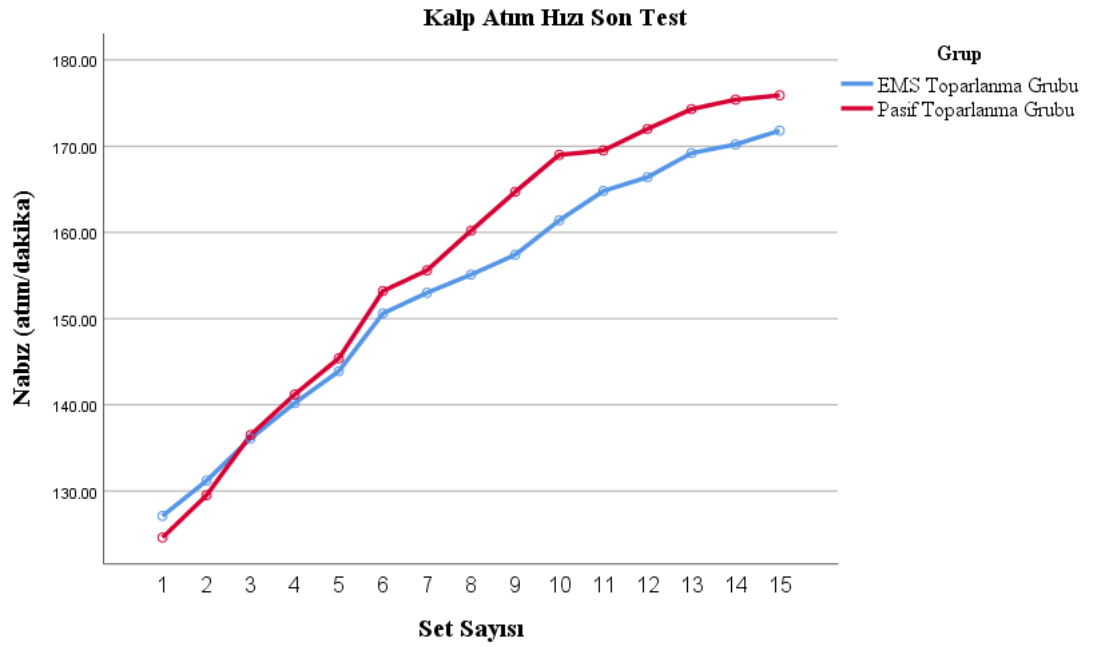
Şekil 4.2 Tırmanış test protokolü (TTP), her iki toparlanma protokolü için Toplam Hamle Sayılarının ön test sonuçlarının gösterilmesi.



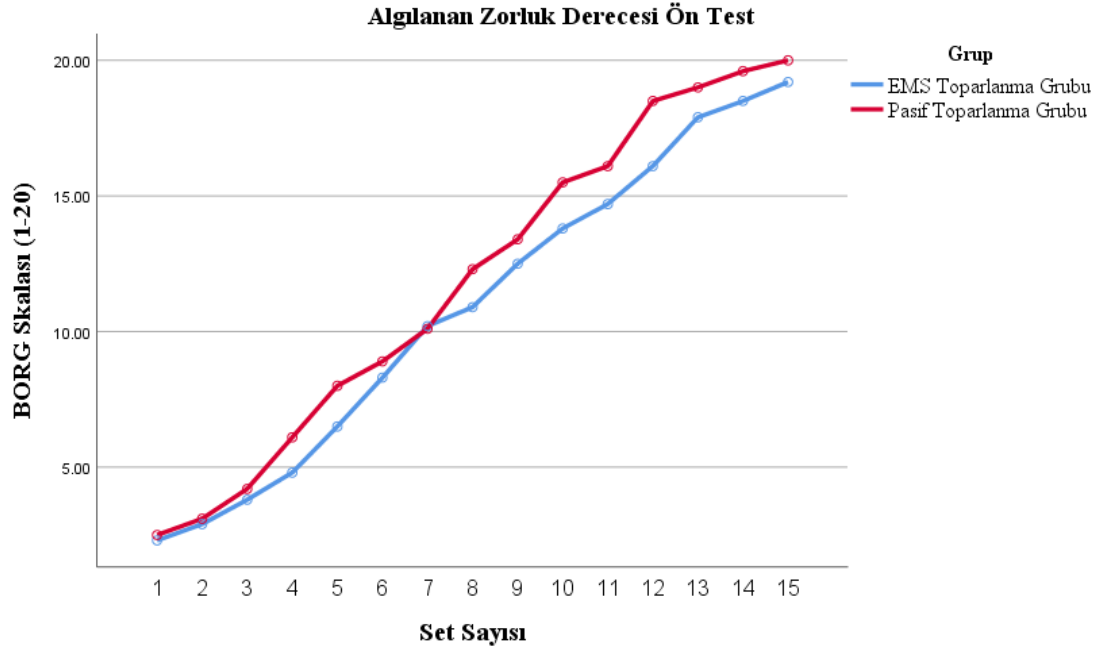
Şekil 4.3 Tırmanış test protokolü (TTP), her iki toparlanma protokolü için Toplam Hamle Sayılarının son test sonuçlarının gösterilmesi.



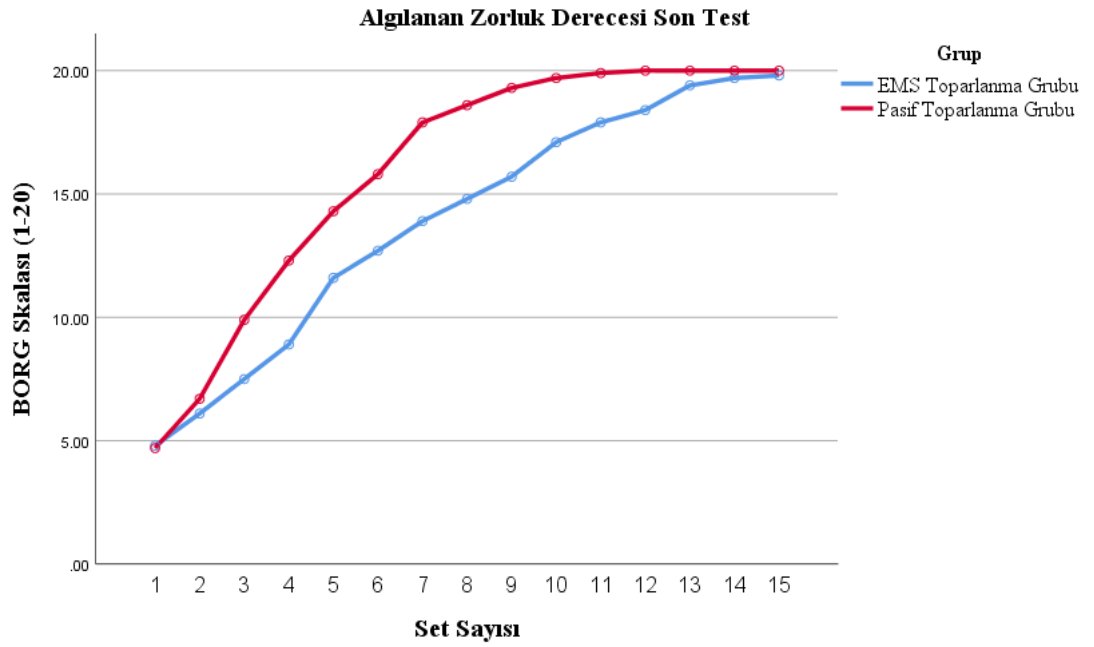
Şekil 4.4 Tırmanış test protokolü (TTP), her iki toparlanma protokolü için Kalp Atım Hızı ön test sonuçlarının gösterilmesi.



Şekil 4.5 Tırmanış test protokolü (TTP) her iki toparlanma protokolü için Kalp Atım Hızı ön test sonuçlarının gösterilmesi.



Şekil 4.6 Tırmanış test protokolü (TTP) her iki toparlanma protokolü için Algılanan Zorluk Derecesi ön test sonuçlarının gösterilmesi.



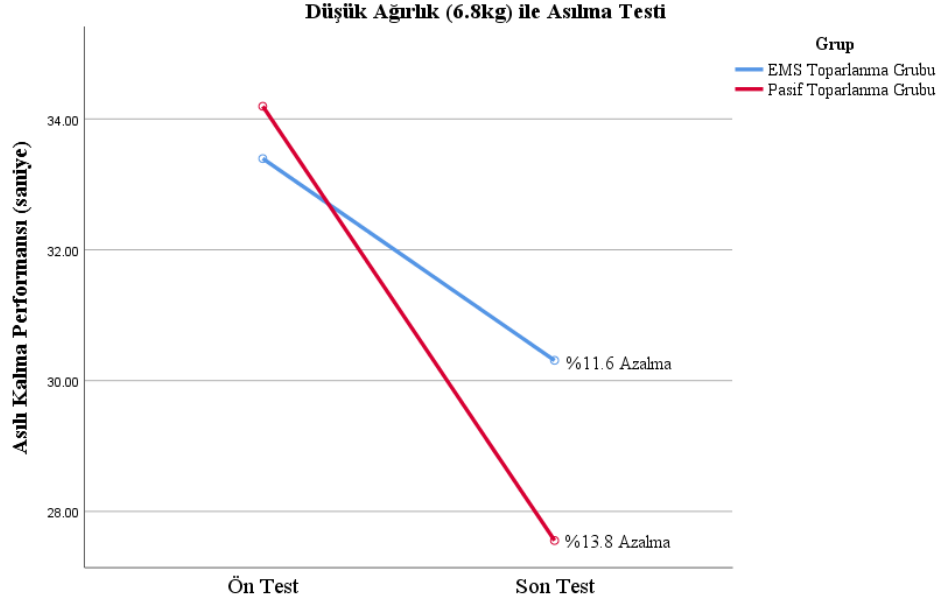
Şekil 4.7 Tırmanış test protokolü (TTP) her iki toparlanma protokolü için Algılanan Zorluk Derecesi ön test sonuçlarının gösterilmesi.

Tırmanıcıların EMS ile dinlenme öncesi ve sonrası ölçülen asılı kalma test değerleri *Tablo 4.3'te* sunulmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda her üç ağırlıkla yapılan asılma test sonuçlarının gruplar arasında anlamlı farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir ($p<0.01$). EMS ile toparlanma protokolü asılı kalma ön test ve son test değerleri arasında herhangi bir fark olmadığı görülmüşken, pasif toparlanma protokolü ön test ve son test değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu da görülmüştür ($p<0.01$).

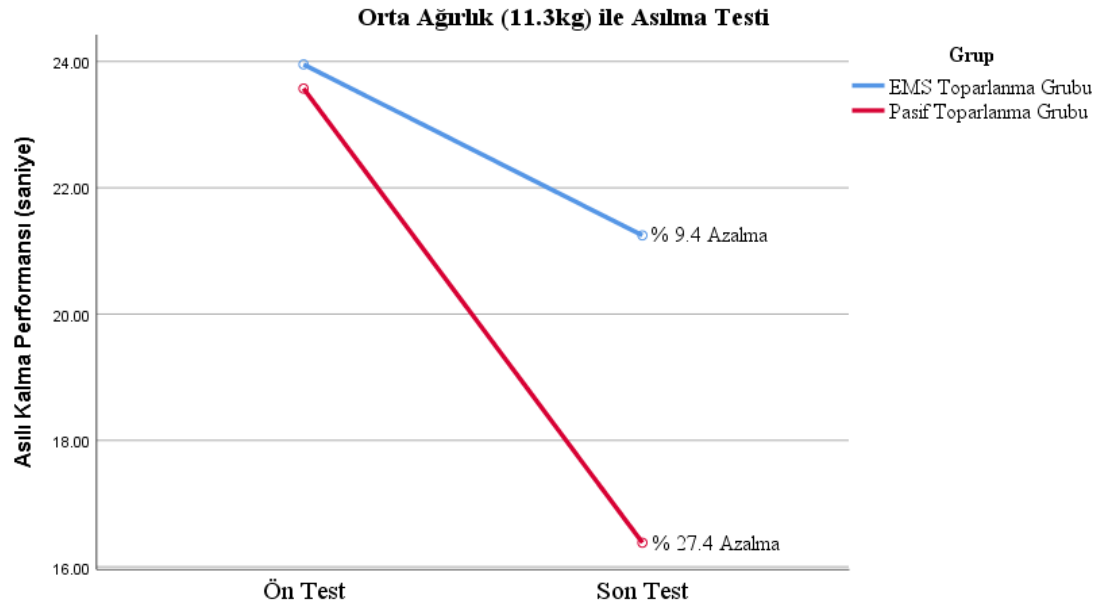
Tablo 4.3 Tırmanıcıların her iki dinlenme protokolü öncesi ve sonrası asılı kalma test sonuçları.

		EMS Toparlanma	Pasif Toparlanma	Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA		
				F	p	η^2
6,7 kg (15lbs)	Ön Test (n=10)	33.39 $\pm$ 6.38 (29;38)	34.19 $\pm$ 8.13 (28;40)	10.734	0.004	0.374
	Son Test (n=10)	30.31 $\pm$ 6.99 (25;35)	27.56 $\pm$ 7.10** (22;33)			
11,3 kg (25lbs)	Ön Test (n=10)	23.95 $\pm$ 5.66 (20;28)	23.57 $\pm$ 5.47 (20;27)	20.443	0.0002	0.532
	Son Test (n=10)	21.25 $\pm$ 5.23 (18;25)	16.38 $\pm$ 3.81** (14;19)			
18,1 kg (40lbs)	Ön Test (n=10)	15.55 $\pm$ 2.95 (13;18)	14.57 $\pm$ 2.74 (13;17)	8.122	0.011	0.311
	Son Test (n=10)	12.88 $\pm$ 2.78 (11;15)	9.15 $\pm$ 1.75** (8;10)			

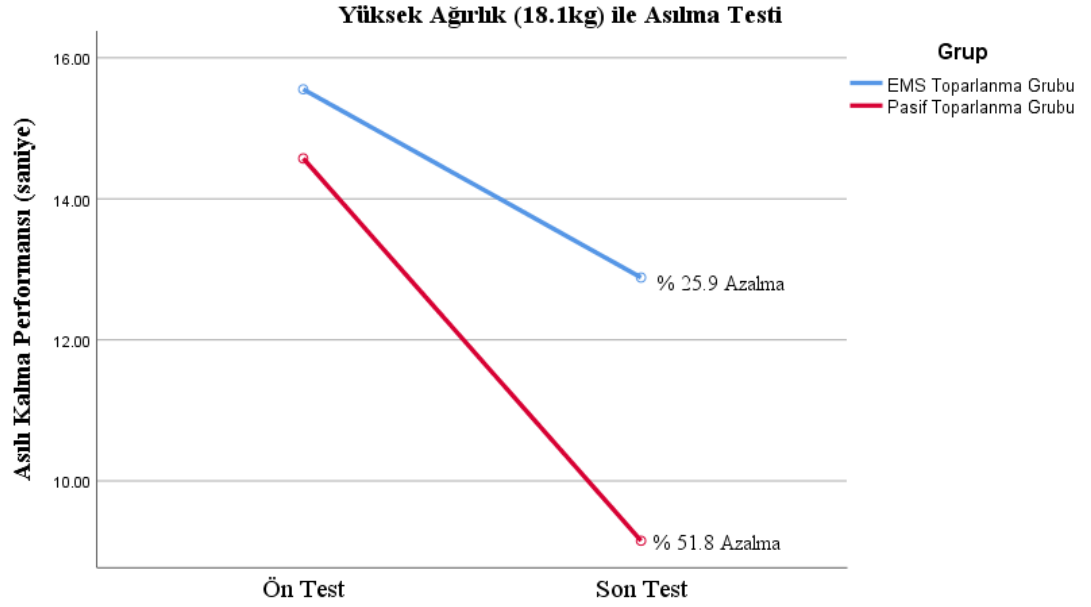
Tablodaki veriler; ortalama $\pm$ standart sapma (Ort $\pm$ SS) ve %95 güven aralığı (5%;95% CI) olarak sunulmuştur.
*: grup içi anlamlılık düzeyi, $p<0.05$; **: grup içi anlamlılık düzeyi, $p<0.01$; η^2 : kısmi eta kare (etki büyüklüğü).



Şekil 4.8 Düşük ağırlık (VA+6.8kg) ile asılı kalma test sonuçlarının ve ön test sonuçları ile son test sonuçları arasındaki azalmanın yüzdelerik olarak gösterilmesi.



Şekil 4.9 Orta ağırlık (VA+11.3kg) ile asılı kalma test sonuçlarının ve ön test sonuçları ile son test sonuçları arasındaki azalmanın yüzdelerik olarak gösterilmesi.



Şekil 4. 10 Yüksek ağırlık (VA+18.1kg) ile asılı kalma test sonuçlarının ve ön test sonuçları ile son test sonuçları arasındaki azalmanın yüzdeler olarak gösterilmesi.

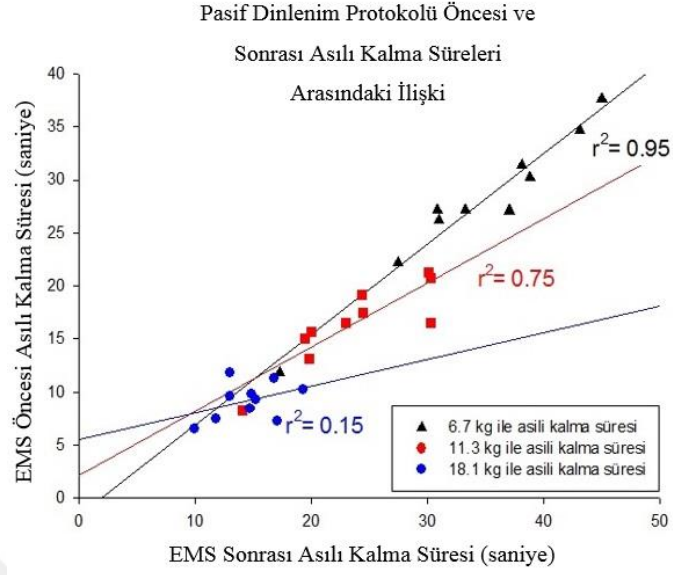
Tırmanıcıların her iki toparlanma protokolü öncesi ve sonrası ölçülen mekik ve şınav test değerleri *Tablo 4.4*'de sunulmuştur. Tırmanıcıların ön test ve son test mekik değerleri incelendiğinde gruplar arası anlamlı bir fark olmadığı görülmüşken, her iki toparlanma protokolü için son test mekik sayılarında anlamlı azalma olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda tırmanıcılara ait şınav test verilerinin gruplar arasında anlamlı farklılık taşıdığı görülmüştür ($p<0.01$). Ayrıca, pasif dinlenme protokolü şınav son test ile ön test sonuçları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu da görülmüştür ($p<0.01$).

Tablo 4.4 Tırmanıcıların her iki toparlanma protokolü öncesi ve sonrası mekik ve sınav verileri.

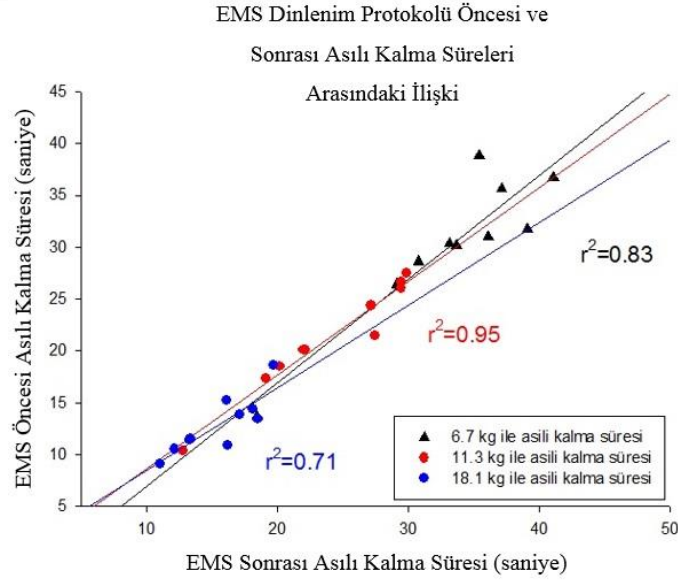
		EMS Toparlanma	Pasif Toparlanma	Tekrarlayan Ölçümlerde ANOVA		
				F	p	η^2
Mekik₃₀ (adet)	Ön Test (n=10)	27.70 ± 3.74 (25;30)	25.30 ± 2.06 (24;27)	1.991	0.175	0.100
	Son Test (n=10)	26.90 ± 3.84* (24;30)	23.50 ± 1.27* (23;24)			
Mekik₆₀ (adet)	Ön Test (n=10)	45.10 ± 8.23 (39;51)	45.00 ± 6.38 (40;49)	3.042	0.098	0.145
	Son Test (n=10)	42.30 ± 7.96* (37;49)	40.80 ± 5.77* (37;45)			
Şınav₃₀ (adet)	Ön Test (n=10)	26.40 ± 3.34 (24;29)	27.90 ± 6.08 (24;32)	12.031	0.003	0.401
	Son Test (n=10)	24.90 ± 3.57 (40;46)	23.20 ± 4.24** (20;26)			
Şınav₆₀ (adet)	Ön Test (n=10)	42.90 ± 4.15 (40;46)	46.00 ± 6.94 (41;51)	9.919	0.006	0.355
	Son Test (n=10)	40.45 ± 2.80 (38;45)	37.90 ± 4.91** (34;41)			

Tablodaki veriler; ortalama ± standart sapma (Ort ± SS) ve %95 güven aralığı (5%;95% CI) olarak sunulmuştur. Mekik₃₀= 30 saniye mekik testi değerleri; Mekik₆₀= 60 saniye mekik testi değerleri; Şınav₃₀= 30 saniye şınav testi değerleri; Şınav₆₀= 60 saniye şınav testi değerleri; *grup içi anlamlılık düzeyi, p<0.05; **grup içi anlamlılık düzeyi, p<0.01; η^2 : kısmi eta kare (etki büyüklüğü).

Tırmanıcıların toparlanma protokolleri öncesi ve sonrasında ölçülen asılı kalma test sonuçları arasındaki ilişki *Şekil 4.11* ve *Şekil 4.12*'de gösterilmiştir. Buna göre EMS ile toparlanma protokolü öncesi ve sonrası asılı kalma verileri arasında 6.7 kg ile $r^2=0.83$, 11.3 kg ile $r^2=0.95$ ve 11.8 kg ile $r^2=0.71$ oranında pozitif korelasyon bulunmuştur. Ayrıca pasif toparlanma öncesi ve sonrası asılı kalma verileri arasında 6.7 kg ile $r^2=0.95$, 11.3 kg ile $r^2=0.75$ ve 11.8 kg ile $r^2=0.15$ oranında korelasyonlar gözlemlenmiştir.



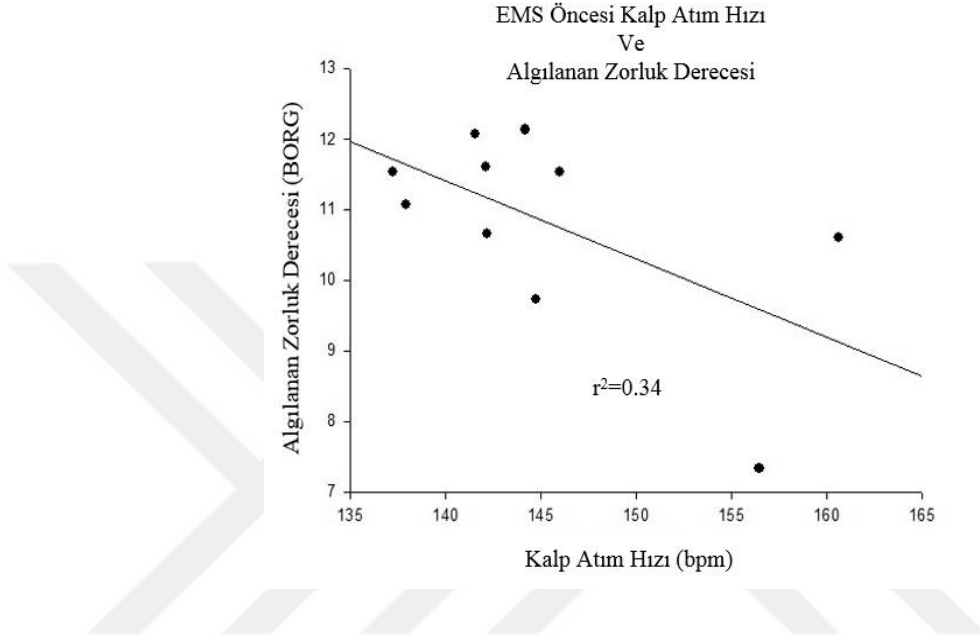
Şekil 4.11 Tırmanıcıların pasif toparlanma protokolü öncesi ve sonrası ölçülen asılı kalma süreleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi.



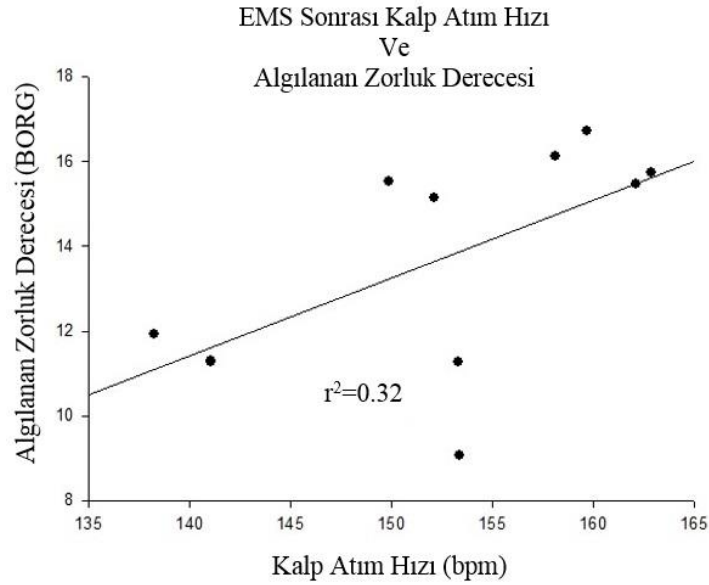
Şekil 4.12 Tırmanıcıların EMS ile toparlanma protokolü öncesi ve sonrası ölçülen asılı kalma süreleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi.

Regresyon analiz sonuçlarına göre KAH ile AZD arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Regresyon analiz sonuçlarının; EMS dinlenme protokolü öncesi KAH ile AZD arasında $r^2=0,34$ (Şekil 4.13) ve EMS protokolü sonrası KAH ile AZD arasında

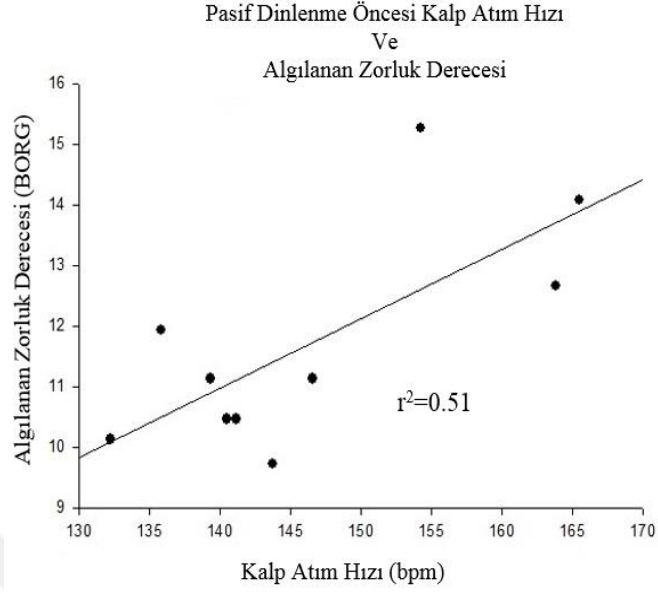
$r^2=0,32$ (Şekil 4.14) ve Pasif dinlenme protokolü öncesi KAH ile AZD arasında $r^2=0,51$ (Şekil 4.15) ve Pasif dinlenme protokolü sonrası KAH ile AZD arasında $r^2=0,12$ (Şekil 4.16) şeklinde olduğu görülmüştür.



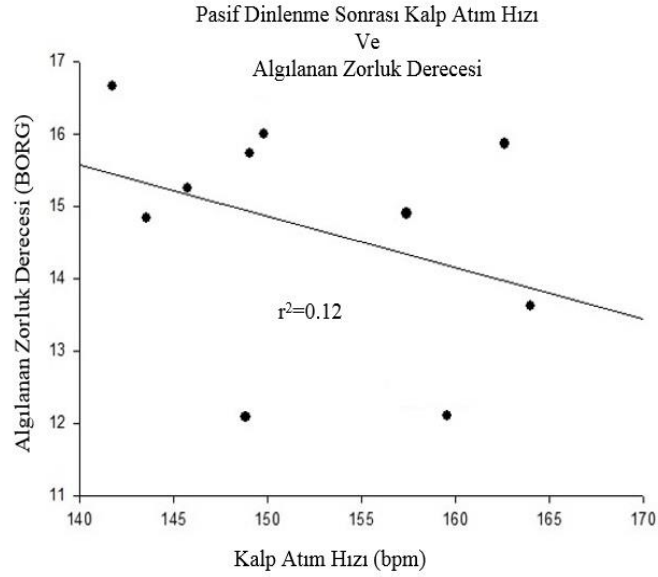
Şekil 4.13 EMS ile dinlenme protokolü öncesi ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.34$)



Şekil 4.14 EMS ile dinlenme protokolü sonrası ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.32$)

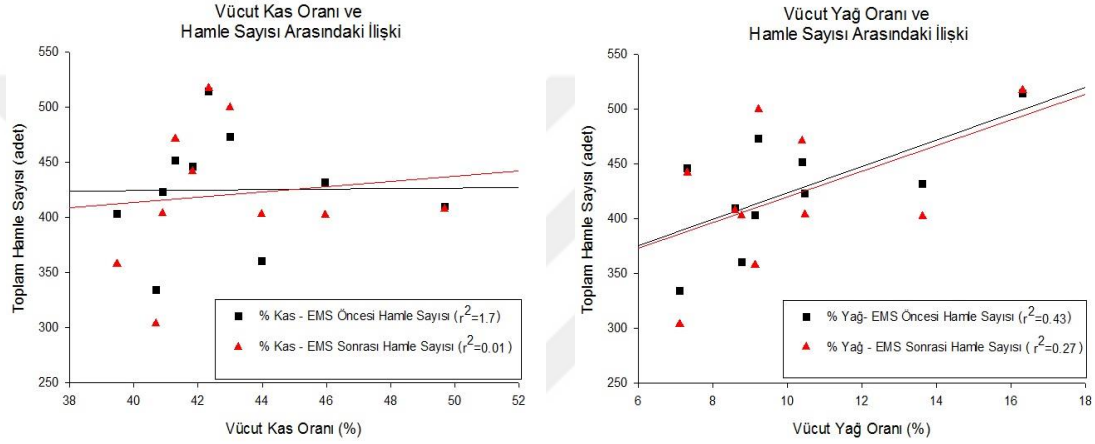


Şekil 4.15 Pasif dinlenme öncesi ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.51$)



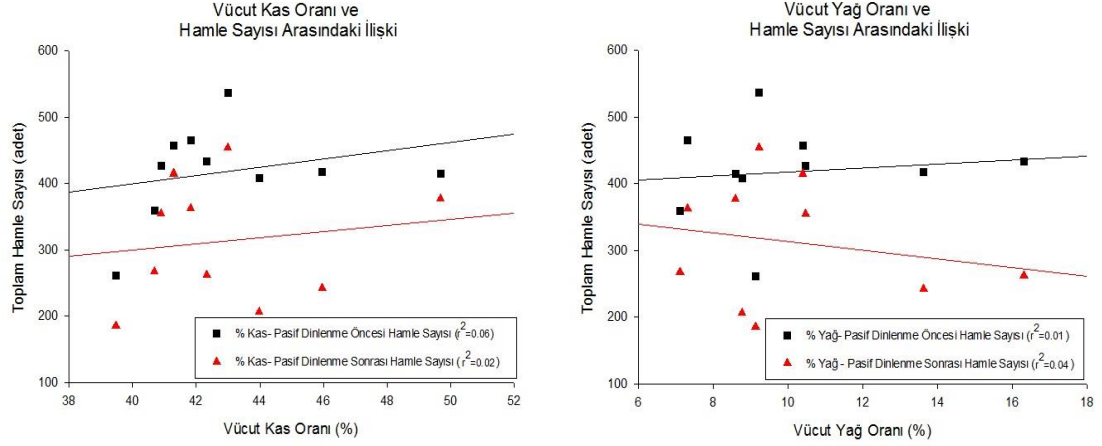
Şekil 4.16 Pasif dinlenme sonrası ölçülen Kalp Atım Hızı (KAH) verileri ile Algılanan Zorluk Dereceleri (AZD) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik. Regresyon analiz sonuçları iki değişken arasında ilişki olmadığını göstermektedir ($r^2=0.12$)

Çalışmamıza katılan tırmanıcıların vücut kas oranı ve vücut yağ oranı ile EMS dinlenim protokolü öncesi ve sonrası toplam hamle sayıları *Şekil 4.17*'de gösterilmiştir. Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre, tırmanıcıların vücut yağ ve kas oranları ile EMS dinlenim protokolü öncesi ve sonrası toplam hamle sayıları arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 4.17 Vücut kas oranı ve yağ oranı (%) ile EMS dinlenim protokolü öncesi ve sonrası toplam hamle sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

Tırmanıcıların vücut kas oranı ve vücut yağ oranı ile pasif dinlenim öncesi ve sonrası toplam hamle sayıları *Şekil 4.18*'de gösterilmiştir. Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre, tırmanıcıların vücut yağ ve kas oranları ile Pasif dinlenim protokolü öncesi ve sonrası toplam hamle sayıları arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 4.18 Vücut kas oranı ve yağ oranı (%) ile toplam hamle sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

Çalışmamıza katılan tırmanıcıların en yüksek AZD değerlerini bildirdikleri set sayısı (*Pik AZD Seti*), en yüksek KAH ve o nabız atımının görüldüğü set sayısı (*Pik KAH (bpm) ve Seti*), tırmanıcıların ulaştıkları en yüksek set sayısı (*Ulaşılan En Yüksek Set Sayısı*) değerleri *Tablo 4.5* ve *Tablo 4.6*'da sunulmuştur. *Pik AZD seti* verilerinin her iki dinlenme protokolü için, TTP ön test sonuçlarının birbirine yakın olduğu ve aralarında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür. *Pik AZD seti* verileri, TTP son test sonuçlarının EMS ile dinlenme protokolünde pasif dinlenme protokolüne oranla istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

Tırmanıcıların ölçülen *pik KAH* ve bu değerlerin gözlemlendiği set sayıları dinlenme protokolleri arasında herhangi bir fark sergilememiştir. Ancak pasif dinlenme sonrası ölçülen *pik KAH* değerlerinin daha erken setlerde görülmeye başladığı dikkat çekmektedir.

Tırmanıcıların biri hariç tamamı her iki dinlenme protokolü öncesinde ön test TTP'yi başarıyla tamamlamışlardır (TTP en yüksek set sayısı 15). Ulaşılan en yüksek set sayısı TTP ön test verileri ile ilgili olarak dinlenme protokolleri arasında herhangi bir fark görülmemiştir. Ancak, EMS ile dinlenme sonrası ulaşılan en yüksek set sayısı TTP son test verilerinin (14.9 ± 3), pasif dinlenme sonrası ulaşılan en yüksek set sayısı TTP son

test verilerine (12.0 ± 2.86) oranla daha yüksek olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 4. 5 Tırmanıcıların Algılanan Zorluk Derecesi (AZD), Kalp Atım Hızı (KAH) ve Set Sayıları Değerleri

EMS Toparlanma Protokolü						
	<i>Pik AZD Seti</i>		<i>Pik KAH (bpm) ve Seti</i>		<i>Ulaşılan En Yüksek Set Sayısı</i>	
	TTP Ön Test	TTP Son Test	TTP Ön Test	TTP Son Test	TTP Ön Test	TTP Son Test
P.A.	15	15	171(15)	176(15)	15	15
S.E.	13	11	178(15)	179(15)	15	15
B.F.	15	13	168(15)	169(15)	15	15
W.T.	13	14	172(15)	163(15)	15	15
C.L.	14	14	176(15)	162(14)	15	14
E.G.	13	11	178(15)	179(14)	15	15
M.D.	13	10	180(15)	181(14)	15	15
J.A.	11	10	167(15)	170(14)	15	15
A.D.	15	12	171(15)	170(15)	15	15
J.F.	15	13	168(15.S)	169(15)	15	15
Ort.	13.7	12.3*	-	-	15.0	14.9*
SS	1.34	1.77	-	-	0	0.32
Tablodaki veriler; ortalama $\pm$ standart sapma (Ort $\pm$ SS) olarak sunulmuştur. * gruplar arası anlamlılık düzeyi, $p<0.05$.						

Tablo 4. 6 Tırmanıcıların Algılanan Zorluk Derecesi (AZD), Kalp Atım Hızı (KAH) ve Set Sayıları Değerleri

Pasif Toparlanma Protokolü						
	Pik AZD Set		Pik KAH (bpm) ve Seti		Ulaşılan En Yüksek Set Sayısı	
	TTP Ön Test	TTP Son Test	TTP Ön Test	TTP Son Test	TTP Ön Test	TTP Son Test
P.A.	14	9	169(15)	176(9)	15	9
S.E.	10	7	179(12)	181(8)	12	8
B.F.	12	12	171(15)	174(15)	15	15
W.T.	12	4	172(15)	167(8)	15	8
C.L.	15	11	174(15)	179(12)	15	12
E.G.	10	7	179(15)	181(10)	15	10
M.D.	13	10	180(15)	181(14)	15	15
J.A.	15	11	171(15)	177(15)	15	15
A.D.	12	9	172(15)	174(13)	15	13
J.F.	14	9	168(15)	169(15)	15	15
Ort.	12.7	8.9	-	-	14.7	12.0
SS	1.83	2.38	-	-	0.95	3.02
Tablodaki veriler; ortalama $\pm$ standart sapma (Ort $\pm$ SS) olarak sunulmuştur. * gruplar arası anlamlılık düzeyi, $p<0.05$.						

5. TARTIŞMA

Çalışmamızın araştırma grubunu oluşturan spor tırmanıcılarda; toplam hamle sayılarının radikal şekilde azalması, asılma performanslarının sürdürülememesi, saha testlerinin negatif etkilenmesi ve nabız değerlerinin belirgin şekilde değişmesi ile yorgunluğun meydana geldiği anlaşılmış ve elektrouyarım metodu ile toparlanmanın bu değişkenler üzerinde olumlu etkiler yarattığı görülmüştür.

Hem ulusal hem de uluslararası yarışmalarda yapılan yarışmalar incelendiğinde, bu yarışmalar için organize edilen rotaların hamle sayılarının 30 ile 45 hamle arasında olduğu dikkat çekmektedir. 2021 yılında Tokyo Olimpiyat Oyunlarında ilk kez yapılan Spor Tırmanış Olimpiyat Şampiyonası final turu için organize edilen tırmanış rotasında toplamda 44 hamle bulunmaktaydı. Tabi ki bir tırmanış rotasının zorluğunu sadece hamle sayısı ile belirlemek tam anlamıyla mümkün olmayabilir. Hamle sayısı önemli belirleyici unsurlardan biri olmakla birlikte, tırmanış duvarının eğimi, tutamakların boyutları, birbirlerine olan uzaklıkları gibi faktörler de önemli etkenler arasındadır. Ulusal ve uluslararası klasmanlardaki yarışmalarda genel olarak final turu rotasını başarıyla tırmanmak büyük ihtimalle şampiyonluk veya en iyi 3 derecenin olduğu kürsüde yer bulabilme anlamına gelmektedir. Dolayısıyla yapılan her bir ekstra hamlenin atletin sıralamadaki yerini mutlaka etkileyeceğini söylemek de yanlış olmaz. Öyle ki Olimpiyat Oyunlarının final turunda dereceye giren 3 tırmanıcı arasında sadece 2 hamle fark bulunmaktadır. Daha net açıklayacak olursak, lider tırmanış turunu birincilikle bitiren atlet final turu rotasını başarı ile tamamlamışken, ikinci olan atlet 2 hamle, üçüncü olan atlet ise 4 hamle daha az yapabilmiştir. Buradan da anlaşıldığı üzere, birkaç hamlelik performans farkı şampiyon olmak ya da olamamak arasındaki çizgiyi belirleyebilmektedir. Olimpiyat madalyası kazanmanın ya da kaybetmenin birkaç hamle daha yapabilme durumuna bağlı olduğu bu durumda, atletin tüm antrenman geçmişinin önem arz ettiği gibi, performansı sergileyeceği o anda, tüm potansiyelini de ortaya çıkarabilmesi de büyük önem taşımaktadır. Özellikle Olimpik yarışmalarda atletlerin gün içerisinde 3 farklı disiplinde (*Hız tırmanışı, Kısa Kaya Tırmanışı ve Lider tırmanış*), aralarında görece kısa zaman aralığı ile yarışıyor olması yorgunluk-dinlenme-toparlanma

durumlarını etkiliyor olabilir. Bu önemli ayrıntı ise dinlenme/toparlanma stratejilerinin kritik rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Uluslararası Spor Tırmanış Federasyonu kural kitapçığında geçen ve yarışma prosedürünün temellerinden olan, atletlerin iki tırmanış rotası arasında minimum 50 dakikalık süre olması gerektiğini ifade eden kural aynı zamanda atletlerin minimum dinlenme süresini de belirtmektedir (<https://www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/rules>, Erişim Tarihi: 25 Nisan 2021). Bu süre zarfında atletlerin bir sonraki rota için hem fiziksel kapasite anlamında dinlenmiş hem de psikolojik olarak hazır olmaları gerekmektedir. Çalışmamızın temel merak konularından biri, yoğun tırmanış sonrası EMS ile dinlenmenin yapılan hamle sayısı üzerine etkisinin olup olmadığıdır. Bunu anlayabilmek için TTP sonrasında uyguladığımız 50 dakikalık dinlenme süresinin temelini IFSC'nin bu kuralı oluşturmuştur. Bu kural doğrultusunda temellendirdiğimiz çalışmamızda tırmanıcıların son test hamle sayılarının dinlenme metodolojisine göre anlamlı değiştiği görülmüştür. Pasif dinlenme sonrası toplam hamle sayıları belirgin şekilde azalmışken EMS ile dinlenme protokolünde bu tablo görülmemiştir. Tırmanıcıların ön testlerinde göstermiş oldukları performansların EMS ile dinlenme sonrasında sürdürülebilir olması bu dinlenme yönteminin pasif dinlenmeye oranla oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Pasif dinlenme sonrası yapılan TTP son test sonuçları göz önünde bulundurulduğunda hamle sayısındaki oransal azalmanın yaklaşık ön test sonuçlarına göre % 25 civarında olduğu görülmektedir. Bu radikal farkın yarışma ortamında gerçekleşmesi ve performansın bu denli azalması tırmanıcının sıralamasının oldukça gerilemesi anlamına gelmektedir. Olimpiyat oyunları final turu örneğinde olduğu gibi, final turunda yarışan atletlerin toplam hamle sayıları göz önünde bulundurulduğunda, ilk 3 dereceye girebilen atletlerin sergiledikleri performans farkının yaklaşık % 2-4 civarlarında olduğu dikkat çekmektedir. Öte yandan TTP sonrası EMS ile dinlenme protokolü uygulandığında, son test hamle sayılarının ön test hamle sayılarından pek de farklı olmadığı gözler önüne serilmektedir. Öyle ki EMS ile dinlenme protokolü ön test ile son test hamle sayıları arasındaki fark yaklaşık % 1-2 seviyelerindedir. Pasif dinlenme ile EMS ile dinlenme arasında böylesine belirgin bir farkın olması, EMS ile dinlenme protokolünün fizyolojik etkilerinin performans üzerindeki potansiyel pozitif etkilerini açıkça sergilemektedir.

EMS ile dinlenim protokolünün yapılan hamle sayısı üzerindeki olumlu etkilerinin yarışma şartlarında olduğu gibi antrenman dönemlerinde de faydalı olabileceği düşünülmektedir. Tırmanış antrenmanlarında hacim, şiddet, sıklık gibi antrenman bileşenlerinin organize edilmesi oldukça karmaşık bir süreçtir. Çünkü birçok spor dalının aksine yüksek şiddetli ve yüksek hacimli işi yapan kas gruplarının tamamı üst ekstremitede yer almakta ve görece daha küçük kas gruplarından oluşmaktadır. Kısa kaya tırmanışı antrenmanlarında yüksek şiddetli içerik ön plandayken, lider tırmanışta antrenmanın hacmi daha ön plandadır ve bu tırmanılan toplam mesafe ile ifade edildiği gibi sıklıkla yapılan hamle sayısı ile ifade edilmektedir (Baláš ve ark., 2012). Tırmanış antrenman biliminde önemli yayınlara sahip olan İspanyol bilim insanı, antrenör, tırmanıcı *David Maciá Paredes (2005)*, antrenman tavsiyelerinde bulunduğu kitaplarında yapılan hamle sayısının antrenman hacminin tanımlanmasında önemli bir kavram olduğu ifade etmiştir. Elit tırmanıcıların antrenman rejimleri incelendiğinde, haftalık antrenman sıklığının 6-7 gün olduğu ve yoğun antrenman dönemlerinde günde çift antrenman yaptıkları bilinmektedir. *Baláš ve ark (2012)* yapmış oldukları çalışmada tırmanış deneyimi ile toplam hamle sayısı arasında önemli ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Söz konusu bu çalışmada toplam hamle sayısı ölçülmüş ancak verilerin literatür ile kıyaslanmasında kolaylık olması amacıyla her bir hamleyi tırmanış duvarında kat edilen 1 metre olarak tanımlamışlardır. *Valenzuela ve ark (2015)* yaptıkları çalışmada tırmanıcıların performanslarını benzer şekilde, tırmanıcıların 12 metrelik bir duvarda 2 dakika süre içerisinde tırmadıkları toplam metre şeklinde ifade etmişlerdir. Bu yorum veri analizini kolaylaştırıyor olsa da tırmanış sporunu gerçekte olduğu gibi yansıtamamaktadır. Öyle ki bölgesel, ulusal veya uluslararası (*Dünya Kupası, Dünya Şampiyonası, Olimpiyatlar...*) tırmanış yarışmalarının tümünde performans bileşeni, yapılan hamle sayısı olarak tanımlanmıştır. Yani hiçbir yarışmada tırmanıcının kat ettiği mesafe ölçülmemekte veya performans belirleyicisi olarak kabul edilmemektedir. Bu nedenle spor tırmanış ile ilgili bilimsel çalışmalarda, profesyonel tırmanıcıların antrenman organizasyonlarında ve/veya rekreasyonel amaçlı tırmanış antrenmanı yapan ve antrenman kaydı tutan kişilerde tırmanılan metre yerine, yapılan hamle sayısının kaydedilmesinin daha gerçekçi olacağı düşünülmektedir. Ayrıca çoğu zaman yapılan her bir hamlede, dikey eksenle 1 metre kat etmek pek de mümkün olmamaktadır. Bu durumun

antrenman boyutu düşünöldüğünde, aynı rota üzerinde antrenman yapan farklı tırmanış seviyelerine sahip iki tırmanıcının rotayı tırmandıklarında kat edeceği mesafe aynı olacakken, daha iyi tırmanan tırmanıcının yapacağı hamle sayısı daha az olabilir. Tıpkı kısa mesafe koşucularında olduğu gibi adım frekansı düşük ancak adım uzunluğu daha yüksek olan koşucular, aynı mesafede daha az adım atmış olmakta ve bu koşu verimliliği olarak yorumlanmaktadır (Paruzel-Dyja ve ark., 2006). Aynı senaryo tırmanış için uygulandığında aynı mesafe tırmanan ancak daha az tutamak kullanan tırmanıcı daha verimli ve daha az enerji ihtiyacı ile tırmanıyor olabilir. *Booth ve ark (1999)* yapmış oldukları çalışmada tırmanışın enerji kullanımı göz önünde bulundurulmuş ve önkol kas sisteminin izometrik kasılması sonucu kullanılan oksijen miktarının da arttığını ileri sürmüşlerdir. *Mermier ve ark (1997)* tırmanış ile artan oksijen tüketimi ve kalp atım hızındaki değişikliklerin büyük çoğunlukla üst ekstremite kaslarının izometrik kasılmalarından kaynaklandığını ifade etmektedirler. Bu bilgiler ışığında, daha fazla hamle yapan tırmanıcının özellikle önkol kas grubunun daha fazla izometrik kasılmaya maruz kalacağını ve bu nedenle daha fazla oksijene ihtiyaç duyacağını söylemek yanlış olmaz. Dolayısıyla daha az hamle yaparak tırmanan tırmanıcının enerji ihtiyacının da daha düşük olabileceği hipotetik olarak varsayılabilir. Bu durum antrenman hacmi özelinde yorumlandığında ise her tırmanış rotasında 3 ile 5 tutamak daha az kullanarak antrenman yapan görece daha iyi tırmanıcının antrenman hacminin, daha düşük seviyedeki tırmanıcıyla aynı hacimli antrenman yaptığı izlenimi oluşacaktır (Yaşlı ve ark., 2020). Ancak 10 setlik bir antrenman biriminin her tırmanış turunda 4 hamle daha az yapan tırmanıcı toplamda 40 hamle daha az yapmış olacaktır. Rota bazında düşünöldüğünde ise 40 hamle neredeyse bir tırmanış rotasına denk gelmektedir. Böylece atletin antrenman gereksinimi karşılanamamış, gerekli antrenman hacmi ayarlanamamış olma ihtimali doğabilir. Antrenman hacminin yanlış hesaplanması beraberinde dinlenim sürelerinin de yanlış organize edilmesi anlamına gelebilmektedir (Bourdon ve ark., 2017; Yaşlı ve ark., 2020). Çünkü yüksek hacimli antrenmanlardan sonra dinlenim süresinin organizasyonu bir sonraki antrenman biriminin kalitesini etkileyebilmektedir (Piras ve ark., 2019). Şayet tırmanıcının düşük hacimli antrenman yaptığı varsayılmış ve dinlenim süresi görece kısa tutulmuşsa, bir sonraki antrenman birimi verimsiz geçebilir ve hatta aşırı antrenman/sürantrenman (*over training*) belirtileri oluşabilir (Halsen ve Jeukendrup,

2004). Bununla beraber, dinlenme için ayrılan sürenin toparlanma için yeterli olmaması durumunda aşırı kullanıma (*over-use*) bağlı üst ekstremité sakatlıklarının görülme riski de arta bilir (Volker Schöffl ve ark., 2003; Lutter ve ark., 2020). Ayrıca, tırmanıcının yüksek hacimli antrenman yaptığı varsayılmış ve dinlenme süresi gereğinden fazla uzun tutulmuşsa yapılan/yapılacak olan antrenmanın etkileri beklenenden düşük olabilir. Deyhle ve ark (2015) yapmış oldukları çalışmada tırmanışta kuvvet ve dayanıklılığı test etmiş ve bunun önkol kaslarından birincil olarak etkilendiğini öne sürmüşlerdir. Çalışmalarında tırmanışta yorgunluğu, yapılan toplam hamle sayısı ile belirlemiş ve toplam hamle sayısının artması ile birlikte söz edilen bu kas gruplarında oluşan yorgunluğun oldukça belirginleştiğini vurgulamışlardır. Bizim çalışmamızda olduğu gibi, kat edilen mesafe yerine toplam hamle sayısının önemini vurgulamışlardır.

Sürdürülebilir performansın böylesine hassas dengelere bağlı olması dinlenme süresine bağlı olduğu gibi dinlenme yönteminin kalitesine de bağlı olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla, çalışmamızın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, birimler arası dinlenme evrelerinin EMS ile organize edilmesinin bir sonraki antrenman biriminde sergilenecek performans üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini söyleyebiliriz.

Konu ilgili yapılmış bir çalışmada rekreasyonel tırmanıcıların, iki farklı aktif dinlenme yöntemi ile tırmanış performansları arasındaki fark incelenmiştir. Bu çalışmada, 2 dakikalık tırmanış takiben 2 dakikalık dinlenimden oluşan 3 setlik yorgunluk modeli uygulanmıştır. 2 dakikalık dinlenme süresinde ise kolay tırmanış ve yürüyüş yöntemleri aktif dinlenme stratejisi olarak sırasıyla uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, 2 dakikalık dinlenme sürelerini kolay tırmanış ile geçiren grupta, tırmanış mesafelerinin 19.43 ± 6.69 metre ve yürüyüş ile dinlenimde 18.71 ± 6.14 metre olduğu görülmüştür (Valenzuela ve ark., 2015). Aradaki fark çok belirgin olmasa da istatistiksel olarak anlamlı olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada KAH ve BORG skalasına göre algılanan zorluk dereceleri de ölçülmüş ve dinlenme protokolleri arasında herhangi bir fark olmadığı gösterilmiştir. Yani çalışmaya katılan tırmanıcılar her iki dinlenme protokolü sonrasında oluşan yorgunlukları arasındaki farklarının belirgin olmadığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, tırmanış mesafeleri arasında oluşan küçük fark da yorgunluk seviyelerinin net olarak ortaya çıkmadığını gösteriyor olabilir. Bizim çalışmamızda

kullandığımız protokol sonucunda oluşan yorgunluk hamle sayısını doğrudan etkilemiştir. Öyle ki, dinlenim protokolleri arasında, toplam hamle sayılarındaki yaklaşık 100 hamlelik fark (EMS dinlenim; 417.9 ± 71.83 ve Pasif dinlenim; 313 ± 91.61) dinlenim yönteminin önemini gözler önüne sermektedir. Ancak çalışmamızın hamle sayılarında görülen bu radikal fark KAH verilerinde görülmemiştir. Dinlenim protokolleri arasında KAH verilerinde sayısal bir fark görülmekteyken (EMS dinlenim öncesi; 145.31 ± 7.17 ve sonrası; 153.09 ± 7.88 ve Pasif dinlenim öncesi; 147.29 ± 10.78 ve sonrası 152.23 ± 7.63) bu fark istatistiksel olarak bir anlamlılığı ifade etmemektedir. Klasik fizyoloji bilgisi KAH ile egzersiz şiddeti arasında güçlü bir ilişki olduğunu ifade etmektedir (McArdle ve ark., 2006, 2010; Guyton ve John, 2011). Bu bilgiye göre egzersizin şiddetinin artmasına bağlı olarak KAH da belirli bir patern boyunca artış göstermektedir. Ayrıca egzersiz boyunca KAH'nin kaydedilmesi ve bu verinin ortalamasının dinlenim KAH ortalaması ile ilişkisinin hesaplanması doğrultusunda iş gücünün şiddeti tahmin edilebilmektedir (Karvonen ve Vuorimaa, 1988). Elde edilen bu veriyle, egzersiz şiddetinin tanımlanması yapılabildiği gibi egzersiz planlanması ve reçetelendirilmesi amacıyla kullanılabileceği de ifade edilmiştir (Franklin ve ark., 2000). Tırmanışla ilgili çalışmalarda, tırmanılan rotanın zorluğunun artması ve beraberinde yorgunluğun artmasına bağlı olarak KAH'nin de arttığı bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Schoeffl ve ark., 2004; Sheel, 2004). Çalışmamıza katılan tırmanıcıların KAH verilerinin, 220-yaş formülü ile hesaplanan maksimum KAH verilerinden yaklaşık % 22 daha düşük seyrettiği dikkat çekmektedir. *Mermier ve ark (1997)* tırmanıcılarla ilgili yapmış oldukları çalışmada ölçtükleri KAH değerlerinin hesaplanan maksimum KAH değerlerinden yaklaşık % 25 daha düşük olduğunu vurgulamışlardır. Bu bulgu ile paralel olarak *Watts ve ark (2000)* çalışmalarında laktik asit ve el kavrama kuvveti gibi yorgunluk belirtilerinin gözlemlenmiş olmasına rağmen, kardiyak yorgunluğun oluşmadığını ve KAH verilerinin hesaplanan maksimum KAH'nin altında kaldığını göstermişlerdir. *Billat ve ark (1995)* çalışmalarında tırmanış sırasında ulaşılan maksimum KAH'nin, kademeli artan koşu protokolünde görülen maksimum KAH'nin yaklaşık % 80'ine kadar ulaşabildiğini ifade etmiştir. *Smetenka ve ark (2019)* yapmış oldukları çalışmada tırmanıcıların KAH verilerini antrenman birimleri boyunca kaydetmiş ve hesaplanan maksimum KAH ile ilişkisini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmanın bulguları, tırmanıcıların antrenman boyunca ölçülen KAH verilerinin, hesaplanan

maksimum KAH verisinin % 80'ini aşımadığını göstermiştir. Söz konusu tüm çalışmalarda, katılımcıların deneyimli ve birbirine yakın seviyede tırmanıcılardan oluşması, benzer yaş gruplarında olması, benzer değişkenlerin ölçülmesi ve tırmanış test protokollerinin kullanılması gibi birçok ortak nokta bulunmaktadır. Bilimsel çalışmalar, izometrik önkol kasılmalarının KAH üzerinde etkili olduğunu ve bu etkinin dinamik egzersizlerde görülen lineer artışa benzemeyen bir patern ile gerçekleştiğini ifade etmektedir (Rowell ve ark., 2010). KAH'de meydana gelen bu artışın izometrik kasılmanın boyutuna ve kasılmaya katılan kas grubunun kütlesine bağlı olduğu da bildirilmiştir (Galvez ve ark., 2000). *Gálvez ve ark* (Galvez ve ark., 2000) yapmış oldukları bu çalışmada izometrik kasılmaya katılan kas grubunun artması ile kasılma şiddetinin de arttığı söylenmektedir. Kasılma şiddetinin artmasının ise KAH üzerinde doğrudan etkili olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, dinamik egzersizlerin KAH üzerinde oluşan ve kan dolaşımını hızlandırma yönünde olan katkısı, izometrik kasımlarda görülmemektedir. Bu durumun nedeni izometrik kasımların kan dolaşımını engelleyici bir faktör olduğu şeklinde açıklanabilmektedir (Åstrand ve ark., 2003). Tüm bu bilgileri bir araya getirdiğimizde, tırmanış ile ilgili yapılan bilimsel araştırmalarda KAH'nin hesaplanan maksimum KAH (220-yaş) seviyelerine kadar artabiliyor olması beklenmektedir. Ancak yukarıda bahsini ettiğimiz örneklerde olduğu gibi KAH belirli bir seviyenin üzerinde çıkamamıştır. Bu durumun asıl nedeni, tırmanış boyunca kullanılan birincil kas grubunun (*önkol, üst ekstremite*) görece daha küçük olması ve dolayısıyla oluşan izometrik kasımların şiddetinin de görece düşük olması KAH üzerinde maksimal KAH'nin görüleceği kadar büyük bir etki yaratmadığı şeklinde açıklanabilir. KAH'nin maksimal KAH'ye ulaşmamasının potansiyel bir diğer nedeni ise uygulanan test protokolü olabilir. Öyle ki *Schöffl ve ark (2006)* yapmış oldukları çalışmada tırmanıcıların maksimum KAH ulaştığı ve diğer yorgunluk parametrelerine (*laktat artışı ve el kavrama kuvveti azalması*) kardiyak yorgunluğun da eşlik ettiği görülmüştür. Bu çalışma ile sözünü ettiğimiz çalışmalar arasında birçok benzerlik olmasına rağmen (*tırmanıcı profili, ölçülen değişkenler...*) temel farkın uygulanan protokol olduğu dikkat çekmektedir. *Schöffl ve ark (2006)* çalışmalarında tırmanış dayanıklılık antrenmanları için tasarlanmış ve adeta dikey eksende çalışan koşu bandı gibi işlev gören bir tırmanış bandı (*Rock'n Roll, Entre-Prises*) kullanarak tırmanıcıların performanslarını kademeli olarak değişen eğim ile belirlemeye

çalışmışlardır. Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda, tırmanışta kardiyak yorgunluğun görülmesinin tırmanıcılara uygulanan test protokolüne bağlı olduğu düşünülebilir. Öyle ki uygulanan protokole daha fazla hamle yapan tırmanıcılarda yorgunluk daha ileri seviyelere kadar taşınabilmiştir. Çünkü tırmanış sırasında daha fazla hamle yapmak, özellikle ön kol kas gruplarında olmak üzere üst ekstremitelerde daha fazla izometrik kasılma olması anlamına gelmektedir. Kasılma şiddetinin belirli bir seviyede kalması ancak kasılma sayısının artırılması kardiyak yorgunluğun oluşmasında etkili bir faktör olabilir. Dolayısıyla tırmanış performansı ve KAH verilerinin kullanılacağı çalışmalarda uygulanacak protokolün buna göre seçilmesinin büyük önem arz ettiği düşünülmektedir. Konu ile ilgili detaylı çalışmaların yapılması daha net sonuçların elde edilmesi adına önem taşımaktadır.

Çalışmamızda ölçtüğümüz bir diğer önemli parametre tırmanışa yönelik asılı kalma testleridir. Bu testlerde tırmanıcıların vücut ağırlıklarına ek olarak düşük (6,7 kg), orta (11,3 kg) ve yüksek ağırlık (18,1 kg) olmak üzere 3 farklı şiddette asılı kalma performansları test edilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, pasif toparlanma sonrası her üç ağırlıkla yapılan asılı kalma testinde de belirgin azalmalar görülmüştür. Pasif toparlanma sonrası görülen bu azalmaların ağırlıklara göre ön test ile son test arasında 6,7 kg ile % 13,8 oranında, 11,3 kg ile % 27,4 oranında ve 18,1 kg ile % 51,8 oranında azalma eğrisinde olduğu görülmüştür. Yüksek şiddetli asılı kalma testinde gözlenen azalma eğrisinin, düşük ve orta şiddetteki gözlenen azalma eğrisinden çok daha belirgin olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum *Şekil-4.2* ve *Şekil-4.3*'te gösterildiği üzere EMS ile dinlenim protokolünün yüksek şiddetli asılı kalma testleri üzerindeki olumlu etkisini gözler önüne sermektedir. Öyle ki dinlenim protokolleri öncesinde ve sonrasında yapılan asılı kalma testleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi, dinlenim protokollerinin verimliliği hakkında fikir veriyor olabilir. Her iki dinlenim protokolü öncesi ve sonrasında düşük ağırlıkla yapılan asılı kalma test sonuçları oldukça az etkilenmiştir. Buna göre 50 dakikalık dinlenim süresinin aktif veya pasif geçirilmesinin düşük şiddetli işler üzerinde etkisinin belirgin olmadığını söyleyebiliriz. Yani, dinlenim protokolü her ne olursa olsun, 50 dakikalık dinlenim süresi içerisinde metabolizmanın elde ettiği toparlanma oranı düşük şiddetli işlerin yapılmasına yetecek boyuta ulaşmıştır diyebiliriz. Ancak düşük şiddette gözlenen bu benzerlik yapılan işin şiddetinin artması ile birlikte daha belirgin değişmeye

başlamaktadır. Pasif dinlenme protokolü öncesi ve sonrasında ölçülen orta şiddetli ağırlık ile asılı kalma test sonuçları arasındaki ilişkinin bozulmaya başladığı görülmektedir. Söz konusu ilişkinin hem düşük ağırlığa oranla hem de dinlenim protokollerinin birbirlerine oranla değişmeye başlaması EMS ile dinlenim protokolünün avantajlarının görülmeye başladığı noktayı işaret ediyor olabilir. Yani, pasif dinlenme öncesi ve sonrası asılı kalma test sonuçları arasındaki güçlü ilişkinin bozulmaya başlama anı, EMS ile dinlenim protokolünde görülmemektedir. Bu durumda düşük şiddetli iş gücü için geçerli olan dinlenim süresinin yeterliliği, orta şiddetli işlerin sergilenmesinde yeterli olmamaya başlıyor olabilir. Bu noktadan hareketle, asılı kalma performansının olumsuz etkilenmeye başladığı sürecin, ihtiyaç duyulan işin şiddetinin artması ile birlikte belirgin gözlemlenmeye başladığını söyleyebiliriz. İfade etmeye çalıştığımız bu belirgin fark dinlenim protokolleri öncesi ve sonrası ölçülen yüksek şiddetli asılı kalma test sonuçlarında öne çıkmaktadır. EMS ile dinlenim protokolü verilerinde, protokol öncesi ve sonrası verilerin halen yüksek anlamlılık taşıdığını gözlemlemekteyiz. Bu veri bize, yorgunluk oluşmadan önce yapılan yüksek şiddetli işin, yorgunluk oluşuktan ve EMS protokolü uygulandıktan sonra tekrarlanabildiğini ifade etmektedir. Bahsi edilen bu önemli performans bileşeni, pasif dinlenme protokolünde gözlemlenememiştir. Bu bilgiler ışığında, EMS ile dinlenim protokolünün düşük şiddetli asılı kalma performansı üzerinde belirgin bir fark yaratacak kadar etkisinin olmadığını, ancak tekrarlanması gereken performansın şiddetinin artması durumunda EMS'nin pasif dinlenme protokolüne oranla oldukça pozitif etkiler yarattığını öne sürebiliriz.

Tırmanışın mekaniği göz önünde bulundurulduğunda, vücut ağırlığının yer çekimine karşı taşınabilmesi ve tırmanış işinin sürdürülebilmesi büyük oranda üst ekstremité güç-kuvvet ve dayanıklılığı ile birlikte parmakların tutamlara tutunabilme işinin sürdürülebilmesiyle alakalıdır. Yani tırmanışın devam ettirilebilmesi, vücut ağırlığını tırmanışın son noktasına kadar taşıyabilecek belirli bir tutuş kuvvetinin tutamlara uygulanmasıyla gerçekleşebilmektedir. Öyle ki vücut ağırlığının taşınamayacağı bir yorgunluk senaryosunun gerçekleşmesi durumunda tutamaların tutulabilmesi de söz konusu olamayacaktır. Düşük şiddet olarak tanımlayabileceğimiz kolay tırmanış rotalarında, tutamaların görece daha büyük olması tutuş işini kolaylaştırmakta ve dolayısıyla tırmanışın hissedilen şiddetini azaltmaktadır. Ancak tırmanışın

gerçekleştirildiği rotaların zorlaşması ile (*tırmanılan açının değişmesi, tutamakların küçülmesi gibi*) üst ekstremité sistemine binen yük miktarı da artmaktadır. Bu durum ise tırmanışın, hem antrenman boyutunda hem de güncel tırmanış anlamında, şiddetinin artması olarak karşımıza çıkmaktadır. *Bergua ve ark* (2018) yapmış oldukları çalışmada elit seviye erkek tırmanıcıların asılı kalma sürelerini 14 milimetrelilik asılma tahtasında ölçmüştür. Çalışmanın sonuçlarında maksimum asılı kalma performanslarının doğrudan tırmanış performansları ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Sözü edilen bu çalışmada uygulanan asılı kalma testlerinin elit tırmanıcılarda çok geçerli sonuçlar gösterdiği ifade edilmiş, rekreasyonel tırmanıcılarda ise aynı geçerliliğin görülemeyeceğini vurgulanmıştır (Bergua ve ark., 2018). Elit tırmanıcılar ile rekreasyonel tırmanıcılar arasında görülen bu farklılığın asıl nedeninin uygulanan asılı kalma test protokolünün şiddetinin oldukça yüksek olduğundan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Biz çalışmamızda asılı kalma testinde kullanılan tutamağın boyutunu 20 milimetre olarak belirleyip, test protokolünün şiddetini spor bilimlerinde yaygın bir yöntem olan ekstra ağırlık ile tanımlamanın daha uygun olacağını düşünmekteyiz. Literatür verisi oldukça sınırlı sayıda olan asılı kalma testlerinin gerçek tırmanıştaki karşılığı üst ekstremité kuvvet, dayanıklılığı ile birlikte tutuş kuvveti olarak da tanımlanmaktadır (Grant ve ark., 2003). *Baláš ve ark* (2014) tırmanıcıların asılı kalma performanslarını 23 milimetre derinliğinde parmak tahtasında test etmiştir. Bu çalışmada şiddet, 23 milimetrelilik parmak tahtası kullanılarak orta seviyede tutulması amaçlanmış olabilir. Farklı tutuş pozisyonlarının da denendiği bu çalışmada, asılı kalabilme işinin sürdürebilmesinin maksimal parmak kuvveti ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermişlerdir (Baláš ve ark., 2014). Maksimal parmak kuvvetinin yüksek olması durumunda asılı kalma test performanslarının da yüksek olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla, tırmanış işini sürdüren parmak kuvveti/dayanıklılığı ile tutamaklar arasındaki temasın sürdürülememesi tırmanış performansını sınırlandıran bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Amca ve ark., 2012). Burada sözü edilen tırmanış tutamakları ile temasın sürdürülememesi kavramı, asılı kalma işinin devam ettirilememesi olarak tanımlanabilir. Bu durumda, asılı kalma performansının tırmanış performansını sınırlayıcı bir faktör olarak kabul edilmesi EMS ile dinlenme protokolünün önemini daha da ön plana çıkarmaktadır.

Yapılan bilimsel çalışmaların çoğunda AZD'nin genel anlamda psikofizyolojik stresin sübjektif olarak yorumlanabilmesi amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (Pind ve Măestu, 2017). Çalışmamızda tırmanıcıların TTP sırasında maruz kaldıkları fiziksel stresi psikofizyolojik olarak ifade edebilmeleri için AZD verileri kaydedilmiştir. Tırmanış sırasında yer seviyesinden yükselmenin (*lider tırmanışta olduğu gibi*), daha az yüksekte tırmanmaya oranla (*kısa kaya tırmanışında olduğu gibi*) daha fazla metabolik stres yarattığı ifade edilmiş ve oluşan bu stresin belirlenmesinde AZD değerlerinin geçerli olabileceği vurgulanmıştır (Gajdošík ve ark., 2020). Ancak tırmanış deneyiminin azalmasıyla birlikte maruz kalınan egzersiz stresinin daha yüksek olabileceği ve dolayısıyla AZD'nin daha yüksek algılanabileceği de söylenmiştir (Janot ve ark., 2000) . *De Geus ve ark* (2006) yapmış oldukları çalışmada aynı zorluk seviyesinde fakat farklı tırmanış açılarına sahip rotalarda (*daha dikey ve/veya daha negatif açılı...*) yapılan tırmanışların birbirinden farklı AZD yanıtları oluşturabileceğini ifade etmiştir. Öte yandan KAH'nin, hem ölçüm kolaylığı hem de fiziksel aktivitenin şiddetinin belirlenmesinde genel kabul görmüş bir tanımlayıcı olması nedeniyle büyük önem taşıdığı ve AZD verileri ile olan ilişkisi birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Åstrand ve ark., 2003; Coutts ve ark., 2009; Eston, 2012).

Bizim çalışmamızda yaptığımız regresyon analiz sonuçları, tırmanıcıların KAH verileri ile AZD verileri arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir (*Şekil-4.4, Şekil-4.5, Şekil-4.6 ve Şekil-4.7'de görüldüğü üzere*). Yukarıda sunulan literatür örneklerinde de ifade edildiği gibi KAH ve AZD arasında bir ilişki olabileceği düşünülmektedir. Ancak *Chen ve ark* (2002) yayınlamış oldukları detaylı meta analizde KAH'nin önemini vurgulamakla birlikte AZD ile olan ilişkisinin tutarlı olmayabileceğini dile getirmiştir (CHEN, 2002). Çalışmada AZD ile KAH arasındaki ilişkinin solunum parametreleri ile olan ilişkisinden daha düşük olduğunu vurgulamıştır. Bizim çalışmamızın bulguları da KAH ile AZD arasındaki ilişkinin her şartta belirgin olmayacağını göstermektedir. *Chen ve ark* (2002) 437 bilimsel makalenin detaylı analizi ile yaptıkları bu çalışmada AZD verilerinin farklı fizyolojik değişkenler ile yüksek seviyede ilişki göstermesinin bazı durumlara bağlı olduğunu da vurgulamıştır. Bu durumları, özellikle erkek atletlerin maksimal seviyede efor sergileyebildikleri hallerde ve egzersiz modalitesinin alışılmadık bir branştan seçilmesi (*koşu ya da yürüyüş yerine yüzme gibi*) şeklinde sınıflamıştır. *Chen*

ve ark (2002) sözünü ettikleri bu durumlarda AZD'nin başta solunum parametreleri (VO_{2max} gibi) olmak üzere, fizyolojik değişkenlerle ilişkisinin KAH'ye oranla daha belirgin olabileceğini ifade etmiştir. Bir diğer göze çarpan ayrıntı ise seçilen egzersiz modalitesinin alışılmadık bir branştan olması gerektiği şeklinde dile getirilmiştir. Tırmanış, her ne kadar yürüyüş, koşu ve yüzme gibi branşlara oranla daha alışılmadık bir dal olsa da çalışmamızda KAH ile AZD arasında bir ilişki gözlemlenmediği dikkat çekmektedir.

Çalışmamızda, hem KAH hem de AZD verilerinin uyguladığımız TTP protokolü boyunca düzenli olarak artış göstermiş olmalarına rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunamamasının birkaç potansiyel nedeni olabileceği düşünülmektedir. İlk olarak, çalışmamıza katılan tırmanıcı sayısının korelasyon analizinde ideal sonuçların elde edilmesi adına yeterli olamayabileceği göz önünde bulundurulmaktadır. Öyle ki, Bonett ve Wright, (2000) yapmış olduğu çalışmada korelasyon analizleri için ihtiyaç duyulan örnek sayısının test sonuçlarını etkileyebileceğini ifade etmiştir (Bonett ve Wright, 2000). Bir diğer potansiyel neden ise; tırmanıcılara ait AZD verilerinin özellikle pasif dinlenme sonrası hızla pik yapması ve ulaşılan set sayısının düşmesiyle elde edilen AZD verisinin de azalmaya başlaması olabilir. Ek olarak, tırmanıcıların neredeyse tamamı (*sadece 1 tırmanıcı pasif dinlenme TTP ön testte 12 set tırmanabilmiştir*) her iki dinlenim protokolü öncesi yapılan TTP'nin tamamını başarıyla gerçekleştirmişlerdir. 15 setlik tırmanıştan oluşan bu uygulama boyunca, her tırmanıcıdan 15 adet AZD verisi toplanmıştır. Ancak, pasif dinlenme sonrası TTP son testinde yalnızca 4 tırmanıcı 15 seti tamamlayabilmiştir. Yorgunluğun çok daha belirgin olduğu pasif dinlenme protokolü sonrası AZD verileri hızla pik seviyelerine çıkmış ancak yorgunluğun tırmanışı sürdüremeyecek seviyeye ulaşmasıyla test tırmanıcının kendisi tarafından sonlandırılmıştır. Bu durum AZD için toplanan veri sayısının her iki dinlenim protokolü için ön testlere oranla son testlerde azalmasına neden olmuştur.

Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlılık ortaya çıkmamış olsa da çalışmamızda ölçtüğümüz AZD verilerinin oldukça önemli olduğunu düşünmekteyiz. AZD, spor bilimleri alanında yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda kullanılmaktadır ve genel olarak egzersizin şiddetinin psikofizyolojik olarak tanımlanmasında ve KAH ile birlikte

değerlendirilmekte olduğu görülmektedir (Yaşlı ve ark., 2020). Tipik kullanımı ve yorumlanması; artan egzersiz şiddetine bağlı olarak artış gösteren nabız verisine eşdeğer olarak artış gösteren AZD'nin gösterilmesi şeklindedir (Eston, 2012). Ancak söz konusu bu kullanım şekli, tanımlanmış bir dinlenme yönteminin (*pasif veya aktif yöntemler*) belirli bir egzersiz performansı üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmalar sırasında yapılan tekrarlayan ölçümlerde yanıltıcı olabilir. Tıpkı bizim çalışmamızda olduğu gibi, daha az verimli olan dinlenme yönteminden sonra gerileyen performansa bağlı olarak elde edilen veri sayısının azalması, AZD'nin yorumlanmasını zorlaştırabilir. Ayrıca, tırmanış gibi KAH'yi maksimal seviyeye taşıyamayan uygulamalarda AZD verisinin pik yapması da zorlaşabilir. Bu nedenden ötürü AZD'nin ne zaman ve/veya hangi sette pik yaptığının önem taşıyor olabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda AZD verilerinin pik yaptığı set sayılarının her iki dinlenme protokolü TTP ön testlerinde birbirine yakın olduğu ve aralarında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür (*Tablo-4.8 ve Tablo-4.9*). Ancak bu ilişkinin dinlenme periyodu sonrası değiştiği dikkat çekmektedir. Öyle ki, en yüksek AZD verisinin görüldüğü set verileri (*Pik AZD Seti, Tablo-4.8 ve Tablo-4.9*) incelendiğinde, TTP son test sonuçlarının EMS ile dinlenme protokolünde pasif dinlenme protokolüne oranla istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum EMS ile dinlenme sonrası algılanan zorluğa verilen psikofizyolojik tepkilerin, pasif dinlenmeye oranla daha geç ortaya çıktığını ifade ediyor olabilir. Rakamsal olarak ifade edecek olursak; pasif dinlenme ile geçirilen toparlanma periyodundan sonra AZD ile ifade edilen yorgunluğun pik yapması 8.9 ± 2.26 set sürmüşken, EMS ile dinlenme protokolünden sonra bu sürenin 12.3 ± 1.68 sete kadar uzadığı görülmüştür. Sayısal verilerden de anlaşıldığı üzere EMS ile dinlenmenin AZD üzerindeki etkisi net olarak görülmektedir. Bu noktadan hareketle, AZD verisinin, iki farklı dinlenme yönteminden herhangi birinde daha erken setlerde pik yapması dinlenme metodolojisinin verimliliği hakkında fikir edinmemizi sağlayabilir. Konu ile ilgili detaylı çalışmaların yapılmasının spor bilimleri literatürüne önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bilimsel çalışmalarda atletlerin antropometrik ölçümler ve somatotipik özelliklerinin belirlenmesinin önemli bir faktör olduğu söylenmektedir (Bolonchuk ve ark., 1989). Genel anlamda somatotipik özellikler dört ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; 1- *Endomorf (yağlılık)*: kişinin görece vücut kalınlığını ve yağ oranının çokluğunu ifade

etmektedir. 2- *Mezomorf (kaslılık)*: genellikle iskelet kas oranının görece yüksek olduğunu, yağsız vücut kitlesinin boy uzunluğuna oranını ifade etmektedir. 3- *Ektomorf (incelik)*: görece boyuna uzunluk ya da boylamsal dağılımın yüksek olması şeklinde tanımlanmaktadır. 4- *Merkez yapı*: Endomorf, Mezomorf ve Ektomorf değişkenlerinin birbirine eşit olduğu durumlarda kullanılan tanımlama biçimi olarak kabul edilmektedir (Doşla ve Meško; Carter, 2002). Doşla ve Mesko (2018) yarışmacı spor tırmanıcıların ortalama somatotipik yapılarının endomorfi; 2.03, mezomorfi; 4.87 ve ektomorfi; 2.98 şeklinde olduğunu belirlemiş ve baskın mezomorfi ile birlikte ektomorfik yapının görüldüğünü ifade etmişlerdir. Tırmanıcılarda gördükleri bu somatotipik yapıyı *ektomorfikmezomorf* olarak tanımlamışlardır. Yarışmacı tırmanıcılarda belirledikleri, kas miktarının daha yoğun olduğu somatotipik yapının rekreasyonel tırmanıcılarda da benzer şekilde olduğunu söylemişlerdir. Bizim çalışmamızda da tırmanıcıların ektomorfikmezomorf yapı sergiledikleri görülmektedir (*Ektomorfi*; $2,40 \pm 0,84$ – *Endomorfi*; $2,32 \pm 0,59$ – *Mezomorfi*; $3,48 \pm 1,66$). Bu veri tırmanıcıların belirgin fiziksel yapılarının görece daha ince ve kas yoğunluğunun ön planda olduğu şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Grant ve ark (1996) çalışmalarında elit tırmanıcıların kas oranlarının daha belirgin, vücut yağ oranlarının yaklaşık % 14 seviyelerinde olduğunu ve rekreasyonel tırmanıcılara oranla daha düşük olduğu ifade etmişlerdir. Asyalı tırmanıcıların antropometrik ölçümlerini ele alan bir çalışma, Çin kökenli tırmanıcıların ülke popülasyonlarına oranla daha düşük BKİ ($19,6 \pm 0,9$) ve düşük vücut yağ oranına ($11,0 \pm 3,2$) sahip olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada Çin kökenli elit seviyedeki tırmanıcıların batılı tırmanıcılara oranla daha küçük vücut oranlarına sahip olduğu vurgulanırken, BKİ ve vücut yağ oranlarının batılı tırmanıcılara benzer seviyelerde olduğu ifade edilmiştir (W. W. Cheung ve ark., 2011). Sözü edilen bu tırmanıcıların verileri göz önünde bulundurulduğunda çalışmamıza katılan Amerikalı tırmanıcıların yağ oranlarının ($\% Yağ$ $10,11 \pm 2,86$) benzer seviyelerde olduğunu söylemek mümkün iken BKİ'lerinin ($BKİ$ $23,51 \pm 1,54$) Asyalı tırmanıcılara oranla daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Yarışmacı genç tırmanıcılarla, yetişkin elit tırmanıcılar arasındaki antropometrik farkların ele alındığı bir çalışmada, her iki grubun da benzer fiziksel özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmaya göre tırmanıcılar, görece daha düşük BKİ, düşük vücut yağ oranı, düşük deri altı yağ kalınlıkları, daha geniş omuz çapı ve düşük pelvik çap gibi tipik

özellikler sergilemektedirler. Ayrıca, özellikle elit tırmanıcıların, tırmanıcı olmayan elit atletlerle benzer BKİ değerlerine sahip olmalarına rağmen vücut kompozisyonları arasında belirgin fark olduğu da vurgulanmıştır (Watts ve ark., 2003). Hem evrensel nitelikteki bilimsel verilerden hem de bizim çalışmamızdan elde edilen genel görünüm ile yorumlanacak olursa, düşük yüzde yağ oranı, yüksek yüzde kas oranı ve düşük BKİ tırmanıcılar arasında oldukça yaygın fiziksel özellikler olarak tanımlanmaktadır. Sunulan bu bilimsel çalışmalardaki veriler doğrultusunda tırmanışta yüksek performansın bazı antropometrik özelliklerle ilişkili olduğu düşünülebilir. Ancak tırmanış performansı ile antropometrik özellikler arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar, antropometrik değişkenlerin birincil performans belirleyici faktör olmadığını da vurgulamaktadır (Mermier ve ark., 2000).

Bizim çalışmamızda yaptığımız istatistiksel analizler, tırmanıcıların literatür ile oldukça uyumlu olan bazı antropometrik özellikleri ile tırmanış performansları arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir. Çalışmamızda yüksek performans olarak ifade ettiğimiz toplam hamle sayısı verilerinin, tırmanıcıların yağ oranı ve kas oranları ile herhangi bir ilişkisi olmadığı *Şekil-4.8*, *Şekil-4.9*, *Şekil-4.10* ve *Şekil-4.11*'de gösterilmiştir. Bu ilişkinin, dinlenme protokolleri arasında da bir fark sergilememesi bazı antropometrik verilerin, toparlanmanın gerçekleşmiş olmasından bağımsız olarak, performans üzerinde belirleyici faktör olmadığını düşündürmektedir. Öyle ki; hem pasif dinlenme öncesi-sonrası hem de EMS ile dinlenme öncesi-sonrası performans ile antropometrik değişkenler arasında ilişki gözlemlenmemiştir. Pasif dinlenme sonrası performans düşmüşken, EMS ile dinlenme sonrası performans bozulmamıştır. Fakat performansta meydana gelen bu değişiklikler sözü edilen antropometrik değişkenler ile olan ilişki üzerinde bir etki yaratmamıştır. Bu bilgiyi göz önünde bulundurarak, çalışmamıza katılan tırmanıcıların performanslarının bozulmasının yağ veya kas oranları ile ilişkili olmadığını söyleyebiliriz.

Bilimsel verilerden anlaşıldığı üzere tırmanıcıların fiziksel özellikleri büyük önem taşımaktadır. Tırmanıcıların fiziksel özellikleri ile ilgili genel kabul görmüş algı, düşük yağ oranı ve düşük BKİ'ye ek olarak yüksek kas oranı şeklinde oluşmuştur. Ancak, yalnızca antropometrik değişkenler olarak yeterli olmak beraberinde yüksek tırmanış

performansını getirmemektedir. *Mermier ve ark (2000)* çalışmalarında tırmanış performansını etkileyen antropometrik değişkenleri tanımlamayı amaçlamışlardır. Sözü edilen bu çalışmanın en önemli sonuçlarından bir tanesinin tırmanış performansını belirleyen değişkenlerin, antropometrik verilerden bağımsız olarak, büyük oranda antrene edilebilecek özelliklere bağlı olduğu vurgulanmıştır. *Mermier ve ark (2000)* tırmanış performansının belirlenmesinin yaklaşık % 60'lık oranın antrenman bileşenleri ile (*dayanıklılık, güç, kuvvet gibi*) ve yaklaşık % 2'lik oranın antropometrik bileşenlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. *Baláš ve ark (2012)* 205 tırmanıcının katılımı ile tırmanış performansını modellemeyi amaçladıkları çalışmalarında, haftalık tırmanış hacminin yüksek performans sergilenebilmesi noktasında büyük önem taşıdığını vurgulamışlardır.

Tüm bu veriler bir araya getirildiğinde, yüksek performansın yalnızca bir takım fiziksel değişkenlere ya da tek başına antrenman süreçlerine bağlı olduğunu söylemek pek de mümkün görünmemektedir. Çünkü elit seviyede yapılan yüksek şiddet ve hacimli antrenmanların atletler üzerinde yarattığı metabolik stresin yönetilmesi, rekreasyon amaçlı yapılan egzersizlerdekinden daha farklı yaklaşımlara ihtiyaç duymaktadır. Yani, metabolizma üzerinde oluşturulan bu stresin (*antrenman*) etkilerinin atletin lehine çevrilmesi, antrenman biliminin en önemli ve kısmen karmaşık aşamalarından biridir. Bu karmaşık aşama; antrenman, dinlenme/toparlanma ve yeniden antrenman şeklinde görülse de dinlenme/toparlanma aşaması tırmanıcının bir sonraki yüklenmeye hazır olma süreci için birbiri ile ilişkili birçok elementten oluşmaktadır. Çalışmamızda, çalışmamızın konusu ve ölçülen değişkenleri göz önünde bulundurularak antrenman/dinlenme/toparlanma ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Özellikle çalışmamızın konusu gereği toparlanma ile ilgili kısım üzerinde durulmuştur. Ancak, tüm atletik branşlarda olduğu gibi tırmanışta da yüksek performans antrenmanlarının kalori karşılığı ve tırmanıcıların beslenme alışkanlıklarının göz önünde bulundurulmasının performansın sürdürülebilmesi noktasında önemli bir detay olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızın sınırlı imkânları nedeniyle, katılım gösteren tırmanıcıların beslenme alışkanlıkları irdelenememiştir. Ancak, bilimsel literatürde yapılan çalışmalar ile uyumlu olan sonuçlarımız doğrultusunda, tırmanıcıların beslenme alışkanlıklarının sahip oldukları fiziksel özelliklerin belirlenmesinde etkili bir faktör olduğunu düşünmekteyiz. Öyle ki,

tırmanıcılar, vücut ağırlığının düşük olmasının beraberinde yüksek tırmanış performansını getireceği düşünüyor olabilirler. Bu nedenle beslenme alışkanlıklarını daha düşük vücut ağırlığı, daha az yağ oranı ve daha yüksek kas oranına sahip olacak şekilde organize ediyor ve/veya etmeye çalışıyor olabilirler. Ancak, bunu yaparken dinlenme/toparlanma/yapım/onarım gibi anabolik süreçler için ihtiyaç duyulan kalori alımını önemli seviyede kısıtlıyor olabilirler. Bilimsel alan tarandığında, özellikle tırmanış performansı ve tırmanıcıların beslenme alışkanlıkları ile ilgili çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Ancak tırmanıcıların beslenme alışkanlıkları ile ilgili ortaya attığımız ‘yüksek tırmanış performansı düşük vücut ağırlığı ile ilişkilendiriliyor olabilir’ düşüncesini kısmen de olsa destekleyen iki bilimsel çalışmada tırmanıcıların beslenme alışkanlıkları ile tırmanış performansları incelenmiştir. *Przeliorz-Pyszczek ve ark (2019)* yapmış oldukları çalışmada tırmanıcıların protein ve karbonhidrat alımlarının, antrenman yapan atletler için önerilen miktarların belirgin şekilde altında olduğunu ve bunun performanslarına yansıyabileceğini ifade etmişlerdir. *Neufeld ve Meyers (2018)* tırmanıcılar üzerinde yaptıkları çalışmada tırmanıcıların ihtiyaç duydukları kalori miktarının oldukça altında beslendiklerini ve bu durumun antrenman performanslarını etkileyebileceklerini ifade etmişlerdir. *Neufeld ve Meyers (2018)* çalışmalarının sonuçlarında, beslenme planının antrenman özellikleri ile uyumlu olmasının sakatlanma risklerini azaltacağı gibi antrenman kalitesini de etkileyeceğini vurgulanmıştır. Atletik performansın istenilen seviyelere ulaşması ve bu noktada sürdürülebilmesinin ancak doğru antrenman yöntemleri ile mümkün olduğu bir gerçektir. Ancak tek başına ‘doğru antrenman’ yapıyor olmak, antrenmanın tırmanıcının metabolizması üzerinde yarattığı/yaratacağı katabolik etkinin giderilebilmesi adına yeterli olmayacağı da düşünülmektedir. Bu nedenle, daha önce de sözünü ettiğimiz gibi optimal dinlenme/toparlanma ile birlikte en uygun beslenme/diyet şeklinin de büyük önem taşıdığını söyleyebiliriz. Tırmanıcıların beslenme alışkanlıkları ile ilgili literatür bilgisinin oldukça kısıtlı olması konuyu detaylıca tartışmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle detaylı çalışmaların yapılmasının literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kuvvet ve güç tüm branşlarda atletik performans açısından büyük önem taşımaktadır. Kas kuvveti, bir kas lifinin veya kas grubunun güç üretebilme kapasitesi olarak tanımlanabilirken, kas gücünün tanımında kuvvet ve hız bileşenleri bulunmaktadır (Wang

ve ark., 2017). Birçok spor dalında kas kuvvetinin belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok tercih edilen ise 1 tekrar maksimum (1TM) kaldırabilme kapasitesidir (Niewiadomski ve ark., 2008). 1TM alt ekstremité için squat hareketi ile belirlenebilmekteyken, üst ekstremité için bench-press hareketi sıklıkla kullanılmaktadır (Duncan ve ark., 2014). Ancak 1TM ölçümleri yapmak hem zaman açısından uzun bir protokol olması hem de uygulamanın kolay olmaması açısından pek de pratik bir yöntem değildir. Bu nedenle bazı çalışmalar 1TM testi yerine 4-6TM testlerinin yapıp 1TM'nin hesaplanmasını daha güvenilir ve geçerli olduğunu ifade etmektedir. Bu anlamda 4-6TM hem uygulama kolaylığı hem de sakatlanma riskine karşı daha güvenli olması açısından oldukça kullanışlı ve güvenilir olduğu söylenmektedir (Dohoney ve ark., 2002). Bu nedenlerle araştırmacılar uygulaması daha pratik, geçerli, güvenli ve tekrar edilebilir olan yöntemleri tercih edebilmektedirler. Baumgartner ve ark (2002) çalışmalarında aktif olarak antrenman yapan üniversite öğrencileri ile yaptıkları çalışmalarında sınav test sonuçları ile üst ekstremité kuvvet ve dayanıklılığının yüksek seviyede ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında vücut ağırlığını üst ekstremité ile taşımakla yükümlü olan genç atletlerde bu verilerin oldukça geçerli olabileceğini vurgulamışlardır. Hashim ve ark (2018) özellikle aktif erkeklerde sınav test sonuçları ile göğüs pres hareketi test sonuçları arasında yüksek korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalarının sonuçlarına göre sınav test sonuçları erkeklerde kas kuvvetinin ve dayanıklılığının belirlenmesinde geçerli bir yöntem olabileceğini vurgulamışlardır. Bu bilgiler ışığında sınav gibi uygulaması basit testlerin üst ekstremité kuvvetinin tanımlanmasında kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak genç sporcularda 1TM ile 1 dakika maksimum sınav sayısı arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada sınav sayısının üst ekstremité kuvvetini belirlemede geçerli bir yöntem olamayacağını ifade edilmiştir (Mayhew ve ark., 1991). Çalışkan ve Yayla (2021) genç sporcularda motorik özelliklerin birbirleriyle olan ilişkilerini inceledikleri bir çalışmada 30 saniye sınav ve 30 saniye mekik testleri uygulamışlardır. Çalışmalarında anaerobik güç ile sınav ve mekik verileri arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını tespit etmişlerdir. Konu ile ilgili literatür sonuçları arasında büyük farklılıkların olması ve tutarsız sonuçların görülmesi oldukça düşündürücüdür. Öyle ki sınav test sonuçlarının performansın tanımlanmasında kullanılması ile ilgili güvenilirlik-geçerlilik çalışmaları bu testin, yaş, cinsiyet, ekstremité

oryantasyonu, ölçen kişinin bakış açısı, ölçülen atletin kıyafeti gibi birçok faktörden etkilendiğini ifade etmektedir (Baumgartner ve ark., 2002). Bu nedenle tek başına şınav ya da mekik gibi testlerin performans bileşeni olarak kullanılması sakıncalı görülmektedir. *Bıldırın ve ark (2017)* yüzücülerde yapmış oldukları bir çalışmada, genç yüzücülerin performans bileşenlerini 5 ay boyunca takip etmişlerdir. Bu süreç boyunca tekrarladıkları ölçümlerde şınav ve mekik performanslarının büyüme/gelişmeye bağlı olarak değişiklik göstermediğini ve yüzme performansları ile ilişkili olmadığını vurgulamışlardır. Çalışmalarında şınav ve mekik sayılarının performans ölçme değerlendirme aşamasında yetersiz kalabileceğini de ifade etmişlerdir. Sözü edilen kaygıların dışında test süresinin de gerçek performansın yansıtılmasında sorun olabileceği düşünülmektedir. Öyle ki 1 dakikalık süre içerisinde çok yüksek tekrarların yapılması pek de mümkün değildir. Şınav örneğinde olduğu gibi hareket nizami uygulandığı takdirde yaklaşık 1 saniye sürüyor olması 1 dakikalık sürenin belirli bir noktada tekrar sayısı anlamında satüre olacağını işaret ediyor olabilir. Yani atlet her ne kadar kuvvetli, güçlü ya da dayanıklı olursa olsun 60 saniye gibi bir sürede çekebileceği şınav sayısı belirli bir seviyeyi geçemeyecektir. Dolayısıyla bu test bataryasının, test süresine bağlı olarak satüre olma durumu, gerçek performansın yansıtılmasına engel olabilecek bir durum olabileceği düşünülmektedir.

Tırmanış performansının ve şınav test protokolü ile ilişkisinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak *Dicle ve ark (2019)* yaptığı tırmanış yetenek seçimi test bataryası çalışmasında genç tırmanıcıların 30 saniye ve 1 dakika toplam şınav sayıları kaydedilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarında sadece kadın atletlerde tırmanış yarışma başarı puanı ile şınav test sonuçları arasında anlamlı ilişki olduğu bildirilmişken, erkek tırmanıcılarda böyle bir ilişki bulunamamıştır.

Bizim çalışmamızda da literatür ile uyumlu olarak şınav ve mekik test verileri ile tırmanış performansı arasında bir ilişkiye rastlanılmamıştır. Ancak, dinlenme protokolleri göz önünde bulundurulduğunda hem mekik hem de şınav sayıları pasif dinlenme sonrası, ön teste oranla azalmışken, bu azalmanın şınav sayısında istatistiksel olarak anlamlı olduğu dikkat çekmektedir. Pasif dinlenme sonrası, şınav sayısında görülen bu azalma eğrisi, EMS ile dinlenim protokolünden sonra yapılan testlerde görülmemiştir. Yani, EMS ile uygulanan dinlenim protokolü sonrası şınav performansı hızla normal seviyesine

dönmüştür. Bu bilgi, EMS ile dinlenim protokolünün üst ekstremité yorgunluğunun giderilmesinde etkili bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Hem pasif hem de EMS ile dinlenim öncesi ve sonrası mekik sayıları belirgin değişiklik göstermemiştir. Mekik sayılarının belirgin şekilde etkilenmemesi uygulanan TTP'nin tırmanıcıların abdominal kas gruplarında belirgin bir yorgunluğa neden olmamasından kaynaklanıyor olabilir. Standart mekik test sonuçlarının tırmanıcılarda yorgunluk ve toparlanmanın gerçekleşip gerçekleşmediğini irdelemede yeterli olmayabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle tırmanıcılarda abdominal yorgunluğun ve toparlanmanın belirlenmesi için farklı bir test bataryasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

- Bu çalışmada araştırma grubumuzu oluşturduğumuz spor tırmanıcılarda uyguladığımız tırmanış test protokolü (TTP) ile toplam hamle sayılarının radikal şekilde azaldığı, asılma performanslarının sürdürülemediği, saha testlerinin negatif etkilendiği, nabız ve algılanan zorluk değerlerinin belirgin şekilde değiştiği görülmüştür. Dolayısıyla 1:1 oranında tırmanış ve dinlenmeden oluşan 15 setlik uygulamanın hacimsel olarak yorgunluğu belirgin seviyede oluşturmaya yettiği gösterilmiştir.
- Yorgunluk sonrası 2-4-6-5-4-3-2-1 Hz'den oluşan düşük frekanslı dörtgen formülü simetrik bifazik akım 50 dakika boyunca önkol kas grubuna uygulanmıştır. EMS ile uygulanan bu dinlenme protokolünün tırmanış performansını belirleyen bazı değişkenler üzerinde olumlu etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. EMS ile dinlenme protokolünün pasif dinlenme protokolüne oranla, toparlanma üzerinde olumlu etkilerinin çok daha belirgin olduğu gösterilmiştir.
- Bu bilgilerden hareketle; tekrarlayan tırmanış uygulamaları arasında, yarışmalarda iki tırmanış arasındaki dinlenme sırasında, yüksek hacimli antrenmanlar sırasında dinlenme evrelerinde, aynı gün içinde çift antrenman yapıldığı durumlarda birimler arasında uygulanan toparlanma protokolü olarak EMS'nin seçilmesinin sergilenecek olan performans üzerinde olumlu etkileri olabileceğini söylemek mümkündür. Özellikle yüksek şiddetli antrenman içeriklerinin tekrarlanmasının söz konusu olduğu durumlarda EMS'nin, pasif toparlanma protokolüne oranla çok daha başarılı sonuçların elde edilmesine yardımcı olacağı gösterilmiştir.
- Uygulanan tırmanış test protokolü sonrası verilen 50 dakikalık dinlenme süresinin düşük şiddette iş yapabilme kapasitesinin yeniden kazanılmasına büyük ölçüde destek verdiği gösterilmiştir. Ancak yapılacak olan işin şiddetinin artması ile birlikte EMS toparlanma protokolünün belirginliği ön plana çıkmıştır.
- Olimpik oyunlarda tırmanış yarışmalarının (hız, kısa kaya ve lider tırmanış) görece daha kısa aralıklarla yapılıyor olması, sporcuların daha hızlı toparlanmalarını gerekli kılmaktadır. Bu noktadan hareketle çalışmamızda kullandığımız EMS protokolünün toparlanmada yardımcı olabileceği gösterilmiştir.

- Tırmanış test protokolü sonrası uygulanan EMS protokolü hem pratikliği, hem ulaşılmasının kolay olması hem de oldukça basit bir yöntem olması ile dikkat çekmektedir. Bu özellikleri ile tüm yarışmalarda uygulanabilir olmasının yarışmacı tırmanıcılar açısından büyük önem taşıdığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, cihazın hafif ve küçük olması da doğada yapılan gerçek kaya tırmanışlarında da kullanılabilir olabileceğini düşündürmektedir.



7. ÇALIŞMANIN SINIRLILIKLARINA DAİR

- Çalışmamız başlangıç aşamasında, yoğun tırmanış sırasında ve sonrasında yorgunluğun tanımlanmasında ve toparlanma protokolleri arasındaki farkların belirlenmesinde kan örneklerinin alınması ve bir takım hormonal değişikliklerin incelenmesi olarak tasarlanmıştır. Söz konusu bu tasarım aşaması düşük şiddetli elektrik akımlarının endorfin salınımı üzerinde etkilerinin olabileceği yönünde hipotez üzerine şekillenmiştir.
- Çalışmanın başlangıç aşamasında toplamda 74 tırmanıcı ile iletişime geçildi ve çalışmanın detayları ve yapılacak olan ölçümler ile ilgili bilgi verildi. Bu aşamadan sonra 42 kişi çalışmamızda gönüllü olmak istediğini bildirdi.
- Ancak bu dönem Amerika için COVID-19 vakalarının görülmeye başladığı 2020 yılının Şubat ayına denk gelmektedir.
- 11 Mart 2020 tarihinde ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) COVID-19 salgının tüm dünyaya yayıldığını ve bu salgının Pandemi olarak sınıflandırılacağını ilan etti. 13 Mart 2020 tarihinde ise Amerika COVID-19 salgınının ulusal sağlığı tehdit ettiğini duyurdu ve sağlık alanında ulusal acil durum ilan edildi. Bu tarihten itibaren işi bırakmak zorunda kaldım. Bir hafta sonra Amerikan Hükümeti işten çıkmak zorunda kalanlara pandemi yardımı yapacağını duyurdu ve ben de bu sayede pandemi nedeniyle işsiz olduğum süre boyunca devlet yardımı alarak tezim için gerekli zamanı ayırabildim.
- Çalışmanın ilk ölçümleri başlamadan 2 hafta önce COVID-19 nedeniyle sokağa çıkma yasakları ilan edildi ve çalışmanın yürütüleceği tırmanış salonu açılış tarihi belirsiz bir şekilde kapatıldı. 1 ay kadar süreyle tam kapanma süreci ilan edildi ve yurt içi-yurt dışı tüm seyahatler de dâhil olmak üzere her türlü sportif-sosyal aktivite süresiz olmak üzere ertelendi. IOC, 2020 Tokyo Olimpiyat oyunlarını 2021 yılında bir tarihte yapılmak üzere ertelediğini duyurdu.
- 2 ay kadar sonra yasaklarının hafifletilmesiyle çalışmanın detayları ile ilgili yeniden organizasyon yapıldı ve çalışmaya katılmaya karar veren tırmanıcılarla yeniden iletişime geçildi. Çalışmaya katılacağını bildiren 42 kişiden 19'u COVID-19 pozitif olduğunu ve çalışmaya katılamayacaklarını bildirdiler. Yakinen tanıdığım 4 tırmanıcı hastalığı çok ağır geçirdiklerini ve çalışmada yer alamayacaklarını bildirdiler. Bu dönemde 15 tırmanıcının antropometrik ölçümleri alındı.

- Yasakların hafifletilmesiyle birlikte tırmanış salonu açıldı. Ancak, hükümetin aldığı yeni kararlar dâhilinde salonun çalışma saatleri içerisinde sınırlı sayıda tırmanıcıyı en fazla 2 saatlik periyotlar halinde salona almayı kabul ettiler. CDC'nin onayladığı maske tipinden kullanmak (O dönemde maske bulmak neredeyse imkânsızdı...) şartıyla ve her tırmanıcının arasında en az 3 rota (yaklaşık 10 metre mesafe) olacak şekilde tırmanışa izin verildi. Dolayısıyla her bir tırmanıcı için yaklaşık 4 saat sürecek olan ölçümler için almış olduğum izinler geçersiz hale geldi.
- Bu aşamada çalışmamız oldukça büyük bir risk içerisine girmişti. Öyle ki tırmanış salonu ölçümler için kullanılamayacaktı. Bu durumda projenin içerisinde bulunan uzun duvar tırmanışını değiştirilmesi gerekmekteydi. Bu nedenle tez çalışmasında uzun duvar tırmanışı yerine uluslararası standartlara sahip olan TensionBoard tırmanış duvarı kullanıldı. Bu sorundan ötürü, tez çalışmamızın temel taslağını oluşturan yaklaşık 70 sayfalık çalışmaya tamamen yeniden başlamak durumunda kalındı.
- Bir diğer sorun da alınacak olan kan örneklerinin analiziyle ilgili karşımıza çıktı. Hastaneler tam kapasite COVID-19 vakaları ile çalıştıkları için kan testlerinin yapılması imkânsız hale gelmişti. Dolayısıyla kan örnekleri alımı da iptal edilerek yerine geçerliliği tanımlanmış saha testlerinin kullanılması ile çalışmamız sürdürülerek ölçümler tamamlandı.

8. KAYNAKLAR

Adams, G. R., Harris, R. T., Woodard, D., & Dudley, G. A. Mapping of electrical muscle stimulation using mri. *Journal of applied physiology*. 1993; 74 (2): 532-537.

Ahmaidi, S., Granier, P., Taoutaou, Z., Mercier, J., Dubouchaud, H., & Prefaut, C. Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996; 28 (4): 450-456.

Aldayel, A., Jubeau, M., McGuigan, M., & Nosaka, K. Comparison between alternating and pulsed current electrical muscle stimulation for muscle and systemic acute responses. *Journal of Applied Physiology*. 2010.

Allen, D. Skeletal muscle function: Role of ionic changes in fatigue, damage and disease. *Clinical and experimental pharmacology and physiology*. 2004; 31 (8): 485-493.

Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms. *Physiological reviews*. 2008.

Amca, A. M., Vigouroux, L., Aritan, S., & Berton, E. Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of sports sciences*. 2012; 30 (7): 669-677.

Arkko, P., Pakarinen, A., & Kari-Koskinen, O. Effects of whole body massage on serum protein, electrolyte and hormone concentrations, enzyme activities, and hematological parameters. *International journal of sports medicine*. 1983; 4 (04): 265-267.

Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S., & Magalhães, J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of sports sciences*. 2011; 29 (3): 217-225.

Åstrand, P.-O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise: Human kinetics; 2003, p:

Babault, N., Cometti, C., Maffiuletti, N. A., & Deley, G. Does electrical stimulation enhance post-exercise performance recovery? *European journal of applied physiology*. 2011; 111 (10): 2501-2507.

Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M., & Chatard, J.-C. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007; 21 (2): 431-437.

Babkin, D., & Timtsenko, N. (1977). Notes from dr. Kots'(ussr) lectures and laboratory periods. Paper presented at the Canadian-Soviet exchange symposium on electrostimulation of skeletal muscle.

Balady, G. J. Acsm's guidelines for exercise testing and prescription. Am. Coll. of Sports Med. 2000.

Baláš, J., Mrskoč, J., Panáčková, M., & Draper, N. Sport-specific finger flexor strength assessment using electronic scales in sport climbers. Sports Technology. 2014; 7 (3-4): 151-158.

Baláš, J., Pecha, O., Martin, A. J., & Cochrane, D. Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. European Journal of Sport Science. 2012; 12 (1): 16-25.

Banfi, G., Lombardi, G., Colombini, A., & Melegati, G. Whole-body cryotherapy in athletes. Sports medicine. 2010; 40 (6): 509-517.

Barnett, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. Sports medicine. 2006; 36 (9): 781-796.

Baumgartner, T. A., Oh, S., Chung, H., & Hales, D. Objectivity, reliability, and validity for a revised push-up test protocol. Measurement in Physical Education and Exercise Science. 2002; 6 (4): 225-242.

Beaudreau, S. A., & Finger, S. Medical electricity and madness in the 18th century: The legacies of benjamin franklin and jan ingenhousz. Perspectives in biology and medicine. 2006; 49 (3): 330-345.

Bergua, P., Montero-Marin, J., Gomez-Bruton, A., & Casajús, J. A. Hanging ability in climbing: An approach by finger hangs on adjusted depth edges in advanced and elite sport climbers. International Journal of Performance Analysis in Sport. 2018; 18 (3): 437-450.

Bieuzen, F., Borne, R., Toussaint, J.-F., & Hausswirth, C. Positive effect of specific low-frequency electrical stimulation during short-term recovery on subsequent high-intensity exercise. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2014; 39 (2): 202-210.

Bıldırcın, C. Ç., ERYILMAZ, S. K., ÖZDEMİR, Ç., KILCI, A., ÖZDEMİR, H., ASKERİ, N., . . . KURDAK, S. S. Genç milli ve tohm takımı kadın yüzücülerin serbest teknik yüzme performanslarının sualtı analizi ile karşılaştırılması. Spor Bilimleri Dergisi. 2017; 28 (2): 91-102.

Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., & Janel, N. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. The Journal of sports medicine and physical fitness. 1995; 35 (1): 20-24.

Billot, M., Martin, A., Paizis, C., Cometti, C., & Babault, N. Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010; 24 (5): 1407-1413.

Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. Recovery from training: A brief review: Brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008; 22 (3): 1015-1024.

Bolonchuk, W., Hall, C., Lukaski, H., & Siders, W. Relationship between body composition and the components of somatotype. *American Journal of Human Biology*. 1989; 1 (3): 239-248.

Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. Periodization-: Theory and methodology of training: Human kinetics; 2019, p:

Bonett, D. G., & Wright, T. A. Sample size requirements for estimating pearson, kendall and spearman correlations. *Psychometrika*. 2000; 65 (1): 23-28.

Booth, J., Marino, F., Hill, C., & Gwinn, T. Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *British journal of sports medicine*. 1999; 33 (1): 14-18.

Borg, G. Borg's perceived exertion and pain scales: Human kinetics; 1998, p:

Borne, R., Hausswirth, C., & Bieuzen, F. Relationship between blood flow and performance recovery: A randomized, placebo-controlled study. *International journal of sports physiology and performance*. 2017; 12 (2): 152-160.

Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., . . . Gregson, W. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*. 2017; 12 (s2): S2-161-S162-170.

Budgett, R. Fatigue and underperformance in athletes: The overtraining syndrome. *British journal of sports medicine*. 1998; 32 (2): 107-110.

Carter, J. (2002). The heath-carter anthropometric somatotype. In: CD-Rom.

CHEN, M. J, fan x, moe s t. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *j Sports Sci*. 2002; 20: 873-899.

Cheung, K., & Patria, A. Maxwell linda. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports med*. 2003; 33 (2): 145-164.

Cheung, S. S., & Ainslie, P. N. Advanced environmental exercise physiology: Human Kinetics; 2021, p:

Cheung, W. W., Tong, K. K., Morrison, A. B., Leung, R. W., Kwok, Y.-L., & Wu, S. Anthropometrical and physiological profile of chinese elite sport climbers. *Medicina Sportiva*. 2011; 15 (1): 23.

Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2002; 81 (11): S52-S69.

Cooper, K., Martin, S., & Riben, P. Respiratory and other responses in subjects immersed in cold water. *Journal of applied physiology*. 1976; 40 (6): 903-910.

Corder, K. P., Potteiger, J. A., Nau, K. L., Figoni, S. F., & Hershberger, S. L. Effects of active and passive recovery conditions on blood lactate, rating of perceived exertion, and performance during resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2000; 14 (2): 151-156.

Cortis, C., Tessitore, A., D'Artibale, E., Meeusen, R., & Capranica, L. Effects of post-exercise recovery interventions on physiological, psychological, and performance parameters. *International journal of sports medicine*. 2010; 31 (05): 327-335.

Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of science and medicine in sport*. 2009; 12 (1): 79-84.

Crowe, M., O'Connor, D., & Rudd, D. Cold water recovery reduces anaerobic performance. *International journal of sports medicine*. 2007; 28 (12): 994-998.

Çakır, E., & Şenel, Ö. Effect of cold water immersion on performance. *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 2017.

Çalışkan, D., & Yayla, T. 8-10 yaş judocularında bazı motorik özellikler arasındaki ilişkisinin incelenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*. 2021; 4 (2): 15-21.

Davis, J. M., & Bailey, S. P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 1997; 29 (1): 45-57.

de Geus, B., O'Driscoll, S. V., & Meeusen, R. Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*. 2006; 98 (5): 489-496.

Deley, G., Cometti, C., Fatnassi, A., Paizis, C., & Babault, N. Effects of combined electromyostimulation and gymnastics training in prepubertal girls. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011; 25 (2): 520-526.

Deyhle, M. R., Hsu, H.-S., Fairfield, T. J., Cadez-Schmidt, T. L., Gurney, B. A., & Mermier, C. M. Relative importance of four muscle groups for indoor rock climbing performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015; 29 (7): 2006-2014.

Dicle, A., BILDIRCIN, C. Ç., Güler, Ö., Mehmet, G., & Fırat, A. Spor tirmanış yetenek seçilmiş test bataryası örneği. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2019; 17 (2): 41-52.

Dohoney, P., Chromiak, J. A., Lemire, D., Abadie, B. R., & Kovacs, C. Prediction of one repetition maximum (1-rm) strength from a 4-6 rm and a 7-10 rm submaximal strength test in healthy young adult males. *J Exerc Physiol.* 2002; 5 (3): 54-59.

Došla, J., & Meško, J. Selected anthropometric parameters of climbers.

Draper, N., Giles, D., Schöffl, V., Konstantin Fuss, F., Watts, P., Wolf, P., . . . Fryer, S. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International rock climbing research association position statement. *Sports Technology.* 2015; 8 (3-4): 88-94.

Duhamel, T., Green, H., Perco, J., & Ouyang, J. Metabolic and sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} cycling responses in human muscle 4 days following prolonged exercise. *Canadian journal of physiology and pharmacology.* 2005; 83 (7): 643-655.

Duncan, M. J., Weldon, A., & Price, M. J. The effect of sodium bicarbonate ingestion on back squat and bench press exercise to failure. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2014; 28 (5): 1358-1366.

Enoka, R. M. Activation order of motor axons in electrically evoked contractions. *Muscle & nerve.* 2002; 25 (6): 763-764.

Eston, R. Use of ratings of perceived exertion in sports. *International journal of sports physiology and performance.* 2012; 7 (2): 175-182.

Field, T. M. Massage therapy effects. *American Psychologist.* 1998; 53 (12): 1270.

Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. Electromyostimulation—a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2012; 26 (9): 2600-2614.

Franklin, B. A., Whaley, M. H., Howley, E. T., & Balady, G. J. *Acsm's guidelines for exercise testing and prescription.* American college of sports medicine: Lippincott Williams & Wilkins; 2000, p:

Fryer, S. M., Giles, D., Palomino, I. G., de la O Puerta, A., & España-Romero, V. Hemodynamic and cardiorespiratory predictors of sport rock climbing performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2018; 32 (12): 3534-3541.

Gajdošík, J., Baláš, J., & Draper, N. Effect of height on perceived exertion and physiological responses for climbers of differing ability levels. *Frontiers in Psychology.* 2020; 11: 997.

Galvez, J. M., Alonso, J. P., Sangrador, L. A., & Navarro, G. Effect of muscle mass and intensity of isometric contraction on heart rate. *Journal of applied physiology*. 2000; 88 (2): 487-492.

Gibson, A. S. C., & Noakes, T. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British journal of sports medicine*. 2004; 38 (6): 797-806.

González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., . . . Pareja-Blanco, F. Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. *International journal of sports medicine*. 2016; 37 (04): 295-304.

Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of sports sciences*. 1996; 14 (4): 301-309.

Grant, S., Shields, C., Fitzpatrick, V., LOH, M., Whitaker, A., Watt, I., & Kay, J. Climbing-specific finger endurance: A comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of Sports Sciences*. 2003; 21 (8): 621-630.

Green, H. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of sports sciences*. 1997; 15 (3): 247-256.

Gregory, C. M., & Bickel, C. S. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Physical therapy*. 2005; 85 (4): 358-364.

Guyton, A. C., & John, E. Hall textbook of medical physiology. Jackson, Mississippi: Saunders Elsevier. 2011.

Häkkinen, K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *International journal of sports medicine*. 1993; 14 (02): 53-59.

Halson, S. L., & Jeukendrup, A. E. Does overtraining exist? *Sports medicine*. 2004; 34 (14): 967-981.

Harris, R., Edwards, R., Hultman, E., Nordesjö, L., Nylind, B., & Sahlin, K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Archiv*. 1976; 367 (2): 137-142.

Harriss, D., MacSween, A., & Atkinson, G. Ethical standards in sport and exercise science research: 2020 update. *International journal of sports medicine*. 2019; 40 (13): 813-817.

Hashim, A., Ariffin, A., Hashim, A. T., & Yusof, A. B. Reliability and validity of the 90° push-ups test protocol. *International Journal of Scientific Research and Management*. 2018; 6 (06).

Hausswirth, C., & Mujika, I. Recovery for performance in sport: *Human Kinetics*; 2013, p:

Hayward, J., & Eckerson, J. Physiological responses and survival time prediction for humans in ice-water. *Aviation, space, and environmental medicine*. 1984; 55 (3): 206-211.

Hemmings, B., Smith, M., Graydon, J., & Dyson, R. Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. *British journal of sports medicine*. 2000; 34 (2): 109-114.

Henneman, E. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science*. 1957; 126 (3287): 1345-1347.

Henneman, E. Somjen g, and carpenter do. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol*. 1965; 28: 560-580.

Heyman, E., De Geus, B., Mertens, I., & Meeusen, R. Effects of four recovery methods on repeated maximal rock climbing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009; 41 (6): 1303-1310.

Hilbert, J. E., Sforzo, G. A., & Swensen, T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001; 33 (5): S123.

Hultman, E., Spriet, L., & Söderlund, K. Biochemistry of muscle fatigue. *Biomedica biochimica acta*. 1986; 45 (1-2): S97-106.

Janot, J. M., Steffen, J. P., Porcari, J. P., & Maher, M. A. Heart rate responses and perceived exertion for beginner and recreational sport climbers during indoor climbing. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2000; 3 (1).

Kaçoğlu, C., & Mehmet, K. Elektromyostimülasyon ile ilgili elektriksel akım parametreleri ve metodolojisi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2015; 10 (2): 34-47.

Kaçoğlu, C., & Mehmet, K. Elektriksel kas uyarımlarının biyokimyasal, fizyolojik ve nöral mekanizması. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2019; 17 (1): 1-19.

Karvonen, J., & Vuorimaa, T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports medicine*. 1988; 5 (5): 303-311.

Kaya, F., & Erzeybek, M. S. Electrical muscle stimulation and its use for sports training programs: A review. 2016.

Keatinge, W. Mcilroy mb, and goldfien a. Cardiovascular responses to ice-cold showers. J Appl Physiol. 1964; 19: 1145-1150.

Kent-Braun, J. A. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1999; 80 (1): 57-63.

Kenttä, G., & Hassmén, P. Overtraining and recovery. Sports medicine. 1998; 26 (1): 1-16.

Kots, Y., & Xvilon, V. Trenirovka mishechnoj sili metodom elektrostimulatsii: Soobschenie 2, trenirovka metodom elektricheskogo razdrazenii mishechi. Teor Pract Fis Cult. 1971; 4: 66-72.

Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. Optimizing strength training: Designing nonlinear periodization workouts: Human Kinetics; 2007, p:

Kreider, R., Drinkard, B., Cortes, C., Lester, C., Somma, T., Woodhouse, M., & Shall, S. L. 597 effects of post-event massage therapy on muscle recovery and performance in repeated ultraendurance cycling t. Drews. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1990; 22 (2): S101.

Lake, D. A. Neuromuscular electrical stimulation. Sports medicine. 1992; 13 (5): 320-336.

Lattier, G., Millet, G., Martin, A., & Martin, V. Fatigue and recovery after high-intensity exercise part ii: Recovery interventions. International journal of sports medicine. 2004; 25 (07): 509-515.

Lin, Y. Circulatory functions during immersion and breath-hold dives in humans. Undersea biomedical research. 1984; 11 (2): 123-138.

Lohman, T., Roche, A. F., & Martorell, R. Anthropometric standardization reference manual. Ed. Champaign IL: Human Kinetics Books. 1988.

Lutter, C., Tischer, T., Hotfiel, T., Frank, L., Enz, A., Simon, M., & Schöffl, V. Current trends in sport climbing injuries after the inclusion into the olympic program. Analysis of 633 injuries within the years 2017/18. Muscles, Ligaments & Tendons Journal (MLTJ). 2020; 10 (2).

Maciá, D. Planificación del entrenamiento en escalada deportiva: Desnivel; 2005, p:

Maffiuletti, N., Gometti, C., Amiridis, I., Martin, A., Pousson, M., & Chatard, J.-C. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*. 2000; 21 (06): 437-443.

Maffiuletti, N. A. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European journal of applied physiology*. 2010; 110 (2): 223-234.

Maffiuletti, N. A. Electrostimulation related recovery strategies. *Aspetar Sport Medicine Journal*. 2015; (Targeted Topic – Post Exercise Recovery).

Malone, J. K., Blake, C., & Caulfield, B. M. Neuromuscular electrical stimulation during recovery from exercise: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014; 28 (9): 2478-2506.

Mayhew, J., Ball, T., Arnold, M., & Bowen, J. Push-ups as a measure of upper body strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 1991; 5 (1): 16-21.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. *Essentials of exercise physiology*: Lippincott Williams & Wilkins; 2006, p:

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance*: Lippincott Williams & Wilkins; 2010, p:

Meeusen, R., Watson, P., & Dvorak, J. The brain and fatigue: New opportunities for nutritional interventions? *Journal of sports sciences*. 2006; 24 (07): 773-782.

Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. Physiological and anthropometric determinants of. 2000.

Mermier, C. M., Robergs, R. A., McMinn, S. M., & Heyward, V. H. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British journal of sports medicine*. 1997; 31 (3): 224-228.

Mitra, P. K. *Handbook of practical electrotherapy*; 2006, p:

Monedero, J., & Donne, B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *International journal of sports medicine*. 2000; 21 (08): 593-597.

Morgan, W. Brown dr, raglin js, o'connor pj, and ellickson ka. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br J Sports Med*. 1987; 21: 107-114.

Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., Viana, J. L., & Marinho, D. A. Effects of 10 min vs. 20 min passive rest after warm-up on 100 m freestyle time-trial performance: A randomized crossover study. *Journal of science and medicine in sport*. 2017; 20 (1): 81-86.

Neufeld, E. E., & Meyers, M. C. Nutritional status of rock climbers: 1286 board# 94 may 31 8: 00 am-9: 30 am. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018; 50 (5S): 303.

Niewiadomski, W., Laskowska, D., Gąsiorowska, A., Cybulski, G., Strasz, A., & Langfort, J. Determination and prediction of one repetition maximum (1rm): Safety considerations. *J Hum Kinet*. 2008; 19 (1): 109-120.

Noakes, T. *Lore of running: Human Kinetics*; 2003, p:

Parent, A. Duchenne de boulogne: A pioneer in neurology and medical photography. *Canadian journal of neurological sciences*. 2005; 32 (3): 369-377.

Paruzel-Dyja, M., Walaszczyk, A., & Iskra, J. Elite male and female sprinters'body build, stride length and stride frequency. *Studies in Physical Culture & Tourism*. 2006; 13 (1).

Peckham, P. H., & Knutson, J. S. Functional electrical stimulation for neuromuscular applications. *Annu. Rev. Biomed. Eng*. 2005; 7: 327-360.

Pichon, F., Chatard, J.-C., Martin, A., & Cometti, G. Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 1995; 27 (12): 1671-1676.

Pind, R., & Mäestu, J. Monitoring training load: Necessity, methods and applications. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*. 2017; 23: 7-18.

Piras, A., Cortesi, M., Campa, F., Perazzolo, M., & Gatta, G. Recovery time profiling after short-, middle-and long-distance swimming performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019; 33 (5): 1408-1415.

Plowman, S. A., & Smith, D. L. *Exercise physiology for health fitness and performance: Lippincott Williams & Wilkins*; 2013, p:

Porcari, J. P., McLean, K. P., Foster, C., Kernozek, T., Crenshaw, B., & Swenson, C. Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002; 16 (2): 165-172.

Pournot, H., Bieuzen, F., Duffield, R., Lepretre, P.-M., Cozzolino, C., & Hausswirth, C. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *European journal of applied physiology*. 2011; 111 (7): 1287-1295.

Przeliorz-Pyszczyk, A., Gołabek, K., & Regulska-Ilow, B. Evaluation of the relationship of the climbing level of sport climbers with selected anthropometric indicators and diet composition. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. 2019; 28 (4): 15-26.

Richmond, S. R., & Godard, M. P. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004; 18 (4): 846-849.

Roger, W. E., & Thomas, R. B. (2008). *Essentials of strength training and conditioning/national strength and conditioning association*. In: editors.

Rowell, L. B., O'Leary, D. S., & Kellogg Jr, D. L. Integration of cardiovascular control systems in dynamic exercise. *Comprehensive physiology*. 2010: 770-838.

Rowell, G. J., Coutts, A. J., Reaburn, P., & Hill-Haas, S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *Journal of sports sciences*. 2009; 27 (6): 565-573.

Sahlin, K. Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*. 1986; 556: 83-91.

Sayers, S. P., & Clarkson, P. M. Force recovery after eccentric exercise in males and females. *European journal of applied physiology*. 2001; 84 (1): 122-126.

Schoeffl, V., Klee, S., & Strecker, W. Evaluation of physiological standard pressures of the forearm flexor muscles during sport specific ergometry in sport climbers. *British journal of sports medicine*. 2004; 38 (4): 422-425.

Schöffl, V., Hochholzer, T., Winkelmann, H. P., & Strecker, W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2003; 14 (2): 94-100.

Schöffl, V., Möckel, F., Köstermeyer, G., Roloff, I., & Küpper, T. Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *International journal of sports medicine*. 2006; 27 (03): 205-211.

Schwellnus, M. P., Jeans, A., Motaung, S., & Swart, J. Exercise and infections. *The Olympic textbook of medicine in sport*. 2008: 344-364.

Seifert, L., Wolf, P., & Schweizer, A. *The science of climbing and mountaineering*: Routledge; 2016, p:

Seyri, K. M., & Maffiuletti, N. A. Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength & Conditioning Journal*. 2011; 33 (1): 70-75.

Sharma, L., Hussain, M. E., & Verma, S. Effect of recovery modalities on blood lactate clearance. *Saudi Journal of Sports Medicine*. 2017; 17 (2): 65.

Sheel, A. Physiology of sport rock climbing. *British journal of sports medicine*. 2004; 38 (3): 355-359.

Smetanka, R. Heart rate response, duration, grip strength, and anthropometric characteristics in recreational indoor rock climbers. 2019.

Spierer, D., Goldsmith, R., Baran, D., Hryniewicz, K., & Katz, S. Effects of active vs. Passive recovery on work performed during serial supramaximal exercise tests. *International journal of sports medicine*. 2004; 25 (02): 109-114.

Taylor, A., Bronks, R., Smith, P., & Humphries, B. Myoelectric evidence of peripheral muscle fatigue during exercise in severe hypoxia: Some references to m. Vastus lateralis myosin heavy chain composition. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1997; 75 (2): 151-159.

Taylor, T., West, D. J., Howatson, G., Jones, C., Bracken, R. M., Love, T. D., . . . Kilduff, L. P. The impact of neuromuscular electrical stimulation on recovery after intensive, muscle damaging, maximal speed training in professional team sports players. *Journal of science and medicine in sport*. 2015; 18 (3): 328-332.

Tessitore, A., Meeusen, R., Cortis, C., & Capranica, L. Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007; 21 (3): 745-750.

Valenzuela, P. L., de la Villa, P., & Ferragut, C. Effect of two types of active recovery on fatigue and climbing performance. *Journal of sports science & medicine*. 2015; 14 (4): 769.

Vanderthommen, M., & Duchateau, J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exercise and sport sciences reviews*. 2007; 35 (4): 180-185.

Wang, R., Hoffman, J. R., Sadres, E., Bartolomei, S., Muddle, T. W., Fukuda, D. H., & Stout, J. R. Evaluating upper-body strength and power from a single test: The ballistic push-up. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017; 31 (5): 1338-1345.

Ward, A. R., & Shkuratova, N. Russian electrical stimulation: The early experiments. *Physical therapy*. 2002; 82 (10): 1019-1030.

Watts, P., Daggett, M., Gallagher, P., & Wilkins, B. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International journal of sports medicine*. 2000; 21 (03): 185-190.

Watts, P., Joubert, L., Lish, A., Mast, J., & Wilkins, B. Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British journal of sports medicine*. 2003; 37 (5): 420-424.

Wilkie, D. (1986). Muscular fatigue: Effects of hydrogen ions and inorganic phosphate. Paper presented at the Federation proceedings.

Willardson, J. M. The effect of rest interval length on bench press performance with heavy versus light loads: Arizona State University; 2005, p:

Willardson, J. M., & Burkett, L. N. Acomparison of 3different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2005; 19 (1): 23-26.

Williams, J. H., & Klug, G. A. Calcium exchange hypothesis of skeletal muscle fatigue: A brief review. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine. 1995; 18 (4): 421-434.

Yaşı, B. Ç., Karayığit, R., Karabıyık, H., & Koz, M. Antrenman yükü ölçüm yöntemleri: Bilimsel yaklaşım. Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri. 2020; 12 (3).

Young-Bok, Y., & Sun-ho, K. Effect of rest method on fatigue related factors and performance after submaximal exercise. Indian Journal of Science and Technology. 2015; 8 (S1): 384-390.

9. EKLER

EK 1. Ölçümlerde kullanılan performans tanımlama formu.

Performans Tanımlama Formu

İsim:	Soyisim:	Yaş:	Deneyim:.... yıl
Boy:.....cm	Vücut Ağırlığı :...kg	Tarih:	

Asılı Kalma Testi			
	İlk deneme	İkinci deneme	Üçüncü deneme
6.8kg			
11.3kg			
18.1kg			

	Hamle Sayısı	BORG	HR		Hamle Sayısı	BORG	HR		Hamle Sayısı	BORG	HR
1.dak Tırmanış				11.dak Tırmanış				21.dak Tırmanış			
2. rest	X			12. rest	X			22. rest	X		
3.dak Tırmanış				13. dak Tırmanış				23.dak Tırmanış			
4. rest	X			14. rest	X			24. rest	X		
5.dak Tırmanış				15. dak Tırmanış				25.dak Tırmanış			
6. rest	X			16. rest	X			26. rest	X		
7.dak Tırmanış				17. dak Tırmanış				27.dak Tırmanış			
8. rest	X			18. rest	X			28. rest	X		
9.dak Tırmanış				19. dak Tırmanış				29.dak Tırmanış			
10.rest	X			20. rest	X			30. rest	X		

EK 2. Ölçümlerde kullanılan antropometri formu.

Antropometri Değerlendirme Formu

Adı: Soyadı: Yaş: Spor Yaşı:
Boy: Kilo: Tarih: Ölçüm yapılan yer:

Çap - Çevre Ölçümleri		
Biceps çevre		cm
Biceps Fleks. Çevre		cm
Ön kol çevresi		cm
Üst bacak çevre		cm
Uyluk Çevre		cm
Baldır çevre		cm
Omuz çapı		cm
Pelvis çapı		cm
Dirsek çapı		cm
El bileği çapı		cm
Diz çapı		cm
Ayak bileği Çapı		cm
El uzunluğu		cm
Ayak uzunluğu		cm
Maksimum mekik sayısı 1.dak	30sn: 1.dak:	
Maksimum şınav sayısı 1.dak	30sn: 1.dak:	
Derialtı Yağ Ölçümleri		
Subskapular skinfold		mm
Triseps skinfold		mm
Biseps skinfold		mm
Önkol skinfold		mm
Abdominal skinfold		mm
Pektoral skinfold		mm
Suprailiak skinfold		mm
Uyluk skinfold		mm
Baldır skinfold		mm

10. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı: Cemil Çağlar

Soyadı: BILDIRCIN

Doğum tarihi:

e-posta:

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum

Mezuniyet yılı

Lisans: Çukurova Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu **2013**

Yüksek Lisans: Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü **2016**

Doktora: Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü **2022**

İş Deneyimi

Görevi

Kurum

Süre (yıl-yıl)

Araştırma Görevlisi Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü 2013-2018 (istifa)

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	YÖKDİL	81.25
İspanyolca	Valensiya Üniversitesi Dil Bilimleri	85

Yayınlar ve Bildiriler:

Uluslararası Bilimsel Dergilerde Yayınlanmış Çalışmalar

1. **CEMİL CAGLAR BILDIRCIN** (2021). *Investigation of Lactate, Heart Rate and Handgrip Force Responses of Climbers*. Pol. J. Sport Tourism 2021, 28(3), 14-19 DOI: 10.2478/pjst-2021-0015
2. Aras D, Gül S, Akça F, Güllü M, Güler Özkan, **BILDIRCIN Caglar**, Arslan E, Çetinkaya G. (2020) *Four-week of local electromyostimulation training on fingerboard increases the isokinetic wrist strength and endurance. Physical education of students.* 2020;24(3):127-34. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0301>
3. OZDEMİR Cigdem, OZGUNEN Kerem, SARPEL Tunay, GUNASTI Ozgur, **BILDIRCIN Caglar**, COSKUN Funda, KURDAK S. Sadi (2017). *Monitoring the improvement of muscle performance using isokinetic dynamometry: A comparative analysis based on the full range of motion vs. the valid isokinetic sector*. Isokinetics and Exercise Science -1 (2017) 1-7 1 DOI 10.3233/IES-173137
4. OZDEMİR Cigdem, OZGUNEN Kerem, GUNASTI Ozgur, Korkmaz Eryılmaz Selcen, Kılıcı Abdullah, **BILDIRCIN Caglar**, KURDAK S. Sadi (2019). *Comparison of fat oxidation rate at crossover point during exercise among women with different body mass index*. Cukurova Med J 2019;44(1):87-92 Cukurova Medical Faculty DOI: 10.17826/cumj.450293

Ulusal Bilimsel Dergilerde Yayınlanmış Çalışmalar

1. ARAS Dicle, **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR**, GÜLER Özkan, GÜLLÜ Mehmet, AKÇA Fırat (2019) *Talent Selection Test Battery Sample For Sport Climbing (2019). Spormetre The Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 2019,17(2), 41-52 DOI: 10.33689/spormetre.556109
2. **BILDIRCIN C. Çağlar**, KORKMAZ ERYILMAZ Selcen, ÖZDEMİR Çiğdem, KILCI Abdullah, ÖZDEMİR Hakan, ASKERİ Nedim, GÜNAŞTI Özgür, COŞKUN Funda, ÖZGÜNEN Kerem T., KURDAK Sanlı Sadi (2017).

Comparision Of Young National And TOPC Team Female Swimmers' Front Crawl Swimming Performance With Underwater Analysis. Hacettepe Journal of Sport Sciences Volume XXVIII, Issue 2, 2017 (<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/368854>)

3. COŞKUN, FUNDA, Özdemir Çiğdem. Günaştı, Özgür. **Bıldircin C. Çağlar.** Özgünen, Kerem Tuncay. Kurdak, Sanlı Sadi. (2014). *The Effects of Altitude Training on Some Anthropometric and Physiological Variables of Elite Swimmers.* Original Article. *CBÜ Journal of physical education and Sport Sciences.* ISSN: 2149-1046. 2014:9(2) (<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/370609>)
4. COŞKUN, FUNDA, Özdemir Çiğdem. Günaştı, Özgür. **Bıldircin C. Çağlar.** Özgünen, Kerem Tuncay. Kurdak, Sanlı Sadi. (2014). *The Effects of Altitude on Some Physiological Variables of Elite Swimmers.* *Cukurova University Journal of Health Sciences Institute*, 2014,29(1-3):31-45

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Çalışmalar

1. **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR,** Abdullah Kılıcı, Selcen Korkmaz Eryılmaz, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2017). *Relationship between underwater gliding performance and 100 Meter Freestyle Swimming Time of Swimmers.* International Balkan Conference in Sports Sciences (IBCSS 2017). **Verbal Presentation.** Bursa. (Page 123 – 124)
2. **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR,** Abdullah Kılıcı, Funda Coşkun, Selcen Korkmaz Eryılmaz, Nedim Askeri, Hakan Özdemir, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2016). *Evaluation of Anthropometric Characteristics of Turkish Intercollegiate Sport Climbing Championships Climbers.* The 14th International Sports Sciences Congress. **Poster Presentation.** Antalya. (Page 677)
3. **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR,** Abdullah Kılıcı, Selcen Korkmaz Eryılmaz, Nedim Askeri, Hakan Özdemir, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2016). *The Effects of Six Weeks Static and Dynamic Strength Training on Male Sport Climbers' Climbing Performance.* The 14th International Sports Sciences Congress. **Poster Presentation.** Antalya. (Page 536)
4. **ÖZDEMİR HAKAN,** Selcen Korkmaz ERYILMAZ, **C.Çağlar BILDIRCIN** Abdullah KILCI, Nedim ASKERİ, Çiğdem ÖZDEMİR, Özgür GÜNAŞTI, Kerem T. ÖZGÜNEN, Sanlı Sadi KURDAK. (2016). *Comparison of young competing*

male rowers' maximal oxygen uptake and anaerobic threshold values. The 14th International Sports Sciences Congress. **Poster Presentation.** Antalya. (Page 578)

5. KILCI, ABDULLAH, Nedim ASKERİ, Selcen KORKMAZ ERYILMAZ, C.Çağlar BILDİRCİN, Çiğdem ÖZDEMİR, Özgür GÜNAŞTI, Kerem T. ÖZGÜNEN, S. Sadi KURDAK (2016). *Effects of Plyometric Trainings on Isokinetic Muscular Strength in Youth Academic League Football Players.* The 14th International Sports Sciences Congress. **Verbal Presentation.** Antalya. (Page 165)
6. BILDİRCİN, C.ÇAĞLAR, Funda Coşkun, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Abdullah Kılıcı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2015). *Relationship between Anthropometric Parameters and 100 Meter Freestyle Swimming Time of Elite Swimmers.* 13th International Sports Sciences Congress. **Poster Presentation.** Konya: Selçuk Üniversitesi. (Page 309 – 310)
7. BILDİRCİN, C.ÇAĞLAR, Funda Coşkun, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Abdullah Kılıcı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2014). *Evaluation of Anthropometric Characteristics of Turkish Canoe National Team Athletes.* 13th International Sports Sciences Congress. **Poster Presentation.** Konya Selçuk Üniversitesi. (Page 309)
8. COŞKUN, FUNDA, BILDİRCİN C. Çağlar, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2014). *The Effects of Altitude Training on Some Anthropometric and Physiological Variables of Elite Swimmers.* The 13th International Sports Sciences Congress. **Poster Presentation.** Konya Selçuk Üniversitesi.
9. COŞKUN, FUNDA, BILDİRCİN C. Çağlar, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Abdullah Kılıcı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2014). *The Effects of High Intensity Interval Training on the Peak Oxygen Uptake and Resting Metabolic Rate in Obese Women.* The 13th International Sports Sciences Congress **Verbal Presentation.** Konya: Selçuk Üniversitesi.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Çalışmalar

1. BILDİRCİN, C.ÇAĞLAR, Abdullah Kılıcı, Selcen Korkmaz Eryılmaz, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2017). *The relationship between 100m freestyle swimming and isokinetic peak torque values of young swimmers.* 6th Exercise Physiology Symposium, **Verbal Presentation.** Edirne. University of Trakya

2. **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR**, Funda Coşkun, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Abdullah Kılıcı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2015). ***Investigation of 10-13 years old swimmers' anthropometrical features.*** 8. National Sport Science Student Congress, **Poster Presentation**. Mersin: University of Mersin. (page - 290)
3. **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR**, Funda Coşkun, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Abdullah Kılıcı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2015). ***Comparisons of national female swimmers' freestyle flip turn analysis with some anthropometric features.*** 5th Exercise Physiology Symposium, **Verbal Presentation**. Konya: Selcuk University. (page - 23)
4. **BILDIRCIN, C.ÇAĞLAR**, Funda Coşkun, Çiğdem Özdemir, Özgür Günaştı, Abdullah Kılıcı, Kerem T. Özgünen, Sanlı Sadi Kurdak. (2015). ***Comparison of vertical jump and gliding test results of Turkish Olympic Preparation Center' young swimmers.*** 5th Exercise Physiology Symposium, **Poster Presentation**. Selcuk University, Konya (Page - 35)
5. GÜNAŞTI, ÖZGÜR, Özdemir, Çiğdem. Coşkun, Funda. Özgünen, Kerem Tuncay. Kılıcı, Abdullah. **Bıldırçın, C.Çağlar**. Kurdak, Sanlı Sadi. (2015). ***Evaluation of Anthropometric Measurements and Performances of young tennis players.*** 4. Exercise Physiology Symposium, **Poster Presentation**. Selcuk University, Konya.
6. GÜNAŞTI, ÖZGÜR, Özdemir, Çiğdem. Coşkun, Funda. Özgünen, Kerem Tuncay. Kılıcı, Abdullah. **Bıldırçın, C.Çağlar**. Kurdak, Sanlı Sadi. (2015). ***Evaluation of fat oxidation rates of sedantery women with different body mass index in resting and exercise.*** 41st National Congress of Physiology. **Poster Presentation**. Canakkale 18 Mart University, Çanakkale, Turkey.
7. ÖZDEMİR, ÇİĞDEM. Özgür Günaştı. **C.Çağlar Bıldırçın**. Coşkun, Funda. Özgünen, Kerem Tuncay. Kılıcı, Abdullah. S. Sadi Kurdak. (2015). ***Determination of the use of substrate of women exercising 40 minutes in fat max range.*** 41st National Congress of Physiology. **Verbal Presentation**. Canakkale 18 Mart University, Çanakkale, Turkey.
8. GÜNAŞTI, ÖZGÜR, Özdemir, Çiğdem. Coşkun, Funda. **Bıldırçın, C.Çağlar**. Kurdak, Sanlı Sadi. (2013). ***Determination of impact of Fatigue in Turkey Football Federation Adana Regional referee.*** 4. Exercise Physiology Symposium, **Poster Presentation**. Istanbul University, İstanbul.