

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI



**SOLUNUM KISITLAYICI ANTRENMAN MASKESİNİN GENÇ
ERKEKLERDE ANAEROBİK PERFORMANS VE YÜKSEK ŞİDDETLİ EGZERSİZ
SONRASI TOPARLANMAYA AKUT ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURCU ÖZDEMİR

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. ÜMİD KARLI

BOLU, TEMMUZ - 2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

Burcu ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “**SOLUNUM KISITLAYICI ANTRENMAN MASKESİNİN GENÇ ERKEKLERDE ANAEROBİK PERFORMANS VE YÜKSEK ŞİDDETLİ EGZERSİZ SONRASI TOPARLANMAYA AKUT ETKİSİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 22/07/2022

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. ÜMİD KARLI
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Kutlu AYDIN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hakan YARAR (Jüri Başkanı)
Yozgat Bozok Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin 17/08/2022 tarihinde Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %10 olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 2021-04 sayısı ile etik izin alınmıştır.

.....
BURCU ÖZDEMİR

ÖZET

**SOLUNUM KISITLAYICI ANTRENMAN MASKESİNİN GENÇ
ERKEKLERDE ANAEROBİK PERFORMANS VE YÜKSEK ŞİDDETLİ
EGZERSİZ SONRASI TOPARLANMAYA AKUT ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BURCU ÖZDEMİR
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÜMİD KARLI)**

BOLU, TEMMUZ - 2022

XV + 96

Çalışmanın amacı solunum kısıtlayıcı antrenman maskesinin genç erkeklerde anaerobik performans ve yüksek şiddetli egzersiz sonrası toparlanmaya akut etkisinin incelenmesidir. Çalışmaya 15 antrenmanlı genç erkek sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Çalışma rastgele çapraz deney deseni şeklinde planlanmış ve katılımcılar rotasyon modeli şeklinde birer gün ara ile üç ayrı test oturumuna katılmışlardır.

Katılımcılar Koşu Tabanlı Anaerobik Sprint Testini (KTAŞT/RAŞT/Running Based Anaerobic Sprint Test) maskesiz, 2743,2m Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi (SKAM) ve 3657,6m SKAM ile uygulamışlardır. RAŞT testi sonrasında maksimum güç, anaerobik kapasite, tekrarlı sprintler güç değerleri, tekrarlı sprintler kalp atım hızı (KAH), yorgunluk indeksi, algılanan zorluk derecesi (AZD), toparlanma kan laktat seviyesi ve KAH değerlerine bakılmıştır. Maksimum güç, anaerobik kapasite, yorgunluk indeksi ve AZD değerlerinin analizleri için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Tekrarlı sprintler güç ve tekrarlı sprintler KAH değerleri ve toparlanma laktat ve KAH değerlerinin analizi için tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; maksimum güç, anaerobik kapasite ve tekrarlı sprintler güç değerlerinde 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir ($p<0.05$). AZD değerlerinde 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kan laktat seviyelerinde 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Sonuç olarak, bu çalışmada yüksek şiddetli bir egzersiz sırasında SKAM kullanımının, anaerobik performansı olumsuz etkilediği, AZD'yi arttırdığı ve kan laktat birikiminde düşüşe neden olduğu ortaya konmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi, Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite, Laktat, Algılanan Zorluk

ABSTRACT

ACUTE EFFECT OF BREATHING RESTRICTIVE TRAINING MASK ON ANAEROBIC PERFORMANCE AND RECOVERY FOLLOWING HIGH INTENSITY EXERCISE IN YOUNG MALES

MASTER'S THESIS

BURCU ÖZDEMİR

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF COACH EDUCATION

(SUPERVISOR: PROF. DR. ÜMİD KARLI)

BOLU, JULY 2022

XV + 96

The purpose of the study was to investigate the acute effect of respiratory restrictive training mask on anaerobic performance and recovery after high-intensity exercise in young males. Fifteen trained young male athletes voluntarily participated in the study. The study was planned as a randomized crossover design and the athletes participated in three separate test sessions, a day break in the form of rotation model. Participants performed the Running Based Anaerobic Sprint Test (RAST) without mask, with 2743,2m Respiratory Restrictive Training Mask (RRTM) and 3657,6m RRTM. After the RAST test, peak power, average power, fatigue index, rating perceived exertion (RPE), repetitive sprint power value, repetitive sprint heart rate (HR), recovery blood lactate level and HR values were obtained. One-way analysis of variance for repeated measures was used for the analysis of peak power, average power, fatigue index and RPE values. Two-way analysis of variance for repeated measures was used for the analysis of repetitive sprints power and repetitive sprints HR values and recovery lactate and HR values.

A statistically significant decrease was detected in peak power, average power and repetitive sprint power values in the 2743,2m RRTM and 3657,6m RRTM trials, compared to the without mask trial ($p<0.05$). There was a statistically significant increase in RPE values in the 2743,2m RRTM and 3657,6m RRTM trials compared to the without mask trial ($p<0.05$). There was a statistically significant decrease in blood lactate levels in the 2743,2m RRTM and 3657,6m RRTM trials, compared to the without mask trial ($p<0.05$).

The conclusion, this study revealed that the use of RRTM adversely affects anaerobic performance, increases RPE and causes a decrease in blood lactate accumulation during high-intensity exercise.

KEYWORDS: Respiratory Restrictive Training Mask, Peak Power, Average Power, Lactate, Perceived Exertion

1. İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ	xi
FOTOĞRAF LİSTESİ	xii
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xiii
TEŞEKKÜR	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem.....	4
1.2 Hipotezler	4
1.3 Çalışmanın Amacı	5
1.4 Çalışmanın Önemi	5
1.5 Araştırmanın Varsayımları	5
1.6 Araştırmanın Sınırlılıkları.....	6
1.7 Tanımlar.....	6
2. GENEL BİLGİLER	8
2.1 Solunum Sistemi ve Yapısı.....	8
2.1.1 Pulmoner Ventilasyon	9
2.1.2 Pulmoner Difüzyon	9
2.1.3 Oksijen (O ₂) ve Karbondioksitin (CO ₂) Kanda Taşınması.....	9
2.1.4 Kılcal Difüzyon	10
2.2 İrtifa Seviyeleri	10
2.3 Atmosferik Basınç ve Hipoksi.....	11
2.4 Yüksek İrtifa, Fizyolojik Etkileri ve Adaptasyon.....	11
2.5 Hipoksi ve Performans	13
2.6 Yapay İrtifa Uyarlamaları.....	13
2.6.1 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi (SKAM).....	14
2.7 Enerji Sistemleri	14
2.7.1 ATP-CP Sistemi (Fosfojen Sistem).....	15
2.7.2 Glikolitik Sistem (Laktik Asit Sistemi).....	16
2.7.3 Oksidatif Sistem (Aerobik Sistem).....	17
2.8 Anaerobik Performans	18
2.9 Toparlanma	19
2.9.1 Oksijen Açığı ve Oksijen Borçlanması	20
2.9.2 Alaktasid ve Laktasid O ₂ Borcu	22
2.9.3 Toparlanmada Enerji Kaynaklarının Yenilenmesi	22
2.9.4 Laktik Asidin Uzaklaştırılması.....	25
2.10 Literatürdeki Çalışmalar	27
2.10.1 SKAM Kullanımına Yönelik Kronik Etkilerin İncelendiği Çalışmalar	27

2.10.2 Performans Sırasında SKAM Kullanımına Yönelik Akut Etkilerin İncelendiği Çalışmalar	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM	41
3.1 Araştırma Grubu	41
3.2 Araştırmanın Modeli.....	41
3.3 Araştırmanın Deseni	42
3.4 Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması.....	43
3.4.1 Boy Uzunluğu Ölçümü.....	43
3.4.2 Vücut Ağırlığı Ölçümü.....	43
3.4.3 Vücut Kompozisyonu Ölçümü	43
3.4.4 RAST (Running Based Anaerobic Sprint Test) Anaerobik Sprint Testi	44
3.4.5 Kandaki Laktat Seviyesi.....	48
3.4.6 Kalp Atım Hızı (KAH) Ölçümü	49
3.4.7 Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) Ölçümü.....	50
3.5 Verilerin Analizi	50
4. BULGULAR	51
4.1 Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite, Yorgunluk İndeksi ve AZD Ölçüm Verileri.....	52
4.2 Maksimum Güç Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları.....	53
4.3 Anaerobik Kapasite Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları	54
4.4 Yorgunluk İndeksi Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları	55
4.5 AZD Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları	56
4.6 Tekrarlı Sprintlere ait Güç Değerleri ve Tekrarlı Sprintler KAH Ölçüm Verileri.....	57
4.7 Tekrarlı Sprintlere ait Güç Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları	58
4.8 Tekrarlı Sprintler KAH Verileri ile İlgili Analiz Sonuçları.....	60
4.9 RAST Testi Sonrasında Kan Laktat ve KAH Değerleri ile İlgili Ölçüm Verileri.....	62
4.10 RAST Testi Sonrasında Ölçülen Kan Laktat Verileri ile İlgili Analiz Sonuçları.....	63
4.11 RAST Testi Sonrasında Ölçülen KAH Verileri ile İlgili Analiz Sonuçları.....	66
5. TARTIŞMA	68
5.1 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite ve Tekrarlı Sprint Güç Değerlerine Etkileri	68
5.2 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının Yorgunluk İndeksi Değerlerine Etkileri	73
5.3 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının AZD Değerlerine Etkileri	74
5.4 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının KAH Değerlerine Etkileri	77
5.5 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının RAST Testi Sonrası Laktat Seviyesine Etkileri	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	83
6.1 SONUÇ.....	83
6.2 ÖNERİLER.....	83
7. KAYNAKLAR.....	85

8. EKLER.....	93
8.1 EK-1. BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU	93
8.2 EK-2. BORG SKALASI.....	95
8.3 EK-3. ÖLÇÜM FORMU	96



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. RAST (Running Based Anaerobic Sprint Test) Test Dizaynı	45
Şekil 4.1. Maksimum Güç Değerleri	54
Şekil 4.2. Anaerobik Kapasite Değerleri	55
Şekil 4.3. Yorgunluk İndeksi Değerleri	56
Şekil 4.4. Algılanan Zorluk Derecesi Değerleri.....	57
Şekil 4.5. Tekrarlı Sprintler Güç Değerleri.....	60
Şekil 4.6. Tekrarlı Sprintler KAH Değerleri.....	62
Şekil 4.7. Kan Laktat Seviyeleri	65
Şekil 4.8. RAST Sonrası KAH Değerleri	67



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Katılımcıların Yaş, Boy Uzunluğu, Vücut Ağırlığı, Vücut Yağ Yüzdesi (VYY) ve Spor Yaşları değerlerinin Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15)	51
Tablo 4.2. Katılımcıların Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite, Yorgunluk İndeksi ve AZD değerlerinin Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15).....	52
Tablo 4.3. Denemeler arası maksimum güç değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları	53
Tablo 4.4. Denemeler arası anaerobik kapasite değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları	54
Tablo 4.5. Denemeler arası yorgunluk indeksi değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları	55
Tablo 4.6. Denemeler arası AZD değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları	56
Tablo 4.7. Katılımcıların Tekrarlı Sprintlerine ait Güç (watt) değerleri ve Tekrarlı Sprintler KAH (atım/dk) Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15).....	57
Tablo 4.8. Denemeler arası Tekrarlı Sprintlere ait Güç değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları	59
Tablo 4.9. Denemeler arası Tekrarlı Sprintler KAH değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları	60
Tablo 4.10. Katılımcıların RAST Testi sonrası ait Laktat (mmol/l) ve KAH (atım/dk) değerlerinin Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15)	62
Tablo 4.11. Denemeler arası RAST testi sonrası laktat değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları	63
Tablo 4.12. Denemeler arası RAST testi sonrası KAH değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları	66

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1. RAST Test Dizaynı	45
Fotoğraf 3.2. RAST Test Ölçümü	46
Fotoğraf 3.3. RAST Test Ölçümü	46
Fotoğraf 3.4. Kan Laktat Seviyesi Ölçümü	48
Fotoğraf 3.5. Lactate Scout 4	49
Fotoğraf 3.6. Lactate Scout 4	49



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
µl	: Mikrolitre
ADP	: Adenozin difosfat
ATP	: Adenozin trifosfat
AZD	: Algılanan Zorluk Derecesi
BAI	: Beck Anksiyete Envanteri
Cm	: Santimetre
CO₂	: Karbondioksit
CP	: Kreatin Fosfat
EPO	: Eritropoitein
Gr	: Gram
H⁺	: Hidrojen
HIIT	: Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman
KAH	: Kalp Atım Hızı
Kg	: Kilogram
Km	: Kilometre
KO	: Kareler Ortalaması
KT	: Kareler Toplamı
M	: Metre
ml	: Mililitre
mmHg	: Milimetre cıva
Mph	: Mil/Saat
N	: Örneklem Sayısı
O₂	: Oksijen
P	: Anlamlılık Düzeyi, Önem Derecesi
PCO₂	: Karbondioksitin Kısmi Basıncı
Pi	: İnorganik Fosfat
PO₂	: Oksijenin Kısmi Basıncı
RAST	: Running Based Anaerobic Sprint Test
RM	: Tekrar Maksimum
ROTC	: Yedek Subay Eğitim Birlikleri
SaO₂	: Oksijen Satürasyonu

SD	: Serbestlik Derecesi
SKAM	: Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi
SpO₂	: Kan Oksijen Doygunluğu
SS	: Standart Sapma
VO₂ max	: Maksimum Oksijen Tüketimi
VYY	: Vücut Yağ Yüzdesi
$\bar{x}$	: Aritmetik Ortalama
η^2	: Eta-Kare



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ve tezimin hazırlanma sürecinde tecrübe ve bilgi birikimleriyle ufkumu açan, anlayışı ve motive edici tutumlarıyla bana yol gösteren ve üzerimde emeği olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ümid KARLI'ya bütün içtenliğimle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine BAP-04 Yüksek Lisans Tez Projesi kapsamında 01.12.2021-1529 numaralı mevcut çalışmaya desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez jüri üyeliğimi kabul ederek yardımlarını esirgemeyen ve gerektiğinde dönütler veren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kutlu AYDIN'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hakan YARAR'a, verilerin alınması sırasında sözlü destekleriyle beni motive eden ve yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Hanifi ÜZÜM'e, tezin hazırlık aşamasından bitimine kadar her konuda benim yanımda olup desteklerini esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Tuba BALKA'ya teşekkür ederim. Çalışmama gönüllü olarak katılan değerli sporcu arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak tüm hayatım boyunca her konuda bana destek olup sevgilerini her zaman hissettiğim babam Emin ÖZDEMİR'e, annem Şerife ÖZDEMİR'e ve kardeşlerim Mustafa ve Muhammet Emin ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Burcu ÖZDEMİR

1. GİRİŞ

Sportif performansta antrenmanın amacı, sporcuların müsabakalarda sergiledikleri performanslarını geliştirmek için fiziksel kapasite, beceri gelişimi ve psikolojik niteliklerini arttırmaktır. Sportif performans gelişiminin üst seviyeye ulaşması kolay bir süreç olmadığı gibi uzun bir zaman sürecini gerektirmektedir. Sportif performans yüklenme, toparlanma, dinlenme, performansın sergilendiği fiziksel koşullar gibi birçok değişkene bağlıdır. Gelişmekte ve ilerlemekte olan antrenman bilimi ile antrenörler ve sporcular bu gibi değişkenlerin etkisini kontrol altına almak için çeşitli arayışlar içerisine yönelmişlerdir. Spor pazarlarında, örneğin çoğunlukla kas kütlesi attırmak, egzersiz performansını geliştirmek için önerilen sağlık ve performans artışı ile ilgili çeşitli teknolojik ürünlerin piyasaya sürüldüğü bilinmektedir (1, 2). Bu tür teknoloji ürünlerinin kullanımının, antrenmandan beklenen adaptif etkileri hızlandırdığı veya geliştirdiği ve ayrıca performansı iyileştirdiği öne sürülmüştür. Bu ürünlerin kullanımı, profesyonel sporculardan rekreatif olarak spor yapanlara kadar geniş bir kitleyi kapsamaktadır (3, 4, 5).

Günümüzde antrenörler ve sporcular tarafından deniz seviyesinde performans artışı sağlayabilmek için yüksek irtifa antrenman metotları ve ürünlerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Hipoksik koşullarda antrenman yapmanın insan vücudundaki merkezi sinir sistemi, kardiyorespiratuar sistem ve kas sistemi gibi çeşitli sistemleri uyarak, uygulanması ve sonuçları açısından büyük bilimsel dayanağa sahiptir (6, 7); fakat hipoksik koşullarda antrenman yapabilmek için yer değiştirme, gaz odalarının ve tüplerin kullanımı maliyetli ürünlerdir ve ulaşımı oldukça zordur. Bu anlamda, hipoksi ortamlarını simüle etmek için daha düşük maliyetli ve daha kolay ulaşımı olan yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Ancak bu yeni teknolojik ürünlerin henüz birçoğunun etkileri tam olarak bilinmemektedir (8). Hipoksiye neden olduğunu iddia edilen yeni teknolojilerden biri de ergojenik bir yardımcı olarak tanıtılıp piyasaya sürülen ve popülaritesi yüksek olan Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi (SKAM)'dır. Bu maskeler, farklı yükseklik seviyelerini simüle eden ve farklı hipoksi seviyelerine göre ayarlanabilir bir valf sistemi kullanarak solunum sırasında (inspirasyon ve ekspirasyon döngüsü) hava değişimine direnç sağlayan maskelerdir. SKAM'ın, solunum kaslarına olan direnci arttırıp, solunum

kaslarının eğitimini mümkün kılarak dayanıklılık aktivitelerinde gelişmiş performansla ilişkili bir uyaran olabileceği öne sürülmektedir (8, 9).

Anaerobik teriminin anlamı “O₂ yoksunluğunda yaşayabilen” olarak tanımlanmaktadır (10). Anaerobik performans kısa süreli ya da patlayıcı kuvvet gerektiren spor branşlarında (Ağırlık kaldırma, 100m sprint koşusu vb.) büyük önem ifade eden sportif bileşenlerden biridir. Anaerobik performans sırasında organizmanın ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacını karşılamak için vücuttaki depo adenozin trifosfat (ATP), kreatin fosfat (CP) ve glikoz enerji kaynağı kullanılır (11, 12). Kısa süreli ya da yüksek şiddetli bir egzersiz sırasında enerji kaynağı olarak glikozun yoğun bir şekilde kullanımının sonucu olarak atık madde olan laktik asit meydana gelir. Egzersiz devam ettiği sürece laktik asidin birikimi devam eder ve organizmanın asit baz dengesini (pH) bozar. Organizmanın pH değeri düşerek asidik bir ortam oluşmasına neden olur. Sonuç olarak enerji üretim mekanizmalarını etkileyerek egzersiz yoğunluğunda bir azalma olarak kendini gösterecek olan kas gerginliğini ve kasılma kuvvetini azaltır. Bir sporcunun anaerobik enerji üretimi için sınırlı kapasitesi ile yüksek şiddetli bir egzersizi sürdürme yeteneğini belirleyen anaerobik kapasitedir (13).

Egzersizin organizmanın dengesi üzerindeki olumsuz etkileri yorgunluk belirteçlerinin ortaya çıkmasına sebep olur. Toparlanma, egzersiz sonrası ya da egzersizler arasında bu yorgunluğun meydana gelmesi durumunda elektrolit dengesi, vücut ısısı, enerji depolarının yeniden sentezlenmesi, egzersizden kaynaklanan metabolik atıkların uzaklaştırılması gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (14). Toparlanma süreci en az performans süreci kadar önemli bir süreçtir. Dolayısıyla antrenmanlar ya da müsabaka aralarında yeterli seviyede toparlanma gerçekleşmezse performansta azalmaya yol açabilmektedir. Toparlanma sürecinin başlangıç noktası, egzersiz sonrasında yorgunluğa sebep olan laktik asidin uzaklaştırılmaya çalışıldığı süreçtir (15). Maksimum performansın gösterildiği egzersizi takiben toparlanma sürecinde oturup dinlenmek yerine hafif egzersizler yapmak, kasta ve kanda laktik asidin uzaklaştırılma sürecini hızlandırdığı bilinmektedir. Bu şekilde toparlanma sürecinde hafif egzersizler yapmak aktif toparlanma olarak adlandırılmaktadır. Laktik asit vücuttan idrar ve ter yoluyla, glikojen veya glikoza çevrilerek, proteine çevrilerek ya da oksidasyona uğrayıp CO₂ ve suya dönüştürülerek uzaklaştırılır (16).

Egzersiz periyodunun bitimini takiben organizmanın metabolik ve fizyolojik sistemleri hemen dinlenim seviyelerine dönmez. Bu yapılan egzersizin hafif, orta veya yüksek şiddetine bağlı olarak egzersizden sonra toparlanmaya ne kadar hızlı tepki vereceği, her bir efor türü sırasında ve sonrasında toparlanma sırasındaki spesifik metabolik ve fizyolojik süreçlere bağlıdır (17). O₂ borçlanması egzersiz esnasında organizmanın ihtiyaç duyduğu O₂ miktarı ile gerçekte tüketilen O₂ miktarı arasındaki niceliksel farklı temsil eder (18). Egzersiz sonrası kullanılan enerji kaynaklarının yenilenmesi, egzersiz esnasında metabolik faaliyetler sonucu oluşan laktik asidin uzaklaştırılması ve organizmayı egzersiz öncesi duruma getirebilmek için fazladan alınan O₂ miktarıdır ve dinlenme O₂'si olarakta adlandırılmaktadır (16).

Profesyonel sporculardan rekreatif amaçlı fitness salonlarında spor yapan bireylere kadar bu ürün hipoksik koşulları sağladığı ve fizyolojik olarak birtakım adaptif etkileri olduğuna inanarak direnç egzersizleri de dâhil olmak üzere antrenmanları esnasında yaygın olarak ancak rastgele bilinçsiz bir şekilde kullanılmakta olan bir üründür. Literatür incelendiğinde SKAM'ın egzersiz ve sportif performans gelişimi hakkında kronik etkilerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır (19, 20, 21, 22, 23, 24, 25). Ancak anaerobik bir egzersiz sırasında kullanılan SKAM'ın anaerobik performansa ne gibi etkilerinin olduğu ve toplanmaya akut etkilerinin incelendiği çalışmalar sınırlıdır. Örneğin Hess (26)'ın yaptığı çalışmada SKAM'ın (3,000ft simüle maske) anaerobik interval bir antrenman sırasında egzersiz performansına, kan laktat seviyesi, kalp atım hızı değerleri, atım hacmi, kardiyak debi ve kısa süreli toparlanma sırasında nefes hızı toparlanmasına akut etkilerini incelemiştir. Çalışmada SKAM yalnızca maksimum eforla gerçekleştirilen 5 egzersiz serisinin üçer dakikalık toparlanma aralığında takmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre yalnızca nefes hızı toparlanmasının SKAM koşullarında daha iyi düzelme göstermiştir. Bir diğer çalışmada ise Jung ve ark. (27) SKAM'ın (1.829m simüle maske) sağlıklı yetişkinlerde bisiklete ergometresinde ve toparlanma sırasında hemodinamik ve kalp hızı değişkenliğine akut etkilerini inceledikleri bir çalışmada SpO₂ seviyesinin, SKAM ile olan denemede maskesiz deneme ölçümünden önemli ölçüde daha düşük olduğunu saptamışlardır. Sistolik kan basıncının, AZD değerlerinin ve toparlanma sırasında

KAH değerlerinin SKAM ile olan denemede maskesiz denemeye kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğunu saptamışlardır.

Literatürde konu ile ilgili çalışmaların yetersiz olmasından dolayı yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda yapılmış olan bu çalışmanın amacı; maskesiz ve 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile maksimum güç, anaerobik kapasite, yorgunluk indeksi, algılanan zorluğa ve yüksek şiddetli bir egzersiz sonrası toparlanmaya akut etkilerinin incelenmesidir.

1.1 Problem

Bu araştırmanın problem cümlesini; “Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesinin Genç Erkeklerde Anaerobik Performans ve Yüksek Şiddetli Egzersiz Sonrası Toparlanmaya Akut Etkisi var mıdır?” sorusu oluşturmaktadır.

1.2 Hipotezler

1. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Maksimum Güç değeri bakımından anlamlı bir fark yoktur.
2. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Anaerobik Kapasite değeri bakımından anlamlı bir fark yoktur.
3. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Yorgunluk İndeksi değeri bakımından anlamlı bir fark yoktur.
4. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Algılanan Zorluk değeri bakımından anlamlı bir fark yoktur.
5. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Tekrarlı Sprintler Güç değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.
6. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Tekrarlı Sprintler Kalp Atım Hızı (KAH) bakımından anlamlı bir fark yoktur.
7. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında Kan Laktat seviyesi bakımından anlamlı bir fark yoktur.
8. Maskesiz denemeler ile SKAM’lı denemeler arasında RAST Testi Sonrasında KAH değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı solunum kısıtlayıcı antrenman maskesinin genç erkeklerde anaerobik performans ve yüksek şiddetli egzersiz sonrasında toparlanmaya akut etkilerini incelemektir.

1.4 Çalışmanın Önemi

Sporda yalnızca antrenman yapmak değil aynı zamanda dinlenme, toparlanma, beslenme, fiziki koşullar gibi birçok değişkenin performans üzerine doğrudan etkileri olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada kullanılan SKAM'ın amacı yüksek irtifadaki hipoksik koşulları sağlamaktır. Günümüzde performans gelişimini arttırmak amacıyla, bilinçli veya bilinçsiz, rekreatif amaçlı ağırlık salonlarında direnç egzersizleri yapan bireylerden, elit seviye sporculara kadar SKAM'ın yaygın ve rastgele şekilde kullanılmakta olduğu görülmektedir. Ancak SKAM'ın anaerobik performans üzerinde gerçekten fayda sağlayıp sağlamadığı belirsizdir. Bu bağlamda anaerobik egzersizler sırasında SKAM kullanımına verilen yanıtların incelenmesi ve toparlanma üzerine akut etkilerinin değerlendirilmesi önemlidir. Literatürde SKAM'ın anaerobik egzersiz sırasında egzersiz performansı ve toparlanma üzerine akut etkilerini inceleyen çalışmalar yetersizdir. Dolayısıyla yapılmış olan bu çalışmada SKAM'ın yalnızca anaerobik performans anlamında değil aynı zamanda toparlanma ve akut etkileri boyutlarıyla da incelenip SKAM'ın yüksek şiddetli egzersizlerde kullanımı ve toparlanmaya akut etkileri açıklanmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda spor bilimciler için yeni çalışmalar kurgulanması ve yapılması, bu konu hakkında doğru, yanlış ya da varsayımların açıklığa kavuşmasında öncü olacaktır. Antrenör ve sporcular için SKAM kullanımı konusunda daha dikkatli olunmasına, SKAM kullanımının faydalı olup olmadığını sorgulamaları ve SKAM kullanımının anaerobik egzersizlerde etkileri konusunda bilinçlenmesini sağlayarak antrenman planlamalarında SKAM'ın kullanımında bilinçli bir şekilde karar vermelerini sağlayacaktır.

1.5 Araştırmanın Varsayımları

1. Araştırmaya katılan sporcuların ölçümün yapılacağı gün içinde yorucu bir egzersiz yapmamaları istenmiştir ve sportif bakımdan bir yorgunluğun olmadığı varsayılmıştır.

2. Araştırmaya katılan sporculardan testin uygulaması sırasında maksimum performans göstermeleri istenmiştir ve sporcuların maksimum performans gösterdikleri varsayılmıştır.
3. Araştırmaya katılan sporcuların uyku düzenlerine dikkat etmeleri istenmiştir ve dikkat ettikleri varsayılmıştır.
4. Araştırmaya katılan sporcuların beslenme rutinlerine dikkat etmeleri istenmiştir ve dikkat ettikleri varsayılmıştır.

1.6 Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Araştırmaya katılan bireyler, 18-24 yaş aralığında genç erkekler ile sınırlıdır.
2. Araştırmaya katılan bireyler antrenmanlı sporcularla sınırlıdır.

1.7 Tanımlar

Anaerobik Performans: Anaerobik performans kısa süreli ya da patlayıcı kuvvet gerektiren spor branşlarında (Ağırlık kaldırma, 100m sprint koşusu vb.) büyük bir önem ifade eden bir kavramdır. Anaerobik performans esnasında organizmanın ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacını karşılamak için vücuttaki depo ATP, CP ve glikoz kullanılır (11, 12).

Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi (SKAM): Bu maske inspirasyon ve ekspirasyon döngüsü esnasında hava değişimini zorlaştırarak solunum kaslarına olan direnci artırır. SKAM hipoksi simülasyonu ile solunum kas eğitimine imkân verdiği ve akciğer fonksiyonlarının iyileştirilmesinin yanı sıra maksimum O₂ tüketiminin (VO₂ max) yani dayanıklılık performansını arttırabileceği öne sürülüyor (8, 28).

RAST: RAST testi Draper ve Whyte tarafından 1997 yılında Büyük Britanya'da Wolverhampton Üniversitesinde, anaerobik güç ve anaerobik kapasiteyi ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. RAST testi, 35m uzunluğundaki bir alanda 10 saniye (sn) dinlenme aralıklarından oluşan 6 adet sprint koşu performansının ölçülmesi ilkeleriyle çalışmaktadır (29, 30).

Toparlanma: Toparlanma kavramı organizmanın homeostazını egzersizden önceki duruma geri getirme olarak tanımlanan bir kavramdır. Egzersizden sonra toparlanma durumu genel olarak O₂ depolarını ve enerji substratlarını yenilemek

ve metabolik atık (laktik asit gibi) ürünlerini uzaklaştırmak için kullanılan yüksek O_2 alımı ile ilişkilendirilmektedir (31).



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Solunum Sistemi ve Yapısı

Solunumun amacı, dokulara gerekli O_2 'yi sağlamak ve metabolik faaliyetler sonucunda organizmada oluşan CO_2 'yi uzaklaştırmaktır (39). Solunum, insanlarda ve hayvanlarda en entegre ve temel bedensel süreçlerden biridir. Solunum sistemi, organizmaya tüm yaşamsal işlevler için gerekli olan O_2 'yi sağlar ve CO_2 gibi metabolik yan ürünleri uzaklaştırır (40). Nefes almak yaşamı sürdürmek için gereklidir ve normal bir insan O_2 'siz üç dakikadan fazla yaşayamaz; Bunun nedeni, insan vücudundaki her hücrenin hayatta kalmak ve gelişmek için O_2 'ye ihtiyacı olmasıdır. Solunum sisteminin kilit organları esas olarak hücresel solunum için vücut dokularına O_2 sağlamak, CO_2 'yi uzaklaştırmak ve asit-baz dengesinin korunmasına yardımcı olmak için hareket eder. Solunum sisteminin diğer fonksiyonları, kokuları algılama ve konuşmanın meydana gelmesi gibi temel olmayan işlevler için de kullanılır (32).

Solunum sistemi, havayı alveollere taşıyan hava yollarından, akciğerin gaz alışverişi yapan bölgesinden ve havanın akciğerlere girip çıkmasından sorumlu göğüs yapıları olan solunum pompasından oluşur. Solunum sistemi üst ve alt solunum yollarına bölünmüştür, üst kısım dış burun deliklerinden larinkse, alt kısım larinksten solunum bronşiyollerine ve alveollere kadar uzanır. Alt hava yolları, gaz değişimi için maksimum alanı sağlamanın yanı sıra, havanın akciğerin tüm bölümlerine verimli bir şekilde iletilmesini en üst düzeye çıkaran bir dallanma modeli sergiler (33). Akciğerlerin en önemli görevlerinden biri dolaşım sistemi ile dış ortam arasındaki gaz alışverişini kolaylaştırmaktır. Akciğerler, gaz alışverişine katılan solunum bronşiyolları ve alveollerde sonlanan dallanan hava yollarından oluşur. Çoğu bronşiyol ve büyük hava yolları, alveollerdeki gaz değişim bölgelerine gaz ileten akciğerin iletken bölgesinin bir parçasıdır. Akciğerlerde alveolar hava ile pulmoner kılcal damarlardaki kan arasında gaz değişimi meydana gelir (34). Bu noktada solunum sistemi ve kardiyovasküler sistem birleşerek vücudun tüm dokularına O_2 'yi taşır ve CO_2 'yi uzaklaştırır. Bu taşıma süreci dört temel süreci içerir;

- 1- Pulmoner ventilasyon
- 2- Pulmoner difüzyon

3- O₂ ve CO₂'nin kanda taşınması

4- Kılcal difüzyon (dokular arasında O₂ ve CO₂'nin değişimi) (35).

2.1.1 Pulmoner Ventilasyon

Karmaşık bir aktivite olan solunum, “pulmoner ventilasyon” olarak da adlandırılır. Pulmoner ventilasyon yani solunum havanın akciğerlere giriş ve çıkışını içeren süreçtir (35). Havanın akciğerlere alınma sürecine “inspirasyon” ve akciğerden dışarı verilmesi sürecine “ekspirasyon” denir. Akciğerlerde havanın içeri ve dışarı hareketi basınç farkından dolayı gerçekleşir (36). Kişi nefes aldığı anda (inspirasyon), göğüs kafesi genişler ve akciğerlerdeki basınç atmosfer basıncının altına düşer ve basınç farkı ortadan kalkana kadar hava doğal olarak solunum yollarına doğru hareket eder. Kişi nefes verdiğinde ise bu mekanizma tam tersi şekilde işlemeye devam eder (32).

2.1.2 Pulmoner Difüzyon

Pulmoner difüzyon kavramı, gazların taşınması ile ilişkilidir ve kan ile doku hücreleri arasındaki O₂ ve CO₂ değişimi olarak tanımlanmaktadır. Kan, akciğerler ve vücudun doku hücreleri arasında O₂ ve CO₂ taşır. Kan kılcal damarlardan akarken, O₂ ve CO₂ basınç gradyanlarını takip eder ve kan ile doku arasında sürekli olarak yayılır (32). Akciğerlerde alveoller ve kılcal kan damarları arasında ki gaz değişimine pulmoner difüzyon denir. İki temel işlevi vardır:

1- Dokularda oksidatif enerji üretimi için gerekli olan O₂'yi yeniler.

2- Venöz kandaki CO₂'yi uzaklaştırır.

Pulmoner ventilasyon yoluyla gelen hava, akciğerlere ulaşır ve pulmoner difüzyon yoluyla gaz değişimi meydana gelir. Yani inspire edilen havanın içindeki O₂ alveollerden pulmoner kılcal damarlar vasıtasıyla pulmoner kana geçer aynı zamanda metabolik faaliyetler sonucu oluşan CO₂ ise kandan akciğerlerde bulunan alveollere geçerek gaz değişimi gerçekleşir (37).

2.1.3 Oksijen (O₂) ve Karbondioksitin (CO₂) Kanda Taşınması

2.1.3.1 O₂'nin Kanda Taşınması

Alveolar/kılcal membranı (alveolar epitel + bazal membran, vasküler endotel + bazal membran; 0,5m kalınlık) geçtikten sonra O₂ kanda iki şekilde taşınır:

- O₂'nin yaklaşık olarak %97'si kanda kırmızı kan hücrelerinde hemoglobinle birleşerek,
- Yaklaşık %3'ü kan plazmasında çözünerek taşınır.

Böylelikle normal koşullarda O₂'nin büyük bir çoğunluğu dokulara neredeyse hemoglobine bağlı olarak taşınır (36, 38). Kanda kırmızı kan hücrelerinde hemoglobin molekülü maksimum dört O₂ molekülü taşır. O₂ hemoglobine bağlandığında buna oksihemoglobin adı verilir. Her 100 mililitre (ml) kanda yaklaşık olarak erkeklerde 14-18 gram (gr) hemoglobin ve kadınlarda yaklaşık olarak 12-16 gr hemoglobin bulunur. Her bir gr hemoglobin molekülü 1.34 ml O₂ taşıma kapasitesine sahiptir (35).

2.1.3.2 CO₂'nin Kanda Taşınması

CO₂ kanda üç farklı şekilde taşınır:

- 1- Karbonik asidin ayrışmasıyla bikarbonat iyonu olarak (yaklaşık olarak %60-70'i)
- 2- Plazma sıvısı içinde çözünerek (yaklaşık olarak %7-10'u)
- 3- Hemoglobine bağlanarak (hemoglobine bağlanmasıyla karbominohemoglobin adını alır) (yaklaşık olarak %23-30) (35).

2.1.4 Kılcal Difüzyon

Kılcal damarlardaki kan ile metabolik olarak aktif olan dokular arasında O₂ ve CO₂ değişimini içerir. Bu değişim süreci O₂ ve CO₂'nin basınç farklılıkları ile gerçekleşir (35).

2.2 İrtifa Seviyeleri

- Deniz seviyesine yakın (500m'nin altında): Bu yükseltinin sağlık veya egzersiz performansın hiçbir etkisi yoktur.
- Alçak irtifa (500-2000m): Bu yükseltinin sağlığa hiçbir etkisi yoktur, ancak özellikle 1500 metrenin üzerinde performans gösteren atletlerde performans düşülebilir. Bu performans düşüşleri alışma ile aşılabılır.
- Orta irtifa (2000-3000m): Bu yükselti de iklime alışmamış bireylerde refah üzerinde etkileri ve olası maksimum aerobik kapasite ve performansta

azalmalar gerçekleşebilir. Optimum performans, alışma ile geri yüklenebilir veya geri yüklenmeyebilir.

- Yüksek irtifa (3000-5500m): Bu yükselti de bireylerin büyük bir yüzdesinde olumsuz sağlık etkileri ve tam ortama alıştıktan sonra bile önemli performans düşüşleri gerçekleşebilir.

- Aşırı irtifa (5500m üzeri): Bu yükselti de şiddetli hipoksik etkiler görülür. En yüksek irtifada kalıcı insan yerleşimleri 5200-5800m yükselti arasındadır (35).

2.3 Atmosferik Basınç ve Hipoksi

İrtifada ki artışa orantılı olarak atmosferik basınçta bir azalma meydana gelir. Rakım arttıkça organizmadaki hücrel metabolik faaliyetler için gerekli O_2 'nin azalması durumunda organizmanın homeostazında çeşitli etkileri meydana gelir. Böyle bir durumda organizma tekrar dengeyi yani homeostazını sağlamak için birtakım tepkiler oluşturur (39, 40). Hipoksik etkilerin ilk meydana geliş irtifaya maruz kalınan ilk andan itibaren kendi gösterir. İrtifada maruz kalınan ilk birkaç dakika içinde organizmada kardiyovasküler, solunum, hormonal, bağışıklık, iskelet kası ve beyin daha olmak çeşitli düzenlemeler meydana gelir. Örneğin artan ventilasyon oranı, KAH'ta artış bunlar dışında eritrosit, hemoglobin sayılarında artışlar ve kas kütlelerinde kayıplar gibi. Bunlara ek olarak ısı kaybı, dehidrasyon ve termal bozukluklar oluşabilir (41, 42). Yüksek irtifa nedeniyle meydana gelen tüm belirti ve etkiler, orada bulunma süresi ve hipoksi yoğunluğuyla ilişkilidir yani ne kadar yüksek rakım ve orada bulunma süresi ne kadar fazla ise organizmada o yoğunlukta reaksiyon gösterecektir (43, 44).

2.4 Yüksek İrtifa, Fizyolojik Etkileri ve Adaptasyon

Deniz seviyesine göre irtifadaki artışa oranla atmosferik basınçta bir azalma gözlenir, bu da daha düşük bir O_2 basıncı anlamına gelir. Bunun sonucunda O_2 'nin alveollerden pulmoner kılcal damarlara difüzyon hızına olumsuz olarak etkide bulunur ve hemoglobinin daha düşük O_2 doygunluğuna sebep olur ve kan dolaşımdaki moleküllerin O_2 satürasyonu (SaO_2) değerlerinin düşmesine neden olur (45). Vücut, bu hipoksik ortama maruz kaldığında, topluca iklimlendirme olarak adlandırılan karmaşık fizyolojik ayarlamalar süreci yoluyla kendini korumak için çalışır. Hipoksiye maruz kaldıktan sonraki dakikalar içinde meydana gelen ilk değişiklikler, ventilasyonda bir artış hipoksik ventilasyon yanıtı

ve kalp hızı ve kalp debisinde katekolamin aracılı artışları içerir. Bu ani değişiklikler, azalmış PO_2 ve suboptimal (standart altında) doku oksijenasyonunu kısmen telafi edebilir (46).

Yüksek irtifaya maruz kalma, hücre metabolizması için mevcut olan daha düşük O_2 değeri nedeniyle organizmanın homeostazını etkiler. PO_2 'nin düşük olduğu yerlerde organizmanın ilk tepkisi, alveolar ventilasyonu artırmak ve alveolar PO_2 'deki artışı kolaylaştırmak için arteriyel O_2 içeriğindeki değişikliklere duyarlı periferik kemoreseptörler tarafından tetiklenen solunum hızındaki keskin artıştır. Solunum hızındaki akut artış sebebiyle, atmosfere CO_2 salınımında bir artış meydana gelir ve arteriyel kandaki CO_2 'nin parsiyal basıncını düşürerek, pH değerlerinde hafif bir artışla solunumsal alkaloz meydana gelir. Alkalozun meydana gelişi O_2 hemoglobin ayrışma eğrisini sağa kaydırır ve O_2 'nin özellikle pulmoner düzeyde hemoglobine bağlanma hassasiyeti artar. Yükseltiye adaptasyon sağlanması ile böbrekler tarafından salgılanan bikarbonat iyon artması eritrositlerde 2-3 difosfogliserat atılımı ile pH dengesi tekrar sağlanır. Hematolojik değişimler ise, vücut sıvılarının damar içi boşluktan dokular ve hücreler arası boşluklara sızmasıyla birlikte plazma hacminde bir azalma ve sonuç olarak kırmızı kan hücrelerinin konsantrasyonunda bir artış meydana gelir (35, 47).

Sonuç olarak hipoksik koşullarda yani dokulardaki O_2 yetmezliği sonucunda büyük bir çoğunluğu (yaklaşık %90) böbrekler tarafından sentezlenen ve salınan eritropoitein (EPO), kırmızı kan hücrelerinin oluşumunu başlatır sonuç olarak kemik iliği tarafından üretiminde ve yüksek irtifada kalış süresi boyunca hemoglobin konsantrasyonunda bir artış sağlayacaktır (17). Bunlar, düşük SO_2 sebebiyle dokulara gerekli olan O_2 alımı ve taşınmasında iyileştirme sağlamaya çalışan hipoksik koşullara temel adaptasyon süreçleridir. Orta irtifada birden çok haftalık irtifa antrenman programlarının uygulanması esnasında kanda niceliksel değişiklikler gözlemlendiği bilinmektedir. Bu değişiklikler kanda EPO yoğunluğunda artma, retikülosit ve hemoglobin kütlesinde artış, kırmızı kan hücrelerinin sayısında bir artış ve arteriyel kanın hemoglobin doygunluğunda artış meydana gelmektedir (48, 49).

2.5 Hipoksi ve Performans

Yüksek irtifa ortamının hipoksik koşulları nedeniyle organizma üzerinde fizyolojik ve sportif performans bağlamında birçok etkisi bulunmaktadır (50). Hipoksik koşullara maruz kaldıktan birkaç dakika sonra, insan vücudunun incelelikli yapısı, yüksekliğe maruz kalmanın ciddiyetine ve süresine bağlı olarak (51) ve ayrıca bireysel farklılıklarına bağlı olarak tepki gösterir (52). Organizmanın hipoksik koşullara maruz kalmasının meydana getirdiği strese adapte olması ve adapte olma derecesini birçok faktör etkilemektedir. Bunlar;

- 1- Hipoksinin derecesi,
- 2- Hipoksik koşullara maruz kalınan süre,
- 3- Hipoksik koşullarda ki egzersiz yoğunluğu ve
- 4- Hipoksik koşullara uyum sağlamada bireysel farklılıklardır (45).

Hipoksik koşullar altında performansı azaltan bazı parametreler PO_2 'nin azalmasından dolayı dokulara ulaşan O_2 'nin azalması, kardiyovasküler sisteme yüklenme, enerji eksikliği ve hidrojen (H^+) gibi metabolit maddelerin birikmesi sayılabilir. Organizma üzerinde bu tür olumsuz etkilerinden dolayı çeşitli yüksek irtifa antrenman metotlarının kullanımı oldukça yaygınlaşmaya başlamıştır (53).

2.6 Yapay İrtifa Uyarlamaları

Organizmanın hipoksik koşullara karşı sağladığı en önemli adaptasyonlar orada yaşanan düşük PO_2 'den kaynaklı fizyolojik değişikliklerdir. Dolayısıyla bu adaptasyonların aynı koşullar altında düşük PO_2 içeren havanın solunmasıyla gerçekleştirilebileceğini söylenebilir (54). Literatürde yüksekte yaşa düşük yükseltide antrenman yap metodunun olumlu sonuçları göz önüne alındığında sporcuları yükseğe göndermeden bu koşulların nasıl sağlanacağı konusunda düşünmeye yönlendirmiştir. Bunun sonucunda sporcuların yüksek irtifa koşullarını sağlayan nitrojen evleri, hipoksik odalar, irtifa çadırları ve hipoksik solunum cihazları kullanımına ilgi artmıştır (55). Yüksek irtifaya geçirilen sürelerin bir sonucu olarak ortaya çıkan fizyolojik değişiklikler ve deniz seviyesinde performansa olan faydaları düşünüldüğünde yüksek irtifaya dayalı antrenman metotları ve havada ki PO_2 'nin simüle edilebildiği nitrojen evleri, hipoksik odalar, irtifa çadırlarını kullanmaya yöneltmiştir (56). Bu yapay ortamın oluşturulduğu konumlarda performans anlamında ve fizyolojik olarak bir katkısının olup olmadığı hakkında

yapılmış fazla çalışma bulunmamaktadır. Ancak yapılan bir meta analiz çalışmasında elit düzeydeki sporcuların performans anlamında en iyi sonuçları doğal ortamlarda, elit olmayan sporcuların ise yapay ortamda sağladığını öne sürmektedir. Fakat yapay ortamda sağlanan performans artışının plasebo etkisi olabileceği de unutulmamalıdır şekilde eklenmiştir (55).

2.6.1 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi (SKAM)

Hipoksik koşulların etkilerini simüle etmeyi sağlayan farklı cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazlardan biri SKAM'dır. Günümüzde sportif performansı arttırmak için hipoksik koşullarda antrenman ile aynı etkileri gösterdiği iddia edilen SKAM'ın yani Elevation Training Mask 2.0 (ETM) (Training Mask LLC, Cadillac, MI, ABD) büyük bir bütçe gerektirmeden kullanılabilecek yeni bir üründür (80,81). Elevation Training Mask 2.0 (Training Mask, Inc., Cadillac, MI, ABD) neopren malzemeden üretilmiştir ve solunum direncini artırma işini üzerinde bulunan farklı sayılardaki açıklıklarla ve akış valfleri sayesinde yapmaktadır. SKAM, deniz seviyesinden 3.000ft (914,4m), 6.000ft (1828,8m), 9.000ft (2743,2m), 12.000ft (3657,6m), 15.000ft (4572,0m) ve 18.000ft (5486,4m) yükseklikte nefes almanın nasıl hissedileceğini simüle etmek için çeşitli direnç seviyelerine sahiptir (57). SKAM inspirasyon ve ekspirasyon döngüsü esnasında hava değişimini zorlaştırarak solunum kaslarına olan direnci arttırmaktadır. SKAM hipoksi simülasyonu ile solunum kas antrenmanına imkân verdiği ve akciğer fonksiyonlarının iyileştirilmesinin yanı sıra VO₂ max yani dayanıklılık performansını arttırabileceği öne sürülüyor (8, 28). SKAM'ın kullanımı oldukça kolaydır. SKAM ağzı ve burnu kapatarak hava akışını kısıtlayıcı valfleri sayesinde solunum direncini arttırarak nefes almayı zorlaştırır ve böylelikle çeşitli yükselti ayarlarını simüle eder (19,58).

2.7 Enerji Sistemleri

Evrendeki bütün canlı organizmalar enerji üretme, depolama ve aktarma yeteneğine sahiptirler. Enerji güneşten gelen ışık ile meydana çıkar ve bitkilerde ve hayvanlarda karbonhidrat, protein ve yağların enerji formuna dönüşür. Dolayısıyla insanlar da o bitkileri ya da o bitkilerle beslenen hayvanları yiyerek enerji elde ederler. Elde edilen enerji ya vücutta gerçekleşmekte olan biyolojik bir çalışma desteklemek için kullanılır ya da daha sonra ihtiyaç olduğunda kullanılmak için depo edilir. Organizma tarafından enerjinin kullanılan formuna

ATP denir (59). Organizmada kas kasılması dâhil diğer bütün metabolizma işlemleri için mevcut enerji kaynağı olan ATP kullanılır. ATP'nin kendi içinde fosfat radikalleri arasında yüksek enerjili fosfat bağları barındırmaktadır. Bu yüksek enerjili fosfat bağlarından her biri, ATP'nin her bir molekülü için 7300 cal enerji taşımaktadır. Fakat elit bir sporcuda bile maksimal bir kas gücü için gerekli olan enerjinin yalnızca ilk üç saniyesine yetecek kadar ATP bulunmaktadır (60). Hücrelerin ATP depolaması çok sınırlıdır ve organizmada gerçekleşen metabolik faaliyetler için sürekli ATP üretmelidir. Hücreler üç farklı metabolik yolla veya bunların bir kombinasyonu şeklinde organizmanın enerji ihtiyacını karşılayabilmek için ATP üretir.

1. ATP-PC Sistemi (Fosfojen Enerji Sistemi)
2. Glikolitik Sistem (Glikoliz)
3. Aerobik Sistem (Oksidatif Fosforilasyon) (35, 59, 60).

2.7.1 ATP-CP Sistemi (Fosfojen Sistem)

ATP-CP veya yüksek enerjili fosfat sistemi genellikle "hız" veya "güç" sistemi olarak adlandırılır. Hücre içi ATP, kas çalışmasını beslemek için hemen kullanılabilir ve CP tarafından doldurulduğunda bu sistem çok yüksek oranda enerji verir. ATP-CP sistemi bu nedenle öncelikle egzersizin başlangıcında ve kısa süreli güçlü kas çalışması gerektiren durumlarda kullanılır. Bununla birlikte, ATP-CP sisteminin enerji kaynağı sınırlıdır, çünkü her bir kas hücresi içinde yalnızca sınırlı miktarda ATP ve CP bulunur (61).

Organizma için gerekli olan enerji üretiminin yani ATP üretiminin en hızlı olduğu sistem ATP-CP sistemidir. Kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizler (örneğin 100m sprint koşusu, dalış, halter, atletizmde atma ve atlama branşları) esnasında kas kasılma mekanizmasının ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bir kısmı ATP-CP sistemi tarafından karşılanmaktadır (59, 62, 63). Yüksek enerjili kas içi ATP ve CP depolarının hidrolizi maksimal bir egzersiz esnasında kas kasılması için enerji sağlar. CP'nin kreatin kinaz (CK) enzimi tarafından hidrolizi, adenosin difosfatın (ADP) ATP'ye fosforilasyonu için gerekli olan enerjiyi ve serbest fosfatı sağlar (12). Ne yazık ki ATP ve CP'nin iskelet kaslarında deposu çok sınırlı olduğu için yaklaşık 10sn'lik bir süre içerisinde hızla tükenir. Kısa süreli ve

yüksek şiddetli bir egzersizde kas içerisinde depolanmış CP ATP'nin sentezlenmesi için devreye girer (15, 59, 64).

“CP, ATP gibi kasta bulunan ve yüksek enerjili fosfat bağları taşıyan diğer bir bileşiktir. CP, kreatin+fostata parçalanırken molekül başına 10300 cal açığa çıkar. Böylece CP, ATP'nin yüksek enerjili fosfat bağlarının oluşmasına yetecek düzeyde enerji sağlar. Zaten bazı kaslarda CP depoları ATP depolarından daha fazladır. CP'den, ATP'ye enerji transferi saniyenin fraksiyonları kadar küçük zamanlarda gerçekleşir (60).”

CP parçalandığı zaman ATP gibi büyük bir enerji açığa çıkarır. Açığa çıkan enerji ADP ve Pi (inorganik fosfat)'nin tekrar sentezlenmesi için kullanılır. Her bir mol CP parçalanması sonuca çıkan enerji ile 1 mol ATP oluşmaktadır (15, 59). CP'nin tükenme hızı, egzersiz yoğunluğunun bir fonksiyonudur, bu nedenle 30sn'den daha kısa olan tam egzersiz sırasında çok hızlı bir şekilde tükenecektir; bununla birlikte, daha düşük yoğunluklu, daha uzun süreli egzersiz (örneğin 1500m koşu) sırasında biraz daha düşük bir oranda tükenecektir (13). ATP'nin yüksek enerjili fosfat bağı kırılıp ve potansiyel enerji serbest kaldığında, ADP üretilir (yani $ATP \rightarrow ADP + Pi + \text{enerji}$). ATP gibi, CP'nin yüksek enerjili fosfat bağı kırıldığında enerji açığa çıkar. Reaksiyon, daha sonra ATP'yi (yani $ADP + CP \rightarrow ATP + C$) yeniden oluşturmak için ADP ile birleşmeye uygun olan serbest bir fosfat molekülü üretir (65). Yeterli CP konsantrasyonlarının varlığında, ATP bu yol aracılığıyla yüksek bir oranda yeniden üretilebilir. Yüksek enerjili fosfat sisteminin toplam kapasitesi kas çalışmasını beslemek için sınırlı düzeyde substrat seviyesi mevcuttur. Bu noktadan sonra kas aktivitesinin devam etmesi için başka bir enerji kaynağının mevcut olması gerekir (35).

2.7.2 Glikolitik Sistem (Laktik Asit Sistemi)

Organizmanın ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretmenin bir diğer yolu ile glikolitik sistemdir. ATP'nin yeniden sentezi için enerji sağlamak üzere kas glikojenini veya glikozu katabolize eden enzimatik olarak kontrol edilen bir dizi kimyasal reaksiyon basamağını içeren anaerobik bir işlemdir. Glikolitik sistem, ATP CP sistemi kadar hızlı olmasa da ancak yarısı kadar hızda ve ATP'yi oksidatif yoldan elde edilenden 2,5 kat daha hızlı sentezler. ATP-CP sisteminin 10sn'ye kadar enerji karşılamasına karşılık glikolitik sistem daha uzun süre organizmanın enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Bu 100 metrelik bir koşucunun bir

yarışın sonuna doğru neden yavaşlamaya başladığını ve 400 metrelik bir koşucunun yarış süresince neden biraz daha yavaş olsa da yüksek bir tempoyu koruyabildiğini açıklar (13, 36).

Vücudumuzda karbonhidratlar glikoza dönüşür ve kaslar ve karaciğerde glikojen olarak depo edilir. Glikolitik sistemde glikozun O_2 yoksunluğunda parçalanması yoluyla pirüvik asit olarak adlandırılan ara bir maddeye dönüştürülür. Glikolitik sistem ATP-CP sistemine göre daha karmaşık bir dizi kimyalar reaksiyon basamakları içermektedir. Bu kimyasal reaksiyonların tamamı hücre sitoplazmasında gerçekleşmektedir. Kaslarda bu kimyasal reaksiyonlar esnasında yeterli seviyede O_2 bulunmadığı için bu ara madde (pirüvik asit), laktik asite dönüşmektedir. Kanda ve kaslarda laktik asit seviyesi yüksek bir düzeye ulaştığı zaman yorgunluğa ve nihayetinde egzersizin sonlandırılmasına neden olur (62). Glikolitik Sistem (Laktik Asit Sistemi) 1-3dk süren (400m, 800m koşuları) yüksek şiddetli yarışmalarda organizmanın ihtiyaç duyduğu gerekli enerjiyi yani ATP'yi sağlar (35, 15). Laktik asit birikimi, özellikle yüksek şiddetli kısa dinlenme aralıkları olan tekrarlayan egzersiz süreçlerinde yaygın bir şekilde gerçekleşmektedir (66, 67). Antrenmanlar arasında glikojen depolarını yenilemek performans ve dayanıklılık için kritik öneme sahiptir, çünkü glikojen depoları tükendiğinde egzersiz yoğunluğu tehlikeye girebilir (61).

2.7.3 Oksidatif Sistem (Aerobik Sistem)

Anaerobik sistem vücut tarafından üretilen ATP'nin %10'unu üretirken aerobik metabolizma, ATP'nin kabaca %90'ını üretir (68, 69). ATP üretiminin üçüncü yolu ise oksidatif sistem yani aerobik sistemdir. Uzun süreli ve düşük şiddetli egzersizler esnasında çalışan kaslar için ihtiyaç duyulan kuvveti üretebilmek için sabit bir enerji kaynağına ihtiyacı vardır. Bu sistemde ATP üretim hızı ATP-CP ve Glikolitik Sisteme göre büyük ölçüde yavaştır fakat miktar bakımından en fazla ATP üretiminin gerçekleştiği sistemdir (59). Bu sistemin en önemli özelliklerinden biride üç makro besin yani karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerin enerji üretimi için substrat (yakıt) görevi görmesidir (59, 70).

Glikolitik sistem ve oksidatif sistem arasındaki en büyük fark, oksidatif sistemde enerji üretme mekanizmasıyla ilişkili enzimatik reaksiyonların mevcut ortamda O_2 varlığında meydana gelmesi, glikolitik sistemde ise enerjinin mevcut ortamda O_2 yoksunluğunda üretilmesidir (69). Aerobik metabolizma sırasında

kullanılan O_2 'nin başlıca kaynağı solunum olsa da iskelet kasının O_2 'nin yokluğunda hemen kullanılabilir bir O_2 kaynağı sağlayan bir molekül olan miyoglobine bağlı az miktarda O_2 depoladığını belirtmek önemlidir (61). O_2 gerektiren ve dolayısıyla oksidatif veya solunum sistemi olarak adlandırılan üçüncü sistem, anaerobik yollardan yaklaşık 20 kat daha fazla ATP üretir. Bununla birlikte, bu miktarda ATP üretmek için daha fazla kimyasal reaksiyon gereklidir. Bu nedenle ATP üretim hızı, anaerobik yollardan elde edilene göre nispeten daha yavaştır (68, 71). Aerobik sistemde organizmanın ihtiyaç duyduğu enerjinin karşılanması, substratların O_2 varlığında parçalanmasıyla gerçekleşir. Karbonhidratlar, yağlar ve proteinler O_2 varlığında tamamen yanarak CO_2 ve H_2O 'ya dönüşürler. ATP'nin anaerobik sistemle üretildiği hücre sitoplazmasının aksine ATP'nin oksidatif üretimi hücrenin mitokondrisinde gerçekleşir. Aerobik sistem içeriğinde bir takım kimyasal reaksiyonlar barındırır. Bunlar;

- 1- Aerobik Glikoliz,
- 2- Krebs Çemberi ve
- 3- Elektron Taşıma Sistemidir (ETS) (35).

Bir mol glikojen, O_2 'nin varlığında parçalanarak CO_2 , H_2O ve 39 mol ATP yenilemeye yetecek kadar bir enerji açığa çıkarır. Bu diğer sistem diğer iki sisteme kıyasla en fazla enerji açığa çıkaran sistemdir (16).

2.8 Anaerobik Performans

Anaerobik teriminin anlamı “ O_2 yoksunluğunda yaşayabilen” olarak tanımlanmaktadır (10). Aynı zamanda ATP'yi terminal bir substrat olarak O_2 kullanılmadan yeniden sentezleyen ve çeşitli son ürünler veren metabolik faaliyetleri içerir (72). Anaerobik performans kısa süreli ya da patlayıcı kuvvet gerektiren spor branşlarında (Ağırlık kaldırma, 100m sprint koşusu vb.) büyük bir önem ifade eden bir kavramdır. Anaerobik performans esnasında organizmanın ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacını karşılamak için glikoz kullanılır (11, 12).

Kısa süreli ya da yüksek şiddetli bir egzersiz sırasında enerji kaynağı olarak glikozun yoğun bir şekilde kullanımının sonucu olarak atık madde olan laktik asit meydana gelir. Egzersiz devam ettiği sürece laktik asidin birikimi devam eder ve organizmanın asit baz dengesini (pH) bozar (13). Yüksek konsantrasyonlarda laktik asit varlığında, iskelet kasları daha az kuvvet üretme

yeteneğine sahiptir. Ayrıca, bir eklem etrafında hareket eden kas grupları, yüksek bir laktat konsantrasyonu varlığında eklem hareketini kontrol etmede daha az koordineli hale gelebilir. Laktik asit ayrıca ağrı reseptörlerini de aktive ederek genellikle kasta yanma hissine neden olur. Laktat birikiminin bu “eşik seviyesinin” üzerindeki çalışmalar hem fiziksel hem de zihinsel olarak zordur. Sporcular genellikle bu anaerobik çalışmanın yoğunluğunu tolere edemezler veya yoğunluğunu azaltmaları ya da egzersizi bırakmaları gerekir (73). Dolayısıyla enerji üretim mekanizmalarını etkileyerek egzersiz yoğunluğunda bir azalma olarak kendini gösterecek olan kas gerginliğini ve kasılma kuvvetini azaltır. Bir sporcunun anaerobik enerji üretimi için sınırlı kapasitesi ile kısa süreli ve yüksek şiddetli bir egzersizi sürdürme yeteneğini belirleyen bu kapasitedir (13).

2.9 Toparlanma

Toparlanma kavramı organizmanın homeostazını egzersizden önceki duruma geri getirme olarak tanımlanan bir kavramdır. Egzersizden sonra toparlanma durumu genel olarak O₂ depolarını ve enerji substratlarını yenilemek ve metabolik atık (laktik asit gibi) ürünlerini uzaklaştırmak için kullanılan yüksek O₂ alımı ile ilişkilendirilmektedir (31). Egzersizin organizmanın dengesine olumsuz etkileri yorgunluk belirtilerlerinin ortaya çıkmasına sebep olur. Toparlanma, egzersiz sonrası ya da egzersizler arasında bu yorgunluğun meydana gelmesi durumunda elektrolit dengesi, vücut ısısı, enerji depolarının yeniden sentezlenmesi, egzersizden kaynaklanan metabolik atıkların uzaklaştırılması gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (14). Egzersizin sonlandırılmış olması kas kasılmalarının sona ermesi anlamına gelmektedir ancak bu artmış durumda olan fonksiyonel ve metabolik aktivitelerin sona ermesi anlamına gelmemektedir. Çeşitli organların homeostatik dengesine geri dönmesi için uzun bir süre gereklidir. Bu uzun süre için metabolik aktiviteler dinlenme durumundan uzak kalır. Metabolizma için toparlanma dönemi sadece düşük enerji gereksinimi anlamına gelmez. Enerji kaynaklarının yeniden yüklenmesi, birikmiş metabolitlerin ortadan kaldırılması ve organizmanın su ve iyonik bileşiminin normalleştirilmesi süreci anlamına gelir. Egzersiz sonrasında toparlanma sürecindeki temel nokta homeostatik denge ve işlevlerin normale dönmesi ve organizma için gerekli olan enerji kaynaklarının yenilenmesidir. Enerji kaynaklarının yenilenmesi belirli bir sırayı izleyerek gerçekleşir ve geçici bir süperkompensasyon meydana gelir (74).

Toparlanma süreci en az performans süreci kadar önemli bir süreçtir. Dolayısıyla antrenmanlar ya da müsabaka aralarında yeterli seviyede toparlanma gerçekleşmezse performansta azalmaya yol açabilmektedir. Toparlanma sürecinin başlangıç noktası, egzersiz sonrasında yorgunluğa sebep olan laktik asidin uzaklaştırılmaya çalışıldığı süreçtir (15). Nasıl ki CP'den elde edilen enerji ATP'nin yeniden sentezlenmesi, glikolitik sistemden sağlanan enerji CP ve ATP'nin yeniden sentezinde kullanılıyorsa oksidatif sistem metabolizmasından elde edilen enerji de bütün sistemlerin yeniden sentezinde kullanılabilir. Glikolitik sistemin yeniden sentezlenmesi de organizmada birikmiş yorgunluk belirtici olan laktik asidin uzaklaştırılmasıdır. Oksidatif sistem ile yeterli seviyede enerji sağlandığı sürece, laktik asit temelde iki farklı şekilde uzaklaştırılır. İlki laktik asidin küçük bir yüzdesi pirüvik aside dönüştürülür ve vücutta oksidatif olarak metabolize edilir. İkincisi ise laktik asidin kalan yüzdesi başlıca karaciğerde glikoza dönüştürülür ve glikoz kasların glikojen depolarının yenilenmesinde kullanılmaktadır (36).

2.9.1 Oksijen Açığı ve Oksijen Borçlanması

Egzersiz periyodunun bitimini takiben organizmanın metabolik ve fizyolojik sistemleri hemen dinlenim seviyelerine dönmez. Bu yapılan egzersizin hafif, orta veya yüksek şiddetine bağlı olarak egzersizden sonra toparlanmaya ne kadar hızlı tepki vereceği, her bir efor türü sırasında ve sonrasında toparlanma sırasındaki spesifik metabolik ve fizyolojik süreçlere bağlıdır (17). O₂ borçlanması egzersiz esnasında organizmanın ihtiyaç duyduğu O₂ miktarı ile gerçekte tüketilen O₂ miktarı arasındaki niceliksel farklı temsil eder (18). Egzersiz sonrası kullanılan enerji kaynaklarının yenilenmesi, egzersiz esnasında metabolik faaliyetler sonucu oluşan laktik asidin uzaklaştırılması ve organizmayı egzersiz öncesi duruma getirebilmek için fazladan alınan O₂ miktarıdır ve dinlenme O₂'si olarakta adlandırılmaktadır (16). Yapılan egzersizleri takip eden toparlanma sürecinde O₂ alımı ATP-CP sisteminin tekrar sentezlenmesi ve O₂ borçlanmasının telafi edilmesi için ilk dakikalarda çok yüksek seyretmektedir. Bu bölüm "Alaktasid O₂ Açığı olarak" adlandırılmaktadır. Sonrasında ise 40 dakika civarında bir sürede O₂ alımı yüksek seviyede devam etmektedir. Bu bölümde ise laktik asidin metabolize olduğu kısımdır ve "Laktik Asit O₂ Açığı" olarak adlandırılmaktadır (60).

Normalde vücuda yeni bir hava inspire edilmese bile oksidatif metabolizma için kullanılabilen yaklaşık 2 litreye yakın O₂ deposu bulunmaktadır. Bunlar;

- (1) 0,5 litre akciğerlerimizde bulunan hava,
- (2) 0,25 litre vücudumuzdaki sıvılarda çözünmüş olarak,
- (3) 1 litre kanımızda bulunan hemoglobine bağlı olarak,
- (4) 0,3 litre hemoglobine benzer bir madde olan miyoglobine bağlı olarak kasta depo edilmiş şeklindedir.

Yüksek şiddetli bir egzersiz esnasında vücuttaki depo O₂'nin tamamı bir dakika veya daha uzun bir sürede oksidatif metabolizma için kullanılır. Egzersiz bitiminde ise ihtiyaç fazlası O₂ inspire edilerek vücudun O₂ depoları yenilenir (36, 60).

O₂ borçlanması iki yolla oluşmaktadır;

- “Kaslarda hemoglobine benzer bir madde olan miyoglobine 0.31ml kadar bağlı olarak bulunan O₂'siyle birlikte, kanda hemoglobine bağlı olarak bulunan yaklaşık 1lt kadar O₂'nin ve bütün vücut sıvılarında erimiş halde bulunan yaklaşık 0.25lt kadar O₂'nin egzersizde tüketildiğinden dolayı, egzersiz sonrası yenilenmesine bağlı olarak,

- Fosfojen (ATP-PC) ve glikojen yenilenmesine bağlı olarak oluşur. Fosfojen yenilenmesi için 2lt glikojen laktik asit sistemi için yaklaşık 8lt O₂'ye ihtiyaç duyulur. Maksimal egzersizden sona oluşan 10-12lt'lik bir O₂ borcunun bir saatlik ya da daha uzun süre içinde ödenmesi gerekir” (75).

Egzersizin bitimini takiben toparlanma döneminde O₂ tüketiminin kademeli olarak azalmasına rağmen dinlenme seviyelerinin üzerinde yüksek kaldığı iyi bilinmektedir. Bu Egzersiz Sonrası Fazla O₂ Tüketimi (ESFOT) olarak adlandırılır (76). ESFOT, egzersizin dayattığı fiziksel strese yanıt olarak vücudun homeostazının toparlanma talebini ve bozulmasını yansıtır (77). ESFOT'un etkisi, egzersiz tamamlandıktan hemen sonra en üst düzeydedir ve zamanla azalır (78). Yapılan birçok çalışmada ESFOT'un büyüklüğünün ve süresinin, bireyin fiziksel

uygunluk düzeyine, egzersizin yoğunluğuna, süresine ve türüne bağlı olduğunu göstermektedir (76).

2.9.2 Alaktasid ve Laktasid O₂ Borcu

2.9.2.1 Alaktasid O₂ Borcu

O₂ borçlanması ilk bölümü “alaktasid O₂ borçlanması” olarak tanımlanmaktadır. Hızlı dinlenme olarakta adlandırılmaktadır. Egzersiz bitimini takiben ilk birkaç dakikalık alınan fazladan O₂’yi ifade eder. Organizmanın egzersiz bitimini takiben egzersiz esnasında tükettiği ve kasta depolanan ATP ve CP’nin yenilenmesi için gerekli olan O₂ borcudur. Vücutta O₂ açığının vücutta kapatılması ve fosfajen sistemin yeniden yapımı sırasında başlangıçta O₂ kullanımı çok yüksektir. Bu süreç içerisinde O₂ tüketiminde hızla bir azalma meydana gelir fakat O₂ alımı devam etmez. Fosfojen sistemin büyük bir bölümü 2-3dk’lık bir süreç içerisinde yeniden sentezlenir. Bu ilk bölümün yani alaktasid O₂ borçlanmasında laktik asit birikiminin uzaklaştırılması ile bir alakası yoktur (16, 36, 75).

2.9.2.2 Laktasid O₂ Borcu

Laktasid O₂ borcu O₂ borçlanmasının ikinci kısmını temsil eder. Bu bölüm egzersiz sonrası kan ve kaslarda birikmiş olan laktik asitin uzaklaştırılması için O₂ tüketimi sürecini ifade etmektedir. Egzersiz sonrası vücuttan laktik asitin uzaklaştırılması bir saat veya daha uzun sürebilir. Yarılama süresi yaklaşık olarak 25dk’dır ve O₂ borçlanmasının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde O₂ tüketimi yavaş yavaş normal seviyelere düşmektedir (75).

2.9.3 Toparlanmada Enerji Kaynaklarının Yenilenmesi

2.9.3.1 Fosfojen (ATP-CP) Depolarının Yenilenmesi

Fosfojen depolarının yenilenmesi için gerekli olan ATP, egzersiz bitimini takiben O₂ borçlanmasının ilk bölümü olan alaktasit O₂ borçlanmasından elde edilen O₂ yardımıyla gerçekleşmektedir. Oluşan ATP’nin bir kısmı kaslarda depo edilirken diğer kısmı ise CP’nin yenilenmesi için parçalanarak gerekli enerjiyi sağlar ve yenilenmiş olan CP kaslarda depo edilir. Çünkü CP ancak ATP’nin parçalandığı esnada açığa çıkan enerjiye bağımlı olarak yenilenmektedir. Kısaca CP’nin yenilenmesi için ATP şarttır. Fosfojen depolarının yenilenmesi için gerekli enerjiyi çoğunlukla alaktasit O₂ borçlanması kısmında elde ettiği için çabucak

yenilenmektedir (16). Fosfojen depolarının yenilenmesi genel olarak hızlı bir süreçtir. ATP'nin %70'lik bir bölümünün yenilenmesi yaklaşık 30sn'lik sürede gerçekleşir ve tamamen bir yenilenme egzersizi takip eden toparlanma sürecinde yaklaşık 3-5 dakikalık bir süre içinde gerçekleşir (62, 79).

2.9.3.2 Glikojen Kaynaklarının Yenilenmesi

Karbonhidratlar kanda glikoz formunda, karaciğer ve kaslarda ise glikojen formunda depo edilmektedir. Egzersizler esnasında ihtiyaç duyduğumuz baskın enerji kaynağımız kas glikojenidir. Egzersiz esnasında kullanılarak boşalan kas glikojen depoları egzersiz bitimini takip eden toparlanma evresinde tekrar yenilendiği bilinmektedir (75, 80). Çalışan kasların glikojen depoları tükendiği zaman, karaciğer yoluyla veya dışarıdan yiyecek tüketimi ile yenilenmesi gerekir fakat bu zaman alan bir süreçtir (81).

2.9.3.3 Kas Glikojeninin Yenilenmesi

Yapılan egzersizin çeşidi ister aerobik ister anaerobik nitelikte olsun, kas glikojeni egzersiz için temel bir yakıt kaynağıdır (82). Önceleri kaslarda depo edilmiş ve egzersiz esnasında tüketilen glikojenin toparlanma bölümünün ilk bir ya da iki saat arasında laktik asitten yenilendiğine inanılıyordu. Fakat bunun yanlış bir bilgi olduğu kanıtlanmıştır (16). Kastaki glikojen depolarının tükenmesi durumunda yenilenme süreci kolay bir olay değildir. ATP-CP ve Laktik asit sistemlerinin yenilenme süreci saniyeler, dakikalar ya da saatler içerisinde gerçekleştiği halde, kastaki glikojen depolarının yenilenme süreci günlerce devam edebilmektedir (36). Yenilenme yavaş ilerleyen bir süreçtir, antrenman araları veya sportif faaliyetler arasındaki sınırlı zaman dilimlerinde özel gereklilikleri vardır. Egzersiz sonrası tükenen kas glikojen depolarını tekrar yerine koyulması toparlanma sürecinin merkezi bileşenini oluşturmaktadır. Kısa süreli toparlanma esnasında kas glikojen depolarının yenilenme seviyesini en üst düzeye çıkarmak egzersizden sonra mümkün olan en kısa süreç içerisinde karbonhidrat takviyesi yapmaktır (82).

Egzersiz sonrası kas glikojen depolarının tamamen yenilenmesi birkaç günlük bir süreci gerektirir ve yenilenme süreci iki önemli maddeye bağlıdır.

- 1- Glikojen tüketimi gerektiren egzersiz çeşidi,
- 2- Toparlanma sürecindeki besinlerle alınan karbonhidrat miktarı (16).

Kas glikojen depolarının tükenmesine sebep olan iki tür egzersiz türü mevcuttur. Bunlar;

- 1- Aralıklı- Kısa Süreli- Yüksek Şiddetli egzersizler
- 2- Sürekli- Uzun süreli- Düşük Şiddetli egzersizlerdir (75).

2.9.3.4 Aralıklı- Kısa Süreli Yüksek Şiddetli Egzersizlerde Glikojen Yenilenmesi

Aralıklı, kısa süreli ve yüksek şiddetler egzersizlerden sonra toparlanma sürecinde kas glikojen depolarının yenilenme sürecinin nasıl olduğuna dair pek çok çalışma yapılmıştır. Literatürdeki araştırma sonuçlarına göre kas glikojen depolarının yenilenme sürecine dair şu sonuçlar elde edilmiştir:

1- Egzersiz bitimini takiben toparlanma sürecinin ilk 30 dakikası ile iki saati aralığında vücuda diyet ile birlikte karbonhidrat alınmasa bile kas glikojeninin büyük bir kısmı yenilenmektedir.

2- Kas glikojeninin tamamen yenilenmesi normalden fazla yani abartılı bir karbonhidrat alımı gerektirmez.

3- Normal bir diyet ya da abartılı bir karbonhidrat diyeti uygulansa dahi kas glikojen depolarının tamamıyla yenilenmesi için 24 saat gereklidir.

4- Toparlanma sürecinin ilk saatlerinde kas glikojen depolarının yenilenme hızı çok yüksekti.

“Egzersiz bitimini takiben;

- ilk 4 saat içerisinde %39’u,
- ilk 5 saat içerisinde %53’ü ve
- 24 saat içerisinde %100 kas glikojeni yenilenecektir” (75).

2.9.3.5 Sürekli- Uzun Süreli Egzersizlerden Sonra Kas Glikojeninin Yenilenmesi

Uzun süren dayanıklılık tipi bir egzersiz sonrasında toparlanma sürecinin ilk bir iki saatlik bölümünde kas glikojenin yalnızca küçük bir bölümü yenilenmektedir. Dayanıklılık türü bir egzersiz yapıldıktan sonra kas glikojen depolarının tamamen yenilenmesi iki günden daha fazla bir süreye ihtiyacı vardır. Glikojen depolarının yenilenmesi diyetle yakından ilişkili olduğu için bu süreç

içerisinde bol karbonhidrat diyeti uygulanmalıdır. Eğer vücuda bol miktarda karbonhidrat alınmaz ise küçük bir miktar glikojenin yenilenmesi bile günlerce sürecektir. Uzun süreli egzersizlerin bitimini takip eden ilk birkaç saatlik süreçte bol miktarda karbonhidrat diyeti alınırsa glikojen depolarının yenilenme hızı en üst seviyeye çıkar ve yaklaşık 10 saat içerisinde %60 oranında yenilenir (16).

Bu tür yoğun egzersizleri takip eden toparlanma süreci içerisinde kompleks karbonhidratların glikojen yenilenmesine daha çok katkı sağladığı için daha avantajlıdır (16, 83).

2.9.3.6 Karaciğer Glikojeninin Yenilenmesi

Karaciğer glikojeni de önemli bir enerji kaynağıdır. Literatürde insanlarla ilgili karaciğer glikojen depolarının konu edildiği çalışma sayısı yetersizdir. Egzersizi takip eden toparlanma sürecinde aynı kas glikojen depolarının yenilenmesinde olduğu gibi yüksek karbonhidrat diyeti ile karaciğer glikojen depolarında yenilenecektir ve yenilenmesi için gerekli enerji oksidatif sistem ile elde edilir (16). Kas glikojeninin yenilenmesi için en etkili takviyeler glikoz veya glikoz polimerlerinden oluşan takviyeler iken karaciğer glikojeninin yenilenmesi için ise früktozdur (84).

2.9.4 Laktik Asidin Uzaklaştırılması

Kısa süreli ya da yüksek şiddetli bir egzersiz sırasında enerji kaynağı olarak glikozun yoğun bir şekilde kullanımı H^+ iyonlarının elektron taşıma zincirinde NADH (Nikotinamid adenin dinükleotid)'ın oksidasyonu yoluyla uzaklaştırılabileceklerinden daha hızlı üretilir. H^+ iyonlarının hızla birikmesinin bir sonucu olarak pirüvat, LDH (Laktat dehidrogenaz) enziminin kontrolü altında laktik aside dönüşür. Organizmada laktik asit oluşumu ile birlikte vücudun asit baz dengesi (pH) bozulur ve pH düşerek vücutta asidik bir ortam oluşmasına neden olur. PH'daki azalma, kas hücresinin homeostazını bozar ve temel glikolitik enzimleri, özellikle fosfofruktokinaz ve fosforilazı inhibe ederek glikolitik enerji üretimini yavaşlatır. Asidoz ayrıca kalsiyumu (Ca) kas hücresi içindeki sarkoplazmik retikulumdan uzaklaştırır ve kas içi protein troponine bağlanma afinitesini bozar. Bu, troponinin aktin filamentleri üzerindeki aktif bağlanma bölgelerinin açığa çıkmasını ve dolayısıyla aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çapraz köprülerin döngüsünü düzenlemesini önler. Bu egzersiz

yoğunluğunda bir azalma olarak kendini gösterecek olan kas gerginliğini ve kasılma kuvvetini azaltır (13).

Normal şartlarda 100ml kanda 10mgr laktik asit bulunmaktadır. Yapılan egzersiz esnasında anaerobik sistemin etkileriyle bu miktar artar ve yapılmakta olan egzersizin şiddeti ve zamanı bu artışın seviyesini belirlemektedir. Yapılan egzersiz sonrasında laktik asidin elimine edilmesi için gerekli enerji daha çok oksidatif bir şekilde sağlanmaktadır (75).

Maksimum performansın gösterildiği egzersizi takiben toparlanma sürecinde oturup dinlenmek yerine hafif egzersizler yapmak, kasta ve kanda laktik asidin uzaklaştırılma sürecini hızlandırdığı bilinmektedir. Bu şekilde toparlanma sürecinde hafif egzersizler yapmak aktif toparlanma olarak adlandırılmaktadır. Maksimum performans gösterilen bir egzersiz sonrası laktik asidin yarılanması için 25 dakikalık bir süre dinlenmek gereklidir. Egzersiz bitimini takiben yaklaşık 1 saat 15 dakikalık süre içerisinde laktik asidin %95'i atılmaktadır. Bu yapılan egzersizin şiddetine bağlı olarak değişecektir. Maksimum performans gösteriminin olmadığı egzersiz esnasında laktik asit birikimi daha düşük seviyelerde olacağı için laktik asidin uzaklaştırılması için gerekli süre daha kısa olacaktır (16).

Laktik asidin uzaklaştırılma muhtemel fizyolojisi ise şu şekildedir;

İdrar ve ter ile uzaklaştırılır: Egzersiz sonrası laktik asidin ter ve idrar yoluyla atıldığı bilinmekle birlikte bu miktar önemsenmeyecek kadar azdır.

Glikojen veya glikoza çevrilir: Laktik asit karbonhidratların O_2 yoksunluğunda parçalanmasıyla açığa çıkar ve tekrar glikoz veya glikojen formuna çevrilebilir, ancak bu yolla uzaklaştırılan laktik asit miktarının çok küçük bir kısmıdır.

Proteine dönüşür: Laktik asit kimyasal olarak proteine dönüşebilir. Fakat toparlanma sırasında laktik asidin yalnızca küçük bir miktarın proteine dönüştüğü için önemsiz bir miktardır.

Oksidasyona uğrar / Karbondioksit (CO_2) ve Su (H_2O)'ya dönüşür: Laktik asit çoğunlukla O_2 varlığında öncelikle pirüvik asite dönüşür daha sonra da krebs çemberi ve elektron taşıma sistemi yoluyla CO_2 ve H_2O 'ya dönüşür.

Böylece miyokard, iskelet kasları, beyin, karaciğer ve böbrek dokuları tarafından laktik asit enerji kaynağı olarak kullanılabilir (16, 35, 75).

2.10 Literatürdeki Çalışmalar

2.10.1 SKAM Kullanımına Yönelik Kronik Etkilerin İncelendiği

Çalışmalar

Devereux ve ark. (21) SKAM [(2000m simüle), (FDBRO Workout Fitness Mask, Henzhenshi Longhuaxinqu Guangshidianzichang, China)] kullanılarak 4 haftalık (haftada iki seans) bisiklet ile uygulanan HIIT'in, VO₂ max ve anaerobik güç parametrelerine etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya 5 kadın, 11 erkek gönüllü olarak katılım sağlamışlardır. Katılımcılar rastgele şekilde deney (n=8) ve kontrol (n=8) gruplarına atanmışlardır. Antrenman programı 4 set * 4 dakikalık yüksek yoğunluklu bisiklet egzersizi ve setler arası üç dakikalık aktif toparlanmadan oluşmaktadır. HIIT ve SKAM kombinasyonu ile deney grubu, VO₂ max, zirve güç ve ortalama güç orta düzeyde gelişim gösterirken, gruplar arasında yalnızca VO₂ max'ta kontrol grubunda deney grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli gelişmeler tespit etmişlerdir.

Ramadan ve ark. (85) yaptıkları çalışmada direnç antrenmanı sırasında SKAM kullanımının fizyolojik tepkiler ve performans değişkenlerine etkisini değerlendirmektedir. 20 erkek katılımcı rastgele şekilde deney (n=10) ve kontrol (n=10) grubuna atanmıştır. Katılımcılara, test protokolünün öncesinde ve sonrasında Kardiyopulmoner egzersiz testi, kan laktat ölçümleri, dikey sıçrama ve kavrama gücü testler uygulanmıştır. Katılımcılar antrenman programlarını (1RM'nin %85'inde 5 tekrar) 8 hafta (haftada üç seans) boyunca uygulamışlardır. Deney grubu 1. ve 2. hafta SKAM'ı 3.000ft, 3. ve 4. hafta 6.000ft, 5. ve 6. hafta 9.000ft ve 7. ve 8. hafta 12.000ft simülasyon ile kullanmışlardır. Çalışma sonucunda deney grubunun kan laktat seviyeleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli bir artış tespit etmişlerdir. İki grup arasında dikey sıçrama değerleri ve kavrama kuvveti değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Deney grubu O₂ tüketimi/ nabız, dakika ventilasyonu/ O₂ tüketimi, ventilasyon eşiği, VO₂ max, maksimal KAH, dakika ventilasyonu ve kan laktatında (p<0.01) kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli bir artış tespit etmişlerdir.

Karabiyik ve ark. (86) 4 haftalık kısa (15sn) ve uzun (30sn) çalışma Aralıklı Sprint İnterval antrenmanının (SIT) hipoksik (3536 m) ve normoksik (1015 m) koşullarda aerobik ve anaerobik performans parametrelerine etkisini incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada hipoksik koşulları Hypoxico Everest Summit II—Altitude Generator’e bağlı bir maske ile sağlamışlardır. Çalışmaya toplam 32 erkek takım sporcusu katılmıştır. Katılımcılar dört gruba ayrılmıştır. 1.grup normoksida kısa çalışma aralıklı SIT, 2.grup normoksida uzun çalışma aralıklı SIT, 3.grup hipoksida kısa çalışma aralıklı SIT ve 4.grup hipoksida uzun çalışma aralıklı SIT antrenmanı yapmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre gruplar arasında VO₂ max değerleri bakımından anlamlı bir fark meydana gelmemiştir ancak tükenme süresinde son testte ön teste kıyasla anlamlı seviyede yüksek olduğu tespit etmişlerdir ve tükenme süresi bakımından gruplar arasında fark saptamamışlardır. Tekrarlanan wingate testleri sonrası ortalama güç ve zirve değerleri, gruplar arasında fark bulunmamış, fakat tüm gruplarda antrenman öncesi ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit etmişlerdir. AZD değerlerinde son test ölçümde ön test ölçümlerine kıyasla istatistiksel olarak bir düşüş gözlemişlerdir. Kan laktat seviyelerinde son test ölçümlerinde ön test ölçümlerine kıyasla istatistiksel olarak bir artış saptamışlardır.

Ghran ve ark. (19) yaptıkları çalışmanın amacı elit düzeyde kano branşıyla ilgilenen 14-18 yaş aralığında 30 kadın üzerinde EPO, vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF), VO₂ max, kan laktat ve 1000m kano performansına SKAM’ın etkisini değerlendirmektir. 10 kişi SKAM grubu olarak tekrarlayan sprint antrenmanı, 10 kişi maskesiz grup olarak tekrarlayan sprint antrenmanı ve 10 kişi kontrol grubu maskesiz bir şekilde normal antrenmanlarına devam etmişlerdir. SKAM’ı 1. hafta (914m), 2. hafta (1829m), 3. ve 4. hafta (2743m), 5. 6. 7. ve 8. hafta (3658m) farklı simüle ayarlarında kullanmışlardır. SKAM grubu ve maskesiz grup 8 hafta tekrarlı sprint antrenmanı yapmıştır. Çalışma sonucunda kan laktat seviyeleri SKAM grubunda diğer iki gruba nazaran anlamlı olarak düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda EPO tüm gruplarda da istatistiksel olarak anlamlı değişiklik göstermemiştir. VEGF değerleri SKAM ve maskesiz grupta istatistiksel olarak anlamlı olarak artmış olduğunu saptamışlardır. VO₂ max değerlerinin, maskesiz grupta için önemli ölçüde artmış olduğunu

saptamışlardır. 1000m kano performansının SKAM grubunda diğer iki gruba göre anlamlı düzeyde düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Takei ve ark. (87) hipoksik (3,000ft simüle) ve normoksik koşullarda tekrarlanan wingate denemelerinde performans ve fizyolojik tepkilerini incelemişlerdir. Çalışmaya 12 erkek koşucu dâhil etmişlerdir. Katılımcılar hipoksi (n=6) ya da normoksi (n=6) grubuna rastgele atamışlardır. Hipoksi koşullarını hipoksik bir jeneratöre bağlı maske ile sağlamışlardır. Çalışma programı haftada üç kez olmak kaydıyla iki hafta boyunca gerçekleştirilen 6 seans tekrarlanan wingate denemeleri (3 × 30sn'lik Wingate 4,5 dakikalık toparlanma aralıklarıyla) şeklinde belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda zirve güç ve ortalama güç değerlerinin her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığını, ancak bu farkın gruplar arasında benzer olduğunu tespit etmişlerdir. AZD değerlerinin her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığını, ancak bu farkın gruplar arasında benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Kan laktat seviye sonuçları hipoksik grupta daha düşük olma eğilimindeyken, normoksik grupta zıt bir patern gözlemişlerdir.

Arabacı ve ark. (22) 6 haftalık futbol antrenmanlarında SKAM kullanan 17-19 yaş arası futbolcularda fiziksel performansa etkilerini değerlendirmişlerdir. 36 sağlıklı futbolcu gönüllü olarak çalışmaya katılmışlardır. Katılımcılar rastgele şekilde deney grubu ve kontrol grubu olarak ayrılmışlardır. Deney grubu (n=14) SKAM (2750m simüle) kullanmıştır, kontrol grubu (n=22) SKAM kullanmamışlardır. İki grup aynı futbol antrenman programını tamamlamışlardır. Anaerobik güç, VO₂ max, yorgunluk indeksi, ortalama güç, katılımcıların hız ve esnekliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, futbol antrenmanları sırasında SKAM kullanımında genç futbolcuların fiziksel performanslarında bir artış tespit etmişler, ancak gruplar arasında karşılaştırıldığında bir farkın anlamlı olmadığı saptamışlardır.

Girak (23) tarafından yapılmış olan çalışmanın amacı SKAM ile yapılan antrenmanın futbolcuların performansları üzerine etkilerinin incelenmesidir. Çalışmaya U17 ve U19 yaş kategorilerinde aktif olarak futbola devam eden 36 erkek sporcu dâhil etmiştir. Katılımcıları rastgele şekilde deney ve kontrol gruplarına atamıştır. Deney grubundaki katılımcılar SKAM (2750m) ile futbol

antrenmanına devam ederken kontrol grubu da aynı antrenmanı maskesiz bir şekilde uygulamaya devam etmişlerdir. Katılımcılar toplam 6 hafta olmak üzere, haftada üç gün 90 dakika futbola özgü antrenman programını uygulamışlardır. “Antrenmanlar öncesi (ön test) ve sonrasında (son test) Dikey Sıçrama Testi, 30m Sürat Testi, RAST testi, Otur Eriş Testi, Yo Yo Aralıklı Toparlanma Testi Seviye 2 testleri uygulanmıştır.” Ön test ve son test sonuçlarına göre dikey sıçrama değerleri, esneklik değerleri, RAST testi ortalama güç değerleri, yorgunluk indeksi değerleri, Yo Yo testi değerleri ve sürat değerlerine bakımından SKAM ile uygulanan futbola özgü antrenman uygulamasının maskesiz antrenman uygulamasına kıyasla anlamlı hiçbir fark tespit etmemiştir.

Sagaste (88) tarafından yapılan çalışmanın amacı, 10 hafta boyunca futbol antrenmanlarında SKAM kullanan deney grubu ve SKAM kullanmadan normal antrenmanlarını yapan kontrol grubunu oluşturan genç futbolcularda aerobik performans gelişimi ve AZD etkilerini incelemektir. AZD Borg Skalası ile ölçülmüştür. Çalışma sonucuna göre deney grubunun AZD değerlerinin kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak yüksek olduğunu tespit edilmiştir.

Yüksel ve ark. (25) yaptıkları çalışmada SKAM’ın takım sporuyla uğraşan erkek sporcularda anaerobik performanslarına ve solunum parametrelerine etkisinin incelemiştir. Çalışma SKAM ile deney grubu (n=14) ve maskesiz (n=14) kontrol grubundan oluşmaktadır. Çalışmada katılımcılara haftada üç gün olmak üzere toplamda 8 haftalık antrenman programı uygulamışlardır. Katılımcılar ilk 4 haftada maksimum KAH’ın %70’i ile 45 dakikalık koşu ve daha sonra ikinci 4 haftalık antrenman periyodunda maksimum KAH’ın %85’i ile 15 dakikalık üç seri halinde koşu programı uygulamışlardır. İlk iki hafta sonunda 914m olan SKAM yükselti ayarı 1828m olarak değiştirmişlerdir. Deney grubunun vital kapasitesinde anlamlı değişim gözlemişlerdir ancak zorlu vital kapasite ve zorlu ekspirasyonun 1.sn’sinde atılan volüm ölçümlerinde anlamlı bir artış saptamamışlardır. Anaerobik güç değerlerinde ise power-mass (watt/kg) sonuçlarında ise antrenmana bağlı bir artış saptamışlardır. Zirve güç (watt), ortalama güç (watt) ön test ve son test değerleri arasında grup*zaman etkileşimi bakımından anlamlı bir fark saptamamışlardır. Ancak grup farkı gözetildiğinde deney grubunun zirve güç değeri anlamlı bir şekilde değişiklik gösterirken ortalama güç değerinde böyle bir değişim tespit etmemişlerdir.

Sellers ve ark. (24) SKAM'ın (2.7432m simüle edilmiş) yedek subay eğitim birliklerinin (ROTC) aerobik ve anaerobik performansları üzerine etkilerini incelemişlerdir. 19 sağlıklı ROTC öğrencisini deney ve kontrol gruplarına rastgele şekilde atamışlardır. Çalışmayı haftada 4 gün olmak kaydıyla toplamda 6 haftalık (sınav, core antrenman egzersizleri, barfiks ve dips gibi iki günlük vücut ağırlığı direnç antrenmanı egzersizleri ardından 3,2 ila 8 kilometrelik (km) bir koşu veya tekrarlanan sprintler; 5km'lik bir koşu ve 500 ila 1.000m'lik yüzmenin ardından bir günlük temel antrenman egzersizleri ve 1 gün 15,88 kilogram (kg) ağırlıklı sırt çantası ile 5-10km yürüyüş) egzersiz programından oluşturmuşlardır. Çalışmada iki kişi aerobik kapasite testini tamamlayamadığı çalışmaya edememişlerdir. Çalışma sonucunda deney ve kontrol grubunun yorgunluk indeksi, anaerobik kapasite, zirve güç, VO₂ max değerleri arasında anlamlı bir etki ($p>0,05$) tespit etmemişlerdir.

Porcari ve ark. (20) SKAM'ın aerobik kapasite, akciğer fonksiyonları ve hematolojik değişiklikler üzerine kronik etkilerini inceledikleri çalışmada her iki cinsiyetten 24 gönüllüyü SKAM takan deney grubu ve SKAM olmadan kontrol grubu olmak üzere iki ayrı grupta incelemişlerdir. Katılımcıların bisiklet ergometresinde 6 haftalık (haftada iki gün 30'ar dakikalık) yüksek yoğunluklu interval antrenmana (YYİA / HIIT) tabii tutmuşlardır. Antrenman haftaları boyunca solunum "yük artış sistemi" kullanılmış ve ilk haftada SKAM 914m'ye, 2. haftada 1829m'ye, 3. ve 4. haftada 2743,2m'ye ve son olarak 5. ve 6. haftalarda 3657,6m'ye ayarlamışlardır. Her iki grup için de VO₂ max'ı ve maksimum güç çıkışını artırmada etkili olduğunu, ancak gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Sadece SKAM kullanan grupta solunum eşiğinde, solunum eşiğinde ulaşılan güçte, solunum kompanzasyonu eşiğinde ve solunum kompanzasyon eşiğinde ulaşılan güçte önemli artışlar oldu. KAH değerlerinde önemli bir değişiklik gözlememişlerdir. Deney grubunun AZD değerleri kontrol kıyasla anlamlı seviyede yüksek olduğu saptamışlardır. Çalışma sonucunda hematolojik ve pulmoner fonksiyon değişkenlerinde fark tespit etmemişlerdir. Kan laktat seviyeleri bakımından gruplar arasında fark tespit etmemişlerdir. SaO₂'nin 4. ve 6. haftalarda deney grubunda anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirtmişlerdir.

Lauren ve ark. (89) yaptıkları çalışmanın amacı SKAM'ın KAH ve mil sürelerine etkisini incelemektir. Çalışma için yaşları 18-35 arasında değişen 6 katılımcıyı, plasebo ve deney olmak üzere rastgele iki gruba ayırmışlardır. Antrenmanlar sırasında, plasebo grubu bir plasebo yükseklik eğitim maskesi takmıştır ve deney grubu deniz seviyesinden 3,000ft yüksekliğe ayarlanmış SKAM kullanmışlardır. Üç haftalık çalışma boyunca toplam 10 seans bir mil koşusu uygulandı. KAH her seanstan önce ve ayrıca her seanstan sonra ölçmüşlerdir. Her seanstan sonra mil süresi kaydetmişlerdir. Her iki grubun mil süresi ve dinlenme KAH kıyasla önemli bir değişiklik saptamamışlardır. Deney grubunun mil süresi daha yüksek bir düşüşe sahipken, her iki grup için de mil süresi biraz azaldı. SKAM'ın etkileri karşılaştırılırken her iki grup arasında önemli bir değişiklik tespit etmemişlerdir.

2.10.2 Performans Sırasında SKAM Kullanımına Yönelik Akut Etkilerin İncelendiği Çalışmalar

López ve ark. (90) yaptıkları çalışmanın amacı SKAM kullanımının bir bisiklet ergometresinde tükenmeye kadar giden bir test sırasında psikofizyolojik etkilerini araştırmaktır. 12 erkek, SKAM takılıken ve takılmadan bisiklet ergometresinde tükenmeye kadar test protokolünü gerçekleştirmişlerdir. KAH, AZD, solunum rahatsızlığı (BD) ve SpO₂ değerlerini tükenme sırasında ölçmüşlerdir. Prefrontal korteks (PFC) ve vastus lateralis O₂'li, O₂'siz ve toplam hemoglobin, yakın kızılötesi spektroskopisi kullanılarak izlenmişlerdir. Her testin sonunda kan laktat seviyesi ölçümlerini almışlardır ve katılımcılar BAI'yı tamamlamışlardır. SKAM kullanımının tükenme süresinde ve SpO₂'de maskesiz denemeye göre anlamlı bir azalma tespit etmişlerdir. BAI'da tükenme sürelerine negatif bir korelasyon gözlemlemişlerdir. Kan laktat, KAH ve kas oksijenasyonunda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. SKAM kullanımında katılımcılar daha yüksek AZD ve BD değerleri tespit etmişlerdir.

Boyle ve ark. (91) yapmış oldukları çalışmanın amacı, SKAM kullanımının dispne (nefes darlığı), solunum kas fonksiyonu ve egzersiz sırasındaki yorgunluğa etkilerini incelemektir. 10 katılımcı rastgele bir sırayla 9,000ft simüle edilmiş SKAM ve 9,000ft simüle edildiği söylenip aslında oda havasını soludukları bilinen plasebo SKAM ile tükenmeye kadar bisiklet egzersizini tamamlamışlardır. SKAM ile egzersiz süresinde, plasebo SKAM'a göre anlamlı bir azalma ve dispne

sonucunda anlamlı bir şekilde artış tespit etmişlerdir. SpO₂ değerlerinde çalışma koşulları arasında değişiklik tespit etmemişlerdir. EMG değerlerinde tüm zaman noktalarında SKAM ile istatistiksel olarak artış tespit etmişlerdir. SKAM ile solunum kas yorgunluğu arasında bir fark tespit etmemişlerdir.

Brian ve ark. (92) yaptıkları çalışmada aerobik olarak uygun 11 yetişkin, %50 Wmaks'ta bisiklet kullanırken Solunum Eğitim Maskesi (SEM) (1800m simüle) ve kontrol maskesi takarken rastgele sırayla test protokolünü uygulamışlardır. Dinlenme ve bisiklet egzersizi sırasında metabolik gaz analizleri, AZD ve SpO₂ ölçmüşlerdir. SEM denemesinde kontrol maskesi denemesine kıyasla AZD değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Egzersiz sırasında SEM denemesi kontrol maske denemesine kıyasla solunum hızını ve dakika ventilasyonunu anlamlı düzeyde düşürmüş olduğunu saptamışlardır. Her iki koşulda da VO₂ ve VCO₂'de benzer artışlar gözlemişlerdir. SEM, kontrol maskesine kıyasla fraksiyonel ekspire edilen O₂'nin azalmasına ve fraksiyonel ekspire edilen CO₂'nin artmasına yol açmıştır ve egzersiz sırasında SpO₂'yi azalmasında neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Ott ve ark. (93) çalışmasında, 8 aktif genç, her biri %90 VO₂ max'ta 13 aralıklı 1 dakikalık sprintten oluşan bir koşu bandında üç seans HIIT uygulamıştır. Tüm katılımcılar 6.000ft'e ayarlanmış hipoksikatör ve 6.000ft'e ayarlanmış SKAM'ı kullandığı ve hiçbir cihaz olmadan uyguladıkları toplam üç test protokolü tamamlamışlardır. Sonuçlar, egzersiz sırasında SKAM kullanımının akciğer fonksiyon değişkenlerinde, KAH, SpO₂, solunum katsayısı veya kan büyüme hormonu seviyelerinde önemli akut değişikliklere yol açmadığını tespit etmişlerdir. Katılımcılar aynı yüksekliği simüle eden hipoksi jeneratörünü kullandıklarında, önemli ölçüde daha düşük SpO₂ saptamışlardır.

Veiga ve ark. (94) tarafından yaptıkları çalışmada bisiklet ergometresinde yüksek yoğunluklu aralıklı test sırasında SKAM (ETM 3.0) kullanımının anaerobik performans, KAH ve AZD'ye akut etkilerini incelemişlerdir. Test sırasında bisiklet ergometresinde kullanılan yük, vücut kütlelerinin %7,5'i dikkate alınarak bireysel olarak tanımlamışlardır. Test protokolünü 6sn'lik sprint bölümü ve 24sn'lik bir pasif dinlenmeyi içeren toplamda 30sn'lik bir bölümün 15 defa tekrardan oluşturmuşlardır. Çalışmaya 8 sağlıklı kadın birey katılım sağlamıştır ve

test protokolü 3657,6m simüle SKAM ve SKAM olmadan uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda SKAM kullanımının ortalama güç değerlerinde maskesiz denemeye göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük çıktığı, yorgunluk indeksi değerlerinde her iki deneme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ve KAH ile AZD değerlerinin her iki denemede istatistiksel olarak artış sergilediği fakat denemeler arasında bir fark olmadığı saptamışlardır.

Vasquez-Bonilla ve ark. (95) normoksik bir çadırda ve normoksik maske kullanarak (459m), hipoksik bir çadırda ve hipoksik maske kullanarak (3700m) bisiklet ergometresinde tekrarlı sprint antrenmanı gerçekleştirildiğinde solunum zorluğu ve AZD, CO₂ ve ıslak küre sıcaklığı, zirve ve ortalama güç çıkışı, zirve KAH, kas O₂ doygunluğu, arteriyel SaO₂, kan laktat ve glukozuna akut etkilerini inceledikleri çalışmaya 12 elit seviyede bisiklet sporcusu katılmıştır. Çadır ve maske yükselti simülasyonu için CAT-12, Louisville, Colorado isimli jeneratör kullanmışlardır. CO₂ ve ıslak küre sıcaklığı değerlerinde tüm koşullarda istatistiksel olarak artış gözlemlenmiştir (p<0.01) ve maske koşullarında çadır koşullarına kıyasla bu artışın daha düşük olduğu saptamışlardır (p<0.01). Hipoksik çadır koşullarında diğer üç koşuldaki daha düşük O₂ doygunluğu (p<0.05) ve hipoksik koşulların tamamında, normoksik koşulların tamamına göre daha düşük O₂ doygunluğu saptamışlardır (p<0.05). Dört koşulda da antrenman boyunca zirve KAH, AZD, kan laktat ve kan şekeri değerleri artış tespit etmişlerdir. Zirve ve ortalama güç değerleri için koşullar arasında anlamlı bir fark saptamamışlardır.

Yoong ve ark. (96) yaptıkları çalışmanın amacı SKAM takmanın direnç egzersizi esnasında AZD değerlerine etkilerini incelemektir. Direnç egzersizinde 1 yıllık geçmişi olan 14 sağlıklı katılımcı SKAM ile deney grubu ve SKAM olmadan kontrol gruplarına atanarak iki deneysel denemeye katılmışlardır: SKAM ile %70 direnç egzersizi ve SKAM olmadan %70 direnç egzersizi. Her iki grupta da katılımcıların 1-RM bench press'in %70'ini gerçekleştirmesini istemişlerdir. Çalışma sonucunda AZD puanlarında gruplar arasında anlamlı bir fark olmaksızın deney grubunda daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Kan laktat sonuçlarının deney grubunda kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Gruplar arası egzersiz hacminde herhangi bir değişiklik saptamamışlardır.

Romero ve ark. (97) 14 aktif sporcunun hem SKAM (2743,2m simüle) ile hem de maskesiz olarak tükenmeye kadar maksimum artımlı bisiklet testi sırasında kas ve beyin oksijenasyon yanıtları, KAH, AZD, kan laktatı, arteryal SaO₂ ve zirve güç üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre SKAM ile olan denemelerde maskesiz denemelere kıyasla zirve güç, laktat düzeyi, zirve güç çıkışında arteryal SaO₂ önemli ölçüde düşük, beyin oksijenasyonunda artış ve KAH, AZD ve kas oksijenasyonu iki denemede de benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Barbieri ve ark. (98) yaptıkları çalışmada 4,572m simüle edilmiş SKAM kullanarak bisiklet egzersizinde (70-75rpm'lik bir kadans / her dakika 25watt yük artışı) metabolik, ventilasyon ve elektromiyografik tepkilerini incelemişlerdir. Çalışmaya fiziksel olarak aktif 12 erkek 6 kadın dâhil etmişlerdir. Katılımcıları SKAM ile deney grubu, SKAM olmadan kontrol grubu olmak üzere bisiklet ergometresinde maksimalin %60 ile 20 dakikalık egzersize tabii tutmuşlardır. Kan laktat ölçümleri egzersizin bitiminden hemen önce, hemen sonrası ve 3. 5. ve 7. dakikalarda almışlardır. Çalışma sonucunda deney grubu SpO₂ ölçümlerinde azalma gözlemişler ve daha düşük pH, daha yüksek CO₂ ve daha yüksek hematokrit değeri tespit etmişlerdir. Ventilasyon hacmi, ventilasyon frekansı ve ekspire edilen O₂ basıncında düşüşler tespit etmişlerdir. Elektromiyografi aktivitesinde ve laktat konsantrasyonlarında herhangi bir değişiklik tespit etmemişlerdir.

Jung ve ark. (27) SKAM'ın sağlıklı yetişkinlerde bisiklete ergometresinde ve toparlanma sırasında hemodinamik ve kalp hızı değişkenliğine (HRV) akut etkilerini incelemişlerdir. Toplamda 15 (erkek=9, kadın=6) yetişkin katılımcı, SKAM (1.829m simüle maske) ve maskesiz olmak üzere rastgele şekilde iki test oturumunu tamamlamışlardır. 40 dakikalık bisiklet egzersizi test protokolü 10'ar dakikalık 4 bölüme ayırmışlardır. Bunlar; 1) dinlenme, 2) %50 VO₂ peak bisiklete binme, 3) %70 VO₂ peak bisiklete binme ve 4) toparlanma şeklindedir. Çalışma sonucunda kan basıncı değerlerinde anlamlı bir etkileşim saptamamışlardır. Sistolik kan basıncının SKAM ile alınan ölçümde maskesiz denemeye kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. SpO₂ seviyesinin, SKAM ile olan denemede yüksek yoğunluklu bisiklet egzersizi sırasında (VO₂ max'ın %70'i) maskesiz deneme ölçümünden önemli ölçüde daha düşük olduğunu

saptamışlardır. KAH denemeler arasında fark yoktur, ancak toparlanma sırasında SKAM ile olan denemede maskesiz denemeye kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğunu saptamışlardır. AZD değerleri SKAM ile alınan denemede, maskesiz denemeye kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğunu saptamışlardır.

Volkov ve ark. (99) SKAM'ın maksimum artımlı bisiklet testi sırasında (80rpm pedal çevirme hızıyla 20watt'da başladı ve tükenmeye kadar her iki dakikada bir 20watt artırıldı) fizyolojik parametreler ve aerobik kapasiteye etkisini incelemişlerdir. Fiziksel olarak sağlıklı 10 katılımcı, 5486m SKAM ve maskesiz olarak maksimum artımlı bisiklet testini tamamlamıştır. SKAM kullanımının zirve güç değerinde ve laktat düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir düşüş tespit etmişlerdir. SaO₂ kontrol grubuyla karşılaştırıldığında deney grubunda anlamlı düzeyde bir düşüş tespit etmişlerdir.

Jagim ve ark. (100) SKAM'ın (2,743,2m) rekreatif haltercilerde direnç egzersiz performansı, metabolik stres belirteçlerine akut etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaya 20 rekreatif olarak halter kaldıran kişi katılmıştır ve rastgele bir şekilde SKAM ile ve maskesiz ölçüm alınmıştır. Katılımcılar iki antrenman seansı back squat ve bench press (6 set 10 tekrardan oluşan 5RM'nin %85'i) ve 25sn'lik maksimum eforlu bir sprint testini tamamlamışlardır. Kan laktat seviyeleri ölçümelerini test protokolünü takip eden 1. dakikada almışlardır. Çalışma sonucunda katılımcıların %12'sinde, sersemlik, kaygı ve rahatsızlık gibi olumsuz yan etkiler gözlemlenmiştir. SKAM kullanımı back squat ve bench press egzersiz protokollerinde toplam hacmi azaltmamıştır ve koşullar arasında herhangi bir fark tespit etmemişlerdir. SKAM denemesinde back squat, bench press ve sprint testi sırasında daha düşük bir tepe hızı tespit etmişlerdir. Kan laktat seviyeleri, SKAM ile alınan bench press ve sprint ölçümleri sonrasında daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. SKAM koşulunda maskesiz koşula kıyasla back squat, bench press ve sprint ölçümlerinden sonra önemli ölçüde daha düşük uyanıklık ve göreve odaklanma sübjektif anket puanları tespit etmişlerdir.

Andre ve ark. (101) SKAM (3657,6m) alt ekstremiteye yönelik direnç egzersizleri esnasında kas performansı, hemodinamik değişkenler, AZD ve strese akut etkisini incelemişlerdir. Katılımcılar (n=10, 18-35 yaş arası sağlıklı bireyler) rastgele bir sırayla SKAM kullanarak ve SKAM olmadan test protokolünü

gerçekleştirmişlerdir. Direnç egzersiz içeriğini squat, leg press ve leg extension'dan oluşturmuşlardır. İki deneme arasında 72 saat bulunmaktadır. SKAM ile direnç egzersizi yapılan denemelerde, SKAM olmadan direnç egzersizi yapılan ölçümlere kıyasla toplam hareket tekrarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptamışlardır. KAH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmezlerken, AZD değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar ve SpO₂'de istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit etmişlerdir.

Öncen ve Pınar (102)'ın SKAM (2743 m) ile yaptıkları çalışmanın amacı kademeli bir egzersiz esnasında KAH ve kaygı düzeyine etkilerini incelemektir. Çalışmaya 6 kişi katılmıştır. Katılımcılar rastgele üçer kişilik deney ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. İlk ölçümlerden sonra gruplar yer değiştirmişlerdir ve testleri tekrar etmişlerdir. Katılımcılara koşu bandında tükenene kadar kademeli bir egzersiz uygulamışlardır. Egzersiz bitimini takiben 5 dakikalık toparlanma boyunca KAH kayıt edilmiştir. Daha sonra Becks Anksiyete Envanteri uygulamışlardır. KAH değerlerinde iki grup ölçümleri arasında anlamlı fark bulmuşlardır ($p<0,05$). Deney grubunun testin sonlanma süreci kontrol grubuna göre %2,45 daha erken (15.02sn'den 14.49sn'ye) olmuş ve toparlanma süreci sonundaki KAH ortalaması kontrol grubuna göre %9.12 daha düşük bulunmuştur. Bunun yanı sıra iki grubun toplam kaygı puanları arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir ($p>0,05$).

Ramos ve ark. (103) farklı yükselti seviyelerine simüle edilmiş hipoksikatör bir maske ile [normoksi (NORM; solunan O₂); orta düzeyde hipoksi (MH; 2.100m rakım); ve yüksek hipoksi (MH; 3.800m rakım)] yüksek yoğunluklu dairesel direnç antrenmanı esnasında fiziksel performansa ve fizyolojik değişkenlere etkisini incelemişlerdir. Çalışmaya direnç eğitimi almış 12 genç erkek katılmıştır. Katılımcılar her üç denemeyi rastgele sırayla uygulamışlardır. Borg skalası sonuçlarına göre HH AZD değerleri, NORM ve MH AZD değerleri ile karşılaştırıldığında egzersizin AZD'yi önemli ölçüde arttırmış olduğunu tespit etmişlerdir. KAH değerleri bakımından denemeler arasında önemli bir fark saptamamışlardır. HH'de, NORM veya MH ile karşılaştırıldığında bench press'te ortalama ve maksimum kuvvetlerde önemli ölçüde bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Sıçrama performansında koşullar arasında fark olmamıştır.

Hess (26)'in yapmış olduğu çalışmanın amacı SKAM'ın performans, kan laktat, kalp hızı toparlanması, atım hacmi, kalp debisi, KAH değışkenliği ve kısa süreli toparlanma sırasında kullanıldığında nefes hızı toparlanmasına akut etkilerini incelemektir. Çalışmada 7 sporcu kürek ergometresinde maskeli ve plasebo maskeli (valf kapakları olmadan) (SHAM) interval antrenman protokolü uygulamışlardır. İnterval antrenman protokolünü kürek ergometresinde maksimum eforla bir dakikalık performans, üç dakikalık toparlanma ve toplamda 5 tekrardan oluşturmuşlardır. SKAM yükselti ayarı olarak 3.000ft'lik bir dirence ayarlanarak kullanılmıştır. Katılımcılar SKAM ve SHAM'ı üç dakikalık toparlanma evresinde takmışlardır. Kan laktat ölçümleri dinlenik ve test protokolü bitimini takip eden 1. dakikada almışlardır. Çalışma sonucunda performans, kan laktat seviyeleri, KAH toparlanması, atım hacmi, kalp debisi ve KAH değışkenliği açısından SKAM ve SHAM koşulları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamamışlardır. Nefes hızı toparlanmasının SKAM koşullarında SHAM denemesine kıyasla daha iyi düzelme göstermiş olduğunu tespit etmişlerdir.

Maspero ve Smith (57) egzersiz sırasında SKAM takmanın akut fizyolojik ve algısal etkilerini incelemişlerdir. KAH, kan basıncı, SpO₂, kan laktat ve AZD değerlerini incelemişlerdir. SKAM yükselti ayarı 12,000ft olarak ayarlanmıştır. Katılımcılar test prosedürlerini SKAM ile ve SKAM olmadan iki defa uygulamışlardır. Test protokolü 10 dakikalık bir oturmadan sonra (hareketsiz oturarak), koşu bandında 4 dakikalık bir yürüyüş [eğim seviyesin 3,0 mil/saat (mph)], 4 dakikalık bir koşu (eğim seviyesi 5,0mph) ve üç dakikalık bir toparlanma şeklindedir. Çalışma sonucunda KAH, AZD, kan basıncı, SpO₂ ve kan laktat seviyelerinde denemeler arasında önemli bir fark tespit etmemişlerdir.

Motoyama ve ark. (104) SKAM (5486,4m simüle) ile uygulanan direnç egzersizlerine etkisini, kan laktat seviyelerine ve AZD'ye akut etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmaya 8 direnç eğitimi almış erkek dâhil etmişlerdir. Katılımcılar rastgele sırayla, SKAM ile ve maskesiz olarak arka arkaya 5 set bench press ve squat egzersizleri ile (%75 tek tekrar-maksimum testte / 1RM) başarısızlığa kadar direnç egzersizi uygulamışlardır. Denemeler ve egzersizler arasında üç dakika dinlenme vermişlerdir. Katılımcı hareketin tamamını gerçekleştiremeyince testi sona erdirmişlerdir. AZD ölçümlerini dinlenmeden hemen önce ve her egzersizin beş setinden sonra yapmışlardır. Kan laktat

ölçümlemlerini denemeden hemen önce ve 5 set bench press ve squat bittikten sonra ölçmüşlerdir. KAH ölçümlemlerini egzersizler boyunca ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda SKAM ile uygulanan denemelerde maskesiz uygulanan denemelere kıyasla bench press ve squat tekrar sayıları anlamlı derecede düşük, KAH ve AZD değerleri anlamlı derecede yüksek ve kan laktat düzeyleri seviyeleri ise anlamlı düzeyde düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Granados ve ark. (58) yaptıkları çalışmanın amacı SKAM'ın üç farklı simüle ayarıyla (3,500ft, 9,000ft ve 15,000ft) rekreatif olarak spor yapan 10 erkek birey üzerinde VO_2 max'ın %60'ı ile 20'şer dakikalık koşu bandı egzersizi sonrası KAH, SpO_2 , AZD, solunum ve solunum verimliliğine etkilerini incelemektir. Solunum ve solunum verimliliği, KAH ve AZD'yi egzersiz sırasında her dakika ölçmüşlerdir ve katılımcılar egzersizden hemen ardından Beck Anksiyete Envanterini (BAI) tamamlamışlardır. Çalışma sonucunda 3,500ft ile karşılaştırıldığında, 9,000ft ve 15,000ft denemelerde dakikada yaklaşık 20 litre ventilasyon düşüşü bulmuşlardır. O_2 verilerinin 9,000ft ve 15,000ft SKAM kullanılan denemelerde önemli ölçüde daha düşük olduğunu, CO_2 'nin 3,500ft'e kıyasla 9,000ft ve 15,000ft SKAM denemelerinde önemli ölçüde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Denemeler arasında O_2 tüketiminde fark yokken, yalnızca 15,000ft denemesinde, 3,500ft göre ekspire edilen CO_2 miktarında bir düşüş tespit etmişlerdir. 9,000ft ve 15,000ft SKAM denemelerinde SpO_2 'de %89,3'e varan bir düşüşe neden olduğu bulmuşlardır. Bu veriler 3,500ft'e nazaran 9,000ft ve 15,000ft denemeleri arasında önemli ölçüde farklıydı, ancak 15,000ft ve 9,000ft denemeleri arasında istatistiksel bir fark tespit etmemişlerdir. KAH ölçümleri egzersiz süresinin etkisi olarak anlamlı olarak artmıştır, fakat çalışma koşulları arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. 3,500ft denemelerine kıyasla 9,000ft ve 15,000ft denemelerinde AZD ve BAI anlamlı olarak yüksektir ancak 9,000ft ve 15,000ft denemeleri arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir.

Álvarez-Herms ve ark. (105) farklı hipoksi seviyelerinin maksimal anaerobik kapasiteye etkisini incelemişlerdir. Çalışmaya fiziksel olarak aktif 8 erkek birey katılmıştır. Katılımcılar çalışmada normoksi (N), orta düzeyde hipoksi (MH) deniz seviyesinden 2500m yüksekliğe eşdeğer ve yüksek hipoksi (HH), 4000m rakıma eşdeğer seviyelerde rastgele sırayla test protokolünü

(üç dakikalık dinlenme periyodu ile 15sn süren 6 set sıçrama) gerçekleştirmişlerdir. Yükselti seviyelerini ayarlamak için hipoksikatör bir maske (b-cat HA6500M, Tien, the Netherlands) kullanılmışlardır. Kan laktat seviyeleri her testin bitimini takip eden 4. dakikada almışlardır. Katılımcıların AZD ve yorgunluğunu ölçmek için CR10 Borg yorgunluk ölçeği kullanmışlardır. Setler arasında ortalama güç HH denemesinde N'ye göre anlamlı seviyede yüksekken, 6 setin ortalamasında denemeler arasında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Maksimum güç değerleri denemeler arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. AZD değerleri bakımından yalnızca HH denemesinin, N denemesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Laktat seviyeleri bakımında denemeler arasında fark tespit etmemişlerdir.

Granados ve ark. (106) yaptıkları çalışmada 5 sağlıklı erkek üzerinde SKAM'ı üç yükselti ayarı (1080m, 2743m ve 4572m) ile simüle ederek koşu bandında (20dk süre, %60 VO₂ max) koşarak ventilasyon (VE), ekspire edilen O₂ (FEO₂) ve CO₂ (FECO₂) fraksiyonları, kan O₂ doygunluğu (SpO₂), KAH ve AZD değerlerine bakmışlardır. Katılımcılar rastgele sırayla üç farklı test oturumuna katılmışlardır. AZD'yi test sonunda, diğer ölçümleri her dakika ölçmüşlerdir. AZD değerlerinin 2743m ve 4572m SKAM ölçümlerinde 1080m ölçümlerine göre anlamlı düzeyde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak 2743m ve 4572m ölçümlerinde ise hiçbir fark saptamamışlardır. KAH değerleri bakımından koşullar arası bir fark saptamamışlardır. 2743m ve 4572m SKAM denemelerinde 1080m SKAM denemelerine göre anlamlı düzeyde fark tespit etmişlerdir. Bu sonuçların VE düşük, FECO₂ yüksek, FEO₂ düşük, SpO₂ düşük ve AZD değerinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. 2743m ve 4572m SKAM denemelerinde ise hiçbir fark tespit etmemişlerdir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmada kullanılan araştırma modeli, verilerin toplanması ve veri toplama araçları tanıtılmaktadır. Aynı zamanda bu çalışmada elde edilen verilerin analizlerine yer verilmektedir.

3.1 Araştırma Grubu

Bu araştırmanın örneklem grubunu çalışmaya gönüllü olarak katılmış antrenmanlı sporculardan oluşan yaşları 18-24 yıl, antrenman yaşları 4-14 yıl arasında olan ve haftalık olarak ortalama 6-8 saat antrenman yapan 15 sağlıklı genç erkek oluşturmaktadır. Araştırmanın öncesinde katılımcılar ile toplantı yapılmış; araştırmanın amacı, süresi, araştırmada uygulanacak testler, çalışma esnasında oluşabilecek olası riskler ve çalışmadan elde edilecek yararlar hakkında katılımcılara detaylı bilgiler verilmiştir. Daha sonra katılımcılardan gönüllü olduklarını belirten ve çalışma hakkında ayrıntılı bilgileri içeren Helsinki Bildirgesine uygun olarak hazırlanan formu okuyarak imzalamaları istenmiştir (Bkz. Ek 1).

Bu araştırma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu 2021-04 sayılı kararı ile etik olarak uygun bulunmuştur.

3.2 Araştırmanın Modeli

SKAM'ın sporcuların anaerobik performans ve yüksek şiddetli egzersiz sonrası toparlanma süreçleri üzerine akut etkilerinin incelendiği bu çalışma, Rastgele Çapraz Deney Deseni (Rotasyon Modeli) şeklinde tasarlanmıştır. Araştırmaya katılacak olan tüm katılımcılar rastgele sırayla maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile test oturumlarına katılmışlardır (107).

G1	R X1 O	X2 O	X3 O
G2	R X2 O	X3 O	X1 O
G3	R X3 O	X1 O	X2 O

G1: 1.Grup	X1: Maskesiz	O: Ölçüm
G2: 2.Grup	X2: 2743,2m SKAM	R: Rastgele (Yansız Atama)
G3: 3.Grup	X3: 3657,6m SKAM	

3.3 Araştırmanın Deseni

Bu çalışmada, katılımcılara ait test verileri teste başlanılan günden itibaren gün aşırı olmak kaydıyla üç ayrı test oturumunda elde edilmiştir. Testin ilk oturumundan önce katılımcıların boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kompozisyonu ölçüm değerleri kaydedilmiştir. Ölçümler yapılmadan bir hafta önce katılımcılara test protokollerini tanımaları amacıyla, alıştırma yapmaları için gerekli ortam oluşturulmuştur. Bu alışırmalar esnasında her katılımcı en az iki kez RAST testini uygulamıştır.

Katılımcıların boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kompozisyon ölçümleri Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Egzersiz ve Spor Fizyolojisi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. RAST testi, kan laktat seviyesi, KAH, algılanan zorluk ölçümleri 888 metre rakıma sahip, ortalama 22-24°C sıcaklık ve ortalama %75-79 nem oranına sahip ve zemini ahşap parke olan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi spor salonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan katılımcılar gün aşırı olmak kaydıyla üç farklı günde test oturumuna katılmışlardır. Test oturumlarında katılımcılar günlük rutin aktivitelerini devam ettirmişlerdir. Katılımcıların saat 16:30'te laboratuvara gelmeleri sağlanmıştır. Katılımcılardan saat 16:30-19:00 saatleri arasında test öncesi dinlenik KAH ölçümü ve dinlenik kan laktat seviye ölçümü yapılmıştır. Daha sonra standart ısınma protokolü uygulanarak üç ayrı test oturumunda rastgele şekilde maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile birlikte RAST testini uygulamışlardır. RAST testinin hemen sonrası algılanan zorluk ölçümü yapılmıştır. RAST testinin bitimini takiben 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk'da olmak üzere toplam 5 ayrı ölçüm alınarak kan laktat seviyesi ölçümleri ve KAH ölçümleri yapılmıştır.

Çalışmaya katılmış bütün katılımcıların test oturumlarının gerçekleştirileceği günün öncesinde ve test oturumlarının gerçekleştirileceği günlerde yorucu egzersizlerden uzak kalmaları istenmiştir. Bunun ile birlikte bütün katılımcılar derslerine devam etme gibi günlük rutinlerine devam

etmişlerdir. Aynı zamanda test oturumlarında mideyi rahatsız edebilecek yiyeceklerden ve içeceklerden uzak kalmaları ve test oturumlarından en az 2-3 saat öncesine kadar benzer kalorilerde benzer yemekleri yemeleri istenmiştir.

3.4 Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması

Aşağıdaki bilgilerde çalışmada kullanılan veri toplama araçları ve test protokollerine ait detaylara ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir.

3.4.1 Boy Uzunluğu Ölçümü

Araştırmaya katılan katılımcıların boy uzunlukları ölçümleri $\pm 0,1$ cm hassasiyette “Seca 700, Medical Scales and Measuring Systems, Hamburg-GERMANY” marka bir cihaz ile alınmıştır. Boy uzunluğu ölçümü sırasında, katılımcıların vücut ağırlığı sağ ve sol bacak üzerinde dengeli biçimde dağılacak şekilde ve başları “Frankfort Horizontal Plan” pozisyonunda, yani kollar vücudun her iki yan tarafında ve avuç içleri bacaklara bakacak şekilde ölçümler alınmıştır. Ölçüm esnasında katılımcıların; üzerinde sadece şort olacak şekilde ve çıplak ayakla, ayak tabanları bitişik bir şekilde kapalı, başlarının arkası, sırt ve topuklarının ölçüm aletine bitişik durumda tutulmasına, derin bir nefes aldıktan sonra en yüksek boya ulaşma esnasında ölçümün yapılmasına dikkat edilmiştir.

3.4.2 Vücut Ağırlığı Ölçümü

Vücut ağırlığı ölçümleri $\pm 0,1$ kg hassasiyette “Seca 700, Medical Scales and Measuring Systems, Hamburg-GERMANY” markalı baskül kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm öncesinde ölçüm cihazında kiloları sabit olan ağırlıklar ile ölçüm alınıp ölçümde hata olup olmadığı test edilmiştir. Ölçümler esnasında katılımcıların kollarının vücudunun yanlarında olmasına, vücut ağırlığının sağ ve sol bacak üzerinde dengeli biçimde dağılması sağlanarak, çıplak ayak ve üzerlerinde yalnız şort olmasına dikkat edilmiştir.

3.4.3 Vücut Kompozisyonu Ölçümü

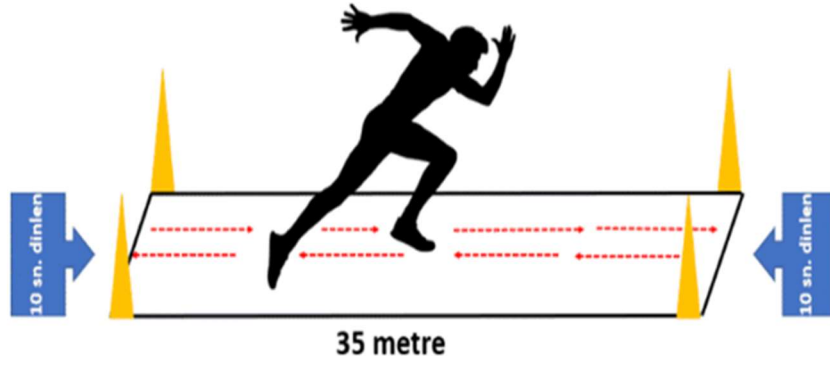
Araştırmaya katılan katılımcıların vücut kompozisyonu ölçümleri, “Tanita BC-418 Segmental Body Composition Analyzer, Tanita Corporation Tokyo, Japonya” markalı cihaz kullanılarak alınmıştır. Vücut kompozisyonu ölçümü bir gece açlık ile yapılmıştır. Katılımcılardan ölçüm öncesinden 24-48 saat öncesinde ağır fiziksel aktiviteler yapmamaları, diüretik etki gösteren çay, kahve ve benzeri içeriğinde kafein barındıran içecekler ve alkol tüketilmemeleri ve ölçüm öncesinden 7 gün önce diüretik ilaç tüketmemeleri istenmiştir. Ölçümden yaklaşık

30dk önce tuvalet ihtiyacı giderilmesi sağlanmıştır. Ölçümün standart olması bakımından katılımcıların üzerlerindeki metal maddelerin çıkarılması istenmiştir.

Ölçüm alınmadan önce katılımcıların boy uzunlukları, doğum tarihleri, cinsiyetleri, hareketlilik durumları ve daha bilgileri bilgisayarda veri olarak girildikten sonra ölçümü alınacak kişinin çıplak ayakla ve uygun kıyafetle yani şort ve tişört gibi olabildiğince hafif kıyafetler ile platform üzerine çıkması istenmiştir. Bu sırada katılımcının iki ayağı da elektrotlu (metal) alanla temas halinde iken hareketsiz bir konumda ağırlık ölçümü yapılmıştır. Ağırlık ölçümü ardından katılımcı, cihazın sağ ve sol yanında bulunan el elektrot kollarını alarak metal kısımlar başparmaklarla kavranacak ve avuç içine yerleştirmiştir. Elektrot kol tutumlarının tutuşu sağlanarak eller yana doğru serbest olacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Cihaz öncelikle vücut ağırlığını daha sonra vücut kas ve yağ yüzdesini, vücut kas, yağ, sıvı, kemik ve yağ dışı değerlerini tanımlar ve verilerin dökümü bilgisayara aktarılıp kayıt altına alınmıştır.

3.4.4 RAST (Running Based Anaerobic Sprint Test) Anaerobik Sprint Testi

RAST testi, 35m uzunluğundaki bir alanda 10sn dinlenme aralıklarından oluşan 6 adet sprint koşu performansının ölçülmesi ilkeleriyle çalışmaktadır (29, 30, 108). Test öncesi katılımcılar standartlaştırılmış ısınma protokolünü uygulamışlardır. Isınma protokolü 5dk yavaş tempo koşu, 10 tekrar diz çekme, 10x10m çıkış (109). Isınmaya bağlı oluşan yorgunluğu gidermek için testten önce 3-5dk dinlenme periyodu verilmiştir. Katılımcıların RAST testi uygulamasında 35m'lik koşu mesafesinin başlangıç ve bitiş noktasında fotosel kullanılarak koşu süreleri sn cinsinden kayıt edilmiştir. Ölçümü alınacak katılımcı test alanının başlangıç noktasında (fotoselin hemen arkasında) hazır olarak beklemiştir. Katılımcı kendisini hazır hissettiği anda maksimum bir performansla 35m'lik sprint koşusunu tamamlamıştır. Koşu süresi kayıt edilmiştir. Katılımcılar 10sn dinlenme aralıklarıyla toplamda 35m'den oluşan 6 adet sprint koşusu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. RAST (Running Based Anaerobic Sprint Test) Test Dizaynı



Fotoğraf 3.1. RAST Test Dizaynı



Fotoğraf 3.2. RAST Test Ölçümü



Fotoğraf 3.3. RAST Test Ölçümü

Elde edilen veriler doğrultusunda istatistiksel analizlerde kullanmak üzere sprint koşularının aşağıda belirtilen hesaplamaları yapılmıştır.

3.4.4.1 Verilerin İşlenmesi

Anaerobik Gücün Hesaplanması

Anaerobik güç hesaplaması katılımcıların daha önce ölçümü yapılmış olan vücut ağırlığı (kg) ve RAST testinden elde edilmiş olan 6 sprint koşu süresi (sn) ile yapılmaktadır. Aşağıdaki formül, 6 adet sprint koşu süresi ile kullanılır ve 6 adet anaerobik güç değeri (watt) elde edilir.

Formül;

$$\text{Anaerobik Güç} = \text{vücut ağırlığı} \times \text{mesafe}^2 \div \text{süre}^3$$

***vücut ağırlığı:** kg; **mesafe:** 35 metre; **süre:** sprint koşu süresi (sn)

Yukarıdaki formül ile 6 sprinte ait 6 farklı güç değeri elde edilir.

RAST testinde maksimum güç kavramı 6 sprint içerisinde, her bir sprint süresi ile güç hesaplamaları sonucunda elde edilen en yüksek güç değerinin watt cinsinden ifade edilmesidir (108). Bu değer katılımcıların güç ve maksimum hızları hakkında bilgi vermektedir (29).

Anaerobik Kapasitenin Hesaplanması

RAST testinde anaerobik kapasite kavramı 6 sprintten elde edilen 6 güç değerinin ortalaması olarak tanımlanmaktadır (108). Anaerobik kapasite katılımcıların zaman içerisinde gücünü koruma yeteneği olarak ifade edilir. Bu değer ne kadar yüksekse anaerobik performansı sürdürme yeteneği de o kadar iyi olacaktır (29).

Formül;

Anaerobik Kapasite: 6 anaerobik güç değeri toplamı (watt) ÷ 6 (sprint sayısı)

Yorgunluk İndeksinin Hesaplanması

RAST testinde yorgunluk indeksi kavramı katılımcıların güç değerlerinin düşme derecesini göstermektedir. Yorgunluk indeksi değeri (watt/sn) ne kadar

yüksek olursa katılımcıların 6 sprintte gücünü koruma yeteneği o kadar düşük olur (29).

Formül;

Yorgunluk İndeksi: (Maksimum Güç – Minimum Güç) / 6 sprintin toplam zamanı (sn) (29, 30, 108).

3.4.5 Kandaki Laktat Seviyesi

Kan laktat seviyesi ölçümleri hem hematokrit dengeleyici mekanizmalara hem de Bluetooth uyumlu teknolojiye sahip el tipi analizörlerinden olan Lactate Scout 4 (Lactate Scout 4, SensLab GmbH, Leipzig, Almanya) cihazı ile alınmıştır. Analizörün kalibrasyonu ölçüm şeritlerin kodu ile eşleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Ölçümler parmak ucundan alınan 0,2 µl kapiller kan numunesi örnekleri ile yapılmıştır. Kan laktat seviyesi ölçümleri test protokolü öncesinde dinlenim kan laktat seviyesi ve test protokolü sonrası katılımcı bir sandalyeye oturtularak test bitimini takip eden 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk, 20.dk olmak üzere 6 ayrı kan laktat seviyesi ölçümü alınmıştır.



Fotoğraf 3.4. Kan Laktat Seviyesi Ölçümü



Fotoğraf 3.5. Lactate Scout 4



Fotoğraf 3.6. Lactate Scout 4

3.4.6 Kalp Atım Hızı (KAH) Ölçümü

Katılımcıları KAH ölçümleri her üç test oturumunda da ölçümlerin başından sonucuna kadar “Polar RS400” marka kalp atım monitörü kullanılmıştır. RAST testi öncesinde katılımcının dinlenik KAH’ın kayıt edilmesi için 5dk boyunca minder üzerinde yatış pozisyonunda kalması istenmiştir. Gözlemlenen en düşük KAH kayıt edilmiştir. Daha sonra RAST testinin her 35m sprint koşusunun

sonunda olmak üzere toplamda 6 defa KAH kayıt edilmiştir. RAST testi sonrasında 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk’larda KAH değerleri kayıt altına alınmıştır.

3.4.7 Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) Ölçümü

Borg, genel olarak fiziksel algılanan zorluğun, çalışan kaslardan, dolaşım ve solunum sistemlerinden, eklemlerden, terlemeden, olası ağrılardan, baş dönmesinden vb. kaynaklanan farklı belirtilerin bütünleşmesiyle deneyimlenen çaba, gerginlik, rahatsızlık ve/veya yorgunluğun öznel yoğunluğu olarak tanımlar (110, 111).

Algılanan zorluk ölçümü RAST testinin hemen sonrasında katılımcıların egzersiz sırasında hissettiği yorgunluğu hiçbir şey (6), çok çok hafif (7-8), çok hafif (9-10), hafif (11-12), biraz zor (13-14), zor (15-16), çok zor (17-18), çok çok zor (19), tükenme (20) arasındaki bir aralıkta ifade etmesine ile ölçülmüştür (Bkz. Ek 2).

3.5 Verilerin Analizi

Çalışmada sunulan verilerin tamamının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanarak tablolar halinde sunulmuştur. Çalışmada elde edilen verilerin normallik dağılımına Shapiro-Wilk testi ile bakılmıştır. Varyansların homojenliğini test etmek içinde Levene Testi kullanılmıştır. Maksimum güç, anaerobik kapasite, yorgunluk indeksi ve AZD değerlerinin analizleri için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Fark çıkması halinde Bonferroni tanımlaması kullanılmıştır. Tekrarlı sprintler güç ve tekrarlı sprintler KAH değerleri ve RAST testi sonrası laktat ve KAH değerlerinin analizi için tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi yapılmıştır. Verilerin istatistik çalışması Mauchly’s küresellik testi (Mauchly’s Test of Sphericity) dikkate alınarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarının yorumlanmasında etki büyüklüğü istatistiği olan eta-kare (η^2) değeri kullanılmıştır. Etki büyüklüğü olarak ifade edilen eta-kare değerleri, 0,01 küçük etki büyüklüğü, 0,06 orta etki büyüklüğü ve 0,14 büyük etki büyüklüğü olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlenmiş ve analizler Windows için SPSS 22 paket programında yapılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmamızın bu bölümünde çalışma kapsamında elde edilen veriler bulunmaktadır. Katılımcıların RAST maksimum güç, anaerobik kapasite, tekrarlı sprint koşuları güç değerleri, yorgunluk indeksi, tekrarlı sprintler KAH, AZD değerleri, laktat seviyeleri ve RAST testi sonrası ölçülen KAH değerleri ayrı ayrı olacak şekilde incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1’de çalışmada gönüllü olarak yer almış olan katılımcıların tanımlayıcı özelliklerinden olan yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi (VYY) ve spor yaşlarının aritmetik ortalamaları ($\bar{x}$), standart sapmaları (Ss), en düşük ve en yüksek değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.1. Katılımcıların Yaş, Boy Uzunluğu, Vücut Ağırlığı, Vücut Yağ Yüzdesi (VYY) ve Spor Yaşları değerlerinin Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15)

Değişken	$\bar{x} \pm Ss$	En Düşük	En Yüksek
Yaş (yıl)	20,40 $\pm$ 1,68	18	24
Boy Uzunluğu (cm)	178,93 $\pm$ 5,99	170,7	192,8
Vücut Ağırlığı (kg)	73,97 $\pm$ 11,33	58,2	93,9
VYY (%)	11,63 $\pm$ 4,54	5,4	19,5
Spor Yaşı (yıl)	8,73 $\pm$ 3,45	4	14

VYY: Vücut yağ yüzdesi

Tablo 4.1’de mevcut çalışmada yer alan katılımcıların yaş ortalamalarının 20,40 $\pm$ 1,68 yıl olduğu, en yüksek yaş değerinin 24 yıl ve en düşük yaş değerinin ise 18 yıl olduğu belirlenmiştir. Örneklem grubunun boy uzunluğu değerlerinin ortalaması 178,93 $\pm$ 5,99cm, vücut ağırlığı değerlerinin ortalaması 73,97 $\pm$ 11,33kg ve vücut yağ yüzdelerinin ortalaması ise %11,63 $\pm$ 4,54’tür. Spor yaşı değerleri incelendiğinde ise ortalamanın 8,73 $\pm$ 3,45 yıl olup en yüksek spor yaşı değeri 14 yıl iken en düşük spor yaşı değeri 4 yıldır.

4.1 Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite, Yorgunluk İndeksi ve AZD Ölçüm Verileri

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile RAST testi denemelerine ait maksimum güç, anaerobik kapasite, yorgunluk indeksi ve AZD ölçüm değerlerine ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Katılımcıların Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite, Yorgunluk İndeksi ve AZD değerlerinin Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15)

Değişkenler	Ölçümler		
	Maskesiz $\bar{x} \pm Ss$	2743,2m SKAM $\bar{x} \pm Ss$	3657,6m SKAM $\bar{x} \pm Ss$
Maksimum Güç (watt)	706,58 $\pm$ 135,10	651,73 $\pm$ 144,46	660,39 $\pm$ 135,50
Anaerobik Kapasite (watt)	560,02 $\pm$ 112,87	494,59 $\pm$ 104,15	514,10 $\pm$ 101,79
Yorgunluk İndeksi (watt/sn)	7,97 $\pm$ 2,21	8,36 $\pm$ 3,13	7,64 $\pm$ 2,49
AZD (puan)	13,93 $\pm$ 2,76	15,40 $\pm$ 2,72	15,93 $\pm$ 2,60

SKAM: Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi; **AZD:** Algılanan zorluk derecesi.

Yukarıda bulunan Tablo 4.2’de maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile uygulanan denemelere ait maksimum güç ve anaerobik kapasite, yorgunluk indeksi ve AZD değerlerinin aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları bulunmaktadır.

Tablo 4.2’ye göre RAST testi denemeleri arasında üretilen en büyük maksimum güç ortalaması maskesiz (Ort.=706,58 $\pm$ 135,10watt) denemede ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 3657,6m SKAM (Ort.=660,39 $\pm$ 135,50watt) denemesi ile 2743,2m SKAM (Ort.=651,73 $\pm$ 144,46watt) denemesi takip etmektedir. Anaerobik kapasite değeri ortalamalarına bakıldığında en yüksek anaerobik kapasite değeri maskesiz (Ort.=560,02 $\pm$ 112,87watt) denemede ölçülmüş olup sıralama 3657,6m SKAM (Ort.=514,10 $\pm$ 101,79watt) denemesi ve 2743,2m SKAM (Ort.=494,59 $\pm$ 104,15watt) denemesi olarak devam etmektedir. Yorgunluk indeksi değeri ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek değer 2743,2m SKAM

(Ort.=8,36±3,13watt/sn) denemesinde ve devamında ise sırasıyla maskesiz (Ort.=7,97±2,21watt/sn) deneme ve 3657,6m SKAM (Ort.=7,64±2,49watt/sn) denemede ölçülmüştür. AZD değeri ortalamalarında ise ölçüm sonuçlarına göre en yüksek değerin 3657,6m SKAM (Ort.=15,93±2,60) denemesinde sonrasında 2743,2m SKAM (Ort.=15,40±2,72) denemesinde ve maskesiz (Ort.=13,93±2,76) denemede olduğu yer almaktadır.

4.2 Maksimum Güç Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde maksimum güç değerleri arasındaki farkın belirlenebilmesi amacıyla tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular tablo 4.3'te verilmiştir.

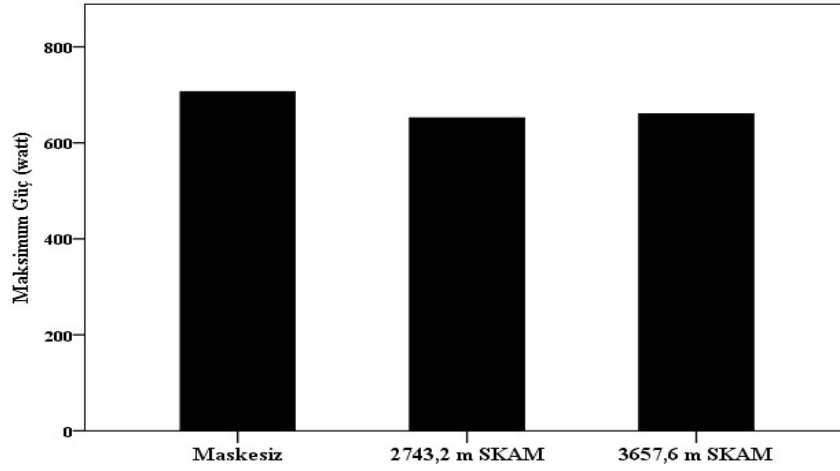
Tablo 4.3. Denemeler arası maksimum güç değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	26084,10	2	18541,73	8,318	0,005	0,373
Grup içi hata	43903,60	28	2229,19			

KT: Kareler toplamı; **KO:** Kareler ortalaması; **SD:** Serbestlik derecesi; **η^2 :** Eta-Kare. Yapılmış olan diğer varyans analizi tablolarında da aynı kısaltmalar kullanılmıştır.

Tablo 4.3 incelendiğinde maksimum güç değerlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($F_{(2-28)}=8,318$; $P=0,005$; $\eta^2=0,373$). Bulunan bu farkın hangi deneme ya da denemelerden kaynaklandığını bulmak için ikili karşılaştırmalar incelendiğinde maksimum güç ölçümlerinde maskesiz deneme ile 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,05$). Maskesiz denemenin (Ort.=706,58±135,10watt) maksimum güç ortalamasının hem 2743,2m SKAM (Ort.=651,73±144,46watt) deneme ortalamasından hem de 3657,6m SKAM (Ort.=660,39±135,50watt) deneme ortalamasından daha yüksek olduğu bulunmuştur. 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasından maksimum güç bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($p>0,05$). Bu durum ayrıca şekil 4.1'de sütun grafiği ile sunulmuştur. Maskesiz

denemede SKAM'lı denemelere göre daha yüksek maksimum güç değeri üretildiği şekil 4.1' de sütun grafiğinde de belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.1. Maksimum Güç Değerleri

4.3 Anaerobik Kapasite Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde anaerobik kapasite değerleri arasındaki farkın belirlenebilmesi amacıyla tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular Tablo 4.4'te verilmiştir.

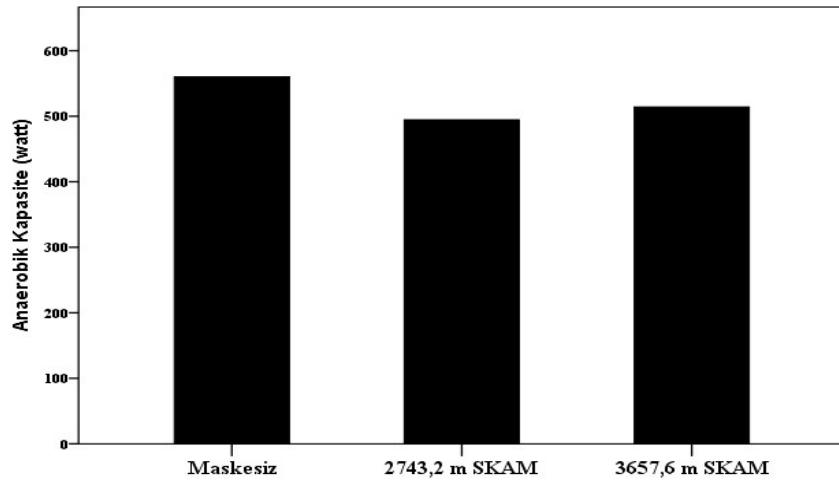
Tablo 4.4. Denemeler arası anaerobik kapasite değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	33847,07	2	16923,54	19,482	0,001	0,582
Grup içi hata	24322,70	28	868,67			

Tablo 4.4 incelendiğinde anaerobik kapasite değerlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($F_{(2-28)}=19,482$; $P=0,001$; $\eta^2=0,582$). Bulunan bu farkın hangi deneme ya da denemelerden kaynaklandığını bulmak için ikili karşılaştırmalar incelendiğinde anaerobik kapasite ölçümlerinde maskesiz deneme ile 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,05$).

Maskesiz denemenin (Ort.=560,02±112,87watt) anaerobik kapasite değeri ortalamasının hem 2743,2m SKAM (Ort.=494,59±104,15watt) deneme ortalamasından hem de 3657,6m SKAM (Ort.=514,10±101,79watt) deneme ortalamasından daha yüksek olduğu saptanmıştır. 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında anaerobik kapasite bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Bu durum ayrıca şekil 4.2’de sütun grafiği ile sunulmuştur. Maskesiz denemenin anaerobik kapasite değerlerinin SKAM’lı denemelere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Anaerobik Kapasite Değerleri

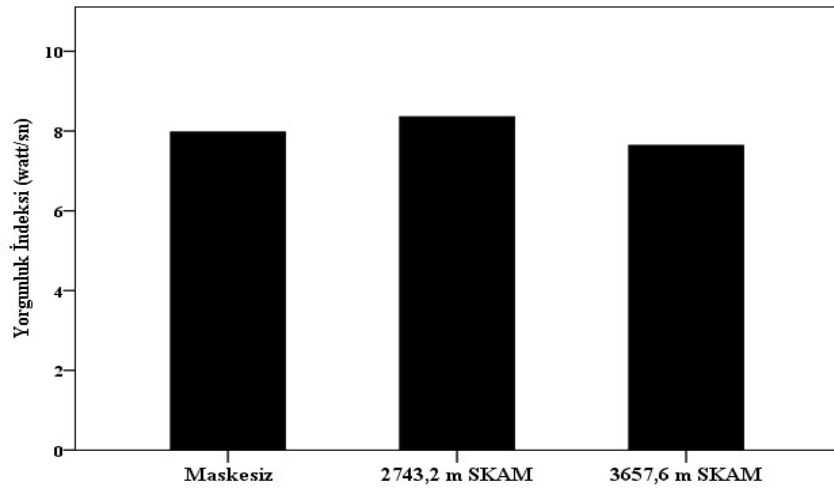
4.4 Yorgunluk İndeksi Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde yorgunluk indeksi değerleri (watt/sn) arasındaki farkın belirlenebilmesi amacıyla tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5. Denemeler arası yorgunluk indeksi değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	3,87	2	1,94	1,066	0,358	0,071
Grup içi hata	50,90	28	1,82			

Tablo 4.5 incelendiğinde yorgunluk indeksi değerlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F_{(2-28)}=1,066$; $P=0,358$; $\eta^2=0,071$) ($p>0,05$). Bu bulguya göre; maskesiz deneme, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM kullanım durumunun denemeler arasında yorgunluk indeksi değerlerinde bir farklılık oluşturmadığı söylenebilir. Maskeden yoksun durum ya da SKAM kullanım durumu yorgunluk indeksi değerlerinde denemeler arasında benzer etkiler oluşturmuştur. Bu durum ayrıca şekil 4.3'te sütun grafiği ile sunulmuştur. Yorgunluk indeksi değerlerinde benzer sonuçlar elde edildiği şekil 4.3'te sütun grafiğinde görülmektedir.



Şekil 4.3. Yorgunluk İndeksi Değerleri

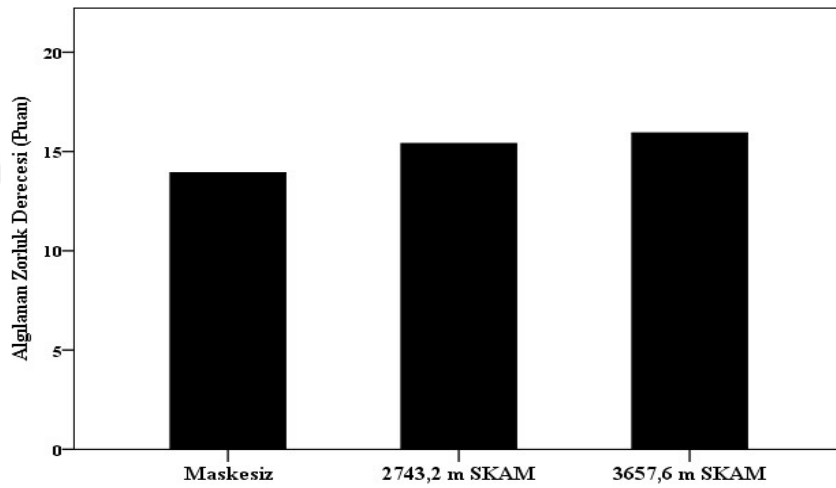
4.5 AZD Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde AZD değerleri arasındaki farkın belirlenebilmesi amacıyla tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Denemeler arası AZD değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	32,18	2	16,10	8,583	0,001	0,380
Grup içi hata	52,49	28	1,87			

Tablo 4.6 incelendiğinde AZD değerlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($F_{(2-28)}=8,583$; $P=0,001$; $\eta^2=0,380$). Bulunan bu farkın hangi deneme ya da denemelerden kaynaklandığını bulmak için ikili karşılaştırmalar incelendiğinde AZD ölçümlerinde maskesiz deneme ile 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,05$). Maskesiz denemenin AZD (Ort.=13,93±2,76) ortalamasının hem 2743,2m SKAM (Ort.=15,40±2,72) deneme ortalamasından hem de 3657,6m SKAM (Ort.=15,93±2,60) deneme ortalamasından daha düşük olduğu belirlenmiştir. 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında AZD değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($p>0,05$). Bu durum ayrıca şekil 4.4'te sütun grafiği ile sunulmuştur. SKAM'lı denemelerde maskesiz denemeye kıyasla daha yüksek AZD değerleri elde edildiği şekil 4.4'te sütun grafiğinde belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.4. Algılanan Zorluk Derecesi Değerleri

4.6 Tekrarlı Sprintlere ait Güç Değerleri ve Tekrarlı Sprintler KAH Ölçüm Verileri

Katılımcıların tekrarlı sprint koşularında maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile denemeler sırasındaki güç (watt) ve tekrarlı sprintler KAH (atım/dk) ölçüm değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Katılımcıların Tekrarlı Sprintlerine ait Güç (watt) değerleri ve Tekrarlı Sprintler KAH (atım/dk) Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15)

Değişken	Sprintler						
	Deneme	1. sprint	2. sprint	3. sprint	4. sprint	5. sprint	6. sprint
Güç (watt) $\bar{x} \pm Ss$	Maskesiz	706,58±135,10	642,63±121,10	572,64±118,25	517,84±114,79	475,70±105,07	444,72±105,66
	2743,2m SKAM	651,73±144,46	594,10±126,73	509,48±113,56	448,24±103,72	398,50±90,70	365,50±76,28
	3657,6m SKAM	660,39±135,50	603,42±111,10	524,77±108,26	474,00±99,89	420,10±89,00	401,90±93,75
KAH (atım/dk) $\bar{x} \pm Ss$	Maskesiz	135,73±14,22	165,07±9,53	175±8,80	180,33±7,85	184,27±7,83	187,40±7,62
	2743,2m SKAM	131,33±12,03	160,33±9,20	172,73±8,30	179,27±5,52	183,07±4,70	186,07±5,24
	3657,6m SKAM	138,60±10,56	163±11,85	175,53±7,66	180,53±5,64	184,07±6,97	186,40±6,31

Yukarıda bulunan Tablo 4.7’de maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile uygulanan denemelere ait tekrarlı sprintlerde üretilen güç ve tekrarlı sprintler KAH değerlerinin aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları bulunmaktadır.

Denemelerde tekrarlı sprintlerde üretilen güç değerleri ortalamalarına bakıldığında en yüksek güç değeri ortalamasının üç denemede de 1.sprint koşusunda üretildiği yer almaktadır. Denemeler açısından 1.sprintlerde en yüksek güç değeri ortalamaları sırasıyla maskesiz (Ort.=706,58±135,10watt), 3657,6m SKAM (Ort.=660,39±135,50watt) ve 2743,2m SKAM (Ort.=651,73±144,46watt) denemelerindedir. Güç değeri ortalamalarının her üç denemede de 1.sprintten sonra 2., 3., 4., 5. ve 6. sprintlerinde düşüşe uğrayarak azalan bir seyir izlemektedir. Tekrarlı sprintler KAH ortalamaları incelendiğinde sprintlere göre sürekli artan bir seyir izlemiştir. Her üç denemede de 1.sprintten başlayarak sürekli artan KAH değeri ortalamasının 6.sprint sonunda en yüksek değere ulaştığı yer almaktadır.

4.7 Tekrarlı Sprintlere ait Güç Değerleri ile İlgili Analiz Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde tekrarlı sprintlere ait güç değerlerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8. Denemeler arası Tekrarlı Sprintlere ait Güç değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları

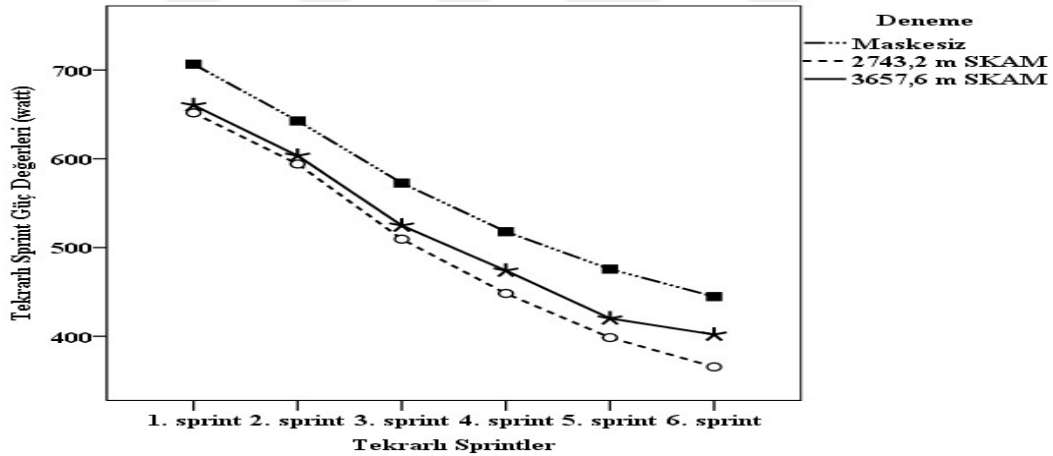
Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	203082,44	2	101541,22	19,482	0,001	0,582
Hata (Deneme)	145936,21	28	5212,01			
Zaman	2483174,58	1,46	1698257,97	156,064	0,001	0,918
Hata (Zaman)	222757,23	20,47	10881,79			
Deneme*Zaman	7367,65	4,41	1669,22	1,149	0,343	0,076
Hata (Deneme*Zaman)	89775,79	61,79	1452,83			

Tekrarlı sprintlere ait güç değerlerinin karşılaştırılması için yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi sonucuna göre deneme etkisinde ($F_{(2-28)}=19,482$; $p=0,001$; $\eta^2=0,582$) ve zaman etkisinde ($F_{(5-70)}=156,064$; $p=0,001$; $\eta^2=0,918$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,05$). Ancak deneme*zaman etkileşiminde ise ($F_{(10-140)}=1,149$; $p=0,343$; $\eta^2=0,076$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$).

Deneme etkisindeki anlamlı farkın hangi tekrardaki sprint güç değerleri arasında olduğunun karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır ve fark saptanması durumunda ikili karşılaştırmalar için Bonferroni tanımlanmıştır. Buna göre denemeler arasında maskesiz denemenin 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. sprint güç değerinin 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinin 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. sprint güç değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Fakat 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında sprint güç değerlerinin

karşılaştırılması bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Zaman etkisindeki anlamlı farkın devamı için yapılan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre maskesiz ($F_{(5-70)}=130,069$; $p=0,001$; $\eta^2=0,903$), 2743,2m SKAM ($F_{(5-70)}=98,846$; $p=0,001$; $\eta^2=0,876$) ve 3657,6m SKAM ($F_{(5-70)}=113,473$; $p=0,001$; $\eta^2=0,890$) ile RAST test denemelerinin sprint güç değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Bonferroni tanımlaması sonucunda farkın maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile tekrarlı sprint denemelerindeki tüm sprint güç değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Buna göre her üç denemeden elde edilen 6 sprint güç değerinde, 1.sprint güç değerinden başlayarak 6.sprint değerine doğru istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu durum ayrıca şekil 4.5'te çizgi grafiği ile sunulmuştur. Tekrarlı sprintler güç değerlerinde denemeler arası fark olmaksızın zamansal olarak benzer seyir izleyerek düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.5. Tekrarlı Sprintler Güç Değerleri

4.8 Tekrarlı Sprintler KAH Verileri ile İlgili Analiz Sonuçları

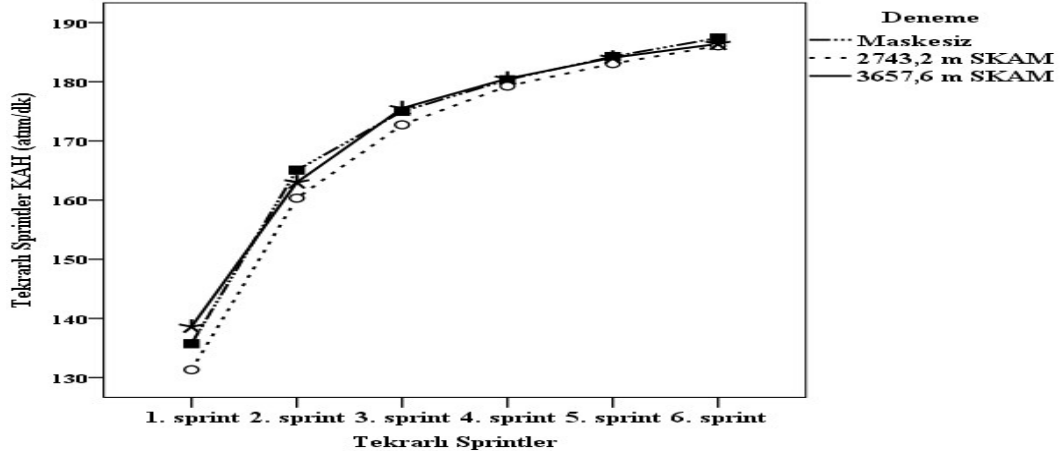
Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde tekrarlı sprintler KAH değerlerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Denemeler arası Tekrarlı Sprintler KAH değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	383,52	2	191,76	1,359	0,273	0,088
Hata (Deneme)	3951,15	28	141,112			
Zaman	83119,80	1,98	41955,69	329,246	0,001	0,959
Hata (Zaman)	3534,37	27,74	127,43			
Deneme*Zaman	294,393	3,62	81,38	0,905	0,460	0,061
Hata (Deneme*Zaman)	4555,61	50,64	89,96			

Tablo 4.9’da Tekrarlı Sprintler KAH değerlerinin karşılaştırılması için yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi sonucuna göre zaman etkisinde ($F_{(5-70)}=329,246$; $p=0,001$; $\eta^2=0,959$) istatistiksel olarak anlamlı farklılaşma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak deneme etkisinde ($F_{(2-28)}=1,359$; $p=0,273$; $\eta^2=0,088$) ve deneme*zaman etkileşiminde ise ($F_{(10-140)}=0,905$; $p=0,460$; $\eta^2=0,061$) istatistiksel olarak anlamlı farklılaşma tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Zaman etkisindeki anlamlı farkın devamı için yapılan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre maskesiz ($F_{(5-70)}=140,020$; $p=0,001$; $\eta^2=0,909$), 2743,2m SKAM ($F_{(5-70)}=155,458$; $p=0,001$; $\eta^2=0,917$) ve 3657,6m SKAM ($F_{(5-70)}=136,517$; $p=0,001$; $\eta^2=0,907$) ile tekrarlı sprintlerdeki her bir sprint KAH değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Bonferroni tanımlaması sonucunda oluşan farkın maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile tekrarlı sprintler KAH değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Buna göre her üç denemeden elde edilen 6 sprint KAH değerlerinde, 1. sprint KAH değerinden 6. sprint KAH değerine doğru istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu durum ayrıca şekil 4.6’da çizgi grafiği ile sunulmuştur. Tekrarlı sprintler KAH değerlerinde denemeler arası fark olmaksızın zamansal olarak benzer bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Tekrarlı Sprintler KAH Değerleri

4.9 RAST Testi Sonrasında Kan Laktat ve KAH Değerleri ile İlgili Ölçüm Verileri

Katılımcıların maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile RAST testi denemelerinden sonraki alınan laktat (mmol/l) ve KAH (atım/dk) ölçüm değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Katılımcıların RAST Testi sonrası ait Laktat (mmol/l) ve KAH (atım/dk) değerlerinin Aritmetik Ortalamaları ve Standart Sapmaları (n=15)

Değişken	Zaman						
	Deneme	Dinlenim	1.dk	5.dk	10.dk	15.dk	20.dk
Laktat (mmol/l) $\bar{x} \pm Ss$	Maskesiz	0,87±0,43	13,29 ±3,39	15,10 ±3,49	14,04 ±5,36	11,53 ±4,35	9,55±4,42
	2743,2m SKAM	1,28±0,52	11,37 ±3,35	11,75 ±4,04	10,73 ±4,13	9,27±3,97	6,95±3,55
	3657,6m SKAM	1,09±0,39	12,40 ±3,34	12,66 ±4,43	11,42 ±4,56	9,21±3,67	8,25±3,97
KAH (atım/dk) $\bar{x} \pm Ss$	Maskesiz	63,87±11,98	151,93±14,74	110,60±13,96	109,40±13,12	104,67±12,45	99,93±11,85
	2743,2m SKAM	62±9,53	149,93±15,67	110,67±11,88	107,33±11,18	106,53±13,05	104,33±12,34
	3657,6m SKAM	62,40±10,80	150,27±14,78	110,73±13,30	108,13±13,65	106,67±15,97	103,27±13,67

Tablo 4.10'da maskesiz 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM ile RAST testi öncesi dinlenim ve sonrasında 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk'larında laktat ve KAH değerlerinin aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları bulunmaktadır. Dinlenim durumu laktat seviyeleri ortalamaları bakımından maskesiz (Ort.=0,87±0,43mmol/l), 2743,2m SKAM (Ort.=1,28±0,52mmol/l) ve 3657,6m SKAM (Ort.=1,09±0,39mmol/l) denemeleri öncesinde katılımcıların dinlenik

olduğu söylenebilir. Laktat seviyelerinde her üç denemede de en yüksek laktat ortalamalarının 5.dk'da olduğu yer almaktadır. Dinlenim durumu KAH değeri ortalamaları bakımından maskesiz (Ort.=63,87±11,98atım/dk), 2743,2m SKAM (Ort.=62±9,53atım/dk) ve 3657,6m SKAM (Ort.=62,40±10,80atım/dk) denemeleri öncesinde sporcuların dinlenik olduğu söylenebilir. KAH değerlerinde her üç denemede de en yüksek KAH değeri ortalamasının 1.dk'da olduğu yer almaktadır.

4.10 RAST Testi Sonrasında Ölçülen Kan Laktat Verileri ile İlgili Analiz Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde RAST testi sonrası ölçülen laktat seviyelerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Denemeler arası RAST testi sonrası laktat değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	225,31	2	112,65	14,528	0,001	0,509
Hata (Deneme)	217,12	28	7,754			
Zaman	4538,61	1,43	3175,31	100,596	0,001	0,878
Hata (Zaman)	631,64	20,01	31,56			
Deneme*Zaman	87,96	5,37	16,39	5,336	0,001	0,276
Hata (Deneme*Zaman)	230,79	75,13	3,072			

RAST testi sonrasında toparlanma evresine ait laktat seviyelerinin karşılaştırılması için yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi sonucuna göre deneme etkisinde ($F_{(2-28)}=14,528$; $p=0,001$; $\eta^2=0,509$), zaman etkisinde ($F_{(5-70)}=100,596$; $p=0,001$; $\eta^2=0,918$) ve deneme*zaman etkileşiminde ($F_{(10-140)}=5,336$; $p=0,001$; $\eta^2=0,276$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,05$).

Deneme etkisindeki anlamlı farkın hangi laktat seviyeleri arasında olduğunun karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır ve fark saptanması durumunda ikili karşılaştırmalar için Bonferroni

tanımlanmıştır. Buna göre denemeler arasında maskesiz denemenin 5.dk, 10.dk ve 15.dk laktat seviyesinin 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Ancak 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde 5.dk, 10.dk ve 15.dk laktat seviyeleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$). 20.dk laktat seviyeleri açısından maskesiz deneme değerlerinin 2743,2m SKAM denemesi değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Maskesiz deneme ve 3657,6m SKAM denemesi, 2743,2m SKAM denemesi ve 3657,6m SKAM denemelerinde 20.dk laktat seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$). Her üç denemede de 1.dk laktat seviyeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Zaman etkisindeki anlamlı farkın devamı için yapılan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre maskesiz ($F_{(4-56)}=27,457$; $p=0,001$; $\eta^2=0,662$), 2743,2m SKAM ($F_{(4-56)}=38,936$; $p=0,001$; $\eta^2=0,736$) ve 3657,6m SKAM ($F_{(4-56)}=22,607$; $p=0,001$; $\eta^2=0,618$) ile RAST testi denemeleri sonrası laktat seviyeleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Bonferroni tanımlaması sonucunda farkın maskesiz denemede 1.dk ile 5.dk ve 20.dk arasında, 5.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında, 10.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında ve 15.dk ile 20.dk laktat seviyeleri arasında olduğu saptanmıştır.

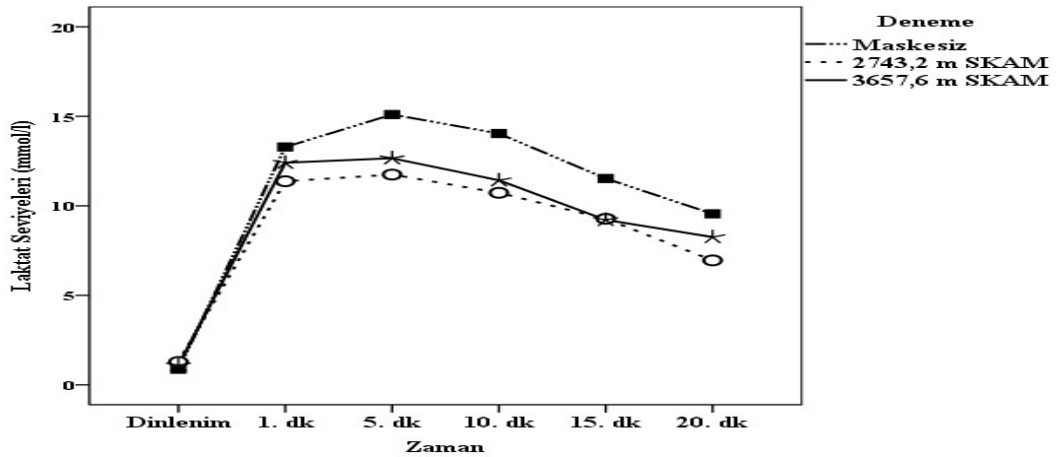
Maskesiz denemede 1.dk laktat seviyelerinin istatistiksel olarak 5.dk laktat seviyesine göre düşük ve 20.dk laktat seviyesinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Testin devamında ise 5.dk laktat seviyelerinin 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden, 10.dk laktat seviyelerinin 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden ve 15.dk laktat seviyelerinin 20.dk laktat seviyelerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. 2743,2m SKAM denemesinde ise 1.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında, 5.dk ile 10.dk, 15.dk ve 20.dk arasında, 10.dk ile 20.dk arasında ve 15.dk ile 20.dk laktat seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.

2743,2m SKAM denemesinde 1.dk laktat seviyelerinin 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden, 5.dk laktat seviyelerinin 10.dk, 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden, 10.dk laktat seviyelerinin 20.dk laktat seviyelerinden ve 15.dk laktat seviyelerinin 20.dk laktat seviyelerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde

yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu fark son olarak 3657,6m SKAM denemesinde 1.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında, 5.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında, 10.dk ile 15.dk ve 20.dk laktat seviyeleri arasında tespit edilmiştir. 3657,6m SKAM denemesinde ise 1.dk laktat seviyelerinin 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden, 5.dk laktat seviyelerinin 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden, 10.dk laktat seviyelerinin 15.dk ve 20.dk laktat seviyelerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Deneme*zaman etkileşiminde anlamlı farkın devamındaki analizler için tüm zamanlar arasındaki laktat seviyesi farklarının karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır ve fark saptanması durumunda ikili karşılaştırmalar için Bonferroni tanımlanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda tüm zamanlardaki laktat seviye farklarının arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Laktat değerlerine ilişkin sonuçlar şekil 4.7’de çizgi grafiği ile sunulmuştur. Maskesiz denemede laktat birikiminin SKAM’lı denemelere göre daha yüksek olduğu ve her üç denemede de zirve laktat değeri olan 5.dk’dan sonra azalan bir seyir izlediği görülmektedir.



Şekil 4.7. Kan Laktat Seviyeleri

4.11 RAST Testi Sonrasında Ölçülen KAH Verileri ile İlgili Analiz

Sonuçları

Maskesiz, 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinde RAST testi sonrası ölçülen KAH değerlerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi yapılmış ve buna ilişkin bulgular Tablo 4.12’de verilmiştir.

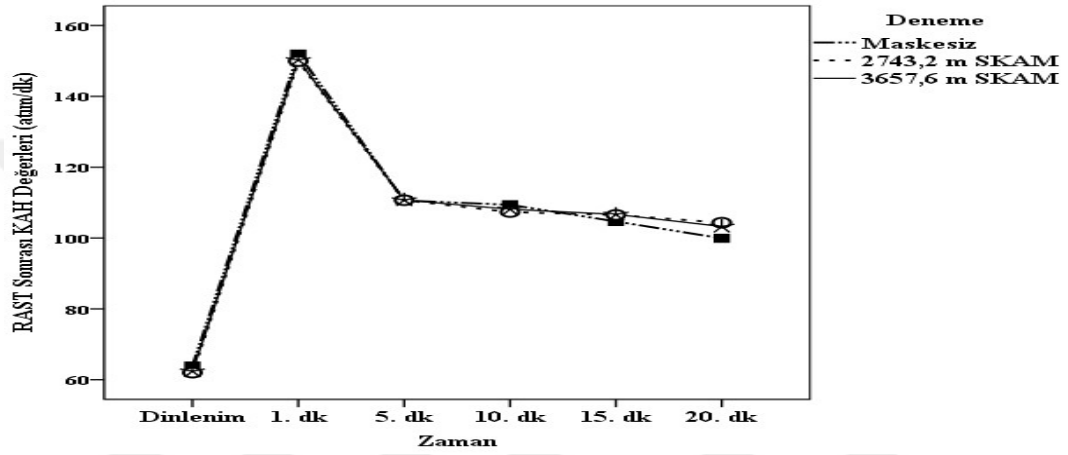
Tablo 4.12. Denemeler arası RAST testi sonrası KAH değerlerine uygulanan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi sonuçları

Değişken	KT	SD	KO	F	P	η^2
Deneme	1,452	2	0,73			
				0,004	0,996	0,001
Hata (Deneme)	5509,55	28	256,10			
Zaman	175696,78	2,34	75144,00			
				351,600	0,001	0,962
Hata (Zaman)	6995,88	32,734	213,72			
Deneme*Zaman	290,24	4,70	61,81			
				1,449	0,221	0,094
Hata (Deneme*Zaman)	2804,10	65,74	42,65			

Tablo 4.12’de RAST testi sonrasında KAH değerlerinin karşılaştırılması için yapılan tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi sonucuna göre zaman etkisinde ($F_{(5-70)}=351,600$; $p=0,001$; $\eta^2=0,962$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanırken ($p<0,05$), deneme etkisinde ($F_{(2-28)}= 0,004$; $p=0,966$; $\eta^2=0,001$) ve deneme*zaman etkileşiminde ($F_{(10-140)}=1,449$; $p=0,221$; $\eta^2=0,094$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$).

Zaman etkisindeki anlamlı farkın devamı için yapılan tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre maskesiz ($F_{(4-56)}=219,446$; $p=0,001$; $\eta^2=0,940$), 2743,2m SKAM ($F_{(4-56)}=134,670$; $p=0,001$; $\eta^2=0,906$) ve 3657,6m SKAM ($F_{(4-56)}=224,549$; $p=0,001$; $\eta^2=0,941$) ile RAST testi denemeleri sonrası toparlanma sırasında KAH değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Bonferroni tanımlaması sonucunda maskesiz denemede oluşan farkın 1.dk ile 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk arasında, 5.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında, 10.dk ile 15.dk ve 20.dk arasında ve son olarak 15.dk ve 20.dk toparlanma KAH değerleri

arasında olduğu saptanmıştır. Bu fark 2743,2m SKAM denemesinde ise 1.dk ile 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk arasında ve 5.dk ile 15.dk ve 20.dk KAH değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. 3657,6m SKAM denemesinde oluşan fark ise 1.dk ile 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk arasında, 5.dk ile 20.dk arasında ve son olarak 10.dk ile 20.dk KAH değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. RAST sonrası KAH değerlerine ilişkin sonuçlar ayrıca şekil 4.8’de çizgi grafiği ile sunulmuştur. RAST sonrası KAH değerlerinin denemeler arası fark olmaksızın zamansal olarak benzer bir seyir izlediği görülmektedir.



Şekil 4.8. RAST Sonrası KAH Değerleri

5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesinin (SKAM) anaerobik performans ve yüksek şiddetli egzersiz sonrası toparlanmaya akut etkilerini incelemektir.

Mevcut çalışmanın en önemli bulguları RAST testi sırasında 2743,2m ve 3657,6m simüle SKAM kullanılarak uygulanan denemelerinde, maskesiz uygulanan denemeye kıyasla tekrarlı sprint güç değerinde, maksimum güç ve anaerobik kapasite değerlerinde düşüş, AZD değerlerinde artış ve toparlanma fazında kan laktat birikiminde düşüşe neden olmasındır.

Bu bölümde, mevcut çalışmanın bulgularının ayrı ayrı tartışılıp yorumlanmasına yer verilmiştir.

5.1 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının Maksimum Güç, Anaerobik Kapasite ve Tekrarlı Sprint Güç Değerlerine Etkileri

RAST testinde maksimum güç kavramı 6 sprint içerisinde, her bir sprint süresi ile güç hesaplamaları sonucunda elde edilen en yüksek güç değerinin watt cinsinden ifade edilmesidir (108). RAST testi sonucunda elde edilen maksimum güç değerleri incelendiğinde maskesiz, 2743,2m ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Maskesiz denemenin maksimum güç (Ort.=706,58±135,10watt) ortalamasının hem 2743,2m SKAM (Ort.=651,73±144,46watt) deneme ortalamasından hem de 3657,6m SKAM (Ort.=660,39±135,50watt) deneme ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen maksimum değeri sonuçlarına göre iki farklı yükselti simülasyonu ile SKAM kullanımı, maskesiz denemeye nazaran maksimum güç değerlerinde sporcuların daha düşük değerler elde etmesine neden olmuştur.

RAST testinde anaerobik kapasite kavramı 6 sprintten elde edilen 6 güç değerinin ortalaması olarak tanımlanmaktadır (108). Anaerobik kapasite değeri ölçümlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. Bu fark maskesiz deneme ile 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemeleri arasında olmuştur. Maskesiz deneme anaerobik kapasite değeri (Ort.=560,02±112,87watt) ortalamasının hem 2743,2m SKAM (Ort.=494,59±104,15watt) deneme ortalamasından hem de 3657,6m SKAM

(Ort.=514,10±101,79watt) deneme ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen anaerobik kapasite değeri sonuçlarına göre iki farklı yükselti simülasyonu ile SKAM kullanımı, maskesiz denemeye nazaran anaerobik kapasite değerlerinde sporcuların daha düşük değerler elde etmesine neden olmuştur.

RAST testinde 6 sprinte ait koşu süreleri kişinin vücut ağırlığı ve koşulan mesafe (35 m) ile formülize edilerek watt cinsinden 6 ayrı anaerobik güç değeri elde edilir (108). Tekrarlı sprintler sırasında üretilen güç değerlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak bir fark saptanmıştır ($p=0,001$). Denemeler arasındaki bu farkın hangi tekrardaki sprint güç değerleri arasında olduğunu belirlemek için yapılan istatistiksel analizler sonucunda maskesiz denemeye ait anaerobik güç değerinin her birinin 2743,2m SKAM denemesinin ve 3657,6m SKAM denemesini tüm anaerobik güç değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı seviyede yüksek olduğu bulunmuştur. Buna göre RAST testi denemeleri sırasında 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM kullanımının maskesiz denemeye kıyasla anaerobik güç üretimini olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmaktayız.

Yukarıdaki sonuçlara göre yalnızca maskesiz deneme ile 2743,2m SKAM denemesi ve 3657,6m SKAM denemesi arasında maksimum güç, anaerobik kapasite ve tekrarlı sprintler sırasında üretilen güç değerleri bakımından fark görülmesinin nedeni SKAM'ın denemeler sırasında solunumu kısıtladığı için ventilasyonun zorlu olmasına neden olması olabilir. Solunumun kısıtlanması nedeniyle ihtiyaç duyulan oksijenin karşılanamaması sonucunda metabolik strese neden olup bu koşullar altında sürdürülen egzersiz esnasında, organizmanın fizyolojik olarak zorlanmasını engellemek için performanslarında kısıtlanmasına neden olmuş olabilir (39, 40, 45, 53, 97, 112). Sporcuların SKAM koşullarında kendilerini zorlayamamalarına dolayısıyla da performanslarında bir düşüşe neden olmuş olabilir. SKAM kullanımının sporcuları psikolojik olarak etkileyip (huzursuzluk, stres seviyelerinde artış) nefes almanın kısıtlanması ile ilişkili psikolojik rahatsızlık veya burun ve ağzın tam olarak kaplanmasıyla ilişkili klostrofobik tepkilere neden olarak performanslarını sınırlayan bir değişken olması olabilir (100). Sonuç olarak sporcuların performans hedeflerini gerçekleştirememelerine neden olmuş olabilir. Alan yazında motor performansların doğrudan dikkat odağından etkilenebileceğini gösteren kaynaklar

vardır (113, 114). Mevcut çalışmada sporculara RAST testini mümkün olduğunca maksimum bir eforla uygulamaları gerektiği söylenmiş olsa da SKAM kullanımının sporcuların dikkat odaklarının kaymasına neden olmuş olabilir. Nihayetinde sporcular RAST testi sprintlerini koşarken daha hızlı koşmaya odaklanmaktan çok, daha fazla nefes almaya odaklanmış olmaları muhtemeldir. Bu da daha patlayıcı bir şekilde koşmak yerine, ventilasyonun kısıtlanmasından olmasından dolayı nefes almaya yönelik böyle bir kaymanın, performansta saptanan önemli farkların oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Literatürde Andre ve ark., (101); Ramos ve ark., (103); López ve ark., (90); Motoyama ve ark., (104) tarafından yapılmış olan çalışmalarda SKAM kullanımının çalışmaya katılan bireylerde performanslarında bir düşüş ile beraber AZD değerlerinin yüksek olduğunu yani daha çok zorlandıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışma sonuçları SKAM kullanımı katılımcılar tarafından egzersiz esnasında zorlanmalarına neden olarak fiziksel performanslarında da bir düşüşe sebebiyet verdiğini göstermektedir. Ayrıca mevcut çalışmanın test protokolü tekrarlı sprintleri içerdiği için gerçekleştirilen her bir sprintte anaerobik metabolizma sonucunda bir miktar laktat birimi ve O₂ borçlanması meydana gelmektedir (15, 35). Yüksek şiddetli bir egzersiz sırasında enerji kaynağı olarak glikozun yoğun bir şekilde kullanımının sonucu olarak atık madde olan laktik asit meydana gelir. Yüksek şiddetli egzersiz devam ettiği sürece laktik asitin birikimi devam eder ve vücudun asit baz dengesi (pH) bozulur ve pH düşerek vücutta asidik bir ortam oluşur yani asidoza neden olur (13). Yüksek konsantrasyonlardaki laktik asit varlığında, iskelet kasları daha az kuvvet üretme yeteneğine sahiptir. Laktat birikimi egzersizi hem fiziksel hem de zihinsel olarak zorlu bir hale getirir. Sporcular genellikle bu anaerobik çalışmanın yoğunluğunu tolere edemezler veya yoğunluğunu azaltmaları ya da egzersizi bırakmalarına neden olabilir (73). Vücut laktik asit birikimi sonucunda enerji üretim mekanizmalarını etkileyerek egzersiz yoğunluğunda bir azalma olarak kendini gösterecek olan kas gerginliğini ve kasılma kuvvetini azaltır (13). Laktik asit birikimi, özellikle yüksek şiddetli kısa dinlenme aralıkları olan tekrarlayan egzersiz süreçlerinde yaygın bir şekilde gerçekleşmektedir (66, 67). Dolayısıyla organizma artan laktat birikiminin ve O₂ borçlanmasıyla başa çıkabilmek ve SKAM’ında neden olduğu ek bir yük ile

egzersiz performansını sınırlandırmış olabilir. Sonuç olarak hem fizyolojik hem de psikolojik olarak yük artışı performansa olumsuz yansımış olabilir.

Literatürde SKAM kullanımının maksimum güç ve anaerobik kapasite değerleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Romero ve ark. (97) 14 aktif sporcunun hem SKAM (2743,2m simüle) ile hem de maskesiz olarak tükenmeye kadar maksimum artımlı bisiklet testi sırasında zirve güç üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre SKAM ile olan denemelerde maskesiz denemelere kıyasla zirve güç değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı seviyede düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada zirve güç olarak adlandırılan değer mevcut çalışmada maksimum güç olarak ifade edilmektedir. Çalışmanın sonucunda akut etki olarak zirve güç değerlerinde düşüşün tespit edilmesi mevcut çalışma sonucu ile paralellik göstermektedir. Veiga ve ark. (94) yaptıkları çalışmada SKAM (ETM 3.0) kullanımının anaerobik performans üzerindeki akut etkilerini inceledikleri çalışma sonucuna göre ortalama güç değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada ortalama güç olarak adlandırılan terim mevcut çalışmada anaerobik kapasite şeklinde ifade edilmektedir. Anaerobik kapasite değerlerinin akut etki olarak düşüş göstermesi mevcut çalışma sonucu ile paralellik göstermektedir.

Literatürde mevcut çalışma sonuçları ile paralellik göstermemekte olan çalışmalarda mevcuttur. Álvarez-Herms ve ark. (105) farklı hipoksi seviyelerinin maksimal anaerobik kapasiteye etkisini incelemişlerdir. Çalışmaya fiziksel olarak 8 aktif erkek birey katılmıştır. Katılımcılar çalışmada normoksi (N), orta düzeyde hipoksi (MH) deniz seviyesinden 2500m yüksekliğe eşdeğer ve yüksek hipoksi (HH) 4000m rakıma eşdeğer seviyelerde rastgele bir şekilde test protokolünü (üç dakikalık dinlenme periyodu ile 15sn süren 6 set sıçrama) gerçekleştirmişlerdir. Yükselti seviyelerini ayarlamak için hipoksikatör bir maske (b-cat HA6500M, Tien, the Netherlands) kullanılmışlardır. Bu çalışmada ortalama güç olarak adlandırılan terim mevcut çalışmada anaerobik kapasite şeklinde ifade edilmektedir. Çalışma sonucunda maksimum güç değerlerinde denemeler arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Setler arasında ortalama güç HH denemesinde N'ye göre anlamlı seviyede yüksekken, 6 setin ortalamasında denemeler arasında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Başka bir çalışmada Vasquez-Bonilla ve ark. (95) normoksik bir çadırda ve normoksik maske

kullanarak (459m), hipoksik bir çadırda ve hipoksik maske kullanarak (3700m) bisiklet ergometresinde tekrarlı sprint antrenmanı gerçekleştirildiğinde zirve ve ortalama güç çıkışına akut etkilerini inceledikleri çalışmaya 12 elit seviyede bisiklet sporcusu katılmıştır. Çadır ve maske yükselti simülasyonu için CAT-12, Louisville, Colorado isimli jeneratör kullanmışlardır. Bu çalışmada zirve güç olarak adlandırılan terim mevcut çalışmada maksimum güç, ortalama güç ise anaerobik kapasite şeklinde ifade edilmektedir. Dört koşulda da zirve güç ve ortalama güç değerlerinde koşullar arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir.

Yukarıdaki çalışma sonuçları mevcut çalışma sonuçları ile paralellik göstermemektedir. Álvarez-Herms ve ark. (105) yaptıkları çalışmanın test protokolü mevcut çalışma protokolü RAST testinden farklı olmasından dolayı anaerobik güç sonuçlarında fark oluşmasına neden olmuş olabilir. Álvarez-Herms ve ark. (105), Vasquez-Bonilla ve ark. (95) yaptıkları çalışmalarda, mevcut çalışmadan farklı yüksekliklere simüle yükselti ayarları kullanılması anaerobik güç değerlerinde fark olmasının neden olmuş olabilir. Mevcut çalışmada antrenmanlı sporcular yer alırken Álvarez-Herms ve ark. (105) çalışmasında fiziksel olarak aktif bireyler yer almaktadır. Bireylerin fiziksel aktivite durumlarındaki farklılıklardan kaynaklı olarak mevcut çalışma sonuçlarında anaerobik güç değerleri bakımından fark meydana gelmiş olabilir.

Literatürde SKAM kullanımının sportif performans hacmine etkilerini inceleyen çalışmalarda mevcuttur. Motoyama ve ark. (104) SKAM (5486,4m simüle) ile uygulanan direnç egzersizlerine etkisini, kan laktat düzeylerine ve AZD'ye akut etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmaya 8 direnç eğitimi almış erkek dâhil etmişlerdir. Katılımcılar rastgele bir sırayla, SKAM ile ve maskesiz olarak arka arkaya 5 set bench press ve squat egzersizleri ile (%75 tek tekrar-maksimum testte / 1RM) başarısızlığa kadar direnç egzersizi uygulamışlardır. Denemeler ve egzersizler arasında üç dakika dinlenme vermişlerdir. Katılımcı hareketin tamamını gerçekleştiremeyince testi sona erdirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda SKAM ile uygulanan denemelerde maskesiz uygulanan denemelere kıyasla bench press ve squat tekrar sayıları anlamlı derecede düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Boyle ve ark. (91) yapmış oldukları çalışmanın amacı, SKAM kullanımının dispne (nefes darlığı), solunum kas fonksiyonu ve egzersiz sırasındaki yorgunluğu etkilerini incelemektir. 10 katılımcı rastgele bir sırayla 9,000ft simüle edilmiş

SKAM ve 9,000ft simüle edildiği söylenip aslında oda havasını soludukları bilinen plasebo SKAM ile tükenmeye kadar bisiklet egzersizini tamamlamışlardır. SKAM ile egzersiz süresinde, plasebo SKAM'a göre anlamlı bir azalma tespit etmişlerdir. Andre ve ark. (101) SKAM (3657,6m) alt ekstremiteye yönelik direnç egzersizleri esnasında kas performansı, hemodinamik değişkenler, AZD ve strese akut etkisini incelemişlerdir. Katılımcılar (n=10, 18-35 yaşında sağlıklı bireyler) rastgele bir sırayla SKAM kullanarak ve SKAM olmadan test protokolünü gerçekleştirmişlerdir. Direnç egzersiz içeriğini squat, leg press ve leg extension'dan oluşturmuşlardır. İki deneme arasında 72 saat bulunmaktadır. SKAM ile direnç egzersizi yapılan denemelerde, SKAM olmadan direnç egzersizi yapılan ölçümlere kıyasla toplam hareket tekrarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptamışlardır. Bir başka çalışmada Öncen ve Pınar (102)'ın SKAM (2743 m) ile yaptıkları çalışmanın amacı kademeli bir egzersiz esnasında KAH ve kaygı düzeyine etkilerini incelemektir. Çalışmaya 6 kişi katılmıştır. Katılımcılar rastgele üçer kişilik biri deney biri kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. İlk ölçümlerden sonra gruplar yer değiştirmişlerdir ve testleri tekrar etmişlerdir. Katılımcılar koşu bandında tükenene kadar kademeli bir egzersiz uygulamışlardır. Çalışma sonucunda deney grubunda testin sonlanma süreci kontrol grubuna göre %2,45 daha erken (15.02sn'den 14.49sn'ye) olduğunu tespit etmişlerdir.

Yukarıdaki çalışmalar SKAM kullanımını sportif performans sırasındaki performans düşüşüne neden olması bakımından, mevcut çalışmanın RAST testinden elde edilen tekrarlı sprint güç değerleri sonuçları ile örtüşmektedir.

5.2 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının Yorgunluk İndeksi Değerlerine Etkileri

RAST testinde yorgunluk indeksi kavramı katılımcıların güç değerlerinin düşme derecesini göstermektedir ve bu değer ne kadar yüksek olursa katılımcıların 6 sprintte gücünü koruma yeteneği o kadar düşük olur (29). Denemeler arasında yorgunluk indeksi değeri ölçüm sonuçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Maskesiz (Ort.=7,97±2,21watt/sn), 2743,2m SKAM (Ort.=8,36±3,13watt/sn) ve 3657,6m SKAM (Ort.=7,64±2,49watt/sn) denemelerine ait ortalamalar bu şekildedir. Bu sonuca göre denemeler arasında SKAM kullanarak ya da SKAM'dan yoksun performans göstermiş olmak yorgunluk indeksi değerlerinde kayda değer bir farka

neden olmadığı tespit edilmiştir. SKAM kullanmak ya da kullanmamak yorgunluk indeksi değerleri bakımından benzer etkiler oluşturmuştur. RAST testinin her üç denemesinden sonra sporcuların benzer yorgunluk düzeylerine olduğu sonucuna ulaşılabilir. Böylelikle sporcuların her üç denemede koşullarında da maksimum eforlarını sarf ederek test protokolünü uyguladıkları sonucunu elde edebiliriz.

Literatürde SKAM kullanımının yorgunluk indeksi değerlerine etkilerini değerlendiren bir çalışma mevcuttur. Veiga ve ark. (94) tarafından yaptıkları çalışmada bisiklet ergometresinde yüksek yoğunluklu aralıklı test sırasında SKAM (ETM 3.0) kullanımının anaerobik performansa akut etkilerini incelemişlerdir. Test protokolünü 6sn'lik sprint bölümü ve 24sn'lik bir pasif dinlenmeyi içeren toplamda 30sn'lik bir bölümün 15 tekrarından oluşturmuşlardır. Çalışmaya 8 sağlıklı kadın birey katılım sağlamıştır ve test protokolü 3657,6m simüle SKAM ve SKAM olmadan uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda yorgunluk indeksi değerlerinde her iki deneme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit etmişlerdir. Bu çalışma sonucu mevcut çalışma sonucu ile paralellik göstermektedir. Mevcut çalışmada benzer yorgunluk etkilerine neden olan RAST testinin şiddeti ve süresi SKAM kullanımından etkilenecek düzeyde olmayabilir. SKAM kullanım sürelerinin performans esnasında sporcuların yorgunluk indeksi değerlerini etkileyecek uzunlukta olmayabilir.

5.3 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının AZD Değerlerine Etkileri

AZD kavramı çalışan kaslardan, dolaşım ve solunum sistemlerinden, eklemlerden, terlemeden, olası ağırlardan, baş dönmesinden vb. kaynaklanan farklı belirtilerin bütünleşmesiyle deneyimlenen çaba, gerginlik, rahatsızlık ve/veya yorgunluğun öznel yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır (110, 111). AZD değerleri bakımından ise denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Bu fark maskesiz deneme ile 2743,2m ile 3657,6m simüle SKAM denemelerinde meydana gelmiştir. Maskesiz denemenin AZD ortalamasının (Ort.=13,93±2,76) hem 2743,2m simüle SKAM deneme ortalamasından (Ort.=15,40±2,72) hem de 3657,6m simüle SKAM deneme (Ort.=15,93±2,60) ortalamasından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler

SKAM kullanımının denemeler arasında maskesiz denemeye göre kişilerin egzersize karşı toleransın düzeylerini azalttığı sonucunu vermektedir.

Literatürde SKAM kullanımının AZD değerlerine etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. López ve ark. (90) yaptıkları çalışmanın amacı SKAM kullanımının bir bisiklet ergometresinde tükenmeye kadar giden bir test sırasında psikofizyolojik etkilerini araştırmaktır. 12 erkek, SKAM takılıken ve takılmadan bisiklet ergometresinde tükenmeye kadar test protokolünü gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda SKAM kullanım durumunda anlamlı seviyede daha yüksek AZD değerleri tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Jung ve ark. (27) SKAM'ın sağlıklı yetişkinlerde bisiklete ergometresinde ve toparlanma sırasında AZD'ye akut etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre AZD değerleri SKAM ile alınan ölçümlerde istatistiksel olarak yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer bir çalışmada Andre ve ark. (101) SKAM (3657,6m) ile alt ekstremiteye yönelik direnç egzersizleri esnasında AZD'ye akut etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre SKAM ile direnç egzersizi yapılan denemelerde, maskesiz direnç egzersizi yapılan denemelere kıyasla AZD değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit etmişlerdir. Benzer bir çalışmada Motoyama ve ark. (104) SKAM (5486,4m simüle) ile uygulanan direnç egzersizleri sırasında AZD'ye akut etkilerini inceledikleri çalışma sonucuna göre SKAM ile uygulanan denemelerde maskesiz uygulanan denemelere kıyasla AZD değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı seviyede yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Brian ve ark. (92) yaptıkları çalışmada %50 Wmaks'ta bisiklet kullanırken Solunum Eğitim Maskesi (1800m) AZD'ye etkilerini inceledikleri çalışma sonucuna göre maske denemesinde AZD değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmalarda SKAM ile sağlanan hipoksik koşullarda egzersizlerin AZD değeri sonuçları, mevcut çalışmada SKAM ile sağlanan hipoksik koşullardaki AZD değerlerinin yüksek olması sonucu ile paralellik göstermektedir. Sportif performans sırasında SKAM kullanımı alan yazındaki çalışmalarda da görüleceği gibi AZD değerlerinde anlamlı bir artışa neden olmaktadır. SKAM kullanımı egzersiz sırasında organizmanın sarsılma derecesini arttırarak maskesiz denemeye göre daha düşük efor seviyelerinde bile hissedilen şiddetin artmasına neden olabilir. Maske kullanımının neden olduğu hoş olmayan

his ve solunumun kısıtlanması sonucunda zorlu şekilde gerçekleştirilmesi göz önüne alındığında elde edilen veri sonuçları ile ilgili bu ilişki, fizyolojik ve psikolojik olarak performans sırasında hissedilen zorluğun artmasına neden olabilir (115, 116).

Mevcut çalışma sonucu ile paralellik göstermemekte olan çalışmalarda mevcuttur. Veiga ve ark. (94) tarafından yaptıkları çalışmada bisiklet ergometresinde yüksek yoğunluklu aralıklı test sırasında SKAM (ETM 3.0) kullanımının AZD'ye akut etkilerini incelemişlerdir. Test protokolünü bisiklet ergometresinde 6sn'lik sprint bölümü ve 24sn'lik bir pasif dinlenmeyi içeren toplamda 30sn'lik bir bölümün 15 tekrarından oluşturmuşlardır. Çalışmaya 8 sağlıklı kadın birey katılım sağlamıştır ve test protokolü 3657,6m simüle SKAM ve SKAM olmadan uygulamışlardır. AZD ölçümünü her sprint sonunda Borg skalası (6-20) ile yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda AZD değerlerinin her iki denemede istatistiksel olarak artış sergilediği fakat denemeler arasında bir fark olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Başka bir çalışmada Vasquez-Bonilla ve ark. (95) normoksik bir çadırda ve normoksik maske kullanarak (459 m), hipoksik bir çadırda ve hipoksik maske kullanarak (3700 m) bisiklet ergometresinde tekrarlı sprint antrenmanı gerçekleştirildiğinde AZD değerlerine akut etkilerini inceledikleri çalışmaya 12 elit seviyede bisiklet sporcusu katılmıştır. Çadır ve maske yükselti simülasyonu için CAT-12, Louisville, Colorado isimli jeneratör kullanmışlardır. Dört koşulda da antrenman AZD değerleri artmıştır ancak koşullar arasında anlamlı bir fark saptamamışlardır. Benzer bir çalışmada Maspero ve Smith (57) egzersiz sırasında SKAM (12,000ft) takmanın AZD değerlerine akut etkilerini incelemişlerdir. 15 katılımcı test prosedürlerini SKAM ile ve SKAM olmadan iki defa uygulamışlardır. Test protokolü 10 dakikalık bir oturmadan sonra (hareketsiz oturarak), koşu bandında 4 dakikalık bir yürüyüş [eğim seviyesin 3,0 mil/saat (mph)], 4 dakikalık bir koşu (eğim seviyesi 5,0 mph) ve üç dakikalık bir toparlanma şeklindedir. Çalışma sonucunda AZD değerlerinde denemeler arasında önemli bir fark tespit etmemişlerdir.

Yukarıdaki çalışma sonuçları mevcut çalışma sonuçları ile örtüşmemektedir. Bunun nedeni Veiga ve ark. (94), yaptıkları çalışmaya kadın bireylerinde dâhil edilmiştir. Kadın bireyler, erkek bireylerden farklı fiziksel ve fizyolojik tepkiler gösterebilirler. Veiga ve ark. (94), Vasquez-Bonilla ve ark. (95) yaptıkları

Çalışmalarda, mevcut çalışmada kullanılan SKAM'dan farklı maske, jeneratöre bağlı maske ve çadır vasıtasıyla yükselti simülasyonu sağlamışlardır. Kullanılan farklı yükselti simülasyonlarından kaynaklı olarak maske formlarının ve ortamının SKAM'dan farklı olması, bu farkın oluşmasına neden olabilir. Veiga ve ark. (94), Maspero ve Smith (57) alışmasında sağlıklı bireyler yer almaktadır. Bireylerin fiziksel aktivite düzeyleri farklılıklarından dolayı mevcut çalışma sonuçlarında fark meydana gelebilir. Yukarıdaki çalışmalarda farklı test protokolleri kullanılmıştır. Mevcut alışmada RAST testi kullanılmıştır. RAST testi maksimum efor gerektiren tekrarlı sprintleri içermektedir. Test protokollerinin birbirlerinden farklı olması sonucu ve buna bağlı olarak yapılan spor branşı ve fiziksel aktivite düzeyleri AZD değerlerinde mevcut çalışmaya göre fark oluşturabilir.

5.4 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının KAH Değerlerine Etkileri

Mevcut çalışmada her üç denemede de RAST testi uygulanırken koşulan tekrarlı sprintlerin sonunda KAH değerleri kayıt edilmiştir. RAST testi sırasında tekrarlı sprintler KAH değerleri incelendiğinde; zaman etkisinde anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Tekrarlı sprintler KAH değerlerinde tüm denemelerde zamana bağlı olarak bir artış meydana gelmiştir ve denemeler arasında fark olmaksızın egzersizin şiddetini bağlı olarak bir artış meydana gelmiştir. Bu sonuç beklenen bir durumdur. Çünkü organizma egzersizi bir stres faktörü olarak değerlendirmektedir. Egzersiz sırasında, organizmanın ihtiyaına bağlı olarak aktif dokulara kan yani ihtiyaç duyulan O₂'nin sağlanması ve metabolik atıkların uzaklaştırılması gerekmektedir (60). KAH değerleri yapılan egzersizin şiddetli doğru orantılıdır. Egzersizin başlaması ile birlikte, yapılan egzersizin şiddeti arttı KAH'ında bu orantıda artması beklenmektedir (117). Yüksek şiddetli bir egzersiz sırasında KAH dakikada 200 atıma kadar çıkabilir (60).

Literatürde Veiga ve ark. (94) tarafından yaptıkları çalışmada bisiklet ergometresinde yüksek yoğunluklu aralıklı test sırasında SKAM (ETM 3.0 / 3657,6m simüle) kullanımının KAH değerlerine akut etkilerini inceledikleri çalışmada KAH değerlerinin her iki denemede istatistiksel olarak artış sergilediği fakat denemeler arasında bir fark olmadığı saptamışlardır. Bir başka çalışmada ise Jung ve ark. (27) SKAM'ın (1.829m simüle) sağlıklı yetişkinlerde bisiklete

ergometresinde KAH değerine akut etkilerini inceledikleri çalışmada KAH değerlerinde bisiklete binme sırasında denemeler arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Benzer bir çalışmada Andre ve ark. (101) SKAM (3657,6m) alt ekstremiteye yönelik direnç egzersizleri esnasında KAH değerlerine akut etkisini inceledikleri çalışmanın sonucunda KAH değerlerinde denemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Yukarıdaki çalışma sonuçları, mevcut çalışmanın tekrarlı sprintler KAH değerlerinin SKAM ve SKAM olmadan alınan ölçümlerinde birbirine benzerlik göstermesi bakımından örtüşmektedir.

RAST testi öncesi dinlenim ve RAST testi uygulamasında sonra 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk'larda KAH değerleri kayıt edilmiştir. RAST testi sonrası KAH değerleri incelendiğinde yalnızca zaman etkisinde anlamlı bir fark vardır. RAST testi bitimini takiben metabolik ihtiyaçların azalmasından dolayı denemeler arasında bir fark olmaksızın KAH değerlerinde zamana bağlı bir azalma meydana gelmiştir. Toparlanma döneminde organizma kendini egzersizden önceki hale getirmek yani tekrar homeostazını sağlamaya çalışır. Bu süreçte KAH zamansal olarak düşüş göstermesi egzersizden önceki duruma geri dönebilmek için olağan bir mekanizmadır (17). Egzersiz sonrası KAH'ın dinlenim durumuna dönmesi kişinin kondisyon düzeyine ve egzersizin yoğunluğuna bağlıdır. Şiddetli egzersizlerden sonra KAH'ın dinlenim durumuna dönmesi 1-2 saatlik bir zaman alabilmektedir (60).

Literatürde SKAM kullanımının toparlanma döneminde KAH değerlerine etkilerini inceleyen çalışmalar mevcuttur. Hess (26)'in SKAM'ın (3,000ft) KAH toparlanmasına akut etkilerini incelediği çalışma sonucunda KAH toparlanması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmemiştir. Bu sonuç mevcut çalışma KAH değerleri sonucu ile benzer niteliktedir.

Jung ve ark. (27) SKAM'ın sağlıklı yetişkinlerde bisiklete ergometresinde ve toparlanma sırasında kalp hızı değişkenliğine (HRV) akut etkilerini incelemişlerdir. Toplamda 15 (erkek=9, kadın=6) yetişkin katılımcı, SKAM (1.829m simüle maske) ve maskesiz olmak üzere rastgele bir şekilde iki test oturumunu tamamlamışlardır. 40 dakikalık bisiklet egzersizi test protokolü 10'ar dakikalık 4 bölüme ayırmışlardır. Bunlar; 1) dinlenme, 2) %50 VO₂ peak bisiklete

binme, 3) %70 VO₂ peak bisiklete binme ve 4) toparlanma şeklindedir. Çalışma sonucunda KAH değerlerinin toparlanma sırasında SKAM ile alınan ölçümlerde maskesiz denemeye kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğunu saptamışlardır. Bu sonuç mevcut çalışma sonucu ile paralellik göstermemektedir. Bunun nedeni uygulanan test protokollerinin farklı olması olabilir. Aynı zamanda çalışmaya kadın bireyler dâhil edilmiştir. Kadın bireylerin var olması, erkek bireylerden farklı fiziksel ve fizyolojik tepkilere neden olabileceğinden dolayı KAH değerlerinde bu farkın meydana gelmesine neden olabilir. Son olarak mevcut çalışmada 18-24 yaş arasında antrenmanlı sporcular yer alırken Jung ve ark. (27) çalışmasında 20-40 yaş arası sedanter bireyler dâhil edilmiştir. Egzersiz sonrasında KAH değerlerinde fiziksel aktivite düzeyi ve yaş seviyesi fark oluşturabilir.

5.5 Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi Kullanımının RAST Testi Sonrası Laktat Seviyesine Etkileri

RAST testi öncesin dinlenim ve RAST testi uygulamasında sonra 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk ve 20.dk'larda kan laktat seviyeleri kayıt edilmiştir. Dinlenim ve RAST testi sonrası laktat seviyeleri incelendiğinde; deneme ($p=0,001$), zaman ($p=0,001$) ve deneme*zaman ($p=0,001$) etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Bu farkın hangi değerler arasında olduğunun tespiti için devamında uygulanan istatistiksel testler sonucunda; deneme etkisinde maskesiz denemenin 5.dk, 10.dk ve 15.dk laktat seviyesinin 2743,2m SKAM ve 3657,6m SKAM denemelerinin 5.dk, 10.dk ve 15.dk laktat seviyesinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç SKAM denemelerindeki egzersiz yoğunluğu ile ilişkilendirilebilir. SKAM kullanılarak uygulanan denemelerdeki kan laktat birikiminin düşüklüğü, SKAM'ın performans esnasında sporcular için daha düşük egzersiz hızına neden olduğu için olabilir.

Mevcut çalışmada SKAM kullanımının anaerobik güç değerlerine olumsuz etkileri göz önüne alındığında bu sonuç teorik bir alt yapı ile ilişkilendirilebilir. Laktat, glikolitik metabolizmanın ve egzersiz yoğunluğunun bir göstergesidir. Kan laktat konsantrasyonu ile egzersiz yoğunluğu arasında doğru orantı vardır. Egzersizin yoğunluğu arttıkça kandaki laktat miktarı artmaktadır (118). Yani SKAM koşulundaki denemelerden sonra daha düşük kan laktat konsantrasyonları

oluşması, egzersiz hızının daha düşük zirvesiyle ilgilidir. Bu sonuç SKAM kullanılarak uygulanan RAST testlerindeki anaerobik güç verilerinde, maskesiz RAST testi anaerobik güç değerlerine oranla neden daha düşük sonuçlar elde edildiğinin ve düşük kan laktat seviyelerinin nedenini açıklar.

Zaman etkisindeki fark için yapılan istatistiksel testler sonucu her üç denemede de en yüksek laktat seviyesi 5.dk'da bulunmuştur. Literatürde yapılmış olan çalışmalarda zirve laktat seviyelerinin 5. ve 7.dk'lar arasında bulunması bakımından mevcut çalışmayı destekler niteliktedir (108, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127). Laktat seviyeleri tüm denemelerde 5.dk'dan sonra giderek azalan bir seyir izlemiştir.

Literatürde SKAM kullanımının laktat seviyelerine etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Romero ve ark. (97) 14 aktif sporcunun hem SKAM (2743,2m simüle edilmiş) ile hem de maskesiz olarak tükenmeye kadar maksimum artımlı bisiklet testi sırasında kan laktat seviyesi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Laktat seviyelerini her deneme sonunda almışlardır. Çalışmanın sonunda, SKAM kullanılan denemelerde maskesiz denemelere kıyasla istatistiksel olarak daha düşük laktat seviyeleri elde etmişlerdir. Başka bir çalışmada Yoong ve ark. (96) amacı SKAM takmanın direnç egzersizi esnasında laktat seviyelerine etkilerini incelemektir. Direnç egzersizinde 1 yıllık geçmişli olan 14 sağlıklı katılımcı SKAM ile deney grubu ve SKAM olmadan kontrol gruplarına atanarak iki deneysel denemeye katılmışlardır. Çalışma sonucunda kan laktat seviyelerinin deney grubunda kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada Motoyama ve ark. (104) SKAM (5486,4m simüle) ile uygulanan direnç egzersizlerinde kan laktat düzeylerine akut etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmaya 8 direnç eğitimi almış erkek dâhil etmişlerdir. Katılımcılar sırayla, SKAM ile ve maskesiz olarak arka arkaya 5 set bench press ve squat egzersizleri ile (%75 tek tekrar-maksimum testte / 1RM) başarısızlığa kadar direnç egzersizi uygulamışlardır. Kan laktat ölçümlerini denemeden hemen önce ve 5 set bench press ve squat bittikten sonra ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda SKAM ile alınan kan laktat düzeyi ölçümlerinin maskesiz alınan ölçümlere kıyasla anlamlı düzeyde düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Yukarıdaki çalışmalar mevcut

çalışmanın SKAM kullanımını sonucunda düşük kan laktat seviyeleri sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Literatürde mevcut çalışma sonuçlarımızla paralellik göstermemekte olan çalışmalarda mevcuttur. Maspero ve Smith (57) tarafından yapılan çalışmada egzersiz sırasında SKAM (12,000ft) takmanın kan laktat seviyelerine akut etkilerini incelemişlerdir. Test protokolü 10 dakikalık bir oturmadan sonra (hareketsiz oturarak), koşu bandında 4 dakikalık bir yürüyüş [eğim seviyesin 3,0 mil/saat (mph)], 4 dakikalık bir koşu (eğim seviyesi 5,0 mph) ve üç dakikalık bir toparlanma şeklindedir. 15 katılımcı test prosedürlerini SKAM ile ve SKAM olmadan iki defa uygulamışlardır. Çalışma sonucunda kan laktat seviyelerinde denemeler arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Bir başka çalışmada Barbieri ve ark. (98) SKAM (4572 m) kullanarak bisiklet egzersizinde kan laktat seviyelerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaya fiziksel olarak aktif 12 erkek 6 kadın dâhil etmişlerdir. Katılımcıları SKAM ile deney grubu, SKAM olmadan kontrol grubu olmak üzere bisiklet ergometresinde maksimalin %60 ile 20 dakikalık egzersize tabii tutmuşlardır. Kan laktat ölçümleri egzersizin bitiminden hemen önce, hemen sonrası ve 3.dk, 5.dk ve 7.dk'larda almışlardır. Çalışma sonucunda laktat konsantrasyonlarında deney ve kontrol grupları arasında herhangi bir değişiklik tespit etmemişlerdir. López ve ark. (90) yaptıkları çalışmanın amacı SKAM kullanımının bir bisiklet ergometresinde tükenmeye kadar giden bir test sırasında psikofizyolojik etkilerini araştırmaktır. 12 erkek, SKAM takılıken ve takılmadan bisiklet ergometresinde tükenmeye kadar test protokolünü gerçekleştirmişlerdir. Her testin sonunda kan laktat seviyelerini almışlardır. Çalışma sonucunda kan laktat seviyelerinde gruplar arasında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Álvarez-Herms ve ark. (105) farklı hipoksi seviyelerinin kan laktat seviyelerine etkisini inceledikleri çalışmaya fiziksel olarak 8 aktif erkek birey katılmıştır. Katılımcılar çalışmada normoksi (N), orta düzeyde hipoksi (MH) deniz seviyesinden 2500m yüksekliğe eşdeğer ve yüksek hipoksi (HH), 4000m rakıma eşdeğer seviyelerde rastgele bir şekilde test protokolünü (üç dakikalık dinlenme periyodu ile 15sn süren 6 set sıçrama) gerçekleştirmişlerdir. Yükselti seviyelerini ayarlamak için hipoksikatör bir maske (b-cat HA6500M, Tien, the Netherlands) kullanılmışlardır. Kan laktat düzeyleri her testin bitimini takip eden

4. dakikada alınmıştır. Laktat seviyeleri denemeler arasında fark tespit etmemişlerdir.

Yukarıdaki çalışma sonuçları mevcut çalışma sonuçları ile paralellik göstermemektedir. Bunun nedeni Maspero ve Smith (57), Barbieri ve ark. (98), López ve ark. (90), ve Álvarez-Herms ve ark. (105) SKAM ile yaptıkları çalışmaların test protokolleri mevcut çalışmadan farklı olduğu için laktat seviyelerinde fark oluşmasına neden olmuş olabilir. Barbieri ve ark. (98) yaptıkları çalışmaya kadın bireyleri dâhil etmişlerdir. Kadın bireyler, erkek bireylerden farklı fiziksel ve fizyolojik tepkiler gösterebilirler. Bu sebeplerden dolayı mevcut çalışmada bulunan erkek bireylerin kan laktat seviyesi sonuçlarında fark oluşturabilir. Barbieri ve ark. (98) ve Álvarez-Herms ve ark. (105) yaptıkları çalışmalarda farklı yüksekliklere simüle yükselti ayarlarını kullanmış olmaları da kan laktat sonuçlarının mevcut çalışmadan farklı olmasına nedeni olabilir. Mevcut çalışmada antrenmanlı sporcular yer almaktadır. Maspero ve Smith (57)'in çalışmasında sedanter bireyler, Barbieri ve ark. (98) ve Álvarez-Herms ve ark. (105) çalışmasında fiziksel olarak aktif bireyler yer almaktadır. Bu çalışmalarda ki bireylerin fiziksel aktivite durumlarından dolayı mevcut çalışmadaki antrenmanlı sporculardan farklı kan laktat sonuçları göstermesi beklenen bir durumdur.

Sonuç olarak mevcut çalışma bulgularına göre anaerobik egzersiz sırasında SKAM kullanımı; maksimum güç, anaerobik kapasite ve tekrarlı sprintler güç değerlerinde düşüşe ve algılanan zorluk değerlerinde artışa neden olmuştur. Aynı zamanda SKAM kullanımı toparlanma bölümünde egzersiz performansındaki düşüş ile ilişkili olarak laktat birikiminde düşüşe neden olmuştur. Anaerobik egzersizler sırasında SKAM kullanımının akut etki olarak performansı olumsuz yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 SONUÇ

1. RAST testi Maksimum Güç değerleri bakımından SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla anlamlı bir düşüş bulunmuştur.
2. RAST testi Anaerobik Kapasite değerleri bakımından SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla anlamlı bir düşüş bulunmuştur.
3. RAST testi tekrarlı sprintlere ait güç değerlerinde SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla anlamlı bir düşüş bulunmuştur.
4. RAST testi Yorgunluk İndeksi değerleri bakımından maskesiz ve SKAM denemeleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.
5. Algılanan Zorluk Derecesi değerleri bakımından SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla anlamlı bir artış bulunmuştur.
6. Kan laktat seviyesi bakımından SKAM denemelerinde, maskesiz denemeye kıyasla anlamlı düzeyde bir düşüş bulunmuştur.

6.2 ÖNERİLER

Mevcut çalışmanın bulgu ve sonuçlarına dayalı olarak öneriler bu bölümde yer almaktadır.

Antrenörlere, Kondisyonerlere, Antrenman Planlayıcılara, Sporculara ve Rekreatif Olarak Sporla İlgilenen Bireylere Yönelik Öneriler

1. SKAM'ın atletik performansa etkileri ile ilgili sporcuların detaylı bilgilendirilmesi önerilebilir.
2. Mevcut çalışma bulgularına göre; SKAM'ın anaerobik egzersiz sırasında performansa ve algılanan zorluğa olumsuz etkileri göz önüne alındığında anaerobik performans gerektiren egzersizler sırasında SKAM kullanılması önerilebilir.
3. Antrenörler sporcularının ihtiyacına yönelik olacak şekilde SKAM'ın kullanımını değerlendirmeli ve amaca uygun bir şekilde karar vermesi önerilebilir.

Araştırmacılara Yönelik Öneriler

1. Gelecekte yapılacak olan SKAM ile ilgili çalışmalarda anaerobik performansa kronik etkilerinin incelenmesi önerilebilir.
2. Gelecekte yapılacak olan SKAM ile ilgili çalışmalarda SKAM'ın farklı yükselti ayarlarıyla performans ve toparlanmaya etkilerinin incelenmesi önerilebilir.
3. Gelecekte yapılacak olan SKAM ile ilgili çalışmalarda anaerobik performansa yönelik farklı test protokollerinin uygulanması önerilebilir.
4. Kadın bireyler erkek bireylerden farklı fiziksel, fizyolojik ve psikolojik tepkiler verebilir. Dolayısıyla yukardaki üç öneri dikkate alınarak kadın bireylerinde dâhil edildiği çalışmalar yapılması önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında Vancouver atıf sistemi kullanılmıştır.)

1. **Blendon RJ, DesRoches CM, Benson JM, Brodie M, Altman DE.** Americans' views on the use and regulation of dietary supplements. *Archives of Internal Medicine*. **2001**;161(6):805-10.
2. **Hirschbruch MD, Fisberg M, Mochizuki L.** Consumo de suplementos por jovens frequentadores de academias de ginástica em São Paulo. *Revista Brasileira de medicina do Esporte*. **2008**;14:539-43.
3. **Ali A, Caine MP, Snow BG.** Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *Journal of sports sciences*. **2007**;25(4):413-9.
4. **Thelen MD, Dauber JA, Stoneman PD.** The clinical efficacy of kinesio tape for shoulder pain: a randomized, double-blinded, clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. **2008**;38(7):389-95.
5. **Loturco I, Abad CCC, Nakamura FY, Ramos SP, Kobal R, Gil S, et al.** Effects of far infrared rays emitting clothing on recovery after an intense plyometric exercise bout applied to elite soccer players: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Biology of sport*. **2016**;33(3):277-83.
6. **Rusko H, Tikkanen H, Peltonen J.** Altitude and endurance training. *Journal of sports sciences*. **2004**;22(10):928-45.
7. **Hamlin MJ, Marshall HC, Hellemans J, Ainslie PN, Anglem N.** Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. **2010**;20(4):651-61.
8. **Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM.** Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Sports medicine*. **2012**;42(8):707-24.
9. **Andre TL, Gann JJ, Hwang PS, Ziperman E, Magnussen MJ, Willoughby DS.** Restrictive breathing mask reduces repetitions to failure during a session of lower-body resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2018**;32(8):2103-8.
10. **Webster N.** Webster's new twentieth century dictionary unabridged. Collins World, Second edition-deluxe Color. **1977**;1880.
11. **Yıldız SA.** Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir. *Solunum dergisi*. **2012**;14(1):1-8.
12. **Özkan A, Mitat Koz, Ersöz G.** Wingate anaerobik güç testinde optimal yükün belirlenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*. **2011**;9(1):1-5.
13. **Whyte GP.** The physiology of training. Churchill Livingstone/Elsevier; **2006**.
14. **Aslan A, Güvenç A, Hazır T, Açıkada C.** Genç Futbolcularda Yüksek Şiddette Yükleme Sonrasında Toparlanma Dinamikleri. *Spor Bilimleri Dergisi*. **2011**;22(3):93-103.
15. **Sönmez GT.** Egzersiz ve spor fizyolojisi. Ata Ofset Matbaacılık, Bolu. **2002**;117.
16. **Dündar, U.** Antrenman teorisi. Nobel Yayın Dağıtım, **2017**.
17. **McArdle WD, Katch FI, Katch VL.** Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. Lippincott Williams & Wilkins; **2010**.
18. **McArdle WD, Katch FI, Katch VL.** Essentials of exercise physiology. Lippincott

Williams & Wilkins; 2006.

19. **Ghrām A, Amirshaghghi F, Bragazzi NL, Akbari HA, Chtourou H, Lavie CJ, et al.** Effect of Wearing the Elevation Training Mask on Physiological Performance in Elite Kayaking Girls. 2021.
20. **Porcari JP, Probst L, Forrester K, Doberstein S, Foster C, Cress ML, et al.** Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *Journal of sports science & medicine*. 2016;15(2):379.
21. **Devereux G, Le Winton HG, Black J, Beato M.** Effect of a high-intensity short-duration cycling elevation training mask on VO₂max and anaerobic power. A randomized controlled trial. *Biology of Sport*. 2022;39(1):181–7.
22. **Arabacı R, Girak I, Vardar T, Topcu H.** Long-Term Effects of Wearing The Elevation Training Mask On Physical Performance In Young Soccer Players. *Kinesiology Slovenica*. 2019;25(2):5–14.
23. **Girak İ.** Futbol Eğitiminde Yüksek İrtifa Maskelerinin Fiziksel Performans Üzerine Etkileri [PhD Thesis]. Bursa Uludağ University (Turkey); 2019.
24. **Sellers JH, Monaghan TP, Schnaiter JA, Jacobson BH, Pope ZK.** Efficacy of a ventilatory training mask to improve anaerobic and aerobic capacity in reserve officers' training corps cadets. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(4):1155–60.
25. **Yüksel O, Akkoyunlu Y, Harun K.** Sporcularda Yükseklik Antrenman Maskesinin Anaerobik Performans ve Solunum Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (UKSAD)*. 2017;3(Special Issue 2):308–18.
26. **Hess HW.** Acute Effects of the Training Mask on Short-Term Recovery During Rowing Intervals. 2017.
27. **Jung HC, Lee NH, John SD, Lee S.** The elevation training mask induces modest hypoxaemia but does not affect heart rate variability during cycling in healthy adults. *Biology of Sport*. 2019;36(2):105–12.
28. **Romer LM, McConnell AK, Jones DA.** Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *International journal of sports medicine*. 2002;23(05):353-60.
29. **Draper PN, Whyte G.** Anaerobic performance testing. University of Canterbury. School of Sport & Physical Education, 1997.
30. **Zagatto AM, Beck WR, Gobatto CA.** Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(6):1820-7.
31. **Kang J, Hoffman JR, Im J, Spiering BA, Ratamess NA, Rundell KW, et al.** Evaluation of physiological responses during recovery following three resistance exercise programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(2):305-9.
32. **Peate I.** Anatomy and physiology, 10. The respiratory system. *British Journal of Healthcare Assistants*. 2018;12(4):178-81.
33. **Stocks J, Hislop AA.** Structure and function of the respiratory system. *Drug delivery to the lung* New York: Marcel Dekker. 2002;47-104.
34. **Powers KA, Dhamoon AS.** Physiology, Pulmonary Ventilation and Perfusion. 2019.
35. **Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL.** Physiology of sport and exercise. Human kinetics; 2021.

36. **Guyton, A.C., Hall, J.E.** “Tıbbi Fizyoloji”, 12. Baskı, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 2013.
37. **West JB, Schoene RB, Milledge JS, Ward MP.** High altitude medicine and physiology. Hodder Arnold London; 2007.
38. **Treacher, D. F., & Leach, R. M.** Oxygen transport—1. Basic principles. *Bmj*, 1998, 317.7168: 1302-1306.
39. **Brooks GA, Butterfield GE, Wolfe RR, Groves BM, Mazzeo RS, Sutton JR, et al.** Increased dependence on blood glucose after acclimatization to 4,300 m. *Journal of applied physiology*. 1991;70(2):919-27.
40. **Kayser B.** Nutrition and energetics of exercise at altitude. *Sports Medicine*. 1994;17(5):309-23.
41. **Shay JE, Simon MC.** Hypoxia-inducible factors: crosstalk between inflammation and metabolism. İçinde: *Seminars in cell & developmental biology*. Elsevier; 2012. p. 389-94.
42. **Roth WT, Gomolla A, Meuret AE, Alpers GW, Handke EM, Wilhelm FH.** High altitudes, anxiety, and panic attacks: is there a relationship? *Depression and anxiety*. 2002;16(2):51–8.
43. **Mazzeo RS.** Altitude, exercise and immune function. *Exerc Immunol Rev*. 2005;11(6):16.
44. **Mawson JT, Braun B, Rock PB, Moore LG, Mazzeo R, Butterfield GE.** Women at altitude: energy requirement at 4,300 m. *Journal of Applied Physiology*. 2000;88(1):272–81.
45. **Mazzeo RS.** Physiological responses to exercise at altitude. *Sports medicine*. 2008;38(1):1–8.
46. **Derby R, deWeber K.** The athlete and high altitude. *Current sports medicine reports*. 2010;9(2):79–85.
47. **Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL.** Exercise at altitude. *Physiology of Sport and Exercise* 5th ed Champaign, IL: Human Kinetics. 2012;309–29.
48. **Stray-Gundersen J, Chapman RF, Levine BD.** “Living high-training low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *Journal of applied physiology*. 2001;91(3):1113–20.
49. **Rusko HK, Tikkanen H, Paavolainen L, Härmäläinen I, Kalliokoski K, Puranen A.** Effect Of Living In Hypoxia And Training In Normoxia On Sea Level Vo2max and Red Cell Mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1999;31(5):S86.
50. **Twomey R, Wrightson J, Fletcher H, Avraam S, Ross E, Dekerle J.** Exercise-Induced Fatigue in Severe Hypoxia Following an Intermittent Hypoxic Protocol. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(1).
51. **Fulco CS, Rock PB, Cymerman A.** Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviation, space, and environmental medicine*. 1998;69(8):793–801.
52. **Chapman RF, Stray-Gundersen J, Levine BD.** Individual variation in response to altitude training. *Journal of applied physiology*. 1998.
53. **Khodae M, Grothe HL, Seyfert JH, VanBaak K.** Athletes at high altitude. *Sports Health*. 2016;8(2):126–32.
54. **Daniels J, Oldridge N.** The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports*. 1970;2(3):107–12.
55. **Bonetti DL, Hopkins WG.** Sea-level exercise performance following adaptation to

hypoxia. *Sports Medicine*. **2009**;39(2):107–27.

56. **Drust B, Waterhouse J.** Exercise at altitude. *Scottish medical journal*. **2010**;55(2):31–4.
57. **Maspero M, Smith JD.** Effect of an acute bout of exercise using an altitude training mask simulating 12,000 ft on physiological and perceptual variables. In: *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*. **2016**. p. 90.
58. **Granados J, Gillum TL, Castillo W, Christmas KM, Kuennen MR.** “Functional” respiratory muscle training during endurance exercise causes modest hypoxemia but overall is well tolerated. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2016**;30(3):755–62.
59. **Porcari J, Bryant C, Comana F.** *Exercise physiology*. FA Davis; **2015**.
60. **Pinar L.** Sinir ve kas fizyolojisi temel bilgileri. *Baskı, Ankara, Efil Yayınevi, sf.* **2010**;13–33.
61. **Reeser J, Bahr R.** Energy Demands in the Sport of Volleyball. *Handbook of Sports Medicine and Science: VOLLEYBALL*. US: Blackwell Science; **2003**.
62. **Hultman E, Bergström J, Anderson NM.** Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*. **1967**;19(1):56–66.
63. **Halsen SL, Bridge MW, Meeusen R, Busschaert B, Gleeson M, Jones DA, et al.** Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *Journal of applied physiology*. **2002**;93(3):947–56.
64. **Maughan RJ, Gleeson M.** *The biochemical basis of sports performance*. Oxford University Press; **2010**.
65. **Sharkey BJ, Gaskill SE.** *Fitness & health*. Human Kinetics; **2013**.
66. **Hermansen L, Stensvold I.** Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica*. **1972**;86(2):191–201.
67. **Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW.** Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International journal of sports medicine*. **1987**;8(04):247–52.
68. **Stryer L.** *Molecular motors*. Biochemistry, 4th ed. WH Freeman and Company, New York. **1995**, 391-404.
69. **Brooks GA, Fahey TD, White TP, Baldwin K.** *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications*. **1996**. Mountain View (CA): Mayfield Publishing Company.
70. **Suh SH, Paik IY, Jacobs K.** Regulation of blood glucose homeostasis during prolonged. *Mol cells*. **2007**;23(3):272–9.
71. **Nelson DL, Cox MM.** *Lehninger Principles of Biochemistry, Third Edition (3 Har/Com ed.)*. WH Freeman; **2000**.
72. **Green S.** A definition and systems view of anaerobic capacity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. **1994**;69(2):168–73.
73. **Fleck SJ, Kraemer W.** *Designing resistance training programs, 4E*. Human Kinetics; **2014**.
74. **Viru A.** Postexercise recovery period: carbohydrate and protein metabolism. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. **1996**;6(1):2–14.

75. **Günay M, Tamer K, Cicioğlu H.** Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü. **2013.**
76. **Oliveira NL, Oliveira J.** Excess postexercise oxygen consumption is unaffected by the resistance and aerobic exercise order in an exercise session. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* **2011**;25(10):2843–50.
77. **Barreto AC, Maior AS, Menezes P, Willardson JM, Silva AJ, Reis VM, et al.** Effect of different resistance exercise repetition velocities on excess post-exercise oxygen consumption and energetic expenditure. *International SportMed Journal.* **2010**;11(1):235–43.
78. **Farinatti P, Castinheiras Neto AG, da Silva NL.** Influence of resistance training variables on excess postexercise oxygen consumption: a systematic review. *International Scholarly Research Notices.* **2013**;2013.
79. **Bompa TO, Buzzichelli C.** Periodization-: theory and methodology of training. *Human kinetics*; **2019.**
80. **Ocak Y, Buğdaycı S.** Futsal. Bedray Yayıncılık, İstanbul. **2012.**
81. **Macklin IT, Wyatt FB, Ramos M, Ralston G.** A Meta-Analytical Review of Muscle Glycogen Replenishment. *Journal of Professional Exercise Physiology.* **2019**;16(3).
82. **Ivy JL.** Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of sports science & medicine.* **2004**;3(3):131.
83. **Costill DL, Sherman WM, Fink WJ, Maresh C, Witten M, Miller JM.** The role of dietary carbohydrates in muscle glycogen resynthesis after strenuous running. *The American journal of clinical nutrition.* **1981**;34(9):1831–6.
84. **Ivy JL.** Glycogen resynthesis after exercise: effect of carbohydrate intake. *International journal of sports medicine.* **1998**;19(S 2):S142–5.
85. **Ramadan W, Xirouchaki CE, Mustafa R, Saad A, Benite-Ribeiro SA.** Effect of wearing an elevation training mask on physiological adaptation. *Journal of Physical Education and Sport.* **2021**;21(3):1337–45.
86. **Karabıyık H, Eser MC, Güler O, Yaşlı BC, Ertetik G, Şişman A, et al.** The effects of 15 or 30 s SIT in normobaric hypoxia on aerobic, anaerobic performance and critical power. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* **2021**;18(8):3976.
87. **Takei N, Kakinoki K, Girard O, Hatta H.** Short-Term repeated wingate training in hypoxia and normoxia in sprinters. *Frontiers in Sports and Active Living.* **2020**;2:43.
88. **Sagaste J.** Influencia de la utilización de una máscara de simulación de altitud en combinación con el entrenamiento específico de fútbol en el rendimiento aeróbico en jóvenes futbolistas (17 y 18 años), **2018.**
89. **Lauren B, Monroe K, Nguyen T, Suleiman F, Tran K, Tran V.** Physiological change through aerobic exercise under hypoxic conditions with an elevation mask. **2015.**
90. **López-Pérez ME, Romero-Arenas S, Colomer-Poveda D, Keller M, Márquez G.** Psychophysiological responses during a cycling test to exhaustion while wearing the Elevation Training Mask. *Journal of Strength and Conditioning Research.* **2022**;36(5):1282–9.
91. **Boyle KG, Napoleone G, Ramsook AH, Mitchell RA, Guenette JA.** Effects of the Elevation Training Mask® 2.0 on dyspnea and respiratory muscle mechanics, electromyography, and fatigue during exhaustive cycling in healthy humans. *Journal of Science and Medicine in Sport.* **2022**;25(2):167-72.
92. **Brian MS, Carmichael RD, Berube FR, Blake DT, Stuercke HR, Matthews EL.** The

effects of a respiratory training mask on steady-state oxygen consumption at rest and during exercise. *Physiology International*. **2022**.

93. **Ott T, Joyce MC, Hillman AR.** Effects of Acute High-Intensity Exercise with the Elevation Training Mask or Hypoxicator on Pulmonary Function, Metabolism, and Hormones. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2021**;35(9):2486–91.
94. **Veiga RS da, Müller CB, Ferreira GD, Pinheiro E dos S, Del Vecchio FB.** Acute respiratory flow restriction affects average power, but not heart rate and subjective perceived exertion in healthy women. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. **2021**;43.
95. **Vasquez-Bonilla AA, Rojas-Valverde D, González-Custodio A, Timón R, Olcina G.** Tent versus Mask-On Acute Effects during Repeated-Sprint Training in Normobaric Hypoxia and Normoxia. *Journal of Clinical Medicine*. **2021**;10(21):4879.
96. **Yoong NM, Selvarajah V, Hooi LB, Kumar R, Sumartiningih S.** Effect of elevation training mask 2.0 on Rating Perceived Exertion (RPE) during resistance exercise. *Journal of Sports Science and Nutrition*. **2021**;2(1):89–92.
97. **Romero-Arenas S, López-Pérez E, Colomer-Poveda D, Márquez G.** Oxygenation responses while wearing the elevation training mask during an incremental cycling test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2021**;35(7):1897–904.
98. **Barbieri JF, Gáspari AF, Teodoro CL, Motta L, Castaño LAA, Bertuzzi R, et al.** The effect of an airflow restriction mask (ARM) on metabolic, ventilatory, and electromyographic responses to continuous cycling exercise. *PloS one*. **2020**;15(8):e0237010.
99. **Volkov V, Miroshnikov A, Formenov A.** Effect of the pulmonary resistance training device “Elevation training mask 2.0” on physiological parameters and aerobic capacity during a maximal incremental cycling test. In: 4th International Conference on Innovations in Sports, Tourism and Instructional Science (ICISTIS 2019). Atlantis Press; **2019**. p. 306–8.
100. **Jagim AR, Dominy TA, Camic CL, Wright G, Doberstein S, Jones MT, et al.** Acute effects of the elevation training mask on strength performance in recreational weight lifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2018**;32(2):482–9.
101. **Andre TL, Gann JJ, Hwang PS, Ziperman E, Magnussen MJ, Willoughby DS.** Restrictive breathing mask reduces repetitions to failure during a session of lower-body resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2018**;32(8):2103-8.
102. **Öncen S, Pınar S.** Effects of training mask on heart rate and anxiety during the graded exercise test and recovery. *European Journal of Physical Education and Sport Science*. **2018**.
103. **Ramos-Campo DJ, Rubio-Arias JÁ, Freitas TT, Camacho A, Jiménez-Díaz JF, Alcaraz PE.** Acute physiological and performance responses to high-intensity resistance circuit training in hypoxic and normoxic conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*. **2017**;31(4):1040–7.
104. **Motoyama YL, Joel GB, Pereira PE, Esteves GJ, Azevedo PH.** Airflow-restricting mask reduces acute performance in resistance exercise. *Sports*. **2016**;4(4):46.
105. **Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Gatterer H, Viscor G, Burtcher M.** Differing levels of acute hypoxia do not influence maximal anaerobic power capacity. *Wilderness & environmental medicine*. **2015**;26(1):78–82.
106. **Granados J, Jansen L, Harton H, Kuennen M.** “Elevation Training Mask” Induces Hypoxemia But Utilizes A Novel Feedback Signaling Mechanism. In: *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*. **2014**. p. 26.

107. **Karasar N.** Bilimsel araştırma yöntemi, 25. Basım Ankara: Nobel. **2013.**
108. **Keir DA, Thériault F, Serresse O.** Evaluation of the running-based anaerobic sprint test as a measure of repeated sprint ability in collegiate-level soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* **2013**;27(6):1671–8.
109. **Kocaağa E.** Mücadele Sporcularında Akut Uyku Yoksunluğunun Gün İçinde Tekrar Eden Anaerobik Performansa Etkisinin İncelenmesi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Yüksek lisans tezi, Bolu, **2019.**
110. **Borg GA.** Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & science in sports & exercise.* **1982.**
111. **Borg G.** Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine.* **1970.**
112. **Mazzeo RS, Reeves JT.** Adrenergic contribution during acclimatization to high altitude: perspectives from Pikes Peak. *Exercise and sport sciences reviews.* **2003**;31(1):13–8.
113. **McNevin NH, Shea CH, Wulf G.** Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychological research.* **2003**;67(1):22–9.
114. **Wulf G, Prinz W.** Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic bulletin & review.* **2001**;8(4):648–60.
115. **Okano AH, Fontes EB, Montenegro RA, Farinatti P de TV, Cyrino ES, Li LM, et al.** Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *British journal of sports medicine.* **2015**;49(18):1213–8.
116. **Gibson ASC, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YX, Hampson D, et al.** The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Medicine.* **2003**;33(3):167–76.
117. **Uzun M.** Kardiyovasküler sistem ve egzersiz. *Journal of Cardiovascular Nursing.* **2016**;7(Sup 2):48–53.
118. **Messonnier L, Kristensen M, Juel C, Denis C.** Importance of pH regulation and lactate/H⁺ transport capacity for work production during supramaximal exercise in humans. *Journal of applied physiology.* **2007**;102(5):1936–44.
119. **Mero A.** Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* **1988**;57(6):660–6.
120. **Medbo JI, Tabata I.** Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *Journal of Applied Physiology.* **1993**;75(4):1654–60.
121. **Astrand PO, Hultman E, Juhlin-Dannfelt A, Reynolds G.** Disposal of lactate during and after strenuous exercise in humans. *Journal of Applied Physiology.* **1986**;61(1):338–43.
122. **Scott PhD CB, Roby FB, Lohman TG, Bunt JC.** The Maximally Accumulated Oxygen Deficit as an Indicator of Anaerobic Capacity. **1991.**
123. **Baltzopoulos V, Eston RG, Maclaren D.** A comparison of power outputs on the Wingate test and on a test using an isokinetic device. *Ergonomics.* **1988**;31(11):1693–9.
124. **Froese EA, Houston ME.** Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. *International journal of sports medicine.* **1987**;8(01):35–9.
125. **Neric FB, Beam WC, Brown LE, Wiersma LD.** Comparison of Swim Recovery and Muscle Stimulation on Lactate Removal After Sprint Swimming. *The Journal of Strength*

& Conditioning Research. **2009** Dec;23(9):2560–7.

126. **Gass GC, Rogers S, Mitchell R.** Blood lactate concentration following maximum exercise in trained subjects. *British Journal of Sports Medicine*. **1981**;15(3):172–6.
127. **Akbaş S, Pelvan SO, Sunar C, Bilici S, Çotuk HB.** Kısa Mesafe Sürat Koşularında Kan Laktat Seviyesi. *Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*. **2017**;2(1):1–7.



8. EKLER

8.1 EK-1. BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

Bu katıldığınız çalışma bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesinin Genç Erkeklerde Anaerobik Performans ve Yüksek Şiddetli Egzersiz Sonrası Toparlanmaya Akut Etkisi'dir. Bu araştırmanın amacı: Solunum kısıtlayıcı antrenman maskesinin genç erkeklerde anaerobik performans ve yüksek şiddetli egzersiz sonrası toparlanmaya akut etkisini incelemektir. Bu çalışmada size boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kompozisyonu analizi, kan laktat seviyesi ölçümü, farklı yükseltilere simüle edilmiş Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesi ile ve maskesiz RAST Anaerobik Sprint Testi ve algılanan zorluk derecesi ölçümü yapılacaktır. Bu çalışmada yer almanız öngörülen süre 5 gün olup, çalışmada yer alacak gönüllülerin sayısı 15'dir. Bu çalışma ile ilgili olarak yapılacak olan uygulamalar ve testlerde uyulması gereken kurallara uymak, çalışmacının önerilerine uymak, belirtilen gün ve saatlerde test ölçümlerine hazır bulunmak, testler için spor kıyafetler getirmek sizin sorumluluklarınızdır.

Bu çalışmada sizin için sağlık açısından herhangi bir risk ve rahatsızlık söz konusu değildir. Bu araştırmanın sizin için yararı da kendi vücut kompozisyonunuz, anaerobik performans bilgisi, yüksek şiddetli egzersiz sonrası toparlanma süreci hakkında bilgi ve Solunum Kısıtlayıcı Antrenman Maskesinin kullanımının anaerobik performans ve yüksek şiddetli egzersiz sonrası toparlanma üzerine akut etkisi hakkında bilgi sahibi olmanızdır.

Araştırmaya bağlı bir zarar söz konusu olduğunda, bu durumun tedavisi sorumlu araştırmacı tarafından yapılacak, ortaya çıkan masraflar Prof. Dr. Ümid KARLI ve Burcu ÖZDEMİR tarafından karşılanacaktır. Araştırma sırasında sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size veya yasal temsilcinize derhal bildirilecektir. Araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da çalışma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki ya da diğer rahatsızlıklarınız için [REDACTED] no.lu telefondan Burcu ÖZDEMİR'e veya [REDACTED] no.lu telefondan Prof. Dr. Ümid KARLI'ya başvurabilirsiniz.

Bu çalışmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır; ayrıca, bu çalışma kapsamındaki bütün muayene, tetkik, testler ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir. Bu çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmektedir.

Bu çalışmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Çalışmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada çalışmadan ayrılabilirsiniz; bu durum herhangi bir cezaya ya da sizin yararlarınıza engel duruma yol açmayacaktır. Araştırmacı bilginiz dâhilinde veya isteğiniz dışında, uygulanan tedavi şemasının gereklerini yerine getirmemeniz, çalışma programını aksatmanız veya tedavinin etkinliğini artırmak vb. nedenlerle sizi çalışmadan çıkarabilir. Çalışmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili tıbbi veriler de gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir. Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve çalışma

yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz.

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. Bu formun imzalı bir kopyası bana verilecektir.

Gönüllünün,

Adı-Soyadı:

Adresi:

Tel.-Faks:

Tarih ve İmza:

Açıklamaları yapan araştırmacının,

Adı-Soyadı:

Görevi:

Adresi:

Tel.-Faks:

Tarih ve İmza:

Olur alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş

görevlisinin/görüşme tanığının,

Adı-Soyadı:

Görevi:

Adresi:

Tel.-Faks:

Tarih ve İmza:

8.2 EK-2. BORG SKALASI

BORG SKALASINA GÖRE ZORLANMA DERECEŚİ	
SKOR	ZORLANMA DERECEŚİ
6	
7	Çok çok hafif
8	
9	Çok hafif
10	
11	Oldukça hafif
12	
13	Biraz zor
14	
15	Zor
16	
17	Çok zor
18	
19	Çok çok zor
20	

8.3 EK-3. ÖLÇÜM FORMU

Tarih:

Ad-Soyad:

Doğum Tarihi:

Boy Uzunluğu:

Vücut Ağırlığı:

Antrenman Yaşı:

Vücut Kompozisyonu (yağ%):

RAST Anaerobik Sprint Testi Ölçümleri

1. Sprint zamanı	2. Sprint zamanı	3. Sprint zamanı	4. Sprint zamanı	5. Sprint zamanı	6. Sprint zamanı
Kalp Atım Hızı (KAH) (Atım/Dk)					

Algılanan Zorluk Derecesi Ölçümü:

Kan Laktat Seviyesi (Mmol/L) ve Kalp Atım Hızı (KAH) (Atım/Dk) Ölçümleri

Dakika	Kan Laktat Seviyesi (Mmol/L)	Kalp Atım Hızı (KAH) (Atım/Dk)
Test Öncesi (Dinlenim)		
Test Sonrası		
1.		
5.		
10.		
15.		
20.		