



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ELİT KARATE SPORCULARININ UYKU
KALİTESİ VE FİZYOLOJİK EGZERSİZ
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

İlknur HAYIRLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ahmet AYAR

TRABZON-2021



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ELİT KARATE SPORCULARININ UYKU
KALİTESİ VE FİZYOLOJİK EGZERSİZ
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

İlknur HAYIRLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ahmet AYAR

TRABZON-2021

ONAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi İlknur HAYIRLI'nın hazırladığı “Elit Karate Sporcularının Uyku Kalitesi ve Fizyolojik Egzersiz Parametrelerinin İncelenmesi” başlıklı çalışma Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 12.10.2021

Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne/...../20..... tarihinde teslim edilen bu tez Enstitü Yönetim Kurulu'nun /...../20..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ersan KALAY
Enstitü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kılavuzu standartlarına uygun olarak hazırlanarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kullanılan kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

12/10/2021
İlknur HAYIRLI
.....

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yürütülmesi sırasında bilgi, birikim ve deneyimlerini paylaşan, yol gösteren, gelecek yaşamımda da bana katmış olduğu değerli bilgilerini kullanacağım tez danışmanım Prof. Dr. Ahmet AYAR'a, bugünlere gelmemde akademik emekleri olan bölümümdeki hocalarım Doç. Dr. Mukadder OKUYAN'a, Doç. Dr. Zafer ŞAHİN'e ve Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk KALKAN'a, yardım ve destekleri için Arş. Gör. Dr. Arif Kamil SALİHOĞLU'na, Trabzon Büyükşehir Belediyespor Karate Takımı ve Akademi Spor Kulübü antrenör ve sporcularına, bu süreçte destekleriyle hep yanımda olan annem Hediye HAYIRLI'ya, babama ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İlknur HAYIRLI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK SAYFASI	
ONAY	
BEYAN	
TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Egzersiz	3
2.1.1. Egzersiz ile Oluşan Fizyolojik Cevaplar	3
2.1.2. Egzersiz ile Alakalı Kardiyopulmoner Parametreler ve Egzersiz Sırasında Sistemde Oluşan Değişiklikler	4
2.1.2.1. Kalp Hızı ve Kalp Hızı Yedeği	4
2.1.2.2. Kalp Debisi (Kardiyak Çıkış)	6
2.1.2.3. Kan Basıncı	7
2.1.2.4. Respiratuar Sistem	8
2.2. İskelet Kasları ve Egzersiz	9
2.2.1. Egzersizin Kaslar Üzerindeki Etkileri	9
2.2.1.1. Egzersizin Kaslar Üzerine Kısa Süreli Etkileri	9
2.2.1.2. Egzersizin Kaslar Üzerine Uzun Süreli Etkileri	10
2.2.2. Kas Enerji Metabolizması	10
2.3. Yorgunluk	11
2.3.1. Spor ve Yorgunluk	12
2.3.1.1. Akut Yorgunluk	12

2.3.1.2. Kronik Yorgunluk	12
2.4. Egzersiz Testi ve Uygulamaları	12
2.4.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi ve Bisiklet Ergometresi	13
2.4.1.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Parametreleri	14
2.5. Uyku	15
2.5.1. Spor ve Uyku	16
2.6. Karate Sporü	17
2.6.1. Karate Sporcularının Fiziksel ve Fizyolojik Özellikleri	17
2.6.1.1. Aerobik ve Anaerobik Profil	17
2.6.1.2. Antropometrik Özellikler	17
2.6.1.3. Somatotip	18
2.6.1.4. Kemik Mineral Yoğunluğu	18
2.6.1.5. Kas Gücü	18
2.6.1.6. Fleksibilite (Esneklik)	18
2.6.1.7. Tepki Süresi	18
2.6.2. Dünyada ve Ülkemizde Karate	19
3. GEREÇ ve YÖNTEM	20
3.1. Kişilerin Seçimi	20
3.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Bilgi ve Onam Formu	20
3.3. Ölçümler	20
3.3.1. Antropometrik Ölçümler	20
3.3.2. Vücut Kitle İndeksi	20
3.3.3. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi	21
3.3.4. Uyku Kalitesi Değerlendirmesi	22
3.3.5. Algısal Yorgunluk Değerlendirmesi	23
4. BULGULAR	24
4.1. Antropometrik Ölçümler	24
4.2. Egzersiz ile Alakalı Veriler	25
4.2.1. Maksimum Oksijen Tüketimi Bulguları	26

4.2.2. Dakika Pulmoner Ventilasyon Bulguları	27
4.2.3. Maksimum Güç Bulguları	27
4.2.4. Kalp Hızı Bulguları	28
4.2.5. Oksijen Nabızı Bulguları	29
4.3. Uyku Parametresi Değerlendirmesi Bulguları	29
4.4. Algısal Yorgunluk Değerlendirmesi Bulguları	30
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	31
6. KAYNAKLAR	37
EKLER	44
Ek 1. Etik Kurul Onayı	45
Ek 2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Bilgi ve Onam Formu	47
Ek 3. Yorgunluk Şiddet Ölçeği	49
Ek 4. Bilgilendirilmiş Onam Formu	50
ÖZGEÇMİŞ	51

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No		Sayfa
Tablo 1.	Elit karate sporcularına ait antropometrik ölçüm bulguları	25
Tablo 2.	Elit karate sporcularının egzersiz ile ilgili fizyolojik parametreleri	26



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.	Elit karate sporcularının demografik verileri	24
Şekil 2.	Elit karate sporcularının maksimum oksijen tüketimi değerleri	26
Şekil 3.	Elit karate sporcularının dakika pulmoner ventilasyon kapasitesi bulguları	27
Şekil 4.	Elit karate sporcularının kalp hızı değerleri	29



RESİMLER DİZİNİ

Resim No		Sayfa
Resim 1.	Tanita vücut kompozisyonu analizörü (TBF-300 (FEED) cihazı)	21
Resim 2.	Kardiyopulmoner sistemin bisiklet modülü (Ergoline VIA Sprint 150P)	22
Resim 3.	Uyku verisi kaydı için kullanılan metabolik holter (Sensewear Armband) cihazının kola takılı hali	23



KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

AE	Anaerobik eşik
ATP	Adenozin trifosfat
ADP	Adenozin difosfat
AMP	Adenozin monofosfat
EELV	Ekspirasyon sonu akciğer hacmi
EKG	Elektrokardiyografi
ERH	Ekspiratuar rezerv hacmi
IRH	İnspiratuar rezerv hacmi
KH	Kalp hızı
KHY	Kalp hızı yedeği
KPET	Kardiyopulmoner egzersiz testi
RNA	Ribonükleik asit
SV	Strok volüm
TV	Tidal volüm
VKİ	Vücut kitle indeksi

ÖZET

Elit Karate Sporcularının Uyku Kalitesi ve Fizyolojik Egzersiz Parametrelerinin İncelenmesi

Karate; maksimum kardiyorespiratuar mukavemet ve patlayıcı güç gerektiren, uluslararası bir dövüş sanatı sporudur. Submaksimal ve maksimal egzersiz esnasında yüksek performans için önemli olan fizyolojik ve kognitif fonksiyonlar üzerine uyku oldukça etkilidir. Bu çalışmada; Trabzon ilindeki aktif elit karate sporcularının uyku kalitesi ve fizyolojik egzersiz parametrelerinin (kalp hızı, kalp hızı yedeği, kalp debisi, kan basıncı, maksimum oksijen kullanma kapasitesi) ölçülerek belirlenmesi amaçlanmıştır. Kademeli olarak şiddeti artan (15W/dakika) bisiklet ergometresi test protokolüyle kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) gerçekleştirildi. KPET; pulmoner, kardiyovasküler ve kas-iskelet sistemlerinin kademeli olarak şiddeti artan veya sabit yük egzersiz testiyle değerlendirilerek karşılıklı analiz edilmesi için kullanılan güçlü bir laboratuvar testidir. Test ile kan basıncı, oksijen tüketimi (VO_2), maksimum oksijen tüketimi (VO_{2maks}), karbondioksit üretimi (VCO_2), ergospirometre aracılığı ile soluk sayısı, dakika ventilasyon (VE), elektrokardiyografi (EKG) aracılığı ile maksimum kalp hızı (KH) ve kalp hızı yedeği (KHY) ve oksijen nabızı ölçümleri eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada, sporculara ait uyku parametreleri fiziksel aktivite ölçüm holteri (Sensewear Armband) kullanılarak elde edildi. Sporcuların yatar durumda oldukları süre, uyku süresi ve uyku verimliliği parametreleri ölçüldü. Çalışma örneğinin özelliklerini belirlemek için tanımlayıcı istatistikler kullanılmış ve veriler ortalama±standart sapma şeklinde rapor edilmiştir. Bireylerin yaş ortalaması 17.8 ± 1.39 yıl ($n=10$), boy ortalaması 169.0 ± 8.1 cm ($n=10$), kilo ortalaması 63.99 ± 7.64 kg ($n=10$) ve vücut kitle indeksi ortalaması 22.41 kg/m² ($n=10$) idi. Maksimum iş yükü seviyesinde VO_2 için ortalama değer 43 ± 8 ml/kg/dk ($n=10$, beklenenin %99±12'si), ortalama maksimum güç 197 ± 27.50 Watt ($n=10$, beklenenin %92±14'si), ortalama VE 103 ± 28 L/dk ($n=10$, beklenenin %95±22'si), ortalama KH 181 ± 12 atım/dk ($n=10$, beklenenin %93±7'si) ve ortalama maksimum oksijen nabızı 15.20 ± 2.90 ml/atım ($n=10$, beklenenin %115.1±17.75'si) idi. Bu fizyolojik parametreler, literatürde bu spor dalı için bildirilen değerlere yakın olarak bulunmuştur. Bu çalışmanın bulguları, katılan sporcuların iyi bir aerobik kapasiteye ve iyi bir antrenman düzeyine sahip olduklarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz, Metabolizma, Oksijen, Spor, Uyku

ABSTRACT

Investigation of Sleep Quality and Physiological Exercise Parameters of Elite Karate Athletes

Karate; an international martial art sport that requires maximum cardiorespiratory endurance and explosive power. Sleep is critical for physiological and cognitive functions, which are important for high performance during submaximal and maximal exercise. The aim of this study was to determine sleep quality and physiological exercise parameters (heart rate, heart rate reserve, cardiac output, blood pressure, maximum oxygen uptake capacity) of elite karate athletes in Trabzon. Cardiopulmonary exercise test (CPET) was carried out using cycle ergometer by incremental ramp (15W / min) test protocol, until exhaustion. CPET is a powerful laboratory test that is used for simultaneously analyzing pulmonary, cardiovascular and musculoskeletal systems under exercise stress. With the CPET; blood pressure, oxygen uptake (VO_2), maximum oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$), carbon dioxide production (VCO_2), heart rate (HR) and heart rate reserve (HRR) from electrocardiography (ECG) and oxygen pulse values can be measured. Sleep parameters were obtained using an physical activity holter (Sensewear Armband). The duration of lying down, sleep onset latency, total sleep duration and sleep efficiency parameters of the athletes were measured. Descriptive statistics were used to the determine characteristics of the study sample and data are reported as mean $\pm$ standart deviation. Of the participants, the mean age was 17.8 ± 1.39 years, the mean height was 169.0 ± 8.1 cm, the mean weight 63.99 ± 7.64 kg, and the mean body mass index 22.41 kg/m² (n=10), respectively. At maximum work rate, the mean values for VO_2 was 43 ± 8 ml/kg/min ($99\pm12\%$ of predicted), mean peak power 197 ± 27.50 Watt ($92\pm14\%$ of predicted), the mean VE 103 ± 28 l/min ($95\pm22\%$ of predicted), the mean HR 181 ± 12 beats/min ($93\pm7\%$ of predicted) and the mean maximum oxygen pulse 20 ± 3 ml/beat ($115\pm18\%$ of predicted), respectively (n=10). These physiological parameters were found close to the values reported for this sport branch in the literature. The results of this study indicates that the participated athletes had a “good” level of aerobic capacity and this indicates good level of endurance training.

Key Words: Exercise, Metabolism, Oxygen, Sleep, Sport

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Karate, uluslararası yarışmalarda da yer almış bir dövüş sanatı sporudur. Terim olarak, 'boş el' anlamına gelmektedir. Müsabaka esnasında el- ayak hareketleri ve engelleme teknikleri kullanılmaktadır (1).

Karate sporunda yüksek düzeyde performans için, hem üst hem alt ekstremitenin kas patlayıcı gücü, aerobik kapasite ile birlikte önemli bir faktördür. Pek çok karate tipi olmasına rağmen, Dünya Karate Federasyonu tarafından sadece şu 4 tipi kabul edilmiştir: Goju, Shito, Shotokan ve Wado. Karate, kullanılan teknik ve mekanizmalara göre kata ve kumite olmak üzere iki forma ayrılmaktadır (2).

Uyku; fiziksel gelişim, duygusal durum, bilişsel performans ve yaşam kalitesi yani fiziksel ve ruhsal sağlık üzerine önemli etkileri olan bir aktivitedir (3).

Uyku, elit sporcular için önemli olan özellikle submaksimal ve uzun süreli egzersizde atletik performansı etkileyen fizyolojik ve kognitif etkilere sahiptir. Uyku yoksunluğu; glikoz metabolizması ve nöroendokrin fonksiyonlarda, karbonhidrat metabolizması, besin alımı ve protein sentezinde değişikliklere neden olmaktadır. Bunun sonucunda da sporcuların metabolik ve endokrin durumlarının olumsuz etkilenmesiyle sportif performansta düşüş görülmektedir (4).

Egzersiz üzerine kardiyovasküler sistemin etkileri, aktif iskelet kaslarına yeterli miktarda oksijen ve besin sağlanması süreci ile ilişkilidir. Egzersizin ilk dakikalarından itibaren oksijen tüketimi artmaya başlar ve bu artış egzersiz boyunca devam eder. Oksijen alımı ve taşınımı egzersiz esnasında gerçekleşen harcamayla eşlenik olarak arttığında, dokuların ihtiyacı olan oksijen karşılanmış olur ve kişi etkin olarak performansı sürdürebilir. Kardiyovasküler sistem aracılığı ile, atmosferden temin edilerek iskelet kas hücrelerini mitokondrisine oksijen sunma süreci kişiden kişiye, yaş, cinsiyet ve fiziksel form durumuna göre değişir. Antrenman ile maksimum oksijen alımında istirahat evresine göre anlamlı düzeyde artış sağlamak mümkündür (5). Kişilerin bu konudaki etkinliği ve sınırlılıkları hem genel sağlık durumu hem de spor kapasitesi bakımından önem arz eder ve objektif yöntem ve parametreler kullanılarak doğru olarak belirlenmesine yönelik çabalar devam etmektedir.

Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET), egzersiz kapasitesi ve kardiyak durum değerlendirmesi için kullanılan önemli bir laboratuvar yöntemidir. Bu teknik, pulmoner,

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Egzersiz

İskelet kasları tarafından oluşturulan ve enerji tüketimi ile sonuçlanan herhangi bir vücut hareketi fiziksel aktivite olarak adlandırılır. Egzersiz, fiziksel aktivitenin bir alt kategorisidir. Egzersiz esnasında; iskelet kasları enerji harcayarak herhangi bir hareketi oluşturur ve harcanan enerji kilokalori değeri ile ölçülür.

Egzersiz, fiziksel uygunluğun (fiziksel fitness) bir veya daha fazla bileşeninin (kardiyovasküler kapasite, kas gücü, kas dayanıklılığı, kas esnekliği) geliştirilmesi amacıyla planlanan, tekrarlı ve yapılandırılmış aktivitelerdir. Egzersizin yoğunluğu, süresi ve frekansı arttıkça fiziksel uygunluk ve egzersiz arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Kardiyorespiratuar dayanıklılık, kas- iskelet sistemi dayanıklılığı, kas gücü, vücut kompozisyonu ve esneklik (fleksibilite) fiziksel uygunluğun bileşenleridir (8).

Sedanter bireylerde, fiziksel aktivite ile enerji harcaması günde yalnızca birkaç yüz kilokalori iken; yüksek düzeyde aktif atletlerde, fiziksel aktivite boyunca bu değer günde birkaç bin kilokalori şeklindedir (9). Akut aerobik egzersiz sonrasında, kaslara olan kan akımı iki saate kadar yükselmektedir. Hem tüm vücut egzersizi hem de küçük kas kütlesi egzersizinden sonra, iskelet kası vasküler yataklarının egzersiz sonrası vazodilatasyonu gerçekleşir (10). Dayanıklılık antrenmanı; oksidatif enzim, kapiller yoğunluk, glikojen içeriği, kalp vurum hacmi artışı ve kardiyak hipertrofi gibi kassal ve kardiyovasküler adaptasyonlar ile egzersiz performans kapasitesini artırır (11).

2.1.1. Egzersiz ile Oluşan Fizyolojik Cevaplar

Kas- iskelet sistemi, kardiyovasküler sistem, solunum sistemi, endokrin ve immün sistem egzersize fizyolojik cevaplar oluştururlar. Egzersiz ile birlikte kalp hızı, kalp debisi, kan basıncı artış gösterir. Dokulara olan kan akımında da artış olacağı için kasların kandan oksijen ekstraksiyon kapasiteleri de artar (12). Egzersiz aktivitesi ile istirahat dönemine göre vücudun ihtiyaçlarında önemli bir artış meydana gelir. Dokuların artan taleplerini karşılayabilmek ve homeostazisi sağlayabilmek için dolaşım sisteminin fonksiyonu oldukça önemlidir.

Dolaşım sistemi, iskelet kaslarının aktivitesiyle artan metabolik ihtiyaçları sağlayabilmek için dokulara oksijen ve karbondioksit taşınmasını düzenler; aynı zamanda dokularda biriken laktik asidi uzaklaştırarak pH dengesini sağlamaya çalışır. Respiratuar

sistem kardiyovasküler sistem ile birlikte çalışarak, artan ventilasyon ile birlikte artan solunum frekansı ve hacmi sonucu arteriyel kan gazları ve pH değerini dengede tutmaya çalışır (13).

Antrenman ile VO_2 maks istirahat evresine göre büyük oranda artmaktadır. Egzersiz sonunda, toparlanma periyodu boyunca oksijen tüketiminde kademeli bir düşüş görülür. Yoğun egzersiz sonrası oksijen tüketimi, istirahat sırasındaki bazal oksijen tüketiminden yüksektir. Toparlanma periyodu döneminde görülen bu durum, oksijen borcu olarak tanımlanmaktadır.

Kalp vurum hacmi (strok volüm), diyastol sonu ve sistol sonu hacimleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Artan miyokardial kontraktilite ve kalbe olan venöz dönüş, egzersiz boyunca vurum hacmini arttıran en önemli etkenlerdir.

Kalp debisi ve oksijen tüketimi arasında olduğu gibi, kalp hızı ve egzersiz yoğunluğu arasında da doğru orantılı bir ilişki vardır. İskelet kaslarına olan kan akışı; perfüzyon basıncı, kas kontraksiyonunun ekstrasvasküler mekanik etkileri ve damar direnci arasındaki ilişkiye göre belirlenmektedir. Yüksek yoğunluktaki egzersiz sırasında, iskelet kaslarına olan kan akışındaki artışa katkıda bulunabilmek için ortalama arteriyel kan basıncı artmaktadır.

Sporcularda uzun dönem antrenman sonrasında; vurum hacminde artış, istirahat kalp hızında düşüş meydana gelmektedir. Vurum hacmindeki artış, venöz dönüşteki artış ile sonuçlanmaktadır. Bu durum kişinin kardiyak performansını geliştirmektedir. Bu hemodinamik parametrelere ait sonuçlar ile, kişinin antrenman seviyesine bağlı kronik değişiklikler sonucu oluşan mekanizmaların nasıl etkilendiği görülür (5).

2.1.2. Egzersiz ile Alakalı Kardiyopulmoner Parametreler ve Egzersiz Sırasında Sistemde Oluşan Değişiklikler

2.1.2.1. Kalp Hızı (KH) ve Kalp Hızı Yedeği (KHY)

Kalbin dakikada gerçekleştirdiği atım sayısı kalp hızı olarak tanımlanır ve istirahat durumunda normal değeri 60-100 atım/dk'dır. Kalp hızı yedeği; kişinin maksimum KH ile istirahat KH arasındaki farktır.

İstirahat KH'nın düşük olması, kişinin iyi bir kardiyovasküler uygunluğa sahip olduğunu gösterir. İyi antrene olmuş bir atlette istirahat KH'nın 40 atım/dk civarında olması beklenir. Egzersiz ile birlikte KH'nda belirgin bir artış meydana gelir ve bu artış 220-yaş formülü ile hesaplanarak bir tahmin oluşturulur. Egzersiz sırasındaki hedef kalp hızını

belirlemede Karnoven, “Eşitlik 1” denklemini kullanılır. Bu formülde KH’ nın olması gereken değer aralığı belirlenir.

$$\text{Hedef KH: (Maksimum KH- İstirahat KH) } \times \%50 + \text{İstirahat KH}$$

$$(\text{Maksimum KH} - \text{İstirahat KH}) \times \%80 + \text{İstirahat KH} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Egzersiz sırasında; egzersize katılan kaslar başta olmak üzere aktif dokuların enerji ihtiyacını karşılamak için egzersiz şiddeti ile ilintili olarak dokuya kan akımında artış gerekir. Bu artış, fizyolojik olarak kalp debisinde artış ve kalp debisinin aktif dokulara daha fazla yönlendirilmesi ile sağlanır. Kalp debisi, KH ile kalp vurum hacmi (strok volüm) tarafından belirlenir. Egzersiz yoğunluğundaki değişikliklere bağlı olarak kalp atım hızında değişiklikler meydana gelmektedir. Egzersiz testinde kişinin egzersize verdiği kardiyopulmoner cevap parametresi olarak KH takip edilir. KH, egzersiz testi esnasında sürekli EKG kaydıyla kayıt altına alınır. Egzersiz süresince kaydedilen ve hesaplanan ortalama KH değeri ve bu değer kişinin maksimum KH ve istirahat KH ile karşılaştırılması sonucunda iş yükünün yoğunluğuna bağlı olarak göreceli KH hakkında fikir edinilmektedir. Elde edilen sonuçlar; hem sağlıklı hem de rehabilite edilen sporcular için en uygun antrenman yoğunluğunun planlanmasında oldukça yararlıdır (14).

Uzun süreli endurans antrenmanları, otonom sinir sisteminin kalp fonksiyonları üzerindeki etkisini önemli derecede etkilemektedir. Kalbe olan sempatik aktiviteyi azaltarak submaksimal KH değerini düşürmektedir (15). Egzersiz sonrası periyotta, KHY, parasempatik sistemin aktivasyonu ve sempatik sistemin inhibisyonu arasındaki etkileşim ile ilişkilidir. Otonom sinir sistemi, diğer fizyolojik sistemler ile bağlantılı olduğu için; homeostazisin sürdürülmesinde otonom sinir sisteminin etkileri, vücudun fonksiyonel adaptasyonları ile ilgili faydalı bilgiler sağlamaktadır (16).

Antrenman ya da müsabaka sonrası, vücudun fizyolojik ve psikolojik olarak istirahat durumuna dönme süreci toparlanma olarak adlandırılmaktadır (17). Toparlanma stratejileri; yüksek yoğunluklu egzersiz sonrası kanda biriken laktatın uzaklaştırılması, egzersize bağlı oluşabilecek kas yaralanma oranının ve gecikmiş kas ağrılarının azaltılması için kullanılmaktadır (18).

Egzersiz boyunca artan sempatik ve azalan vagal aktivite, kalp hızını arttırmaktadır. Kalp atım frekansındaki düşüşün oranı ve orta-ağır şiddetteki egzersiz sonrası toparlanma

periyodunun süresi, kardiyovasküler uygunluk seviyesini belirlemede yaygın olarak kullanılan göstergelerdir (19).

2.1.2.2. Kalp Debisi (Kardiyak Çıkış)

Kalp debisi; kalbin her bir ventrikülünün dakikada periferik pompaladığı kan miktarı olup, organizmanın hemodinamik ihtiyaçlarını gösteren önemli bir fizyolojik parametredir. Kalp debisi ölçümü, geniş bir uygulama aralığına sahiptir; hem sporcuların hem de kardiyak rehabilitasyon hastalarının hemodinamik durumu hakkında önemli bilgiler sağlayabilmektedir. Kalp debisi ölçümünde, invaziv yöntemlerin yüksek risk içerdiği belirtilmiştir. Bundan dolayı, noninvaziv ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir ve kullanılmaktadır (20). Kalp debisi “Eşitlik 2” denklemi ile hesaplanır.

$$\text{Kalp Debisi} = \text{Kalp Hızı} \times \text{Atım Hacmi} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Kalp debisi erkeklerde kadınlara oranla biraz daha yüksek olup ortalama değeri 5 L/dk’dır. Egzersiz ve stres koşullarında kalp debisi artış gösterir; değeri 35 L/dk’ya kadar yükselebilir. İyi antrene sporcularda 7-8 kat artarak değeri 40 L/dk olabilmektedir.

Kronik kalp hastalığı olan bireylerde kalp debisi genelde düşmüştür ve buna bağlı olarak egzersiz toleransı da düşüktür. Sporcularda ise sürekli olarak yapılan antrenmanlar ile kalp yapısal ve fonksiyonel adaptasyonlar gösterir; bu sebeple de kalp debisi değeri yüksektir.

Düzenli yapılan egzersiz ile; kan basıncında düşüş, miyokardiyal perfüzyon kapasitesinde artış ve kalbin hücrel metabolizmasında gelişme sağlanmaktadır. Orta yoğunluktaki dayanıklılık antrenmanlarının, hem sağlıklı hem de patolojik durumlarda kardiyak fonksiyonun geliştirilmesi için oldukça yararlı olduğu belirlenmiştir. Yüksek yoğunluktaki egzersiz antrenmanları, glikolitik ve oksidatif metabolizmanın kombinasyonunu içeren endürans ve sürat sporları da dahil olmak üzere çeşitli sporlarda kullanılan etkili bir antrenman çeşididir. Hem elit atletlerde antrenman programının belirlenmesi için, hem de kalp yetmezliği hastalarının rehabilitasyonunda yeni bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır. Sağlıklı bireylerde; yüksek yoğunluktaki egzersiz antrenmanlarının kardiyorespiratuar fonksiyonun, metabolik cevabın ve kardiyak fonksiyonun gelişimine olan etkisi, orta yoğunluktaki egzersiz antrenmanlarına göre çok daha güçlüdür (21).

Artan yoğunluktaki egzersiz sırasında; kalp hızı ve kalp debisi artan iş yükü ile doğru orantılı olarak artarken, atım hacmi maksimum oksijen tüketiminin %40-60'ı arasında seyretme eğilimindedir (22). Kardiyopulmoner egzersiz testi uygulaması sırasında, artan egzersiz şiddeti ile atım volümü ve kalp hızı artmaktadır; bununla doğru orantılı olarak kalp debisi de artmaktadır (16).

2.1.2.3. Kan Basıncı

Kanın damarlar içerisindeki akışı sırasında damar çeperine yapmış olduğu basınca kan basıncı denilmektedir. Düzenli antrenman sonucunda güçlenen kalp kanı vücuda pompalarken daha az enerji harcar ve kanın damarlara yapmış olduğu basınç düşer. Böylece kan basıncı normal değerlerinde kontrol altında olur. Kan basıncı egzersiz testi esnasında değerlendirilen önemli bir parametredir. Yüksek yoğunlukta egzersiz esnasında; sistolik kan basıncı 250 mmHg, diyastolik kan basıncı 110 mmHg'ye kadar artış gösterebilir (23).

Genç atletlerde; efora bağlı olarak gelişen kardiyovasküler adaptasyonlar hakkında bilgi almak ve koroner arter anomalisi gibi durumları tespit etmek amacıyla egzersiz testi yapılmaktadır. Egzersiz sırasında, kan basıncının değerlendirilmesi sağladığı hemodinamik bilgi açısından oldukça önemlidir.

Egzersiz süresince kan basıncındaki artış bazı mekanizmalar sonucunda gerçekleşmektedir: Yüksek sempatik aktivasyon, azalmış aort esnekliği, endotelyal disfonksiyon ve renin-anjiyotensin-aldosteron sisteminin artan aktivasyonu.

Sporcularda, maksimum egzersiz sonrası kan basıncı sedanter bireylere göre daha yüksektir; çünkü sedanter bireylere oranla daha yüksek egzersiz performans kapasitesine sahiptirler (24).

Progresif egzersiz sırasında kan basıncının yanıtı şu şekilde olmaktadır: Sistolik kan basıncında yükselme meydana gelirken, diyastolik kan basıncı aynı düzeyde korunur ya da hafifçe düşme eğilimi gösterir. Egzersiz öncesinde ya da toparlanma döneminde oluşan anormal kan basıncı yanıtları (hipertansiyon/hipotansiyon), önemli klinik bilgi sağlamaktadır. Toparlanma periyodundaki kan basıncı yanıtı klinik olarak oldukça önemlidir. Egzersiz testi uygulaması sırasındaki kan basıncı değerlendirmesi, testi sonlandırma kriterlerinden biridir (25). Egzersiz esnasında periferik damar direncinin azalmasıyla sistolik kan basıncı artmaktadır; bu artış 220 mmHg'yi geçtiğinde egzersiz sonlandırılmalıdır (26). Egzersiz sırasında aşırı yükselen sistolik ve diyastolik kan

basıncının, bireyin gelecek yaşamında hipertansiyon gelişim riski ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (25).

2.1.2.4. Respiratuar Sistem

Submaksimal egzersiz esnasında oksijen tüketimindeki artış ile doğru orantılı olarak ventilasyon da artar. Bu artış antrene atletlerde 5 Litre/dk'a kadar ulaşabilir. Egzersizin respiratuar sistem üzerindeki etkileri oksijen ve karbondioksit konsantrasyonundaki değişiklikler nedeniyle oldukça fazladır. Dokuların artan oksijen ihtiyacını karşılamaya yönelik respiratuar sistemde akut değişiklikler meydana gelir. Solunum kaslarının aktivasyonunun artmasıyla soluk hacmi de artmış olur (27).

Aerobik metabolizma, egzersiz performansı yani egzersiz esnasında yüksek metabolik aktivite gösteren kaslara gerekli enerjiyi sağlamak yönünden kritiktir. Bu bağlamda, solunum sistemi atmosferden oksijen alınarak kana eklenmesini sağlamaktadır. Yüksek egzersiz performansı için kalp, kan ve solunum sistemi iş birliği içinde çalışmaktadır.

Kas oksijen sunumu, yüksek yoğunluktaki endurans egzersiz performansının ana belirleyicisi olarak kabul edilmektedir. Kas oksijen sunumunun azalması; maksimum oksijen alımında azalma, yorgunluk gelişim oranında artış ve egzersiz performansında düşüş ile ilişkilidir.

Egzersiz sırasında; alveolar hiperventilasyon ve alveolar oksijen basıncı, arteriyal ve alveolar oksijen farkını yeterince karşılayabilecek düzeye kadar yükselmektedir. Bazı antrene atletlerde; yüksek yoğunlukta egzersize bağlı olarak oluşan metabolik gereksinimler, artan ventilasyon ve pulmoner gaz değiş tokuşu, bireyin solunum sistemi fonksiyonel kapasitesini aşabilmektedir. Bu durum, arteriyal oksijenasyonu ve oksijen taşınımını zayıflatmaktadır (28).

Orta yoğunluktaki egzersiz periyodunda, respiratuar sistemin temel görevi; arteriyal kan gazlarının ve asit-baz dengesinin istirahat durumundaki değerlerinin korunabilmesi için alveolar ventilasyonun değişimlerle orantılı olarak arttırılması ve sürdürülmesidir. Egzersiz yoğunluğu ve ventilasyon arttıkça, ekspirasyon sırasında havayollarında meydana gelen kompresyon, ventilatuar akımda limitasyon oluşturur; ekspirasyon sonu akciğer hacminin (EELV) artmasıyla ventilatuar akım da arttırılabilir (29).

Egzersiz boyunca ventilasyon, ekspiratuar akciğer hacminde progresif bir azalma ile tidal volümde (TV) gelişme sağlamaktadır. Egzersizin en yoğun olduğu periyotta, inspiratuar rezerv hacminde (IRH) düşüş olduğu için tidal volüm sınırlandırılmıştır. Bunun yanısıra, ventilasyonun en fazla olduğu durumda, üst ve alt ekstremitenin kombinasyonunu içeren egzersiz süresince, ekspiratuar rezerv hacminin (ERH) önemli derecede yükseldiği belirtilmiştir (30).

2.2. İskelet Kasları ve Egzersiz

İskelet kasları, kas lifi tiplerinin fonksiyonel özelliklerinin değişmesi ile birlikte morfolojik, biyokimyasal ve moleküler adaptasyonlar gösterir. Kas adaptasyonu; aktivite türü, yaş ve kas liflerinin kompozisyonu gibi faktörlere bağlıdır (31).

Kas liflerinde bulunan miyozin ağır zincir proteinlerinin özellikleri kas lifi tipleri arasındaki fizyolojik farklılıkları oluşturur. Miyozin ağır zincir proteinlerinin fonksiyonel forma dönüşüm süreci; yavaş ve hızlı tropomiyozin protein formları gibi sarkomer kontraktıl mekanizmasının önemli bileşenleri ile lif tipi karakteristik özelliklerinin oluşmasında etkili olmaktadır. Kas liflerindeki miyozin ağır zincir proteinlerinin fonksiyonel forma dönüşmesiyle birlikte kas kasılma hızı, yavaş ve hızlıkasılan olarak gerçekleşir (32).

İskelet kası liflerinin üç tipi vardır: Hızlı yorulabilir ve hızlı yorgunluğa dirençli lifler; hızlı miyofibril adenozin trifosfataz (ATPaz) ve sarkoplazmik retikulum Ca^{2+} -ATPaz aktivitesine sahiptir. Yavaş yorgunluğa dirençli lifler; yavaş sarkoplazmik retikulum Ca^{2+} -ATPaz ve miyofibril ATPaz aktivitesine sahiptir (31).

2.2.1. Egzersizin kaslar üzerindeki etkileri

Egzersiz kaslar üzerindeki etkisi kısa süreli ve uzun süreli olarak, aktivitenin türüne ve süresine bağlı değişiklik göstermektedir (33).

2.2.1.1. Egzersizin Kaslar Üzerine Kısa Süreli Etkileri

Endurans egzersizleri, sürekli kas kasılması gerektirdiği için aerobik tipte aktivitelerdir. Aerobik egzersizlerde, Tip 1 (yavaş yorgunluğa dirençli) kas liflerinin kontraksiyonu görülmektedir. Yavaş kasılan kaslar, enerji için adenozin trifosfatı (ATP) temel kaynağı olarak yağları kullanır; oksijen kullanılarak açığa çıkan laktik asit uzaklaştırıldığı için kaslarda belirgin bir yorgunluk gözlenmez (33).

Anaerobik solunum egzersizlerinde; hızlı ve yüksek yoğunluklu kontraksiyonların olduğu Tip 2 (hızlı yorulabilir) kas lifleri kullanılmaktadır. Enerji olarak ATP, glikoz ve glikojen kullanımına bağlı olarak kaslarda laktik asit birikimi görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarla birlikte, laktik asit birikimine ek olarak kalsiyum (Ca^{2+}) gibi kas lifi kontraksiyonunda oldukça önemli olan iyonların eksikliklerinin de kas yorgunluğuna sebep olacağı belirtilmektedir (33).

2.2.1.2. Egzersizin Kaslar Üzerine Uzun Süreli Etkileri

Özellikle anaerobik kuvvet ve ağırlık egzersizleri belirli bir süre devamlı uygulandığında, kasların güç ve dayanıklılığında artışla birlikte uzun süreli etkisi olarak kas hipertrofisi sağlamaktadır (33).

Antrenman ile, yaşlanmanın sonucu olarak artan mRNA katabolizmasına bağlı kas kütleindeki azalmayı önlemek mümkündür. Mitokondriyal biyogenez ve kas protein sentezi artışı ile birlikte hem genç hem de yaşlı bireylerde kas hipertrofisi gerçekleşir. Aerobik egzersiz antrenmanının kas hipertrofisi üzerindeki etkisi; egzersizin yoğunluğuna, süresine ve frekansına bağlıdır. KHY'nin %70-80'i şiddetinde, haftada 4-5 kez ve 30-45 dakika olarak uygulanan egzersiz programı hipertrofi için yeterli olmaktadır (34).

2.2.2. Kas Enerji Metabolizması

Egzersizin kas enerji metabolizmasındaki değişiklik ve adaptasyonları geliştirici etkisi vardır. Endurans antrenmanı; tüm kas lifi tiplerinde mitokondriyal yoğunluk ve mitokondriyal proteinlerde artış ile birlikte enerji transferinde de artış sağlar. Kardiyak ve iskelet kası hücreleri; enerji metabolizması yüksek ve vücudun ihtiyaçlarına göre adaptasyon gösterebilen hücrelerdir. Vücudun ihtiyacı olan enerjinin üretilmesi, transferi ve kullanılması için gelişmiş yöntemlere sahiptirler (35).

Hızlı yorulabilir lifler; kısa sürede güçlü ve hızlı kontraksiyonlar için hızlıca aktiveleştirilebilen enerji kaynaklarını, fosfokreatin ve glikojeni kullanır. Yavaş iskelet kası lifleri; enerji kaynağı olarak oksidatif fosforilasyonu kullandığı için düşük güçte uzun süreli kontraksiyonlar gerçekleştirir. Kreatin kinaz (CK) ve miyokinaz enzimleri kas hücrelerine enerji transferini sağlar. Kreatinkinaz enzimleri, mitokondri ve glikolitik kompleks gibi enerji üretim alanlarında bulunur; miyozin ve sarkoplazmik retikulum ATPaz aktivitesi için enerji transferini sağlamada kullanılır (35).

Anaerobik enerji sistemi, alaktik ve laktik sistemleri içerir. Alaktik sistem; fosfojen, ATP ve fosfokreatin (PCr) kaynaklarının kullanıldığı enerji sistemidir. Laktik sistem; karbonhidratların glikoliz yoluyla yıkımı sonucu laktik aside anaerobik olarak dönüştürülmesidir. Aerobik enerji sistemi, oksijen varlığında karbonhidrat ve yağların enerji kaynağı olarak kullanıldığı sistemdir. Anaerobik sistem, yüksek hızda ATP rejenerasyon yeteneğine sahiptir; ancak bu kapasite yoğun egzersiz ile üretilen enerji miktarına bağlıdır. Aerobik sistemde enerji üretimi ve transferi daha yavaştır, fakat ATP rejenerasyon kapasitesi oldukça fazladır (36).

2.3. Yorgunluk

Fiziksel yorgunluk; kasın maksimum kuvvetinde ve güç kapasitesinde görülen dereceli düşüş olarak tanımlanır. Kas lifleri içinde metabolitlerin birikmesi ve motor kortekte yetersiz bir motor komut oluşturulması gibi fizyolojik mekanizmalar yorgunluğa sebep olabilmektedir (37).

Bireyde yorgunluk oluşumu; antrenman düzeyine, ortam koşullarına, egzersizin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak değişik hız ve seviyede gerçekleşir.

Kas liflerinin motor nöron aktivasyonunun bozulması kas yorgunluğuna sebep olan faktörlerden biridir. Motor nöron aktivasyonunu sağlayan motor merkezlerin veriminin azalması, motor nöron üzerindeki sinaptik inhibisyonunun artması, motor nöronların intrinsik adaptasyonları bu bozulmada etkili olmaktadır (38).

Uzun süreli aktivite sırasında kaslarda meydana gelen iyonik ve metabolik değişiklikler sonucu yorgunluk oluşmaktadır. Kasın güç kapasitesindeki düşüşte 3 mekanizma mevcuttur: Sarkoplazmik retikulumdan salınan Ca^{2+} 'ın azalması, miyofibriller Ca^{2+} duyarlılığının azalması, maksimum Ca^{2+} aktivasyonun azalması. T tübüllerindeki aksiyon potansiyelindeki bozulma sebebiyle Ca^{2+} salınımı azalmaktadır. Hücresel metabolitlerdeki değişiklikler sonucunda pH değerinin düşmesi ve Ca^{2+} duyarlılığının azalması ile maksimum kuvvette düşüş meydana gelmektedir (39).

Laktik asit birikiminden dolayı oluşan intrasellüler asidoz kas yorgunluğunun en önemli nedeni olarak belirtilmektedir. Egzersiz ile birlikte kas hücrelerinin artan enerji ihtiyacı aerobik kapasiteyi aşar ve gerekli enerjinin büyük kısmı anaerobik olarak sağlanır. Anaerobik metabolizma ile glikojen yıkımı, hücre içi laktik asit birikimini arttırarak kas

kasılma fonksiyonunda düşüşe yol açar. İskelet kası aktivitesi sırasında kreatin fosfat yıkımı ile açığa çıkan inorganik fosfat, kas yorgunluğuna yol açan önemli faktörlerden biridir (40).

2.3.1. Spor ve yorgunluk

Sporda yorgunluk; müsabaka ya da antrenman esnasında oluşabilen, sporcunun performansını etkileyen fonksiyonel bir tükenme durumudur. Spor performansı ile ilişkili olarak yorgunluk akut ve kronik yorgunluk olarak görülmektedir (41).

2.3.1.1. Akut Yorgunluk

Akut yorgunluk; müsabaka esnasında oluşan, eforu devam ettirebilmek için gerekli olan gücün ve enerjinin karşılanamadığı, fizyolojik kaynakların tükendiği durumdur. Spor türlerinin biyomekanik ve fizyolojik özelliklerine göre akut yorgunluğa sebep olan faktörler değişkenlik göstermektedir.

Kısa süreli ve yüksek kas gücü gerektiren aktivitelerde gerekli olan güç, genellikle anaerobik alaktik mekanizmalar ile sağlanmaktadır. Bu aktivitelerde, fosfokreatinin tükenmesi ile ATP sentezinin azalması yorgunluğun temel sebebidir. Orta süreli aktivitelerde; laktat anaerobik enerji kullanılarak efor devam ettirilmektedir. Bu sebeple, dokularda H^+ iyon konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak laktik asit artışı meydana gelmektedir. Dokuların laktik asit tolerasyonuna bağlı olarak yorgunluk oluşmaktadır. Uzun süreli aktivitelerde yorgunluk, glikojen azalması, hipoglisemi, mineral ve su kaybı gibi nedenler sonucunda oluşmaktadır (41).

2.3.1.2. Kronik Yorgunluk

Kronik yorgunluk; sporda fazla antrenman durumu ile ilişkilidir. Fazla antrenman, antrenman ve toparlanma periyodu arasındaki dengesizlik, sporcunun koordinasyon ve motivasyonunu etkileyen tükenme ile sonuçlanır. Antrenman sonrasında, toparlanma dönemi için yeterli süre oluşturulmadığında vücut için gerekli olan dinlenme gerçekleşemeyeceğinden dolayı günler hatta aylar sürebilen kronik yorgunluk tablosu karşımıza çıkmaktadır (41).

2.4. Egzersiz Testi ve Uygulamaları

Egzersiz testleri; egzersiz kapasitesini ve limitasyonlarını belirlemek, limitasyon mevcutsa altta yatan sebeplerini araştırmak için klinik ve performans belirleme amacıyla kullanılmaktadır. Egzersiz testinin protokollerinden bir tanesi, artan yüke karşı yapılan

egzersiz testidir (Ing: incremental exercise test). Pulmoner fonksiyon, kardiyak fonksiyon, kan gazları ve diğer egzersiz testlerinin istirahat düzeyinde yapılamayan ölçümleri bu test ile yapılır ve önemli veriler elde edilir (42).

Maksimal egzersiz testi; aerobik kapasite değerlendirmesinde altın standart olarak kullanılmaktadır, fakat performans kısıtlılığı olan bireylerde ağrı ve yorgunluk gibi semptomlar açığa çıktığı için bu test kontraendikedir. Submaksimal egzersiz testi, bu limitasyonları olan bireyler için maksimal egzersiz testine göre daha uygulanabilir bir testtir (43).

Sporda performans; kardiyovasküler sistem, solunum sistemi ve kas-iskelet sistemi performansı ile yakından ilişkilidir. Bu sistemlerin birinde ya da birbiri ile olan etkileşimlerindeki limitasyonlar atletik performansı etkilemektedir. Egzersiz testi; antrenman ile dokuların artan oksijen (O₂) ihtiyacı sonucunda, dokulara O₂ ulaşımı ve kullanılması gibi vücudun metabolik yanıtları hakkında önemli bilgiler verir (44).

2.4.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi ve Bisiklet Ergometresi

Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET), egzersiz kapasitesi ve kardiyak durum değerlendirmesi için kullanılan önemli bir klinik yöntemdir. Pulmoner, kardiyovasküler ve kas-iskelet sistemlerinin submaksimal ve maksimal egzersiz yanıtlarının birlikte değerlendirilmesine olanak sağlar (45).

Gaz alışverişi, pulmoner ventilasyon, elektrokardiyografi, kalp hızı ve kan basıncı ölçümleri yapılarak egzersiz kapasitesi değerlendirilir. Egzersiz toleransı; pulmoner gaz değiş tokuşu, kardiyovasküler performans ve iskelet kası metabolizması tarafından belirlenmektedir. VO₂maks, kardiyorespiratuar endüransın belirlenmesinde fonksiyonel egzersiz testi sırasındaki en önemli ölçümlerden biridir. “Eşitlik 3” denklemi kullanılarak Fick Denklemi (maksimum egzersiz) hesaplanır (45).

$$VO_2 \text{ maks} = (SV \text{ maks} \times KH \text{ maks}) \times (CaO_2 \text{ maks} - CvO_2 \text{ maks})$$

(Eşitlik 3)

VO₂ maks değerinin düşük olması egzersiz intoleransı ile ilişkilidir.

Egzersiz esnasındaki ventilasyon ve pulmoner sistem göstergelerini ölçebilmek için farklı yöntemler mevcuttur. Egzersize karşı oluşan metabolik değişimlerin en iyi şekilde ölçümünü ve analizini sağladığı için, egzersiz testi sisteminde her nefeste gaz ölçümü

(breath-by-breath) tekniği kullanılmaktadır. İspirasyon ve ekspirasyon boyunca hava akış sinyallerinden alınan veriler ile respiratuar hacimler; solunum hızı ve breath-by-breath sistemiyle elde edilen verilerin çarpımı ile ortalama dakika hacimleri hesaplanmaktadır (45).

Kardiyopulmoner egzersiz testinde, teste katılan sistemlere stres uygulamak için büyük kas gruplarının, özellikle alt ekstremite kaslarının, aktif olduğu egzersiz protokolleri uygulanmaktadır. Bisiklet ergometresinde; progresif olarak şiddet artırılarak, dakikada 60 pedal hızı kullanılmaktadır. Test sırasında; kan basıncı, VO_2 , VCO_2 , EKG ve oksijen saturasyonu ölçümleri rahatlıkla yapılabilmektedir. Maksimum egzersiz performansına ulaşabilmek için progresif olarak artan yük, elektronik olarak hesaplanmakta ve uygulanmaktadır (7).

2.4.1.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Parametreleri

Oksijen Tüketimi (VO_2 - $VO_{2\text{ maks}}$)

VO_2 maks değerini, hücresele oksijen ihtiyacı ve maksimal seviyedeki oksijen taşınımı ile oksijen tüketimi belirlemektedir. Oksijen tüketimi; vücut hacmi, kalp hızı ve doku oksijenasyonu gibi faktörler tarafından sınırlanabilmektedir. Genetik faktörler, yaş, cinsiyet, egzersiz kaslarının performansı ve vücut tipi, VO_2 maks değerini etkileyen temel belirleyicilerdir. Bireyin antrenman ve motivasyon düzeyi de VO_2 maks değerini etkilemektedir (45).

İstirahat durumunda VO_2 , yaklaşık olarak 3.5 ml/kg/dakika değerindedir. Egzersiz ile birlikte ulaşılan maksimum oksijen tüketimi 30-50 ml/kg/dakika aralığındadır. Bu değer, ileri düzeyde antrene kişilerde yaklaşık olarak 80 ml/kg/dakika olabilmektedir (45).

Solunum Değişim Oranı (RER)

Üretilen karbondioksit miktarının oksijen tüketimine oranıdır ve solunum katsayısı olarak da anılmaktadır. RER değeri, gerekli olan enerjiyi sağlamak için kullanılan yakıt tarafından belirlenir. Bu değer 1'e eşit olduğunda, enerji üretimi karbondioksit metabolizması ile sağlanır; 1'den küçük olduğunda, 0.7-0.8 gibi, karbondioksit ve yağ karışımı enerji kaynağı olarak kullanılır. RER, genellikle ağızdan gaz alışverişi ile ölçülmektedir. Egzersizin sonlarına doğru, artan hiperventilasyon ve laktik asit sebebiyle RER değeri de artmaktadır (45).

Aerobik Kapasite

Aerobik kapasite, vücudun toplam enerji kapasitesinin büyük bir kısmını kapsar ve organizmada meydana gelen metabolik süreçleri ifade eder. VO_2 maks, kardiyovasküler ve pulmoner sistem fonksiyonel kapasitesi için olduğu gibi, aerobik kapasitenin de en önemli göstergesidir. Aerobik kapasite ve dokuların oksijen kullanma kapasitesi, sporcuların fiziksel performansı ve kapasitesinin temel belirleyicileridirler. Laboratuvar koşullarında yapılan testler ile, maksimum egzersiz periyodunda, VO_2 maks değerinin direkt olarak ölçülmesiyle aerobik kapasite hesaplanmaktadır (46).

Anaerobik Eşik ve Laktik Asit

Egzersiz süresi ilerledikçe, kasların artan metabolik ihtiyacını karşılamak için sağlanan oksijen yetersiz kalır ve anaerobik mekanizma aktifleşir. Bu periyotta, kaslarda biriken laktik asit ve kan laktik asit konsantrasyonu önemli derecede artış gösterir (45).

Anaerobik eşik (AE); solunumdan hesaplanabilir ve dakika ventilasyonunun tüketilen oksijen ile orantısız olarak arttığı nokta olarak kabul edilmektedir, maksimum oksijen tüketiminin %60-70'inde görülen egzersiz şiddetidir (45).

Anaerobik metabolizma, egzersiz sırasında aktif olan kaslarda laktik asit üretiminden sorumludur. Yüksek şiddette egzersiz sonrası laktik asit artışı ile, kaslardan hidrojen iyonu salınmaktadır. Üretilen laktik asidin bir kısmı kana taşınır; pH değerini düşürür ve asit-baz dengesinde bozukluğa sebep olur (47).

2.5. Uyku

Uyku; fiziksel gelişim, duygusal durum, bilişsel performans ve yaşam kalitesi üzerinde önemli etkileri olan bir fizyolojik aktivitedir (48). Uyku; çevreye karşı olan algının, hareketliliğin ve tepkilerin azaldığı günlük yaşam ihtiyaçları içerisindeki doğal bir durumdur.

Beyinde preoptik bölgede bulunan ventrolateral preoptik nükleus, normal bir uyku için gerekli ve uyku sırasında aktif olan GABAerjik ve galaninerjik nöronları içerir. Posterior lateral hipotalamus, uyanıklık hali için gerekli olan hipokretin nöronlarını içerir (49). Serotonin, gamma-amino butirik asit, oreksin, asetil kolin, nöradrenalin ve histamin uyku-uyanıklık döngüsünde görevli olan nörotransmitterlerden bazılarıdır (4).

2.5.1. Spor ve Uyku

Sporcularda kaliteli uyku süresi ve uyku kalitesi, atletik performans ve müsabakalardaki başarı oranında artış ile ilişkilidir. Aynı zamanda sakatlanma riskini de azaltmaktadır (48).

Uyku, egzersiz sonrasında toparlanma döneminin ve harcanan enerjinin yeniden depolanmasının sağlıklı bir şekilde tamamlanması için oldukça önemlidir. Uyku süresi ve uyku kalitesinin daha yüksek olduğu sporcularda, atletik performansta ve müsabakalardaki başarı oranında artış olduğu görülmektedir (48).

Özellikle elit sporcular için önemli olan submaksimal ve uzun süreli egzersizde atletik performansı etkileyen fizyolojik ve kognitif fonksiyonlara sahiptir. Uyku yoksunluğu; glikoz metabolizması ve nöroendokrin fonksiyonlarda, karbonhidrat metabolizması, besin alımı ve protein sentezinde değişikliklere neden olmaktadır. Bunun sonucunda da sporcuların metabolik ve endokrin durumlarının olumsuz etkilenmesiyle performansta düşüş görülmektedir (4).

Karate sporunda, uyaranlara karşı oluşturulan tepki süresi yüksek performans için oldukça önemli bir faktördür. Uyku süresi ve kalitesindeki düşüş, bu tür fizyolojik cevapları etkileyerek performansta düşüşe sebep olmaktadır (48).

Egzersizin uyku üzerindeki olumlu etkileri; cinsiyet, yaş, antrenman seviyesi, egzersizin yoğunluğu ve süresi gibi faktörlere bağlıdır. Uyku bozuklukları, bireyin kognitif performansında ve egzersiz kapasitesinde bozukluklara sebep olabilmektedir. Buna bağlı olarak, uzun süreli egzersiz veya takım sporları sırasında egzersize bağlı oluşabilecek yaralanma riski oranında artış görülebilmektedir (50).

Kötü uyku kalitesi ve uyku bozuklukları, sporcularda performans ve toparlanma hızında düşüşe neden olmaktadır. Birçok profesyonel spor takımı, uyku sorunları olan sporcularına yardımcı olabilmek ve performansta oluşabilecek düşüşü engellemek için uyku danışmanları ile çalışmaktadır (51). Sporcuların uyku verimliliği ile ilgili bu alanda uzman kişiler tarafından eğitilmesi, performans artışı ve başarı için uygulanan antrenmanlar kadar önemlidir (52).

2.6. Karate Sporü

Karate, uluslararası bir dövüş sanatı sporudur. Terim olarak, 'boş el' anlamına gelmektedir. Müsabaka esnasında el-ayak hareketleri ve engelleme teknikleri kullanılmaktadır.

Bu spor dalında sakatlıklar, müsabaka sırasında ve antrenman sırasında olmak üzere iki farklı durumda görölmektedir. Müsabaka esnasında; koruyucu güvenlik önlemlerinin alınması, hakemin faul olan hareketlere müdahale etmesi yaralanma riskini azaltmaktadır. Bu sebeple, antrenman sırasında yaralanma daha yaygın görölmektedir (1).

Pek çok karate tipi olmasına rağmen, Dünya Karate Federasyonu tarafından sadece şu 4 tipi kabul edilmiştir: Goju, Shito, Shotokan ve Wado. Karate, kullanılan teknik ve mekanizmalara göre kata ve kumite olmak üzere iki forma ayrılmaktadır (2).

2.6.1. Karate Sporcularının Fiziksel ve Fizyolojik Özellikleri

2.6.1.1. Aerobik ve Anaerobik Profil

Kardiyorespiratuar dayanıklılık (endurans), kardiyovasküler ve respiratuar sistem enduransı, egzersiz süresince performansın geliştirilmesinde oldukça önemli bir faktördür. Ulusal ve uluslararası yapılmış çalışmalarda; VO₂ maks değerinin erkek karate atletlerinde 47.8–61.4 ml/kg/dakika, kadın karate atletlerinde 32.75–42.9 ml/kg/dakika aralığında olduğu görölmüştür. VO₂ maks, sporcuların kardiyovasküler fonksiyonel kapasite seviyesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir değerdir.

Yüksek yoğunlukta, aralıklı spor periyodunda gerekli enerji çoğunlukla anaerobik kaynaklardan sağlanmaktadır. Karatenin spesifik hareketleri de anaerobik enerji yollarına bağlıdır (2).

2.6.1.2. Antropometrik Özellikler

Sporcuların morfolojik karakteristikleri, atletik performans için oldukça önemlidir. Karate sporcularının kilo kategorileri; erkek sporcular için 60-84 kg, kadın sporcular için 50-68 kg arasındadır. Bu sporcularda, vücut yağ oranı yüzdesinin düşük olması önerilmektedir. Fakat, yapılan çalışmalarda, vücut yağ oranının karate performansının belirlenmesinde bir kriter olmadığı görölmüştür (2).

2.6.1.3. Somatotip

Karate sporcularının somatotip profilleri, atletik performansı etkileyen önemli bir faktördür. Elit erkek karate atletlerinde mezomorfik-ektomorfik vücut tipi oranı, endomorfik tipe göre daha fazladır. Elit kadın karate atletlerinde de benzer şekilde, mezomorfik-ektomorfik vücut tipi oranı daha yüksektir. Genel olarak, elit karate atletleri düşük vücut yağ yüzdesi ve mezomorfik-ektomorfik vücut tipi ile karakterizedir (2).

2.6.1.4. Kemik Mineral Yoğunluğu

Kemik mineral yoğunluğu karate sporcularında antrene olmayan bireylere göre daha yüksek düzeydedir. Kemik mineral yoğunluğu ve vücut kompozisyonu; sporcuların antrenman ya da müsabaka boyunca performanslarının korunması ve geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (2).

2.6.1.5. Kas Gücü

Karatede yüksek seviyede performans için, kısa sürede yüksek kinetik enerji sağlayabilmek oldukça önemlidir. Bu sebeple kas gücü karate performansında önemli bir role sahiptir. Kas patlayıcı gücü, maksimum hız, üst ve alt ekstremitelerin yüksek düzeyde güç üretimi karate performansının temel belirleyicileridir (2).

2.6.1.6. Fleksibilite (Esneklik)

Fleksibilite, ekleme hareket kolaylığı sağlar ve yaralanma riskini azaltır. Eklem hareket açıklığının artması ve fleksibilite, yüksek hızda hareket ve yüksek seviyede karate performansı için oldukça önemlidir (2).

2.6.1.7. Tepki Süresi

Reaksiyon süresi; uyaran ve oluşturulan hareket arasındaki süredir. Uyarılara hızlı tepki oluşturabilme kabiliyeti hem birçok spor dalında hem de günlük yaşantıda önem taşımaktadır.

Karate, patlayıcı güç gerektiren teknikler içerdiğinden dolayı uyarılara karşı oluşan cevap, tepki süresi, yüksek performans için temel unsurdur (2).

2.6.2. Dünyada ve  lkemizde Karate

Karate, Amerika ve Avrupa kıtasında 1950 yılı itibariyle sportif olarak yayılmaya ve büyümeye başlamıştır. İlk Avrupa şampiyonası, 7 Mayıs 1966 tarihinde Paris'te gerçekleştirilmiştir. Dünya Karate Federasyonu, 16 Haziran 1970 tarihinde, Jack Delcourt başkanlığında kurulmuştur. İlk Dünya Karate şampiyonası, 1970 yılında Japonya' da düzenlenmiştir.

Ülkemizde ilk karate  alışmaları, Sensei Hakkı Koşar tarafından 1969–1970 yıllarında İstanbul'da başlatılabilmiştir. Türkiye Karate Federasyonu 1990 yılında kurulmuştur. Türkiye'deki karate faaliyetlerinin çok büyük bir kısmı Shotokan tipindedir (53).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Kişilerin Seçimi

Çalışmaya Trabzon ilindeki karate sporuyla elit seviyede ilgilenen 3'ü kız, 7'si erkek olmak üzere 10 sporcu katıldı. Bu tez çalışmasına, uyku kalitesi ölçümü ve KPET için uygun ve gönüllü bireyler seçildi.

3.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Bilgi ve Onam Formu

Çalışmaya başlamadan önce her bir sporcuya bilgi ve onam formu dolduruldu. Test için risk oluşturacak bir durum olmadığı anlaşıldı ve sonrasında teste başlandı. Ek 2'de bu onam formu mevcuttur.

3.3. Ölçümler

3.3.1. Antropometrik Ölçümler

Antropometrik ölçüm; bireyin vücut yapısı ve fiziksel parametrelerinin birtakım ölçüm yöntemleri ile belirlenmesidir.

Sporcuların vücut kompozisyonları, ilgili spor dalında belirli becerilerin sağlanması ve sportif performans ile ilişkilidir. Bu sebeple sporcularda antropometrik ölçüm değerlendirmesi önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında; cilt altı yağ tabakası kalınlığı, çap ve çevre ölçümü yapıldı. Cilt altı yağ tabakası kalınlığı ve çap ölçümünde Holtain marka skinfold ve kaliper, çevre ölçümünde mezura kullanıldı. Ölçümler birey ayakta duruş pozisyonunda iken ve sağ taraftan yapıldı. Her bir değer iki defa ölçüldü. Skinfold ile triceps, subscapula, suprailiac ve gastrocnemius kası; kaliper ile dirsek ve diz eklemleri; mezura ile biceps ve gastrocnemius kası ölçümleri yapıldı.

3.3.2. Vücut Kitle İndeksi

Boy uzunluğunun vücut ağırlığının karesine oranıyla hesaplanan vücut kitle indeksi ölçümünde, impedans esasına göre ölçüm yapan vücut analizatör cihazı (Tanita Body Composition Analyzer TBF-300 (FEED)) kullanıldı. Bu cihaz, elektrik akımlarının vücut dokularından geçerken oluşan dirence bakılarak dokular hakkında veri elde etmeyi sağlayan bir ölçüm yöntemine sahiptir. Ölçüm, bireyler yemeğini yedikten bir saat sonra ve çıplak ayakla cihaza basarak sabit pozisyonunda iken yapıldı.



Resim 1. Tanita vücut kompozisyonu analizörü (TBF-300 (FEED) cihazı)

3.4.3. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

Testler, sabah 09:00 ve öğleden sonra 16:00 saatleri arasında, bireyler kahvaltı yaptıktan ve öğle yemeğini yedikten bir saat sonra yapıldı. Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında; bisiklet modüllü (VIA Sprint 150P), bilgisayara entegre olabilen (QRS –card) 12 derivasyonlu EKG, pulsoksometre, ergospirometre, gaz analizatörü ile donanımlı (Lab Manager 4.0 yazılım programı) KPET sistemi kullanıldı. Gaz analizatörü her test öncesinde kalibre edildi. Gaz maskesi, her testten önce dezenfekte edildi. Her nefeste ölçüm (breath-by-breath) yöntemi ile her 5 sn’de bir solunum gazı değerleri kayıt altına alındı. Her bireyde 12 derivasyonlu EKG kullanıldı. İki dakikada bir olmak üzere kan basıncı takibi yapıldı. İlk beş dakikalık ısınma periyodunda yük 20 Watt’a sabit olacak şekilde teste başlandı. Daha sonra her bir dakikada 15 Wattlık artış gösteren protokol ile teste devam edildi. Saturasyon değerinin %95’in altına düşmemesine dikkat edildi.

Birey, bisikleti 60 devir olacak şekilde, yorgunluk oluşana kadar çevirdi. Daha sonra yük alınarak <30 devirde çevirmesi istenerek teste devam edildi. Toparlanma periyoduna RER değeri 1.00’in altına düşene ve kalp hızı istirahat düzeyine (<100 atım/dakika) dönene kadar devam edildi. Sonrasında test sonlandırıldı.



Resim 2. Kardiyopulmoner sistemin bisiklet modülü (Ergoline VIA Sprint 150P)

3.4.4. Uyku Kalitesi Değerlendirmesi

Uyku kalitesi ile ilgili veriler, Sensewear Armband kullanılarak kayıt altına alınan bilgilerin cihazın özel yazılım programına aktarılarak elde edildi. Cihaz, her bireyde sağ kolun triceps kası üzerine takıldı.

Sensewear Armband, hem fiziksel aktiviteyi hem de uyku parametrelerini değerlendirmek için kullanılmaktadır (54). Sensewear Armband'ın içinde bulunan 2 eksenli mikro elektro mekanik sensör olan akselerometre, yerçekimine bağlı oluşan hareketi ölçerek, uzanmak ya da yataktan çıkmak gibi Armband'ın pozisyonu hakkında tahminde bulunarak ölçüm sağlar. Sensewear Armband; galvanik cilt cevabı sensörü, cilt sıcaklık sensörü ve vücuda yakın ortam sıcaklık sensörü de içermektedir. Armband'ın arka tarafında bulunan ve cilt ile temasta olan sensör ile cilt sıcaklığı ölçülür (55).

Bu tez çalışmasında; bu holter cihazı kişilere 24 saat boyunca takılarak uyku süresi, uyanma süresi ve uyku verimliliği parametreleri ölçülmüştür.



Resim 3. Uyku verisi kaydı için kullanılan metabolik holter (Sensewear Armband) cihazının kola takılı hali

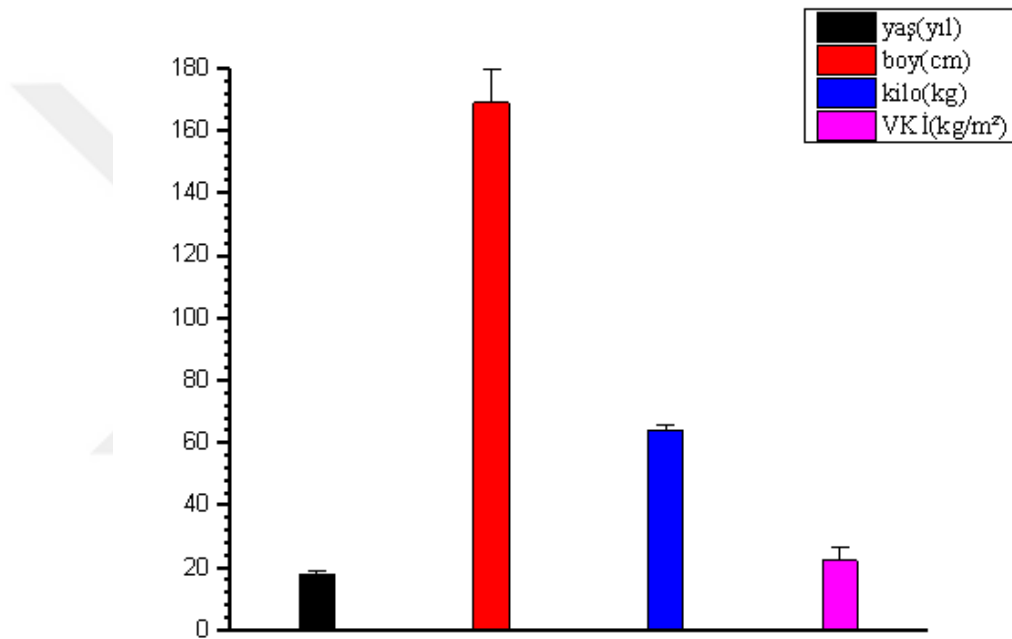
3.4.5. Algısal Yorgunluk Değerlendirmesi

Her bir maddenin 0 ile 7 arasında skorlandığı toplamda 9 maddeden oluşan ve tüm dünyada geçerliliği-güvenilirliği olan, Armutlu ve arkadaşlarının geliştirdiği Yorgunluk Şiddet Ölçeği kullanılarak değerlendirme yapıldı (56). Ek 3'te bu ölçek mevcuttur.

4. BULGULAR

4.1. Antropometrik Ölçümler

Araştırmaya katılan sporcuların demografik özellikleri (yaş, boy, kilo, vücut kitle indeksleri) ile cilt altı yağ tabakası kalınlığı (skinfold), çap (kaliper) ve çevre ölçümleri yapılmıştır (Tablo 1). Elde edilen verilere göre, sporcuların yaş ortalaması 17.8 ± 1.39 yıl ($n=10$), boy ortalaması 169.0 ± 8.1 cm ($n=10$), kilo ortalaması 63.99 ± 7.64 kg ($n=10$), vücut kitle indeksi ortalaması (VKİ) 22.41 kg/m² ($n=10$) olarak belirlendi.



Şekil 1. Elit karate sporcularının demografik verileri

Tablo 1. Elit karate sporcularına ait antropometrik ölçüm bulguları

	Kız (n=3)	Erkek (n=7)
<u>Cilt altı yağ tabakası kalınlığı:</u>		
Triceps	16.33±3.21 mm	10.42±3.10 mm
Subscapula	12.16±2.46 mm	11.07±2.31 mm
Suprailiac	9.16 ±1.44 mm	7.71±3.94 mm
Gastrocnemius	20.66±2.51 mm	12.71±1.97 mm
<u>Çap ölçümü:</u>		
Dirsek	5.83±0.28 cm	6.14±0.37 cm
Diz	9.33±1.04 cm	9.64±0.37 cm
<u>Çevre ölçümü:</u>		
Biceps	25.66±2.08 cm	27.07±2.0 cm
Gastrocnemius	36.16±2.75 cm	35.42±1.81 cm

4.2. Egzersiz ile Alakalı Veriler

Egzersiz esnasında gerçekleşen RER değeri, maksimum iş yükü düzeyinde 1.15 ± 0.08 (n=10) olarak ölçüldü.

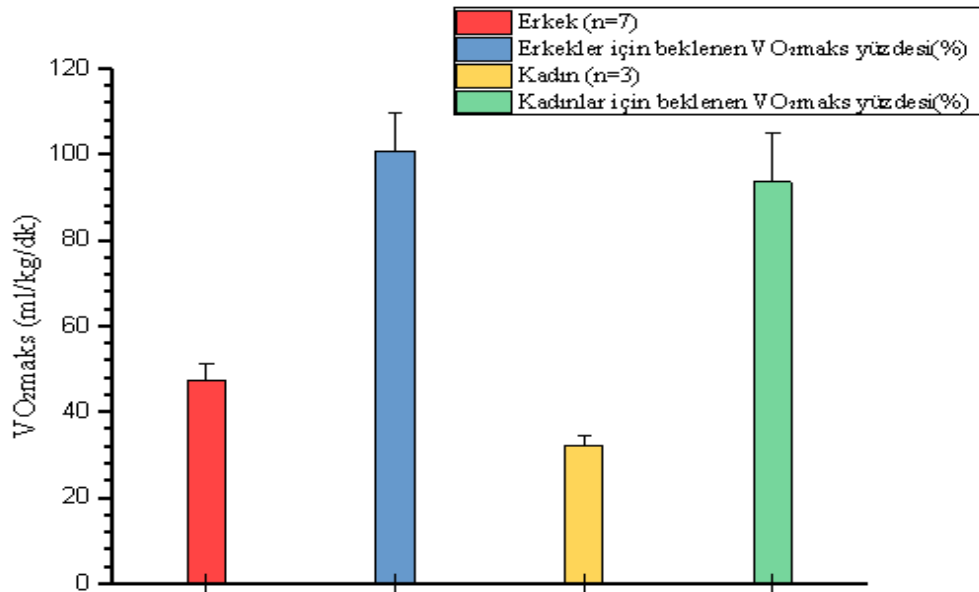
Çalışmada 10 elit karate sporcusunun egzersiz ile alakalı fizyolojik kapasitelerine ait parametreler (VO_2 maks, VE, KH, KHY, O_2 nabızı, iş yükü) AE ve maksimum iş yükü düzeyinde ölçülerek belirlendi (Tablo 2).

Tablo 2. Elit karate sporcularının egzersiz ile ilgili fizyolojik parametreleri

	AE	Maksimum	Beklenenin %'si
Kalp hızı (atım/dk)	150.40±21.08	180.60±12.16	%93.20±7.17
VO ₂ maks (ml/kg/dk)	30.52±11.13	42.94±8.28	%98.70±11.64
VE (L/dk)	58.90 ±23.02	102.5±27.86	%95.20±21.95
O ₂ nabız (ml/atım)	12.66±3.56	15.20±2.90	%115.1±17.75
İş yükü (Watt)	130±52.65	197±27.50	% 92.20±14.11

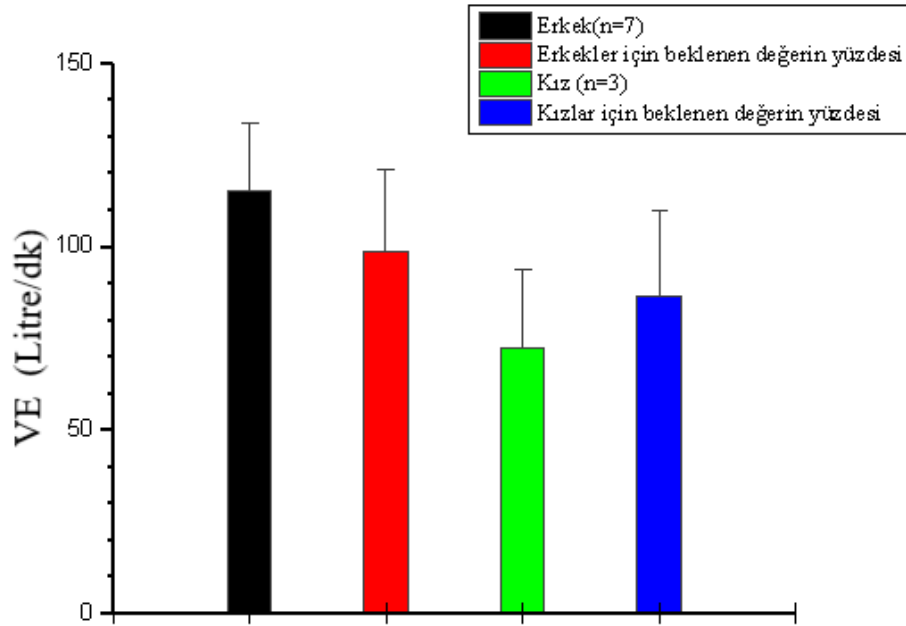
4.2.1. Maksimum Oksijen Tüketimi Bulguları

Sporcuların VO₂ maks değerleri anaerobik eşikte 30.52±11.13 ml/kg/dakika (n=10), maksimum iş yükü seviyesinde 42.94±8.28 ml/kg/dakika (n=10) olarak belirlendi. Ölçülen VO₂ maks değeri, bu sporcuların yaş/cinsiyet/boy/kilo verilerine göre kendilerinden beklenen VO₂ maks değerlerine göre %98.70±11.64 (n=10) olarak belirlendi. VO₂ maks değeri erkek sporcular için maksimum iş yükü düzeyinde 47.52±3.89 ml/kg/dakika (n=7), beklenen maksimum değer %100.8±8.23'ü (n=7); kız sporcularda ise maksimum iş yükü düzeyinde 32.23±4.18 ml/kg/dakika (n=3), beklenen maksimum miktarın %93.67±18.77'ü (n=3) olarak gerçekleşti.

**Şekil 2.** Elit karate sporcularının maksimum oksijen tüketimi değerleri

4.2.2. Dakika Pulmoner Ventilasyon Bulguları

Dakikada pulmoner ventilasyon miktarının (VE) ortalama değeri anaerobik eşikte 58.90 ± 23.02 litre (n=10), maksimum iş yükü düzeyinde 102.5 ± 27.86 litre (n=10), demografik özelliklerine göre kendilerinden beklenen maksimum VE değerinin $\%95.20 \pm 21.95$ 'ü (n=10) olarak belirlendi. VE değeri erkek sporcularda maksimum iş yükü düzeyinde 115.29 ± 18.16 litre (n=7), kendilerinden beklenen maksimum VE değerinin $\%98.86 \pm 17.08$ 'ü (n=7); kız sporcularda ise maksimum iş yükü düzeyinde 72.67 ± 24.44 litre (n=3), kendilerinden beklenen maksimum VE değerinin $\%86.67 \pm 33.72$ 'ü (n=3) olarak ölçüldü.



Şekil 3. Elit karate sporcularının VE bulguları

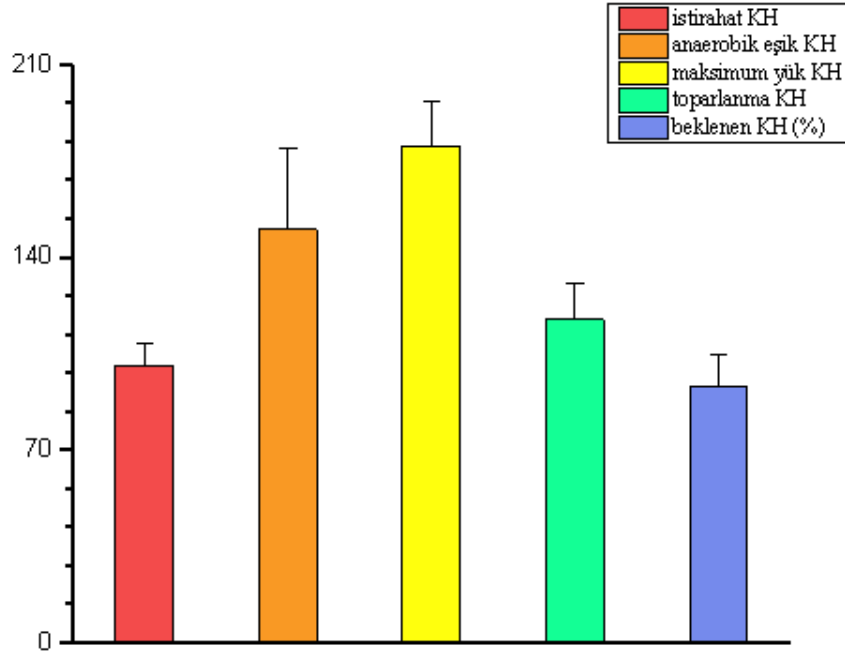
4.2.3. Maksimum Güç Bulguları

Kullanılan egzersiz protokolünde, sporcuların gerçekleştirdiği iş yükünün (Watt) ortalama değeri anaerobik eşikte 130 ± 52.65 Watt (n=10), maksimum seviyede 197 ± 27.50 Watt (n=10) olarak gerçekleşti. Bu iş yükü, kendilerinden beklenen iş yükünün $\%92.20 \pm 14.11$ 'si (n=10) olarak gerçekleşti. Erkek sporcularda maksimum iş yükü

210.71±19.24 Watt (n=7), kendilerinden beklenen maksimum yük düzeyinin %84.57±7.76'si olarak (n=7); kız sporcular için ise maksimum iş yükü 165±10 Watt (n=3), kendilerinden beklenen maksimum değerin %110±6.08'u (n=3) olarak gerçekleşti.

4.2.4. Kalp Hızı Bulguları

Sporcuların ortalama kalp hızı değerleri anaerobik eşikte 150.40±21.08 (n=10), maksimum iş yükü düzeyinde 180.60±12.16 (n=10), kendilerinden beklenen maksimum kalp hızı değerinin %93.20±7.17 'si olarak ölçüldü. Erkek sporcularda ortalama KH anaerobik eşikte 155.57±21.11 (n=7), maksimum iş yükü düzeyinde 186.43±7.32 (n=7), beklenen değerin %95.57±5.99'si olarak ölçüldü. Kız sporcularda ortalama KH değerleri anaerobik eşikte 138.33±18.77 (n=3), maksimum iş yükü düzeyinde 167±10.44 (n=3), beklenen değerin %87.67±7.63'si olarak ölçüldü. Dinlenme dönemindeki ortalama KH 101.10±6.38 (n=10), toparlanma periyodundaki ortalama KH 117.50±10.66 (n=10) olarak belirlendi. Erkek sporcularda dinlenme ortalama KH 101.14±7.35 (n=7), toparlanma periyodu ortalama KH 118±8.69 (n=7) olarak belirlendi. Kız sporcularda dinlenme ortalama KH 101±4.58 (n=3), toparlanma periyodu KH 116.33±16.80 (n=3) olarak belirlendi. KHY anaerobik eşikte 43.70±20.89 atım/dk (n=10), maksimum iş yükü düzeyinde 14.50±13.09 atım/dk (n=10) olarak ölçüldü. Erkek sporcularda KHY anaerobik eşikte 39.57±21.60 atım/dk (n=7), maksimum iş yükü düzeyinde 10.14±10.09 atım/dk (n=7) olarak ölçüldü. Kız sporcularda KHY anaerobik eşikte 53.33±19.14 atım/dk (n=3), maksimum iş yükü düzeyinde 24.67±15.63 atım/dk (n=3) olarak ölçüldü.



Şekil 4. Elit karate sporcularının kalp hızı değerleri

4.2.5. Oksijen Nabızı Bulguları

Aerobik kapasitenin bir göstergesi olan oksijen (O_2) nabızı/pulsu değeri anaerobik eşikte 12.66 ± 3.56 ml/atım ($n=10$), maksimum iş yükü seviyesinde 15.20 ± 2.90 ml/atım ($n=10$), kendilerinden beklenen değerin $\%115.1 \pm 17.75$ 'i ($n=10$) olarak belirlendi. Erkek sporcularda O_2 nabızı anaerobik eşikte 14.31 ± 2.40 ml/atım ($n=7$), maksimum iş yükü seviyesinde 16.75 ± 0.93 ml/atım ($n=7$), beklenen değerin $\%112.57 \pm 10.13$ 'si olarak belirlendi. Kız sporcularda ise anaerobik eşikte 8.80 ± 2.82 ml/atım ($n=3$), maksimum iş yükü seviyesinde 11.56 ± 2.64 ml/atım ($n=3$), beklenen değerin $\%121 \pm 32.18$ 'i olarak belirlendi.

4.3. Uyku Parametresi Değerlendirmesi Bulguları

Sporcuların ortalama olarak yatar durumda oldukları süre 8 sa 8 dk ± 2 sa 26 dk ($n=9$), uyku süresi 6 sa 9 dk ± 2 sa 30 dk ($n=9$), uyku verimliliği $\%74 \pm 12$ olarak ölçüldü. Erkek sporcuların yatar durumda oldukları süre 8 sa 35 dk ± 2 sa 2 dk ($n=6$), uyku süresi 6 sa 30 dk ± 2 sa 40 dk ($n=6$), uyku verimliliği $\%75 \pm 10$ olarak ölçüldü. Kız sporcuların yatar durumda oldukları süre 7sa 13 dk ± 2 sa 2 dk ($n=3$), uyku süresi 5 sa 16 dk ± 2 sa 38 dk ($n=3$), uyku verimliliği $\%71 \pm 17$ olarak ölçüldü.

4.4. Algısal Yorgunluk Değerlendirmesi Bulguları

Sporculara egzersiz testi sonrası uygulanan Yorgunluk Şiddet Ölçeği ile elde edilen verilere göre ortalama skor 33.6 ± 8.8 (n=10) olarak belirlendi. Erkek sporcularda bu skor 30.71 ± 8.77 (n=7), kız sporcularda ise 40.33 ± 4.61 (n=3) olarak belirlendi. Bireylerin ortalama değerinin 36'dan küçük olduğu, yorgunluk şiddeti seviyesinin fiziksel performansı ve günlük yaşamı olumsuz etkileyecek düzeyde olmadığı görüldü.



5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında KPET tekniği kullanılarak; elit bir sporcu grubunun egzersize devam edemeyeceği yük seviyesine kadar şiddeti kademeli olarak artan bir protokol altında vücudun bu egzersiz yüküne kalp, solunum ve metabolizma sisteminin verdiği fizyolojik cevaplar incelenmiştir. Araştırma tanımlayıcı/durum tespiti şeklinde olup, herhangi bir hipotez test edilmemiştir. Ancak, karate sporu için Türkiye’de elit bir gruptan laboratuvar ölçümüne dayalı (tahmine dayalı yöntemlerle Türkiye’den de veriler mevcut olup tartışmanın ilerleyen kısımlarında bahsedilecektir) özgün veriler de ortaya konmuştur. Tezin bu kısmında bu bulguların, benzer sporcu grupları için literatür verileri ile kıyası ve aerobik kapasite bakımından ölçülen parametrelerin bu sporcular için ortaya koyduğu bilgi açıklanmaya çalışılmıştır. Kalp hızı ve VO_2 maks verileri arasındaki ilişki, bu amaçla daha önce bu parametrelerin fizyolojik ilişkisi bakımından yapılmış analizleri dikkate alarak egzersiz kısıtlılığı yönünden kalp ve solunum sistemi arasındaki denge ve ilişki bakımından yeni fizyolojik ilkeler ortaya koyma çabası ve iddia edilen ilişkilerin geçerliliğini bu kohort üzerinde irdeleme, yorum yapılmakta ve ham bulgular başka araştırmacılar için veri teşkil etme niteliğindedir. Bir akademik veri olarak bu tez çalışması ve yayınlanabilmesi halinde bu tezin bulgularının alanda sporcu ve antrenörlere de; sporcu seçimi, antrenman düzeyi ayarlama bakımından dikkate alınma potansiyeli vardır.

Karate, ilk olarak Uzak Doğu’da dövüş sanatı olarak görülen; son zamanlarda ise tüm dünyada popülaritesi artan bir spor dalıdır (57). Hız, çeviklik, patlayıcı güç ve denge karate sporcuları ile karakterize atletik performansı etkileyen bileşenlerdir. Karatede vestibüler, proprioseptif ve vizüel sistemin koordineli ve dengeli şekilde kullanılmasıyla hız, güç ve koordinasyon gibi kompleks motor yeteneklerin adaptasyonları görülmektedir (58).

Egzersiz ile birlikte kardiyovasküler sistemde, pulmoner sistemde ve kas-iskelet sisteminde bazı adaptasyonlar meydana gelir ve tüm vücudu etkileyen değişiklikler oluşur (59).

Vücutta oluşan fizyolojik cevaplar ve adaptasyonlar antrenmanın tipi, yoğunluğu ve süresi ile ilişkilidir. İzometrik ve izotonik tip egzersiz içeren antrenmanların sistemlerde oluşturduğu etkiler farklıdır. Karate; hem üst hem alt ekstremitelerin kullanıldığı, çoğunlukla dinamik, izometrik egzersizlerden oluşur; ancak izotonik tip egzersizlerin de bulunduğu kombine bir spordur (59).

Elit erkek karate sporcularında yapılan bir çalışmada boy 167.4 ± 9.3 cm (n=19), kilo 65.4 ± 12.0 kg (n=19) olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada sporcuların antropometrik karakteristikleri de incelenmiştir. Cilt altı yağ tabakası kalınlığı ölçümü (skinfold); triceps 11.2 ± 5.9 mm, subscapula 13.2 ± 5.9 mm, suprailiac 16.2 ± 8.2 mm, gastroknemius 9.6 ± 5.4 mm (n=19), çevre ölçümü; biceps 26.9 ± 3.5 cm, gastroknemius 35.7 ± 2.7 cm (n=19), çap ölçümü (kaliper); dirsek 6.1 ± 0.5 cm, diz 9.0 ± 0.7 cm (n=19) olarak belirtilmiştir (60). Bu çalışmadaki sporcularda boy 169.10 ± 8.07 cm (n=10), kilo 63.99 ± 7.64 kg (n=10) olarak ölçüldü. Erkek sporcularda cilt altı yağ tabakası kalınlığı; triceps 10.42 ± 3.10 mm, subscapula 11.07 ± 2.31 mm, suprailiac 7.71 ± 3.94 mm, gastroknemius 12.71 ± 1.97 mm (n=7), çevre ölçümü; biceps 27.07 ± 2.0 cm, gastroknemius 35.42 ± 1.81 cm (n=7), çap ölçümü; dirsek 6.14 ± 0.37 cm, diz 9.64 ± 0.37 cm (n=7) olarak ölçüldü. Kız sporcularda cilt altı yağ tabakası kalınlığı; triceps 16.33 ± 3.21 mm, subscapula 12.16 ± 2.46 mm, suprailiac 9.16 ± 1.44 mm, gastroknemius 20.66 ± 2.51 mm (n=3), çevre ölçümü; biceps 25.66 ± 2.08 cm, gastroknemius 36.16 ± 2.75 cm (n=3), çap ölçümü; dirsek 5.83 ± 0.28 cm, diz 9.33 ± 1.04 cm (n=3) olarak ölçüldü. Bu veriler incelenip bu tez kapsamında yer alan gönüllü sporculardan elde edilen verilerle karşılaştırıldığında, bulguların benzer olduğu tespit edildi.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen egzersiz testi esnasında maksimum iş yükü seviyesinde ölçülen maksimum KH değeri 180.60 ± 12.16 atım/dk (n=10), erkek sporcular için 186.43 ± 7.32 atım/dk (n=7), kız sporcular için 167 ± 10.44 atım/dk (n=3) olarak ölçüldü. Maksimum iş yükü seviyesinde; erkek sporcular için, hedeflenen KH değerinin yüzdesi $\%95.57 \pm 5.99$ (n=7), kız sporcularda ise $\%87.67 \pm 7.63$ (n=3) olarak belirlendi. Elit erkek karate sporcularında yapılan bir çalışmada maksimum KH değeri 191 ± 7 atım/dk (n=5) olarak belirtilmiştir (61). Bir diğer çalışmada ise maksimum yük seviyesinde oluşan maksimum KH 179.5 ± 6.86 atım/dk (n=5) olarak belirtilmiştir (62). On dokuz elit erkek karate sporcusu ile bisiklet ergometresi protokolü uygulanarak gerçekleştirilen bir çalışmada maksimum iş yükü seviyesindeki maksimum KH değeri 181.7 ± 7.7 atım/dk (n=19) olarak belirtilmiştir (60). Literatürde elit karate sporcuları üzerinde yapılmış olan benzer çalışmalardaki sonuçlar ile bu tez çalışmasındaki sporculara ait veriler, yaş ve diğer antropometrik özellikler göz önüne alınarak kıyaslandığında maksimum kalp hızı değerinde elde edilen sonuçların benzer olduğu görüldü. Ayrıca bu çalışmada yer alan sporcuların, literatürdeki benzer çalışmalardaki sporculardan daha genç oldukları da göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, bu tez çalışmasına katılan karate sporcularının test esnasında hedeflenen maksimum kalp hızı seviyesine $> \%90$ (erkekler: $\%95.6 \pm 6$, n=7; kız sporcular: $\%88 \pm 8$, n=3)

seviyesinde ulaşmaları test esnasında maksimum efor gösterdiklerini de ortaya koymaktadır. Bir başka ifade ile, test esnasında gerçekleştirdikleri maksimum egzersiz şiddeti seviyesinde (maksimum yük) llen KHY seviyesi düşük kalan bu sporcularda llen VO_2 maks değerleri bu kişiler için gerçek değerlere çok yakındır. Literatür verilerine göre uluslararası müsabakalarda tekvandocular müsabakanın büyük bir kısmını hedeflenen maksimum kalp hızının %75'i civarında gerçekleştirmekte; bununla birlikte >%90 KH değerlerinde de müsabakada zaman geçirmekte (63,64). Bu tez çalışmasına katılan sporcuların maksimum KH değerinin > %90 (erkek sporcular: 95.6 ± 6 , $n=7$; kız sporcular: 88 ± 8 , $n=3$) seviyesinde ulaştırabilmeleri nedeniyle kardiyopulmoner fitness durumlarının uluslararası düzeyde müsabakada yarışmaya uygun olduğunu göstermektedir. Yine bir araştırmaya göre elit tekvando sporcularının antrenman esnasında esneklik ve teknik çalışırken beklenen kalp hızının %65-81 arasında; diğer antrenman aktiviteleri esnasında %75-81 düzeyinde olduğunu bildirmektedir (65). Bu tez çalışması esnasında sadece bir ölçüm alınmasına rağmen, tez çalışmasına konu olan sporcuların doğru şiddet düzeyinde antrenman yapmakta olduğu da öngörülebilir.

Diğer taraftan, testin maksimum iş yükü evresinde sporculara ait beklenen kalp hızının %'sini gerçekleştirme oranı ile dakika solunum kapasitesinin beklenen değere oranı arasında ilişki vardır ve bu durum her ikisi de düşük olan kadın sporcular için daha belirgindir. Bu durum literatür ile uyumludur (66). Kadın sporcu sayısını düşük olması bu konuda yüksek geçerlilikte bir genelleme yapmaya imkan vermemektedir.

VO_{2maks} , 42.94 ± 8.28 ml/kg/dk ($n=10$), sporcuların demografik özelliklerine göre kendilerinden beklenen değerin 98.70 ± 11.64 ' ($n=10$) olarak belirlendi. Anaerobik eşikte VO_2 değeri 30.52 ± 11.13 ml/kg/dk'dır ($n=10$). Erkek sporcularda VO_{2maks} değeri 47.52 ± 3.89 ml/kg/dk ($n=7$), kendilerinden beklenen değerin 100.8 ± 8.23 ' ($n=7$); kız sporcularda ise 32.23 ± 4.18 ml/kg/dk ($n=3$), kendilerinden beklenen değerin 93.67 ± 18.77 'si ($n=3$) olarak ölçüldü. Elit erkek karate sporcularının karateye özgü teknikleri uyguladığı esnada yapılan egzersiz testi ölçümleriyle elde edilen sonuçlara göre VO_{2maks} değeri 48.9 ± 11.4 ml/kg/dk ($n=5$) olarak belirtilmiştir (61). Aerobik egzersiz antrenmanının kardiyorespiratuar cevaplarının ve aerobik kapasiteye olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada bisiklet ergometresi ile uygulanan egzersiz testi sonuçlarına göre VO_{2maks} değeri 41 ml/kg/dk ($n=10$), anaerobik eşik VO_2 değeri 22 ml/kg/dk ($n=10$) olarak belirtilmiştir (67). Elit erkek karate sporcularında gerçekleştirilen çalışmada VO_{2maks}

değeri 44.8 ± 7.1 ml/kg/dk ($n=19$) olarak belirtilmiştir (60). Bu çalışmalarda bildirilen sonuçlar ile mevcut çalışmadaki sporculara ait sonuçların birbirine yakın ve benzer oldukları görülmektedir. Erkek ve kız sporculara ait VO_2 maks değerleri uluslararası alandaki sporculara ait ortalama VO_2 maks değerleri ile uyumludur. Türkiye’den elit genç milli takım seviyesinde 11 erkek ve 11 kadın sporcu üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada VO_2 maks değerinin 51.79 ml/kg/dk olduğu bildirilmiştir (68). Güney Kore milli tekvandocularında yapılan bir araştırmada (shuttle koşu testi ile) ortalama VO_2 maks değerinin 53.92 mL/kg/dk olduğu rapor edilmiştir (69). Daha büyük siklet sporcusu (VO_2 maks kilograma göre normalize edilerek hesaplanmakta) olsalar da Koreli sporcuların bu araştırmada yer alan sporculara göre aerobik kapasitelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Literatürde çeşitli ülkelere ait elit sporculara (çoğunlukla milli sporcular) ait VO_2 maks değerleri rapor edilmiş olup; Çek Cumhuriyeti siyah kuşak sporcuları için 53.8 ml/kg/dk (70), İspanyol siyah kuşak tekvandocularında 57 ml/kg/dk’dır (71). Bu tez çalışmasına benzer bir sporcu grubu olarak Malezya’da rekreasyonel amaçla tekvando yapan bir yerel takım sporcularında (8 erkek, 9 kadın sporcu) VO_2 maks değerinin 42.18 ± 7.86 ml/kg/dk olduğu bildirilmiştir (72).

Beş elit erkek karate sporcusu ile gerçekleştirilen bir çalışmada VE değeri 130.6 ± 16.0 Litre/dk ($n=5$) olarak belirtilmiştir (61). Bir başka araştırmada tekvandoya özgü test esnasında ölçülen VE değeri 80.4 ± 6.8 Litre/dk olarak bildirilmiştir (73). Bu çalışmada maksimum egzersize cevaben oluşan VE değeri 102.5 ± 27.86 Litre/dk ($n=10$), sporcuların demografik özelliklerine göre kendilerinden beklenen değerin $\%95.20 \pm 21.95$ ’i olarak ölçüldü. Erkek sporcularda maksimum egzersiz düzeyindeki VE değeri 115.29 ± 18.16 Litre/dk ($n=7$), kendilerinden beklenen değerin $\%98.86 \pm 17.08$ ’i; kız sporcularda ise VE değeri 72.67 ± 24.44 Litre/dk ($n=3$), kendilerinden beklenen değerin $\%86.67 \pm 33.72$ ’si olarak ölçüldü. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında maksimum egzersiz düzeyindeki VE değeri benzer çalışmadaki sonuçlara göre kısmen düşüktür. Sporcuların yorulduğu evrede (her ne kadar kendilerinden beklenen işin %’sini gerçekleştirme bakımından yüksek bir performans göstermişse de) solunum yedeklerinin düşük olması (kalp hızı yedeklerine göre), daha yüksek performans için akciğer hacim ve kapasitelerini geliştirici yönde antrenman yapmaları gerektiğini düşündürmektedir.

Sporculara uygulanan egzersiz protokolü ile, maksimum egzersiz seviyesinde ulaşılan maksimum iş yükü 197 ± 27.50 Watt ($n=10$), kendilerinden beklenen değerin

%92.20±14.11'i olarak ölçüldü. Erkek sporcularda bu değer 210.71±19.24 Watt (n=7), kendilerinden beklenen değer %84.57±7.76'sı; kız sporcularda ise 165±10 Watt (n=3), kendilerinden beklenen değer %110±6.08'i olarak ölçüldü. Benzer bir çalışmada egzersiz testi ile elde edilen sonuçlara göre maksimum iş yükü 224 Watt (n=10) olarak bildirilmiştir (67). Bir diğer çalışmada, elit erkek karate sporcularında bisiklet ergometresi protokolü ile ulaşılan maksimum iş yükü 223.6±48.2 Watt (n=19) olarak belirtilmiştir (60). Anaerobik kapasite, karate gibi kısa sürede yüksek şiddette güç gerektiren sporlar için önemli bir parametredir. Bu çalışmada anaerobik kapasite değeri 3.08±0.35 W/kg (n=10), erkek sporcular için 3.20±0.29 W/kg (n=7), kız sporcular için 2.81±0.37 W/kg (n=3) olarak belirlendi. On dokuz elit erkek karate sporcusu ile yapılan çalışmada anaerobik kapasite değeri 4.8±0.9 W/kg olarak bildirilmiştir (60). Bu bulgular karşılaştırıldığında maksimum iş yükü değerinin, sporcuların anaerobik güç ve kapasitelerinin benzer çalışmalara kıyasla kısmen düşük olduğu görüldü.

On elit erkek karate sporcusu ile yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, atletlerin yaş ortalaması 26±5 yıl (n=10), vücut ağırlığı ortalaması 69.5±11.6 kg (n=10), boy ortalaması 1.70±0.09 cm (n=10) olarak belirlenmiştir. Sporculara KPET test prosedürü treadmill ergometresi ve spora özgü performansın ölçümü için Dereceli Karate Testi uygulanmıştır. Her iki test ile elde edilen sonuçlar ayrı ayrı bildirilmiştir. KPET test prosedürü ile gerçekleştirilen ölçümler sonucunda on elit erkek karate sporcusuna ait ortalama VO₂ maks değeri 58.3±3.5 ml/kg/dk (n=10), maksimum KH değeri 193±10 atım/dk (n=10), maksimum VE değeri 129.1±22.2 L/dk (n=10) olarak bildirilmiştir. Mevcut çalışmaya ait egzersiz testi parametreleri sonuçlarının, bu çalışmada bildirilen sonuçlara göre kısmen düşük olduğu görülmüştür (74).

Sporcularda uyku süresi ve uyku kalitesi atletik performans ile yakından ilişkilidir. Kaliteli ve etkili bir uyku, uzun süreli antrenmanlarda dikkat ve koordinasyon gibi fizyolojik fonksiyonlarda iyileşme sağlar. Uyku kalitesi ile ilgili yapılan ölçümlere göre sporcuların yatar durumda oldukları süre 8 sa 8 dk ±2 sa 26 dk (n=9), uyku süresi 6 sa 9 dk ±2 sa 30 dk (n=9), uyku verimliliği %74±12 olarak ölçüldü. Erkek sporcuların yatar durumda oldukları süre 8 sa 35 dk ±2 sa 2 dk (n=6), uyku süresi 6 sa 30 dk±2 sa 40 dk (n=6), uyku verimliliği %75±10 olarak ölçüldü. Kız sporcuların yatar durumda oldukları süre 7 sa 13 dk±2 sa 2 dk (n=3), uyku süresi 5 sa 16 dk±2 sa 38 dk (n=3), uyku verimliliği %71±17 olarak ölçüldü. Türkiye'de 183 bireysel ve 104 takım sporcusu üzerinde yapılmış bir çalışmada, sporcuların

uyku kaliteleri Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi kullanılarak incelenmiş ve düzenli yapılan antrenman ile uyku kalitesi arasında pozitif bir ilişki olduğu düşünülmüştür (75).

Yorgunluk sporcularda antrenman ya da müsabaka esnasında performansı etkileyebilecek fizyolojik bir durumdur. Sporculara uygulanan ölçeğin sonuçlarına göre ortalama skor 33.6 ± 8.8 (n=10) olarak belirlendi.

Bu çalışma tanımlayıcı bir çalışma olup, bölgedeki elit karate sporcularının uyku kalitesi ve egzersiz ile ilgili fizyolojik parametrelerini göstermektedir. Hem sporcular hem de antrenörleri için uluslararası standartlar ile karşılaştırma yapma, mevcut kapasiteleri hakkında fikir sahibi olma imkanı oluşturmaktadır.

Bu araştırmanın bazı kısıtlılıkları vardır. Kesitsel bir tanımlayıcı araştırmadır ve sporcular da sadece bir ildeki elit sporcuları kapsamaktadır. Hem uyku hem aerobik kapasiteye ait fizyolojik parametre ölçümleri tek bir ölçüme dayalı verilerdir. Kullanılan egzersiz testi karateye spesifik bir test değil, semptom ile sınırlı ve iş yükü kademeli olarak arttırılan genel bir KPET testidir. Karateye spesifik ve uygun intervalli testler mevcut olup; karateye spesifik testler ile bu grubun fizyolojik parametrelerinin ölçülmesi daha yüksek değerler verebilir (76).

Bu tez çalışmasında denek sayısının düşük olması ve sporcuların heyecanları ile ilgili olarak test öncesi istirahat kalp hızının yüksek olması da kısıtlılıklardır. Çalışmanın yürütüldüğü bölgede ve dönemde karate sporuyla uğraşan, ulusal ve uluslararası müsabakalara katılan sporcularda ölçümler yapıldı. Egzersiz testi, ideal ısı ve neme sahip laboratuvar ortamında gerçekleştirildi. Spora özgü tekniklerin uygulandığı esnada yapılan test en ideal egzersiz testi formudur. Bu koşullar sonucunda, mevcut kısıtlılıklara rağmen sporculara ait egzersiz ile ilgili fizyolojik parametre değerlerinin uluslararası ortalamalara yakın olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçları, katılan sporcuların iyi bir aerobik kapasiteye ve iyi bir antrenman düzeyine sahip olduklarını göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Ziaee V, Shobbar M, Lotfian S, Ahmadinejad M (2015). Sport injuries of karate during training: an epidemiologic study in Iran. *Asian J Sports Med* 6: e26832.
2. Chaabene H, Hachona Y, Franchini E, Mkaouer B, Chamari K (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Med* 42: 829-843.
3. Watson A (2017). Sleep and athletic performance. *Curr Sports Med Rep* 16: 413-418.
4. Halson SL (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Med* 44: 13-23.
5. Laughlin MH (1999). Cardiovascular response to exercise. *Am J Physiol* 277: 244-259.
6. Abouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright DJ (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J* 83: 675-682.
7. Ceylan E (2014). Kardiyopulmoner egzersiz testleri. *J Clin Exp Invest* 5: 504-509.
8. Caspersen CJ, Powell KE, Christensen GM (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 100: 126-131.
9. Thompson D, Karpe F, Lafontan M, Frayn K (2012). Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiol Rev* 92: 157-191.
10. Brito LC, Ely MR, Sieck DC, Mangum JE, Larson A, Christopher TM, Farjaz CLM, Halliwill JR (2019). Effect of time of day on sustained post exercise vasodilation following small muscle-mass exercise in humans. *Front Physiol* 10: 762.
11. Shalamzari SA, Rajabi S, Rajabi H, Gahreman DE, Paton C, Bayati M, Rosemann T, Nikolaidis TP, Knechtle B (2019). Effects of blood flow restriction and exercise intensity on aerobic, anaerobic and muscle strength adaptations in physically active college women. *Front Physiol* 10: 810.
12. Physiologic responses and long-term adaptations to exercise. *Physical Activity and Health*, 61-64. <https://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/chap3.pdf> [Erişim Tarihi: 18 Mart 2020].

13. Lavie CJ, Arena R, Swift DL, Johannsen NM, Sui X, Lee D, Earnest CP, Church TS, O'keefe JH, Milani RV, Blair SN (2015). Exercise and the cardiovascular system: clinical science and cardiovascular outcomes. *Circ Res* 117: 207-219.
14. Karvonen J, Vuorimaa T (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports Med* 5: 303-311.
15. Carter JB, Bonister EW, Blaber AP (2003). Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med* 33: 33-46.
16. Borresen J, Lambert MI (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Med* 38: 633-646.
17. Gümüşdağ H, Egesoy H, Cerit E (2015). Sporda toparlanma stratejileri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 8: 53-69.
18. Barnet A (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Med* 36: 781-796.
19. Javarka M, Zila I, Balharek T, Javarka K (2002). Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res* 35: 991-1000.
20. Barroso MTC, Hoppe MW, Boehme P, Krahn T, Kiefer C, Kramer F, Mondritzki T, Pirez P, Dinh W (2019). Test-retest reliability of non- invasive cardiac output measurement during exercise in healthy volunteers in daily clinical routine. *Arq Bras Cardiol* 113: 231-239.
21. Verboven M, Cuypers A, Deluyker D, Lambrichts I, Eijnde BO, Hansen D, Bito V (2019). High intensity training improves cardiac function in healthy rats. *Sci Rep* 9: 5612.
22. Wilmore JH, Stanforth PR, Gagnon J, Rice T, Mandel S, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C (2001). Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: The heritage family study. *Med Sci Sports Exerc* 33: 99-106.
23. Wielemborek-Musial K, Szmigielska K, Leszczynska J, Jeggier A (2016). Blood pressure response to submaximal exercise test in adults. *Biomed Res Int* 2016: 5607507.
24. Caselli S, Serdoz A, Mango F, Lemme E, Voguersequi A, Milan A, AttenhofenJost C, Schmied C, Spataro A, Pelliccia A (2019). High blood pressure response to exercise predicts future development of hypertension in young athletes. *Eur Heart J* 40: 62-68.

25. Sieira MC, Ricart AO, Estrany RS (2010). Blood pressure response to exercise testing. *Apunts Medicina De L'e sport* 45: 191-200.
26. Uzun M (2016). Kardiyovasküler sistem ve egzersiz. *J Cardiovasc Nurs* 7: 48-53.
27. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2010). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance*, 7th Edn. Lippincott Williams and Wilkins; Sayfa: 451-470.
28. Amann M (2012). Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Exp Physiol* 97: 311-318.
29. Romer LM, Polkey MI (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J Appl Physiol* 104: 879-888.
30. Tiller NB, Campbell IG, Romer LM (2019). Mechanical ventilatory responses to peak and ventilation-matched upper-versus lower body exercise in normal subjects. *Exp Physiol* 104: 920-931.
31. Thompson LV (2002). Skeletal muscle adaptations with age, inactivity and therapeutic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 32: 44-57.
32. Talbot J, Maves L (2016). Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets for susceptibility and resistance to muscle disease. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol* 5: 518-534.
33. Liberman K, Forti LN, Beyer I, Bautmans I (2017). The effects of exercise on muscle strength, body composition, physical functioning and the inflammatory profile of older adults. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 20: 30-53.
34. Konapka AR, Harber MP (2014). Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exerc Sport Sci Rev* 42: 53-61.
35. Claipen RV (2009). Exercise training, energy metabolism and heart failure. *Appl Physiol Nutr Metab* 34: 336-339.
36. Gastin PB (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med* 31: 725-741.
37. Enoka RM, Duchateau J (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol* 586: 11-23.

38. Potvin JR, Fuglevand AJ (2017). A motor unit-based model of muscle fatigue. *PLOS Comput Biol* 13: e1005581.
39. Westerblad H, Lee JA, Lannergren J, Allen DG (1991). Cellular mechanism of fatigue in skeletal muscle. *Am J Physiol* 261: 195-209.
40. Westerblad H, Allen DG, Lannergren J (2002). Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News Physiol Sci* 17: 17-21.
41. Monte AD, Faina M, Mirri G (2002). Fatigue and sport. *Funct Neurol* 17: 7-10.
42. Gosselink R, Troosters T, Decramer M (2004). Exercise testing: why, which and how to interpret. *Breathe* 1: 120-129.
43. Nooran V, Dean E (2000). Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther* 80: 782-807.
44. Puta T, Avram C, Rusu AM (2017). Smart training equals performance. *Timisoara Phys Edu Rehab J* 11: 53-58.
45. Abouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright DJ (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J* 83: 675-682.
46. Rankovic G, Mutavdzic V, Torkic D, Preljevic A, Kocic M, Nedin-Rankovic G, Damjanovic N (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosn J Basic Med Sci* 10: 44-48.
47. Chycki J, Kurylas A, Maszczyk A, Galos A, Zajac A (2018). Alkaline water improves exercise-induced metabolic acidosis and enhances anaerobic exercise performance in combat sport athletes. *PLOS One* 13: e0205708.
48. Watson A (2017). Sleep and athletic performance. *Curr Sports Med Rep* 16: 413-418.
49. Saper CB, Chou TC, Scammell TE (2001). The sleep switch: hypothalamic control of sleep and wakefulness. *Trends Neurosci* 24: 726-731.
50. Chennaoui M, Arnal PJ, Sauvet F, Leger D (2015). Sleep and exercise: a reciprocal issue? *Sleep Med Rev* 20: 59-72.
51. Malhotra RK (2017). Sleep, recovery and performance in sports. *Neurol Clin* 35: 547-557.

52. Chandrasekaran B, Fernandes S, Davis F (2020). Science of sleep and sports performance- a scoping review. *Sci Sports* 35: 3-11.
53. <https://www.karate.gov.tr/?s=tarihce> Kaynak: Hasan Okuş, Olimpik Karate, Ankara Karatepe Yayınları 1997. [Erişim Tarihi: 22 Temmuz 2019].
54. Roane BM, Reen EV, Hart CN, Wing R, Carskadan MA (2015). Estimating sleep from multisensory Armband measurement: validity and reliability in teens. *J Sleep Res* 24: 714-721.
55. Sunseri M, Liden CB, Farrington J, Pelletier R, Safier S, Stivoric J, Teller A, Vishnubhatla S. The Sensewear Armband as a sleep detection device. <https://pdfs.semanticscholar.org/e36b/f00cac00e094eb605bbf2bcc5a384e96874c.pdf> [Erişim Tarihi: 22 Temmuz 2019].
56. Armutlu K, Korkmaz NC, Keser İ, Sümbüloğlu V, Akbıyık Dİ, Güney Z, Karabudak R (2007). The validity and reliability of the fatigue severity scale in Turkish multiple sclerosis patients. *Int J Rehab Res* 30: 81-85.
57. Nesic M, Nesic B, Kovacevic J (2012). Self-defence techniques as an instrument of competitor's development in karate sport. *Sport Sci* 5: 87-91.
58. Filingeri D, Bianco A, Zangla D, Paoli A, Palma A (2012). Is karate effective in improving postural control? *Archives of Budo* 8: 203-206.
59. Charlton GA, Crawford MH (1997). Physiologic consequences of training. *Cardiol Clin* 15: 345-354.
60. Sanchez-Puccini MB, Argothy-Bucheli RE, Meneses- Echavez JF, Lopez-Alban CA, Ramirez-Velez R (2014). Anthropometric and physical fitness characterization of male elite karate athletes. *Int J Morphol* 32: 1026-1031.
61. Nunan D (2006). Development of a sports specific aerobic capacity test for karate – a pilot study. *J Sports Sci Med* 5: 47-53.
62. Alm P, Yu JG (2013). Physiological characters in mixed martial arts. *Am J Sports Sci* 1: 12-17.
63. Bridge CA, McNaughton LR, Close GL, Drust B (2013). Taekwondo exercise protocols do not recreate the physiological responses of championship combat. *Int J Sports Med* 34: 573–581.

64. Bridge CA, Jones MA, Drust B (2009). Physiological responses and perceived exertion during international Taekwondo competition. *Int J Sports Physiol Perform* 4: 485–493.
65. Bridge CA, Jones MA, Hitchen P, Sanchez X (2007). Heart rate responses to Taekwondo training in experienced practitioners. *J Strength Cond Res* 21: 718-723.
66. Guimarães GC, Farinatti PTV, Midgley AW, Vasconcellos F, Vigário P, Cunha FA (2019). Relationship between percentages of heart rate reserve and oxygen uptake reserve during cycling and running: a validation study. *J Strength Cond Res* 33: 1954-1962.
67. Catal AM, Chacon-Mikahil MPT, Martinelli FS, Forti VAM, Silva E, Golfetti R, Martins LEB, Szrajter JS, Wanderley JS, Lima-Filho EC, Milan LA, Marin-Neto JA, Maciel BC, Gallo-Junior L (2002). Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle aged healthy men. *Braz J Med Biol Res* 35: 741-752.
68. Çetin C, Karatosun H, Baydar ML, Coşarcan K (2005). A regression equation to predict true maximal oxygen consumption of taekwondo athletes using a field test. *Saudi Med J* 26: 848-850.
69. Butios S, Tasika N (2007). Changes in heart rate and blood lactate concentration as intensity parameters during simulated Taekwondo competition. *J Sports Med Phys Fitness* 47: 179-185.
70. Heller J, Peric T, Dlouha R, Kohlikova E, Melichna J, Novakova H (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) blackbelts. *J Sports Sci* 16: 243–249.
71. Drobic F, Nunez M, Riera J, Galilea PA, Pons V, Banquells M (1995). Perfil de condicion fisica del equiponacional de Taekwon-Do. In 8th FIMS. European Sports Medical Congress, Granada, Spain. The International Federation of Sports Medicine, 1995.
72. Noorul HR, Pieter W, Erie ZZ (2008). Physical fitness of recreational adolescent Taekwondo athletes. *Braz J Biomotricity* 2: 230-240.

73. Rocha FP, Louro H, Matias R, Brito J, Costa AM (2016). Determination of aerobic power through a specific test for taekwondo- a predictive equation model. *J Hum Kinet* 53: 117-126.
74. Hausen M, Freire R, Machado AB, Pereira GR, Millet GP, Itaborahy A (2021). Maximal and submaximal cardiorespiratory responses to a novel graded karate test. *J Sport Sci Med* 20: 310-316.
75. Eliöz M, Çebi M, İslamoğlu İ (2018). Takım ve bireysel sporcuların uyku kalitelerinin incelenmesi. *Turkish Studies* 13: 581-591.
76. Chaabene H, Hachana Y, Franchini E, Tabben M, Mkaouer B, Negra Y, Hammami M, Chamari K (2015). Criterion related validity of karate specific aerobic test (KSAT). *Asian J Sports Med* 6: e23807.



EKLER

Ek 1. Etik Kurul Onayı



Ek 1. (Devam)



Ek 2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Bilgi ve Onam Formu

BILGI & ONAM FORMU

Adı, Soyadı: _____ Cep Telefonu: _____

Adresi: _____ Evtelefonu: _____

(Acil durumlarda) irtibat bilgisi: _____ Telefon: _____

Genel Bilgiler:

Bu kardiyopulmoner egzersiz testi bisiklet veya treadmill ile egzersiz esnasında solunum havasından gaz analizi (oksijen ve karbondioksit) ve EKG aracılığı ile kalp hızı hesaplamalarını kapsamaktadır. Bu yolla egzersiz ve efora elverişliliğim, alakalı parametrelerle sportif fiziksel performansım ve eforla zorlama şartlarında sağlık durumum hakkında bilgi elde edileceği bu testin sağlık riski taşımadığı, test esnasında istediğim her an testi kendi isteğimle sonlandırabileceğim ve /veya testi gerçekleştiren Fizyoloji Uzmanı tarafından gerekli görülmesi halinde testi sonlandırma isteğine uymam gerektiği bana anlatıldı ve kendi isteğimle bu teste katılmayı kabul ediyorum.

Egzersiz stres testine girmeden önce lütfen bu formu doldurarak imzalayınız			
GENEL SAĞLIĞINIZLA İLGİLİ	Evet(E)/ Hayır(H)	SİZİNLE İLGİLİ	E/H
1-Herhangi bir sağlık personeli tarafından fiziksel egzersiz yapmamanız konusunda tavsiye edildi mi?		Sigara içiyor musunuz?	
2-Fiziksel egzersiz yaptıktan sonra göğüs ağrısı hisseder misiniz?		Yüksek kan basıncı değerleriniz var mı?	
3-Egzersiz esnasında göğüs ağrısı hissettiğiniz oldu mu?		Yüksek kolesterol değerleriniz var mı?	
4-Bayılma, baş dönmesi, sersemlik veya bilinç kaybı yaşıyor musunuz?		Diyabet hastası mısınız?	
5-Siz veya ailenizde kalp-damar hastalığı öyküsü var mı?		Astım hastalığınız var mı?	
6-Yakın geçmişte ciddi bir hastalık veya ameliyat geçirdiniz mi?		Düzenli egzersiz yapar mısınız?	
7-Şu anda herhangi bir ilaçlı tedavi alıyor musunuz?		Kendi temponuzu belirlerseniz, durmadan ne kadar mesafe koşabilirsiniz?	
8-Hamile misiniz? Veya çok yakında doğum yaptınız mı? BAYANLARA			

Ek 2. (Devam)

Sağlık ve performansıyla alakalı bu bilgiler gizli tutulacaktır; şahsi iznim olmadan hiç kimseye verilemez. Adım, resmim veya tanınmamı sağlayan bilgi içermeksizin verilerim bilimsel amaçlı istatistiki bilgi için kullanılabilir.

Teste Katılan Kişinin Adı Soyadı (Kendi El Yazısıyla):

İmzası ve Tarih:

Yukarıdaki bilgilerin egzersiz stres testine katılacak kişiye verildiğini ve bu görüşme neticesinde bilgi beyanına göre bu testi gerçekleştirmeye bir engel olmadığı kanaatinin mevcut bilimsel kanıtlar ışığında alındığını beyan ve onay ederim.

Testi Gerçekleştiren Yetkilinin Adı Soyadı, Unvanı:

İmza & Tarih

(Acil durumlarda) İrtibat Bilgisi: 0462 377 7707 (İş) 0 533 761 99 70 (GSM)

Ek 3. Yorgunluk Şiddet Ölçeği

YORGUNLUK ŞİDDET ÖLÇEĞİ

Adı-Soyadı:

Tarih:

Bugün de dahil olmak üzere son bir hafta içinde ne derece yorgun olduğunuzu öğrenmek istiyoruz. Lütfen tüm ifadeleri dikkatle okuyunuz. Size en uygun değeri işaretleyiniz.

Puanlamaya ait ifadeler:

1: kesinlikle katılmıyorum, 2: katılmıyorum, 3: katılmama eğilimindeyim, 4: kararsızım, 5: katılma eğilimindeyim, 6: katılıyorum, 7: kesinlikle katılıyorum

- | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.Yorgun olduğum zaman motivasyonum azalır. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2.Egzersiz yapmak beni yoruyor. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3.Kolay yorulurum. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4.Yorgunluk fiziksel fonksiyonumu etkiler. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5.Yorgunluk benim için sıklıkla problemlere neden olur. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6.Yorgunluğum fiziksel fonksiyonumu sürdürmemeye engel olur. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7.Yorgunluk belirli görev ve sorumluluklarımı yerine getirmemi etkiler. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8.Yorgunluk beni yetersiz bırakan en önemli üç şikayetten biridir. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9.Yorgunluk işimi, aile ve sosyal yaşamımı etkiler. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Ek 4. Bilgilendirilmiş Onam Formu

Bilgilendirilmiş Onam Formu

Sayın katılımcı,

Bu araştırma karate sporu ilgilenen elit sporcuların uyku kalitesi ve fizyolojik egzersiz parametrelerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılacaktır.

Araştırma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi İlknur Hayırlı' nın yüksek lisans tezi olarak planlanmıştır.

Uyku, elit sporcular için önemli olan özellikle submaksimal ve uzun süreli egzersizde atletik performansı etkileyen fizyolojik ve kognitif etkilere sahiptir. Bu çalışmada; Trabzon ilindeki aktif elit karate sporcularının uyku kalitesi ve fizyolojik egzersiz parametrelerinin (kalp hızı, kalp hızı yedeği, kalp debisi, kan basıncı, maksimum oksijen kullanma kapasitesi) ölçülerek belirlenmesi amaçlanmıştır. Uyku parametreleri aktivite ölçüm holteri (Sensewear Armband) kullanılarak elde edilecektir. Sporcuların yatar durumda oldukları süre, uyku süresi ve uyku verimliliği parametreleri ölçülecektir. Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim dalında bulunan test düzeneği ile Kademeli olarak şiddeti artan (15W/dk) bisiklet ergometresi test protokolüyle kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) gerçekleştirilecektir. Bu test gerçekleştirilirken veriler elde edilecektir. Bu işlem sizin sonlandırma talebinizle sona erdirilecektir. Bu çalışma ile hem sporcular hem de antrenörleri için uluslararası standartlar ile karşılaştırma yapma, mevcut kapasiteleri hakkında fikir sahibi olma imkanı oluşturulacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmaya katılma ile ilgili kararınızı verirken öğrenmek istediğiniz bütün bilgileri sormaya, anlaşılır cevaplar almaya hakkınız vardır. Bu araştırmaya katılıp katılmamada tamamen özgürsünüz. Araştırma süresince sizden elde edilecek bilgiler (adınız, resminiz, tanınmanızı sağlayacak bilgiler) gizli tutulacaktır.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Soyadı, Adı : HAYIRLI, İlknur

Uyruğu

Doğum Tarihi ve Yeri

Telefon

E-Posta

Yazışma Adresi

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı	
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon	2015
Lise	Alp Oğuz Anadolu Lisesi	2011

YABANCI DİL

İngilizce