



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ELİT GÖRME ENGELLİ FUTSALCILARIN
FİZYOLOJİK KAPASİTELERİNİN
KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİYLE
İNCELENMESİ**

Fatih KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ahmet AYAR

TRABZON-2021



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ELİT GÖRME ENGELLİ FUTSALCILARIN
FİZYOLOJİK KAPASİTELERİNİN
KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİYLE
İNCELENMESİ**

Fatih KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ahmet AYAR

TRABZON-2021

ONAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Fatih Kara'nın hazırladığı "Elit Görme Engelli Futsalcıların Fizyolojik Kapasitelerinin Kardiyopulmoner Egzersiz Testiyle İncelenmesi" başlıklı çalışma Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 11/02/2021

— —
— —
— —

Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne / /2021 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 aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

01/01/2021
Fatih KARA

İthaf

Bu yüksek lisans tezimi, benim bu günlere gelmemde emekleri olan anneme babama aileme vatansever ve sağduyu sahibi olan tüm hocalarıma ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Tezimin meydana gelmesinde büyük emekleri olan, hayata, bilime, üretime, katma değere, yerel değerlerin korunarak bilimle dünyaya mal edilebileceği bakış açısından haberdar eden değerli danışmanım, bölüm başkanım Prof. Dr. Ahmet AYAR hocama, yüksek lisans sürecim boyunca her türlü desteği veren Doç. Dr. Mukadder Okuyan hocama Fizyoloji anabilim dalında bu yolda beraber bulunduğum arkadaşlarıma, Sağlık Bilimleri Enstitüsü çalışan ve yöneticilerine,

Yüksek lisans sürecimde çalışmakta olduğum Araklı Devlet Hastanesi'nde her türlü anlayışı gösterip kolaylığı sağlayan idarecilerime ve çalışma arkadaşlarıma, B2-B3 futsal görme engelliler milli takım antrenörü Ali Genç'e, çalışmaya gönüllü olarak katılan tüm katılımcılara, bana bu fırsatı sunan devlete ve milletime, beni bugünlere getiren anne ve babama teşekkür borç bilirim.

Fatih KARA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK SAYFASI

ONAY

BEYAN

İthaf

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER

vi

TABLolar DİZİNİ

ix

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

x

ÖZET

xii

ABSTRACT

xv

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1

2. GENEL BİLGİLER

4

2.1. Futsal

4

2.2. Kardiyopulmoner Sistem

6

2.2.1. Kalp

6

2.2.2. Akciğer

7

2.3. Egzersiz Testleri

8

2.3.1. Aerobik Kapasite ve Ölçülmesi

8

2.3.1.1. Aerobik Kapasite

8

2.3.1.2. Aerobik Gücün Ölçülmesi

9

2.3.2. Anaerobik Kapasite ve Ölçülmesi

10

2.3.2.1. Anaerobik Kapasite

10

2.3.2.2. Anaerobik Gücün Ölçülmesi

10

2.4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

11

2.4.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testini Anlamak İçin Bilinmesi Gereken

Kavramlar

14

2.4.1.1. MET [Metabolik Eşdeğer (İng: Metabolic Equivalent)]

14

2.4.1.2. Fick Yasası

15

2.4.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testinde Kullanılan Parametreler

15

2.4.2.1. Oksijen Tüketimi (VO₂) ve Maksimum Oksijen Tüketimi (VO₂maks)

15

2.4.2.2. Solunum Değişim Oranı [İng: Respiratory Exchange Ratio (RER)]	17
2.4.2.3. Zirve Oksijen Tüketimi [İng: Peak VO ₂ (Pk VO ₂)]	18
2.4.2.4. Oksijen Nabızı (O ₂ Pulse)	19
2.4.2.5. Anaerobik Eşik	19
2.5. Egzersiz Sırasında Kullanılan Enerji Sistemleri	21
2.5.1. Hazır enerji: ATP-PCr Sistemi (Fosfojen Sistem, Anaerobik Alaktik Sistem)	21
2.5.2. Glikoliz	22
2.5.2.1. Anaerobik Glikoliz	22
2.5.2.2. Aerobik Glikoliz	22
2.5.3. Oksidatif Fosforilasyon	22
2.6. Egzersiz	23
2.6.1. Egzersiz Esnasında Kardiyovasküler Sistemdeki Akut Değişiklikler	24
2.6.1.1. Kalp Hızı	25
2.6.1.2. Atım Volümü	26
2.6.1.3. Kalp Debisi	27
2.6.1.4. Kan Basıncı	27
2.6.1.5. Oksijen Tüketimi	28
2.6.2. Kardiyovasküler Sistemin Egzersiz Sürecine Uyumu	28
2.6.3. Egzersiz Sonucu Santral ve Periferik Dolaşımda Meydana Gelen Değişimler	28
2.6.3.1. Ilımlı Orta Dereceli Egzersiz ve Etkileri	28
2.6.3.2. Şiddetli Egzersiz ve Etkileri	33
2.6.4. Egzersizde Kas Kan Akımı Değişiklikleri	33
2.6.5. Ventilasyon Perfüzyon İlişkisi	35
2.7. Egzersiz Performansının Sınırları	36
2.8. Egzersiz İntoleransı	37
2.9. Egzersiz Sonrası Toparlanma	37
2.10. Futsal ve Aerobik Gerekliklikleri	38
3. GEREÇ ve YÖNTEM	40
3.1. Etik Kurul Onayı	40
3.2. Çalışmaya Katılan Kişilerin Seçimi	40
3.3. Egzersiz Testi Bilgi ve Onam Formu	40

3.4. Bilgilendirilmiş Onam Formu	40
3.5. Çalışma Tasarımı	40
3.6. Ölçümler	41
3.6.1. Vücut Kitle İndeksi (VKİ)	41
3.6.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi	41
3.7. İstatistiksel Analiz	42
4. BULGULAR	44
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	54
6. KAYNAKLAR	65
EKLER	80
Ek 1. Etik Kurul Onayı	81
Ek 2. Egzersiz Test Bilgi ve Onam Formu	83
Ek 3. Bilgilendirilmiş Onam Formu	85
ÖZGEÇMİŞ	87

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No		Sayfa
Tablo 1.	Gruplar arası sosyodemografik karşılaştırma	44
Tablo 2.	Verilerin gruplar arası karşılaştırması	45
Tablo 3.	Görme engelli futsalcıların tamamına ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler	52
Tablo 4.	Elit görme engelli futsalcılara ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler	53
Tablo 5.	Profesyonel görme engelli futsalcılara ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler	53
Tablo 6.	Mevcut bazı çalışmalardaki sporcu ve bireylerin VO_{2max} değerlerinin karşılaştırılması	58
Tablo 7.	Mevcut bazı çalışmalardaki futsalcıların KH ve bağlı değerlerinin karşılaştırılması	60
Tablo 8.	Mevcut bazı çalışmalarda futsalcıların oksijen nabızı değerlerinin karşılaştırılması	62

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

AE	Anaerobik eşik
ATP	Adenozin trifosfat
Ca	Kalsiyum
CaO₂	Arteriyel kandaki oksijen miktarı
cm	Santimetre
CO₂	Karbondioksit
CVO₂	Venöz miks kandaki oksijen miktarı
Dk	Dakika
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
g	Gram
İY AE	Anaerobik eşikte ulaşılan iş yükü
İY AE beklenen yüzde	Anaerobik eşikte ulaşılan iş yükünün beklenen değere yüzdesi
İYmaks	Ulaşılan maksimum iş yükü
İYmaks beklenen yüzde	Ulaşılan maksimum iş yükü değerinin beklenenin yüzde kaçında gerçekleştiği değeri
Kg	Kilogram
KH	Kalp hızı
KH AT	Anaerobik eşikteki kalp hızı
KH başlangıç	Kişinin egzersiz başlangıç kalp hızı
KH İYmaks	Maksimum iş yükündeki kalp hızı
KH İYmaks beklenen	Maksimum iş yükünde gerçekleşen kalp hızının beklenenin yüzde kaçında gerçekleştiği
KO	Kardiyak debi
KPET	Kardiyopulmoner egzersiz testi
Maks	Maksimum
Min	Minimum
O₂	Oksijen
O₂/KH	Oksijen nabızı
O₂/KH AT	Anaerobik eşikteki kalp hızı

O₂ /KH İYmaks	Maksimum iş yükündeki oksijen nabızı
PCO₂	Parsiyel karbondioksit basıncı
PO₂	Parsiyel oksijen basıncı
PCr	Fosfokreatin
RE	Koşu ekonomisi
RER	Solunum değişim katsayısı
RQ	Solunum katsayısı
SV	Stroke volüm
TPD	Total periferik direnç
Q	Perfüzyon
V	Ventilasyon
VA	Alveolar ventilasyon
VCO₂	Karbondioksit üretimi
VE	Dakika ventilasyonu
VKİ	Vücut kitle indeksi
VO₂ AE	Anaerobik eşikteki oksijenin tüketim değeri
VO₂ başlangıç	Kişinin egzersiz başlangıcındaki dinleniminde oksijen tüketim
VO₂ İYmaks	Maksimum iş yükündeki oksijen tüketim değeri
VO₂ İYmaks tahmin edilen yüzde	Maksimum iş yükündeki oksijen tüketiminin olması beklenen oksijen tüketiminin yüzde kaçında gerçekleştiği değeri
VO₂maks	Maksimal oksijen tüketim kapasitesi
VO₂ tahmin edilen	Tahmin edilen oksijen tüketim değeri
V/Q	Ventilasyon perfüzyon oranı
VT	Ventilatör eşiği

Simgeler**%**

Yüzde

Formüller**CO₂**

Karbondioksit

O₂

Oksijen



ÖZET

Elit Görme Engelli Futsalcıların Fizyolojik Kapasitelerinin Kardiyopulmoner Egzersiz Testiyle İncelenmesi

Futsal, futbolun her takımın beşer kişi olduğu, kapalı alanda sert zeminde oynandığı ve popülerliği dünya çapında giderek artan bir oyundur. Bu sporda şiddet derecesi aralıklı değişen düzeyde aktivite gösterilmesi, alakalı sporcuların hem aerobik hem de anaerobik enerji yolağı kullanımını gerektirmektedir.

Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET), kontrollü metabolik şartlar altında yapılan egzersize solunum sistemi, kardiyovasküler sistem ve kas - iskelet sistemlerinde oluşan yanıtın bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan, ölçüme dayalı bir laboratuvar tekniğidir.

Futsal alanında Türkiye’de federasyon denetiminde lig maçları yapılmakla birlikte, uluslararası yarışmalarda yer alan milli takım da mevcuttur. Ancak, sporcu bulmak ve seçme zorluğu dışında aday sporcuların fizyolojik kapasitelerine ait veri bulunmamaktadır. Bu çalışmada elit futsal sporcuların egzersizle alakalı fizyolojik kapasitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada Türkiye Görme Engelliler Federasyonu’na kayıtlı B2-B3 Futsal Birinci Ligi’nde elit düzeyde oynayan dokuz ve profesyonel düzeyde oynayan dokuz olmak üzere toplam 18 görme engelli futsalcının sportif kapasitelerine ait fizyolojik parametreleri incelendi. Sporcular bisiklet ergometresinde şiddeti giderek artan (5 Watt/20 sn) test protokolünde (60 rpm sabit pedal hızı) maksimal egzersiz protokollü kardiyopulmoner egzersiz testi gerçekleştirdi ve bu esnada maksimum oksijen kullanım, anaerobik eşik, kalp hızı ve maksimum iş yükü değerleri egzersiz test sistemi (12 derivasyonlu EKG, gaz analizatörü modülü ve ergospirometre donanımlı) ile belirlendi.

Araştırmaya katılan bütün sporcular değerlendirildiğinde; maksimum oksijen tüketimi 40 ± 6 mL/kg/dk (beklenenin 91 ± 16 ’sı, (n=18), anaerobik eşikte oksijen tüketimi ise 26 ± 8 mL/kg/dk olarak ölçüldü. Sporcuların gerçekleştirdiği maksimal iş yükü 190 ± 30 watt (n=18); bu değer kendilerinden beklenenin 82 ± 17 ’sı olduğu belirlendi.

Bu çalışmada sporculardan alınan veriler literatür verileri ile karşılaştırıldığında alakalı spor branşlarına benzer düzeyde olduğu tespit edildi. Katılımcı sayısı düşük olmasına rağmen, Türkiye’de ilk defa ölçümü yapılan bu sınıf elit sporcular için elde edilen veriler referans değeri sağlama potansiyelindedir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz testi, Fizyolojik kapasite, Futsal, Görme engelli sporcu



ABSTRACT

Investigation of Physiological Capacities of Elite Visually Impaired Futsal Players by Cardiopulmonary Exercise Test

Futsal is a variant of football, five-a-side played indoor on a hard court, continues to surge in popularity around the world. The intermittent nature of the sport necessitates the use of aerobic and anaerobic energy pathways by the futsal athletes.

Cardiopulmonary exercise test (CPET) is a procedure allows assessment of impact of exercise that performed under controlled metabolic conditions on the response of respiratory, cardiovascular and musculoskeletal systems.

Futsal is a sportive activity performed under the governance of national Federation of Futsal for Turkey, and there are teams competing at national and international level. But, in addition to difficulties in attracting athletes for this group, there is lack of information on current capacities of candidate athletes for this sportive branch. The aim of this study was to asses sport-related physiological capacities of elite futsal players.

For this purpose, physiological parameters reflecting sportive capacity of a total of 18 athlete, nine elite nine professional, athlete licenced by Turkish Football Federation of Visullay Impaired Futsal was measured.

The athletes performed an incremental (5 Watt/20 sec) cardiopulmonary exercise test, (pedaling at 60 rpm), up to their maximum and maximal oxygen uptake, anaerobic threshold, heart rate and maximal achievable work rate was determined by cardiopulmonary exercise testing system (equipped with 12 lead ECG gas analyser and ergospirometry).

When all the participated athletes were considered; the mean maximal oxygen uptake was 40 ± 6 mL/kg/min ($91 \pm 16\%$ of the expected, (n=18), and oxygen uptake at anaerobic threshold was 26 ± 8 mL/kg/min. The maximal work rate achieved was 190 ± 30 watt, which was $82 \pm 17\%$ of the expected value (n=18).

The obtained data is comparable with the related literature values for this sport branch. This first measurements among elite futsal players has a potential of serving reference values of physiological capacity in Turkey.

Keywords: Exercise test, Futsal, Physiological capacity, Visually impaired athlete

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Futsal; dünya çapında amatör, yarı profesyonel ve profesyonel olarak icra edilen bir futbol türüdür. Bu sporun tarihsel hikâyesi 1930'ların Güney Amerika'sına dayanır ve hala Portekizce'de salon futbolu manasına gene 'futebol de salao' olarak bilinir (1).

Futsal fiziksel açıdan yoğun aktivite içeren bir spordur. Literatürden elde edilen kanıtlar ve futsalın fiziksel gereklilikleri, futsal antrenörlerine antrenman tayininde önemli bir veri sunmaktadır. Bazı uzmanlar farklı seviyede, yarışma düzeyinde ve fizyolojilerdeki futsal oyuncularını referans alarak, maksimal performansı artırıcı antrenmanlar geliştirmişlerdir (2-5).

Popülerliğine ve rekabetçi yapısına rağmen futsal sporcularının fizyolojik kapasitelerine yönelik sadece birkaç çalışma (6, 7) yapılmıştır. Ayrıca uluslararası literatür sadece oyun analizlerine veya fizyolojik gerekliliklerinin küçük bir kısmına, ortak bir standart olmadan değinmiştir (6, 8, 9). Sonuç olarak futsal oyunu esnasındaki oyuncuların fizyolojik gereklilikleri, diğer spor branşlarına göre az araştırılmıştır ve futsalın bilinmeyen yönleri hâlâ fazlaca vardır (2).

Futsalın yüksek fiziksel yoğunluk gerektiren bir spor branşı olması nedeniyle fizyolojik ve fiziksel gereksinimlerinin iyi derecede bilinmesi sadece bilimsel bir merak değil, aynı zamanda antrenörler ve sporcuları ilgilendiren önemli faktörlerdendir. Ayrıca, fiziksel durumu daha iyi olan takımların öğretilen taktik eylemleri uygulaması fiziksel durumu nispeten daha kötü olan takımlara göre daha kolay olmaktadır (10).

Dayanıklılık ve hız futsal oyuncularının iki temel özelliğidir (11).

Spor ve sportif performans; vücut fizyolojik uygunluğu, antrenman, yetenek, motivasyon, beslenme, uyku kalitesi ve gerilimle baş etme gibi pek çok faktörün etkili olduğu karmaşık bir olgudur. Elit ve profesyonel sporcularda optimum başarı için, spor branşına çocuklukta yönelme aşamasından, o spor branşında yarış öncesi hazırlık ve devam eden sezon aşamasına kadar olan süreç için güvenilir ve pratik beynelmilel bir parametre ve değerlendirme yöntemi yoktur, ancak egzersiz fizyolojisine ait bazı ölçümler, özellikle de maksimal oksijen tüketim kapasitesi (VO_{2max}) bu bağlamda faydalı bilgiler sağlamaktadır (12).

VO₂maks fizyolojik olarak pulmoner, kardiyovasküler ve nöromusküler fonksiyonlarının bütünleşmesinin göstergesi olarak kabul edilen bir gösterge olmakla birlikte toplam aerobik kapasitenin de iyi bir göstergesidir (13).

VO₂maks kardiyovasküler fitnessi değerlendirmek için fonksiyonel egzersiz testi sırasında ölçülen en önemli bileşendir ve VO₂maks'ın uzun süreli dayanıklılık egzersizleriyle arttığı da bilinmektedir (14, 15). Alvarez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre VO₂maks'ın futsal için rekabet ve elitlik düzeyi için belirleyici bir faktör olabileceği düşünülmektedir (4).

Performans egzersiz testi ve klinik egzersiz testi olarak iki çeşit egzersiz testi vardır (16, 17). Sahada veya laboratuvarında uygulanabilen klinik egzersiz testlerinin uygulanacağı yer egzersiz testinin amacına, yapılan klinik sorgulamaya var olan egzersiz testi cihazlarına bağlı olarak değişir. Örneğin göğüs hastalıklarında uygulanan klinik egzersiz testlerini ele alırsak: klinik sorgulamaya göre merdiven çıkma testi, 6 dakika yürüme testi ve kardiyopulmoner egzersiz testi kullanılabilecek egzersiz testlerindendir. Klinik egzersiz testleri; tanıya yardımcı olma, klinik takip, tedavi yanıtının ne olduğu, operasyon öncesi hastanın durumunu değerlendirme, riskin belirlenmesi ve maluliyeti değerlendirme gibi amaçlar için kullanılır (16, 18, 19).

Kardiyopulmoner egzersiz testi, treadmill (koşu bandı) ve bisiklet ergometresi ile egzersiz olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir. Koşu bandı ile gerçekleştirilen egzersizler her ne kadar günlük hayatta alışageldik olan yürüme aktivitesini içerse bile, düz yolda yürüme aktivitesinden farklı olması ve yaşlı bireyler için denge kurmanın zor olması, ayrıca yer çekimine karşı daha fazla aktivite yapılması nedeniyle organlara daha fazla yük bindirir. Hem bu sebeplerden dolayı hem de daha ucuz ve daha az yer kaplaması nedeniyle bisiklet ergometresi yaygın olarak tercih edilmektedir (16, 17, 19-23).

Görme engellilerde futsal, ülkemiz için nispeten yeni organize edilen bir spor branşı olup pek bilinen bir spor dalı değildir. Futsal gibi sportif aktiviteler kısmi engellilerin hayat kalitesini artırmaya, bu kişilerin kendilerine güvenlerinin artmasına ve topluma adaptasyonlarının sağlanmasına katkı sağlaması yönüyle önemlidir. Örnek olarak ampute futbol milli takımının yakın geçmişteki başarıları ülkemizdeki diğer engellilere ilham kaynağı olmuştur. Bu bağlamda uluslararası başarı için yetenek yanında fizyolojik uygunluğun irdelenerek milli sporcuların seçilmesi ve doğru antrenman yapılması önem arz etmektedir.

Görme engelli bireylerde futsal alanında Türkiye’de Türkiye Görme Engelliler Federasyonu’nun denetiminde lig maçları yapılmaktadır ve görme engellilerde futsal alanında uluslararası yarışmalarda yer alan milli takım mevcuttur. Ancak, sporcu bulmak ve bunları seçme zorluğu dışında aday sporcuların fizyolojik kapasitelerine ait veri de bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında amaç: elit düzeyde futsal aktivitesi yapan görme engelli (az gören) sporcuların egzersizle alakalı fizyolojik parametrelerinin belirlenmesidir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Futsal

Futsal; dünya çapında amatör, yarı profesyonel ve profesyonel olarak icra edilen bir futbol türüdür. Bu sporun tarihsel hikâyesi 1930'ların Güney Amerika'sına dayanır ve hala Portekizce'de salon futbolu manasına gelen 'futebol de salao' olarak bilinir.

FIFA (Fédération Internationale de Football Association) Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği'nin bu sporu standardize etmesi ve beş kişi ile oynanan uluslararası şekilde markalaştırması futsalı dünya çapında yayılan bir spor haline getirmiştir.

Futsalın büyümekte olan bir spor olduğu açıktır. Özellikle 1989'dan beri FIFA 16 takımın katıldığı futsal dünya şampiyonası düzenlenmektedir. Bu büyüme, insanların futsalın özellikleri ve karmaşıklığını anlamak için bilgi sahibi olma isteğini de artırmıştır (1, 2, 24).

FIFA'nın 2006'daki büyük sayımı göstermektedir ki dünya üzerinde erkek kadın 265 milyon futbol oyuncusu kendi yerel futbol federasyonlarında kayıtlıdır. Bu sayı hakemleri kattığımız zaman 270 milyon olmaktadır. Bu veriler ışığında bunlardan sadece 1 112 000 sporcunun futsal için lisanslı olduklarını görmekteyiz. Bu sayı sadece federasyonlara kayıtlı olan futsal oyuncularının sayısıdır. Bazı ülkelerde futsalın futbol federasyonlarından bağımsız olduğunu düşününce gerçek sayının bundan da yüksek olduğu görülecektir (25).

Futsal fiziksel açıdan yoğun bir spordur. Literatürden elde edilen kanıtlar ve futsalın fiziksel gereklilikleri ve bu kriterlere yönelik sporcularda yapılan ölçümler futsal antrenörlerine antrenman planlanmasında önemli bir veri sunmaktadır. Bazı yazarlar farklı seviyede, yarışma düzeyinde ve fizyolojilerdeki futsal oyuncularını referans alarak, maksimal performansı artırıcı antrenman programları geliştirmiştir (2-5). Gelişen teknolojiyle veri toplama ve analiz etme becerilerinin artması, sporcuların bireysel ve takım sporlarındaki fizyolojik gereklilikler hakkında bilgi sahibi olup kendilerini geliştirme şansını artırmıştır (26).

Alvarez ve arkadaşları (4) farklı rekabet seviyelerindeki futsal oyuncularının aerobik uygunluğunu, futsalda başarı için aerobik kondisyonun ayırıcı bir değişken olup olmadığını anlamak için yaptığı araştırmada: maksimal oksijen tüketimini (VO_{2maks}) vantilatör eşiği (VT) ve koşu ekonomisini (KE) profesyonel ve yarı profesyonel oyuncularda karşılaştırdılar. Çalışma sonucunda yüksek antrenmanlı profesyonel oyuncuların aerobik uygunluğunun alt

seviye yarı profesyonel oyuncuların aerobik uygunluğundan istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde yüksek olduğu görüldü. Bu çalışma da aerobik eşiğin yarışma düzeyine bağlı olarak önemli bir fiziksel değişken olduğunu düşündürmektedir (4). Bu bulgular ayrıca profesyonel futsal oyuncularında müsabaka gereklilikleri üzerinde çalışan Castagna ve arkadaşları tarafından da desteklenmiştir (2).

Futsalın simüle edildiği oyunda, profesyonel futsal oyuncularının aktivite paternlerini ve fizyolojik yanıtları inceleyen bir araştırmada profesyonel seviyede oynanan futsalın profesyonel oyuncuların aerobik ve anaerobik kapasitelerini artıracak kadar yüksek seviyede zorlayıcı fiziksel yoğunluklu aktiviteler içerdiğini de ortaya koymuştur (1).

Benzer olarak Baroni ve Leal'ın, as ve yedek kaleciler ile kaleci olmayan diğer erkek saha oyuncularının aerobik kapasitesini değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmada VO_{2maks} 'ı, ikinci vantilatör eşiği (VT_2) ve kalp hızını (KH) değerlendirdiler. Çalışmada sonuç olarak saha oyuncularının kalecilere nazaran daha yüksek VO_{2maks} ve VT_2 değerlerine sahip oldukları, bu seviyeye yüksek egzersiz düzeyi ile ulaştıkları çıkarımına vardılar (3).

Futsal oyununda oyun, sadece topun oyunda kaldığı sürenin hesaplanacağı şekilde 20'şer dakikalık iki devreden oluşmaktadır. On dakikalık bir devre arası molası verilmektedir. Her takım beşi sahada olmak üzere (bir kaleci dört oyuncu), en fazla yedi yedek oyuncusu (altı oyuncu bir kaleci) olabilecek şekilde kadro kurabilir. Minimum saha boyutu 40x20 metre, kale boyutu ise 3x2 metredir. Topun aktif oyunda kaldığı süre hesaplandığı için aradaki zaman durmalarından oluşan duraklamalardan kaynaklı müsabaka süresi bu bahsettiğimiz süreden %80 daha uzun sürebilir. Takımlar müsabaka esnasında sayısız oyuncu değişikliği yapma hakkına sahiptir. Oyuncu değişikliği esnasında zaman durmaz ve oyuncu değişikliği müsabakanın herhangi bir zamanında oyuncu değişikliği için sınırlandırılmış bölgelerin birinden gerçekleştirilebilir. Futsal, futbol müsabakalarının oynandığı toptan daha küçük boyutta ve daha az sıçrayan bir topla oynanır (8, 27).

Futsal yüksek fiziksel yoğunluklu bir spor olarak kabul edilir ve bu nedenle fizyolojik ve fiziksel gereksinimler antrenörler ve eğitimcileri ilgilendiren önemli faktörlerdir. Ayrıca, fiziksel durumu iyi olan takımların öğretilen taktik eylemleri uygulaması fiziksel durumu nispeten kötü olan takımlara göre daha kolay olmaktadır (10).

Dayanıklılık ve hız futsal oyuncuların iki temel özelliğidir. Sınırlı alanda savunmadan атаға geçerken ki veya ataktan savunmaya dönerken ki hız değışimleri bu sebebi doğuran önemli bir faktördür (11).

Jovanovic ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre futbol ve futsal oyuncuları, antropometrik ve fizyolojik özellikleri bakımından önemli ölçüde farklılık göstermezler (28).

Trabelsi'nin yaptığı bir çalışmada futsal oyuncuları antropometrik ölçüm olarak 177 cm ortalama boya 70-77 kg aralığında vücut ağırlığına sahiptirler (29). Yapılan birkaç çalışmaya göre de %10-12 vücut yağ oranına sahiptirler (30, 31).

Futsal oyuncuları müsabaka boyunca önceden yapılan çalışmalara göre ortalama 4300 m mesafe sarf etmekteydiler (8). Daha sonra yapılan bir çalışmada bu mesafe profesyonel oyuncular için 5000 m amatör oyuncular için 4500 m mesafeye kadar çıkmıştır (32).

2.2. Kardiyopulmoner Sistem

Kardiyopulmoner sistemin birinci görevi vücutta gaz değışimi gerçekleştirip çalışan kaslara oksijen ve diğer yakıtların sunumunu sağlamak, oluşan karbondioksit ve diğer atıkların oluştukları bölgelerden uzaklaştırmaktır (16, 33).

2.2.1. Kalp

Kalp kanın dolaşım sistemi içerisinde dolaşımını sağlayan kas yapılı bir pompadır. Kalp dört bölümden; paralel iki pompadan oluşur. Bölümler sağ, sol atriyumlar (kulakçık) ve sağ sol ventriküller (karıncık), pompalar ise biri kanı oksijen ve karbondioksit değış tokuşu için akciğerlere gönderen pulmoner dolaşım, diğeri kanı tüm vücut dokularına gönderen sistemik dolaşım pompalarıdır (34, 35).

Kalp aslında septumu tarafından ayrılmış, kan dolaşımının karışmasını engelleyen iki pompadır. Yetişkin erkeklerde ağırlığı ortalama 326 gram (g), kadınlardaysa 275 g olan kalbin ağırlığının büyük bir kısmı; maksimum efor sırasında görevini yerine getiren, basıncı yeterli seviyeye çıkaran ve kalp kasılmasından sorumlu olan kalp kasından (miyokardiyum) oluşmaktadır.

Kalpte tek yönlü akım vardır ve bu akım kalp kapakçıkları ile sağlanır. Kalbin sağ tarafı inferior ve superior vena kava yoluyla kanı sağ atriuma alıp triküspit kapaktan

geçirerek sağ ventriküle ulaştırır. Kan oradan sistemik arterdekinin yedide biri olan ortalama bir basınçla pulmoner arter sistemine iletilir ve burada çeşitli kimyasal olaylar ve gaz değişimi gerçekleşir.

Vücutta kalp debisi aralıklı olduğu halde kan akımının sürekli olması; ventrikül kontraksiyonu (sistol sırasında aort ve büyük damar dallarının genişlemesi) ve ventrikül gevşemesiyle (diastol sırasında büyük arter damarlarının geri tepmesi) beraber kanın ileriye itilmesiyle sağlanır.

Kalbin sol tarafı pulmoner venlerle birlikte gelen kanı, sol atriума alıp mitral kapaktan geçirerek sol ventriküle yollar. Sol ventrikül de kasılarak kanı tüm vücut dokularına perfüze etmesi amacıyla aorta yollar (35, 36).

Bir insanın kalbinin büyüklüğü ortalama olarak sıkılmış yumruğu kadardır. Bir omurgalının kalbi yalnızca kalpte bulunan ve istemsiz olarak kasılan kardiyak kaslardan oluşur. Dakikada ortalama 72 kez atan bir insanın kalbi 66 yıllık ortalama bir yaşam süresi içerisinde 2.5 milyar kez atmaktadır (37).

2.2.2. Akciğer

Hava ile soluyan hayvanlarda çift olarak bulunan süngerimsi, pembemsi; gri doku yapısında ve koni şeklinde bir çift solunum organıdır. En önemli görevi oksijenin vücuda girişi ve karbondioksitin vücuttan çıkışı olan gaz değişimidir. Akciğerler göğüs boşluğunu dikine olarak uzatıp kısalabilen diyaframın aşağı yukarı hareketiyle ve göğüs boşluğunun ön arka çapını artıran ve azaltan kaburgaların yukarı ve aşağı yönlü hareketleriyle olmak üzere iki şekilde genişleyebilir daralabilirler.

Gaz değişimi solunumla, yani nefes almakla başlar. Diyafram göğüs bölgesini karın bölgesinden ayıran kasılabilir bir yapıdır. Bu yapının kasılıp aşağı doğru hareketi göğüs kafesinin genişlemesine ve intraplevral basıncın azalmasına neden olarak havanın içeri girmesini sağlar ve biz bu şekilde nefes almış oluruz.

Egzersiz yoğunluğunun artmasıyla birlikte kasılmaların hız ve yoğunluğu artar ve daha çok gaz değişimi sağlanır. Alveollerden yeteri miktarda gaz değişimi gerçekleştiğinde nefes verme (ekspirasyon) gerçekleşir. Dinlenme durumunda nefes verme, diyaframın gevşemesiyle ve yapıların eski haline gelmesiyle beraber pasif olarak yapılır (37-40).

Akciğerler şişmiş durumda kalmasını sağlayacak bir kuvvet olmadığı sürece balon gibi sönecek ve içindeki havayı tamamen boşaltacak bir yapıdadır (40).

2.3. Egzersiz Testleri

Egzersiz testleri performans testleri ve klinik egzersiz testleri olarak iki kısma ayrılır (41). Klinik egzersiz testleri; ameliyattan önce genel sağlık durumu değerlendirme, risk takibi, klinik takip, tanıya yardımcı olma, tedavi yanıtı, maluliyet değerlendirme gibi amaçlar için kullanılır (42). Egzersiz testleri arasında alan testleri de yer almaktadır. Bu testler yürüyüşe dayalı olup genelde submaksimal egzersiz testleri olarak adlandırılır. Bu testler altı dakika yürüme testi, artan hızda mekik yürüme testi, endurans mekik yürüme testi gibi testlerdir (43).

2.3.1. Aerobik Kapasite ve Ölçülmesi

2.3.1.1. Aerobik Kapasite

Aerobik kapasite vücudun oksijen taşıma ve kas dokusunun bu oksijeni kullanma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Başka bir tanıma göre de aerobik kapasite, kişinin enerji harcayan kaslara gerekli enerjiyi oluşturmak için gerekli oksijeni verebilme kapasitesidir. Kardiyovasküler sistem kapasitesinin önemli bir indeksi olan aerobik kapasite egzersizdeki aktif kasların oksidatif etkinliğine, kardiyovasküler ve hematolojik faktörlerin fizyolojik kapasitelerine de bağlıdır (13).

Endurans sporcularında aerobik kapasite kardiyovasküler ve respiratuvar dayanıklılık anlamına gelmektedir. Burada aerobik kapasite aynı zamanda kardiyovasküler pulmoner ve nörolojik sistemlerin fonksiyonel bir bütünleşmesi olarak da değerlendirilmektedir. Ayrıca aerobik güç için kan damarlarının yeterliliği, kan hacmi, alyuvar ve hemoglobin sayısı, egzersiz sırasında kas hücrelerinin oksijenden yararlanabilme kapasitesi de önemli bir etkidir (13).

Vücudun oksijen taşıma ve kullanma kapasitesine, aerobik kapasitenin birim zamandaki değerine aerobik güç denir ve burada aerobik güç kişinin harcayabileceği enerji miktarı olarak hesaplanmaktadır (44,45). Aerobik kapasite genellikle atletik olmayanlarda atım hacminde, maksimal kalp hızında, iskelet kaslarına ulaşan kan akımında ve iskelet kas fonksiyonlarında azalma ile beraber belli yaştan sonra her on yılda yaklaşık %10 oranında azalır. Kapasitedeki bu düşüş oranı, ilerleyen yaşla hızlanmaktadır. Örneğin genç bireylerde (20-30 yaşlarında) on yıl başına %3'ten %6'ya, 70 yaş ve üzeri yaşlılarda her on yılda %20'ye çıkmaktadır. Aerobik kapasitenin değeri önceleri O₂ L/dk olarak tanımlansa da kişinin

vücut ağırlığının kilogramı başına dakikada düşen mililitre cinsinden oksijen tüketimi olarak O_2 mL/kg/dk'nın daha hassas bir değerlendirme olacağı kabul edilmiştir (23, 45).

2.3.1.2. Aerobik Gücün Ölçülmesi

Günümüzde aerobik gücün ölçümü, anaerobik gücün değerlendirilmesinden daha yaygındır. Aerobik güç, maksimal oksijen tüketiminin açık devre gaz değişimi kullanılarak, zaman içerisinde kademeli olarak artan işin (koşu bandı veya bisiklet ergometresi) olduğu bir egzersizi yaparken değerlendirilir (13).

Aerobik güç genellikle koşu bandı veya bisiklet ergometresinde maksimal submaksimal egzersiz testi yapıldığı sırada, devamlı kesintili veya devamlı kesintisiz test uygulamaları sırasında EKG testinin de kullanılmasıyla ölçülür.

Koşu bandı testi, Bruce, Balke, Modifiye Bruce gibi protokolleri kullanılarak, kalp hızı, EKG değişiklikleri ve her üç dakikada bir kan basıncı değişiklikleri kontrol edilerek üç dakikalık beş evrede tamamlanır. İş yükü maksimal oksijen tüketimine erişinceye kadar veya maksimal kalp hızına ulaşmaya kadar kademeli olarak giderek artırılır. Efor derecesi artarken artan iş yüküyle paralel şekilde oksijen alımı da artar ve bir noktada iş yükü artırıldığı halde oksijen alım miktarı artamaz ve plato çizer. Bu plato çizen noktadaki VO_2 değeri kişinin VO_{2max} 'ını verir. Bu seviyede kan laktat değerinin %70-80 mg ve üzerinde, solunum değişim oranı'nın (RER) 1.07–1.15 değerine yükselmiş, kalp hızının da maksimal kalp hızı seviyelerine yükselmiş olmaları beklenir. Bu test esnasında Rudolph tipi maskeden nefes alan kişinin 'breath-by-breath' yöntemiyle her nefes alıp verişinde ekspirasyon havasında sarf edilen VO_{2max} miktarı zirkonyum oksijen analizatörü kullanılarak ölçüm yapan sensomediks metabolik chart cihazı ile ölçülür.

Yapılan test tekrarlatılabilir olmalıdır ve de testin yapıldığı ortamın nem, sıcaklık gibi durumları, test yapılan kişinin sigara kullanıp kullanmadığı, aktivite durumu, stresli olup olmadığı ve ilaç kullanım durumu kontrol edilmelidir (23, 46-49).

Maksimal aerobik güç iskelet kaslarının yaptığı iş değeri ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin endurans sporlarında ise enerji transferi %100'e yaklaşan bir oranla aerobik enerji transferiyle gerçekleşmektedir. Akciğerlerden kana oksijen taşınması, kandan hücre dokularına oksijenin difüzyonu, kas dokusundaki substratların oksidasyonu esnasında miyofibrillerin oksijen kullanım hızı maksimal aerobik güç değerinin doğru orantılı olduğu değişkenlerdendir (13).

Maksimal aerobik güç ölçümünün itfaiye eri, polis gibi bazı mesleklerde çalışanların iş kapasitesinin saptanmasında, klinik hastaların tanısı ve ayırıcı tanısında, spor veya egzersize başlarken ve de devam ederken süren yıllarda antrenman programının belirlenmesinde, yaş ve beslenme alışkanlıklarının değişimiyle meydana gelen metabolik değişikliklerin test edilmesinde kullanımı çok önemlidir (13).

Sporcuların sportif performanslarının bir göstergesi olan aerobik kapasitenin belirlenmesinde ise performans egzersiz testleri kullanılmaktadır (50).

Sporcuların fiziksel kapasiteleri spor müsabakalarındaki başarı için önemli bir unsurdur (51).

İnsan organizmasının enerji kapasiteleri kesinlikle onun limitlerini belirleyen en önemli faktördür. İnsan fiziksel kapasitesinin izin verdiği enerji kapasitesinin sınırları içerisinde spor yapabilir (52).

Aerobik kapasite laboratuvarında maksimum eforla yapılacak olan maksimum oksijen alımı ölçümü ile mükemmele yakın bir doğrulukta belirlenebilir. Birçok maksimal laboratuvar ve saha testi ile de yaklaşık bir ölçüm yapmak mümkündür (53). Anaerobik gücü ölçme yöntemleri ise evrensel olarak kabul görmemiştir ayrıca bunu ölçmek için birçok test prosedürleri bulunmaktadır (44).

2.3.2. Anaerobik Kapasite ve Ölçülmesi

2.3.2.1. Anaerobik Kapasite

Maksimal ve supramaksimal aktivite düzeyinde iskelet kaslarının anaerobik enerji transfer sistemini kullanarak oluşturduğu iş kapasitesine anaerobik kapasite denir. Anaerobik güç ise hücrede metabolik olayların ATP üretmek için oksijen kullanmadan oluşturduğu salınım hızıdır. Yani anaerobik kapasitenin meydana getirdiği iş kapasitesinin, birim zamandaki değerine anaerobik güç denir. Anaerobik iş anaerobik eşik değerin üzerindeki patlayıcı kuvvetin ortaya koyulması anlamına gelen bir iş yükü olup, yorgunluk ile kendini gösterir ve uzun süre devam edilemez (44, 54, 55).

2.3.2.2. Anaerobik Gücün Ölçülmesi

Anaerobik performansın artırılması yarışın sonunda depar atmayı gerektiren uzun süreli sportif faaliyetler için önemli olabilir (14).

Kan laktat birikimi genelde yüksek anaerobik glikolizin bir ürünü olmasına rağmen laktat yoğunluğu ölçümü ATP üretim hız ve kapasitesine yönelik bir bilgi sağlamaz. Anaerobik enerjinin gücü ve kapasitesini doğrudan ölçme yöntemi şimdilik bulunmamakla birlikte en çok kullanılan anaerobik testler aşağıda listelenmiştir.

- Dikey sıçrama testi
- Margaria – Kalamen güç testi
- Modifiye Margaria Kalamen güç testi (futbol merdiven testi)
- Modifiye üç kutu uzun atlama (MBLJ)
- Wingate anaerobik testi (WAnT)
- Kritik güç testi

Farklı çalışmada yer alan bu testlerin her birinin anaerobik gücü ölçmede geçerli olduğu bildirilmiştir (44).

2.4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

KPET dinamik egzersiz esnasında kişinin kapasitesini değerlendiren tanısal ve hastalığın seyrini değerlendirmek için gerekli olan bilgileri sağlayabilen girişimsel olmayan bir işlemdir (56). KPET belirlenen prosedürler çerçevesinde yapılan egzersizin selüler, solunumsal ve kardiyovasküler yanıtlarının araştırılması temeline dayanan, bunlarla birlikte kas iskelet sistemini de içine alıp sistemlerin egzersize karşı oluşturacağı cevabı bütüncül olarak değerlendirmeye yarayan bir egzersiz testidir. Fonksiyonel kapasitenin objektif olarak belirlenmemiş olması, farklı konuları aydınlatmak için kullanılabilen KPET'in kullanım alanlarını genişletmektedir. KPET'in uygulanması için yetişmiş insan gücüne ihtiyaç vardır. Günümüzde çeşitli hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanımında popülerliğini artıran KPET; egzersiz tolerans mekanizmalarıyla birlikte intoleransının nedenlerini araştırmada günümüzde altın standart olarak kullanılmaktadır (50, 56, 57).

KPET testi boyunca oksijen üretimi (VO_2), karbondioksit üretimi (VCO_2) ve solunumsal ölçümleri yapılır (50). Kardiyopulmoner egzersiz testi için bisiklet ergometresi veya koşu bandı tercih edilir. Test sırasında puls oksimetre ile oksijen saturasyonu, kalp hızı, kan basıncı da monitörize edilir (58).

Kararlı hal ve dengeli durumda ağızdan alınan oksijen miktarı ağızdan verilen karbondioksit miktarına eşittir. Yani hücreye alınan oksijen miktarı hücrede üretilen

karbondioksit miktarına denktir. İç solunum, dış solunuma eşittir (16). Kardiyopulmoner egzersiz testi dışarı verilen havadaki damıtılmış oksijen ve karbondioksit miktarını, dışarı verilen hava hacmini ve akışını, dakika ventilasyonunu bağlanan metabolik kartı ile hesaplar (59).

Koşu bandında bisiklet ergometresine göre daha çok kas grubunun çalışması ve insanların alışık olduğu yürüme ve koşma tarzında testin gerçekleştiriliyor olması koşu bandının avantajlarından biridir. Koşu bandında ölçülen maksimum oksijen kullanımı bisiklet ergometresinde ölçülenden %5-10 fazladır (50). Koşu bandı ile yapılan testlerde test bandın hızının ve eğiminin değiştirilmesi esasına dayanarak uygulanır. Hız ve eğim kişinin durumu uyumu ve kooperasyonuna göre seçilerek protokol belirlenir.

Bisiklet ergometresi hem daha ucuzdur, daha az yer kaplar, bu test esnasında EKG ölçümü daha kolay yapılır. Kişiler yürüyen bir bandın üzerinde olmadıklarından istedikleri zaman durabileceklerini bilirler ve kendilerini daha güvende hissederler. Çünkü yürüme bandında kişilerin testin durdurulmasını istedikleri anda dengeye bağlı problemler yaşayıp düşebilir veya test esnasında hasta düşme problemi yaşayabilirler. Bunun bisiklet ergometresine olmaması bisiklet ergometresinin avantajıdır. KPET sırasında VO_2 , VCO_2 , sistemik arteriyel basıncı değerleri ölçülerek EKG'nın takibi sürdürülür. Egzersiz esnasında kişinin dispne, göğüs ağrısı durumlarını değerlendirmek ayrıca önemlidir (50, 60, 61).

KPET için temelde iki tane test şekli vardır. KPET'nde protokol seçimi kişinin fonksiyonel kapasitesine göre veya testin yapılış amacına göre yapılır. Testin uygulanma protokolü hangi şeklin seçilmesi gerekliliği bakımından belirleyicidir. Bu iki şekil kademeli artan yük testleri ve sabit yük (dayanıklılık) testleridir (50, 58).

KPET'in amacı egzersize katılan organlara belli bir miktar yük uygulamaktır. Bu nedenle test sırasında büyük kas gruplarının özellikle alt ekstremiteler kaslarının kullanıldığı egzersizler uygulanmaktadır (50).

Egzersiz stres testleri genellikle efor gösterirken kalp atım hızını (KH), kan basıncını, koroner iskeminin varlığını, tahmini aerobik kapasiteyi değerlendirir (62, 63). Buna ek olarak egzersiz esnasında solunum gaz değişiminin elde ediliyor olması önemli klinik bilgiler elde etmek için kardiyopulmoner egzersiz testine başvurmayı cazip hale getiren bir başka faktördür (64).

Sabit yük testlerinde ise bilinen bir işe karşı vücutta oluşan yanıt ve bunu belirleyen kardiyopulmoner fonksiyonlar değerlendirilir (50).

Kademeli artan yük testi ile artan egzersiz seviyesine göre vücutta oluşan sistemik yanıt değerlendirilir (58). Bu teste genelde 60 (rpm) sabit pedal hızı kullanılır (50).

Oksijen tüketimi, teste başlarken yani iş yükü sıfır iken ölçülür. Bu ölçüm kişi nefes verirken oksijen ve karbondioksit konsantrasyonunun yoğunluğu ile olur. Kişi bisiklet pedalını çevirmeye başlar. Bisiklet ergometresi iş yükünü birey pedalı çevirirken doğrusal bir oranda artırır. Artan iş yüküyle beraber VO_2 doğrusal bir oranda artar. İş yükü artmasına rağmen VO_2 bir noktadan sonra artmaz. İşte bu iş yükü artarken VO_2 'nin plato yaptığı noktaya VO_{2max} denir. Bundan sonra iş artırımında enerji anaerobik solunumla oksijen kullanmadan sağlanır (58).

Egzersiz testi sırasında dakikada ekspire edilen gaz volümü olan total dakika ventilasyonu (VE) VO_2 ile doğrusal bir şekilde artarken, dakika ventilasyonu bir noktadan sonra daha hızlı artış gösterir, işte bu nokta anaerobik eşiktir. Kan laktat konsantrasyonu bu noktadan sonra belirgin bir artış gösterir. Sporcularda ve antrenmanlı bireylerde anaerobik eşik yüksektir. Egzersizde ventilasyon yaklaşık 10L/dk'dan 150L/dk'ya, VO_2 300mL/dk'dan 3500 mL/dk'ya, kardiyak debi ise 5L/dk'dan 25L/dk'ya kişinin fitness seviyesi ve fizyolojik kapasitesine bağlı olarak artabilir. Metabolik hızda görülen bu hızlı değişim oksijenin ventilasyon difüzyon ve kanda taşınarak mitokondrilere sağlıklı ve kesintisiz şekilde ulaştırılabilmesi ile mümkündür (65).

Kompleks ve birleşik olaylar zinciri olan egzersiz, gerçekleşen tüm zincir olayların eksiksiz sıra ve düzende işlemesiyle vücudun egzersiz yanıtı ile meydana gelmektedir. KPET de bu yanıtın bozulduğu hallerde sorunun zincirin hangi parçasında olduğunu hızlı ve etkin olarak anlamaya yarayan, altın standart bir testtir (66).

Egzersiz testinin önemli ve prognostik (tanılayıcı) bir bileşeni de fonksiyonel kapasite olarakta bilinen, yapılan işin değerlendirilmesi ve nicelleştirilmesidir (67).

KPET endikasyonları

- Egzersiz kapasitesi ve sınırlayan faktörlerin değerlendirilmesi
- Egzersiz kapasitesindeki düşüklüğün ve nedenlerinin saptanması
- Nefes darlığının kalbe mi akciğere mi bağlı olduğunun belirlenmesi

- Solunum fonksiyon testinin normal olması durumunda açıklanamayan nefes darlığının araştırılması
- Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve türevlerinde fonksiyon kaybının değerlendirilmesi
- İş görmezlik değerlendirilmesi
- Rehabilitasyon planları
- Preoperatif değerlendirme (68)
KPET kontraendikasyonları
- Anstabil angina pectoris
- Hızlı ventriküler veya atriyal aritmiler
- Son bir ay içerisinde miyokart enfarktüs geçirmek
- İkinci veya üçüncü derecede kalp bloğu olması
- Ortopedik engel
- Ciddi aort darlığı olması
- Kontrolsüz hipertansiyon
- Kısıtlayıcı nörolojik hastalık olması
- Dissekan aort anevrizması
- Ciddi pulmoner hipertansiyon
- Tromboflebit veya intrakardiyak trombüs
- Yakın zaman öncesinde pulmoner emboli
- Akut perikardit
- Oda havasında $PO_2 < 40$ mmHg olması
- $PCO_2 > 70$ mmHg olmasıdır (43).

2.4.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testini Anlamak İçin Bilinmesi Gereken Kavramlar

2.4.1.1. MET [Metabolik Eşdeğer (Ing: Metabolic Equivalent)]

Enerji tüketimi genellikle kalori harcanması olarak nitelendirilir. Bunu egzersiz esnasında ölçmek zordur. Bu nedenle egzersizin çeşitli basamaklarındaki işi değerlendirmek için MET kavramı geliştirildi. İnsanlardaki oksijen tüketimi harcanan kalori ile eşdeğerdir. Egzersiz esnasında tüketilen oksijen ve harcanan kalori benzer şekilde artış gösterir. 1 MET 70 kg dinlenme durumundaki bir erkeğin dakikada 3.5 mL/dk olacak şekilde 1.25 kalori enerji tüketimine denk gelen oksijen tüketimi olarak tanımlanmıştır. Bundan sonra insanlar

yaptıkları aktivitelerdeki eşik değerleri bu belirlenen birim değer üzerinden karşılaştırabilir ve belirleyebilir oldular. Örneğin basit ev işleri, hafif yoğunlukta faaliyetler 1.5 – 4 MET, cinsel aktiviteler, orta yoğunlukta faaliyetler 3-6 MET, ağır yoğunlukta aktiviteler ve sportif faaliyetler 5-15 MET enerji harcanmasını gerektirir (69).

MET'in doğrudan değerlendirilmesi iş ve uğraşı gelişimi, engelliğin belirlenmesinde tamamlayıcı bir yöntem olmuştur. Kardiyopulmoner egzersiz testi ise bunu belirlemeye imkân sağlar (41).

2.4.1.2. Fick Yasası

1870 yılında Alman fizyolog Adolf Fick bütünlüğü bozulmamış hayvan ve insanlarda kalp debisini ölçmeye yarayacak insanlarda da geçerli bu yasayı keşfetmiştir. Yasa kütlenin korunması esasına dayanır. Prensip kabaca pulmoner arterler tarafından getirilen oksijenin pulmoner venler tarafından uzaklaştırılan oksijen miktarına eşit olması gerçekliğinden türemiştir (38).

Fick denklemini anlamak fonksiyonel egzersiz testinin mantığını anlamak için çok büyük bir öneme sahiptir. Dinlenim durumunda fick denklemine göre oksijen alımı ile kardiyak debinin arteriyel kanın mix venöz kandaki oksijen içeriği farkının çarpımına eşittir.

$$VO_2 = (SV \times KH) \times (CaO_2 - CVO_2) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Burada SV stroke volümü, KH dakika kalp atım sayısını, CaO_2 arteriyel kandaki oksijen miktarını, CVO_2 ise venöz miks kandaki oksijen miktarını ifade etmektedir. Oksijen tüketimi, genellikle vücut ağırlıkları farklı olduğu için mL O_2 /kg/dk olarak ifade edilir. 1 metabolik eşdeğer (MET) dinlenim durumunda otururkenki oksijen alımı olan 3.5 mL/kg/dk'dır. Maksimal egzersiz durumunda fick denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$VO_{2\text{maks}} = (SV_{\text{maks}} \times KH_{\text{maks}}) \times (CaO_{2\text{maks}} - CVO_{2\text{maks}}) \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Bu, kişinin maksimum oksijen taşıma ve kullanma yeteneğini gösterir (14).

2.4.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testinde Kullanılan Parametreler

2.4.2.1. Oksijen Tüketimi (VO_2) ve Maksimum Oksijen Tüketimi ($VO_{2\text{maks}}$)

Oksijen tüketimi (VO_2) hücrelerin talebi ile belirlenir. Maksimum oksijen tüketimi ise maksimum oksijen taşıma hızı ile belirlenir (70).

Şiddeti kademeli olarak artan egzersiz testi sırasında iskelet kaslarını kullandığı en yüksek oksijen hacmine de maksimum oksijen tüketim hacmi yani VO_2 maks denir. VO_2 maks fizyolojik olarak pulmoner, kardiyovasküler, nöromusküler fonksiyonlarının bütünleşmesinin göstergesi olarak kabul edilen aerobik kapasitenin iyi bir göstergesidir (13).

VO_2 maks kardiyovasküler fitnessi değerlendirmek için fonksiyonel egzersiz testi sırasında ölçülen en önemli bileşendir. Sağlıklı insanlarda VO_2 maksimal egzersiz noktasına yaklaşırken bir plato oluşturur. Bu plato VO_2 maks için geleneksel olarak kullanılagelen en önemli nokta ve kanıttır. Bu bize vücudun büyük kas gruplarını içeren, ulaşabileceği maksimum oksidatif metabolizmayı gösterir. Bununla birlikte bu platoya egzersizin semptom limitasyonu öncesinde ulaşmak mümkün olmayabilir. Bu pik noktaya ulaşp kalamadığı yer zirve oksijen tüketim noktası ($pikVO_2$) dır. Sonuç olarak $pikVO_2$ genellikle VO_2 maks'ı hesaplamada kullanılır (14).

VO_2 maks değeri pulmoner ve kardiyovasküler sisteme, oksijenin akciğerden kana, kandan dokulara difüzyon hızına, oksijenin miyogloblin ile kas hücreesindeki mitokondrilere kadar taşınmasına ve mitokondri enzim aktivitesine bağlıdır. Bu sistemlerin fizyolojik kapasiteleri ne kadar yüksekse VO_2 maks değeri de o kadar yüksek olacaktır (13).

Antrenman yapıldığı sürece kapiller kas yoğunluğu artar (71). Buna bağlı olarak da akciğer ve dokular seviyesinde oksijen difüzyon alanı artarak oksijen taşınmasındaki artış kolaylaşır. Kapiller yoğunluğundaki artışın kan ile kasın hücre içi mesafesinin ve de kan ile alveol arasındaki mesafeyi kısaltıp difüzyon yüzey alanının artmasına neden olduğu gösterilmiştir. Akciğer ve kas doku hacminde kapiller sayısının artmasının birim zamanda vasküler kan akım hızını arttırdığı bilinen bir gerçektir (72).

Genetiğin VO_2 maks oluşumunda %40 civarında bir oranda etkisi olduğu belirtilmektedir (23). Düzenli yapılan aerobik egzersizler yapılış seviyelerine göre VO_2 maks üzerinde önemli etkilere sahiptir (74). Büyük kas gruplarının katıldığı egzersizler sırasında VO_2 maks değerinin santral dolaşım sistemi tarafından sınırlandırıldığı gösterilmiştir (71, 73).

VO_2 maks'ın %20 artması halinde mitokondri enzim aktivitelerinin %35 arttığı gösterilmiştir (23, 46, 71, 74, 75).

VO_2 maks değeri ile yağsız vücut kitlesi arasında anlamlı bir korelasyon olduğu bilindiğinden VO_2 maks değeri erkeklerde kadınlara nazaran daha yüksektir. Erişkin bir

kadında vücut yağ oranı %26, erişkin bir erkekte vücut yağ oranı %15 düzeyindedir. Kız çocuklarında VO_2 maks değeri büyük oranda vücutlarında yağ birikme dönemi olan puberte dönemine kadar hızlıca artar. VO_2 maks değeri sedanter kadında sedanter erkeğe göre %15-30 daha düşüktür. Antrene bir kadında antrene bir erkeğe göre ise bu değer %15-20 daha az bulunmuştur. Bu oranın erkeklerde daha yüksek olmasının bir başka nedeni ise hemoglobinin miktarının erkeklerde kadınlara oranla %10-14 daha fazla olmasıdır (12, 23, 46, 55, 74).

VO_2 maks yaşla beraber azalmaktadır. Değerlendirme zorluklarına rağmen VO_2 maks ölçümü üç yaşından sonra yapılabilir. Her iki cinsiyette de VO_2 maks altı yaşında 1.0 L/dk bulunmuş ve de on yaşa kadar iki cinsiyet arasında herhangi bir fark bulunmamıştır. Büyüdükçe kızlarda 14-16 erkeklerde ise 16-18 yaşları arasında VO_2 maks en yüksek değerde bulunmuştur. Erkek çocuklarda 13-15 yaş arası artma hızı çok daha fazla olmak üzere 8 yaşından 15 yaşına kadar giderek artmaya devam etmiştir. Kız çocuklarında ise 13 yaşa kadar ilerleyici bir şekilde artmış 14 yaştan sonra belirgin bir artma olmadığı bildirilmiştir (23, 76, 77).

VO_2 maks testi kişiye protokolü önceden belirlenmiş ve yoğunluğu giderek artan egzersiz testi uygulanırken ekspire edilen gazların metabolik analiziyle yapılır. VO_2 maks ölçümü iki yolla yapılır.

1. Doğrudan yöntemle ölçüm: Egzersizdeki maksimal yüklenme sırasında ortaya çıkan oksijen karbondioksit miktarlarının oksijen ve karbondioksit gaz analizatörleri ile ölçülmesi prensibine dayanır. Breath by breath ve Douglas torbaları yöntemleri kullanılır.

2. Doğrudan olmayan yöntemle ölçüm: Submaksimal yüklenmede kalp hızı, yük, zaman, mesafe gibi parametrelerin değişiminden hesaplanır. Bu yöntem önceden hazırlanmış test protokolleriyle saha testlerinde de kullanılabilir (23, 46, 73-75).

2.4.2.2. Solunum Değişim Oranı [İng: Respiratory Exchange Ratio (RER)]

Solunum değişim oranı, karbondioksit üretiminin oksijen tüketimine oranını ifade eder (VCO_2/VO_2) ve RER olarak ifade edilir. RER vücut dokusundaki gazların değişimini sunar. Vücutta o an yakıt olarak kullanılan besin maddelerinin oksidasyonu farklı miktarda CO_2 üretimine yol açacağından; RER metabolizmada kullanılan besin ögesine (karbonhidrat, protein, yağ) de bağlıdır (78).

Dinlenme durumunda veya egzersizin başlarında VO_2 eğrisi hafifçe VCO_2 eğrisinin altına gelir. RER 0.7 iken yağın baskın bir yakıt kaynağı, 0.85 iken yağ ve karbonhidrat

karışımının yakıt kaynağı 1.0 veya yüksek değerde iken karbonhidratın baskın yakıt kaynağı olduğunu gösterir. Anaerobik eşiği geçtikten sonra metabolik olmayan karbondioksitin üretilmesi VCO_2 'yi artırır. Bu da RER değerini 1.0'in üzerine çıkartır. Bu noktadan sonra kaslarda laktat üretilirken egzersiz rahatsız edici olmaya başlar. Çünkü RER değeri doğrudan kaslarda laktat üretimi ile alakalıdır ve bu gösterilen eforu değerlendirmede objektif bir araç olabilir. KPET esnasında elde edilen solunum değişim katsayısı 1.0'in altı test için zayıf eforu 1.0 ile 1.1 arası normal eforu 1.1 ile 1.2 arası iyi düzey eforu 1.2'nin üstü mükemmel eforu ifade eder. Maksimal egzersizde solunum değişim katsayısı 1.15'ten büyük olmalıdır. Bu oran vücuda enerji tedarik etmek için kullanılan karbonhidrat ve yağın metabolize edildiğinin bir göstergesi olan solunum katsayısını (RQ) tahmin etmek içinde kullanılabilir. Orta veya yüksek yoğunluklu bir aerobik ve anaerobik bir egzersizde RQ tahmininde RER kullanılması hidrojen iyonlarının bikarbonat tamponlanmasında kullanılması gibi etkenlerden dolayı doğruluğunu kaybeder. Tüm bunlar metabolizma kararlı durumda iken geçerlidir. Bu kuralın dışında miyokardiyal veya periferik iskemi, çeşitli ventilasyon bozuklukları, test yapılan kişiyi testi yapanın yeterince motive edememesi gibi nedenlerden, endişe verici işaret ve belirtilerden dolayı testin durdurulması gibi nöromusküler kısıtlamalar da bulunur (41, 66, 79).

RER hesaplanması genellikle VO_{2max} testi gibi egzersiz testleriyle beraber katılımcının yorgunluğunun ve kardiyolojik sisteminin sınırlarına yaklaştığının bir belirteci olarak kullanılır (79).

2.4.2.3. Zirve Oksijen Tüketimi [İng: Peak VO_2 (Pk VO_2)]

Zirve VO_2 (Pk VO_2) kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında ulaşılan en yüksek VO_2 'dir. Bu genellikle egzersizin zirve noktasında görülür. Bununla beraber VO_2 eğrisi ilerleyici iş yüküne rağmen düz bir plato çizerse Pk VO_2 'ne VO_{2max} 'de denilebilir (80). VO_{2max} tekrarlanabilir en iyi kardiyopulmoner form veya yetersizlik belirtisidir (16, 64).

Normalde VO_{2max} sporcu olmayan bireylerde on yılda %8-10 azalırken, antrenmanlı düzenli ve yoğun egzersize devam eden bireylerde %5 azalır (67). Daha büyük bir kas kütlesi ve daha fazla hemoglobin sayısından ve daha büyük kardiyak vurum hacminden ötürü erkeklerde daha yüksektir (64, 81, 82). Kardiyopulmoner egzersiz testinde VO_{2max} 'ı yorumlarken yaş ve cinsiyet farklılıklarını da göz önünde bulundurmalıyız. Sonuç olarak ölçülen VO_{2max} değeri önceden tahmini olarak üretilen yaşa cinsiyete ve

boya göre üretilen deneysel değerlerle bile karşılaştırılabilir (16, 70, 83, 84). Ölçülen değer tahmin edilen değer %85'inden az ise VO_2 maks'ın azaldığı düşünülür (41).

Normalde $PkVO_2$ 'ni belirleyen faktörler; yaş, cinsiyet, egzersize katılan kas miktarı, vücut büyüklüğü ve genetik faktörler gibi değişkenlerdir. Hatta ve hatta bu egzersiz cinsinden ve kişinin motivasyonundan bile etkilenir.

VO_2 değeri baz değer olan 3.5 mL/kg/dk'dan 15 kat daha büyütülerek $PkVO_2$ değerine yükseltilebilir. Sporcular ise $PkVO_2$ değerini VO_2 değerinin 20 katından daha yükseğine çıkarabilirler (80 mL/kg/dk) (50).

2.4.2.4. Oksijen Nabızı (O_2 Pulse)

Her kalp atımında dokulara iletilen kan hacminden tüketilen oksijen miktarına oksijen nabızı denir. Stroke volümün büyüklüğüne, arteriovenöz oksijenin farklılığına ve daha da fazla kardiyak pompa rezervindeki $PkVO_2$ 'ne bağlı olabilir. Oksijen nabızı oksijen tüketiminin kalp atım hızına bölünmesiyle bulunur (VO_2/KH). Bununla beraber fick eşitliğinde yapılacak değişikliklerle oksijen nabızı SV ve arteriovenöz oksijen farkı için gösterge değer sunabilir.

$$VO_2 = (KH \times SV) \times (CaO_2 - CVO_2) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$$VO_2/KH = SV \times (CaO_2 - CVO_2) \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Sol ventriküler disfonksiyonu olanlarda ve kalp kapakçıklarında hasar olanlarda zirve egzersizde oksijen ekstrasyonu maksimal ve göreceli şekilde sabit olduğunda oksijen nabızı değeri vurum hacmi yerine de kullanılabilir (41).

2.4.2.5. Anaerobik Eşik

Anaerobik eşik [Ing: anaerobic threshold (AE)] laktik asitten kaynaklanan, asidozis olmadan ulaşılabilen en yüksek oksijen alımı olarak tanımlanabilir (85).

Kardiyopulmoner egzersiz testinin VO_2 maks'ın %50-60'a varan ilk anaerobik fazlarında solunan hava VO_2 ile birlikte paralel artış göstererek kaslarda aerobik CO_2 üretimini yansıtır. Kasların laktik asit üretiminin minimal olduğu bu fazda kan laktat seviyesi değişmez. Egzersizin ikinci yarısında egzersiz yapan kasların artan metabolik ihtiyaçları oksijen tedariki ile karşılanamadığı için anaerobik metabolizma oluşur. İşte tam bu noktada kan laktat yoğunluğunda ve kaslarda laktik asit üretilmesinde önemli derecede artış olur.

Kan laktat birikiminin başlangıcındaki VO_2 'ne laktat eşiği veya anaerobik eşik (AE) denir. AE aynı zamanda VO_{2maks} 'ın %60-70'lerinde görülen dakika ventilasyon artışının VO_2 artışından orantısız olarak fazla arttığı nokta olarak da tanımlanır (50).

AE bu seviyenin altını kapsayan günlük rutin aktiviteler için kullanışlı bir ölçüm şeklidir. AE kardiyak ve kardiyak olmayan (pulmoner ve kas iskelet) nedenlerden kaynaklanan egzersiz limitasyonlarını ayırt etmeyi yardımcı olma hususunda başarılıdır. AE'e ulaşmadan önce yorgunluk hisseden bir kişide kardiyak olmayan bir problem var demektir (86, 87). Fakat bu evrensel geçerliliği olan bir doğru değildir. Örneğin mitral darlığı olan hastalar genellikle AE'e ulaşmadan önce egzersizi bırakabilir. Diğer taraftan kronik obstruktif akciğer hastalığına sahip olan kişiler AE'i geçebilirler (50).

AE'i belirlemek için girişimsel (laktik asit veya bikarbonat ölçümü) ve girişimsel olmayan şekilde sınıflandırılabilir çeşitli yöntemler mevcuttur (24).

AE'in invaziv şekilde belirlenmesi genellikle kan ölçümü alınarak laktatın yükseliş noktasını (ya da bikarbonatın aynı zamanlı düşüş noktası) belirleyerek yapılır. Bu işlem çoklu kan örneği gerektiği için klinik sahada nadiren yapılır. Bu yöntem kullanıldığında AE kanın laktat seviyesinin yükseldiği veya bikarbonat seviyesinin düşmeye başladığı VO_2 olarak tanımlanır. Buna rağmen bunun kesin tanımı hala tartışmalıdır (70). Girişimsel olmayan yöntemler VCO_2 'deki değişim paternini gözlemlemeyi gerektirir. AE'i ölçmenin iki tane girişimsel olmayan ana yöntemi mevcuttur.

Egzersiz reçete edebilmek için anaerobik eşiği bilmek faydalı olabilir çünkü anaerobik eşik egzersiz kapasitesini tahmin etmek için kullanılan bir göstergedir. AE seviyesinin altındaki iş yüklerinde kan laktat seviyeleri düşüktür. Bu seviyelerde yüksek oksidatif kapasiteli yavaş kasılan (tip1) kasları kullanılır böylelikle birey substrata ulaşma sorunu ve kas travması harici egzersize uzun süre devam edilebilir. AE seviyesindeki iş yüklerinde kan laktat seviyeleri artar ve düşük oksidatif kapasiteli hızlı kasılan (tip 2) kullanılır. Bu durumda yük arttıkça egzersiz süresi giderek kısalır (16, 50, 64, 83).

Anaerobik eşik günlük yaşam aktivitelerini etkiler, egzersiz antrenmanları ve kondüsyonsuzluğun azaltılmasıyla, sağlıklı yaşamı uzatır. Ek olarak anaerobik eşiğin dakikada 11mL/kg altında olması veya kardiyopulmoner egzersiz testinde elektrokardiyografide iskemi olması ameliyat olacak perioperatif dönemdeki yaşlı hastaların ölüm riskini belirlemede kullanılır (88).

Anaerobik Eşik Değer ve Laktat Birikim Eşik Değeri ile Arasındaki Fark

Egzersiz yoğunluğu giderek yükseldiğinde alınan oksijen, enerji transferi için gerekli olan oksijen miktarını karşılayamayacak seviyeye gelince ATP sentezi anaerobik enerji üretimi ile desteklenir ve anaerobik süreç içerisinde kas ve kanda fazlaca laktik asit birikmeye başlar. İş yükü; giderek artan bir egzersiz testinde girişimsel olmayan gaz değişimi yöntemiyle tayin edilirse (V-Slope yöntemi) bu anaerobik eşik değer diye tanımlanır. Diğer bir tabirle kanın laktik asidi tamponlayamadığı noktadır. Laktat birikim değerleri ölçülerek tayin edilirse ‘Laktat Birikim Eşik Değer’ olarak tanımlanır. Anaerobik eşik değer ölçümü ise oksijen alımı ile pulmoner ventilasyon arasındaki doğrusal olmayan artma esasına dayanır. Şiddeti giderek artan egzersiz testinde VO_2 kasların kullandığı oksijen miktarına VCO_2 cevap olarak oluşur. Egzersiz süresi ilerledikçe kasların iş yükü artar anaerobik solunum da devreye girebilir ve VCO_2 sadece oksijen kullanımına cevap olarak değil de kan laktat tamponlanmasının sonucu olarak da yükselmeye başlar ve VCO_2 gittikçe VO_2 eğrisinden uzaklaşmaya başlar. Bu iki hacim eğrisinin birbirini kestiği noktaya da anaerobik eşik değer denir (23, 42, 46, 54, 89).

Normal Kardiyopulmoner Egzersiz Parametre Değerleri

Zirve Oksijen Tüketimi (PVO_2) > %84 (tahmin edilen değer)

Anaerobik eşik (AE) > %40 PVO_2 (40-80%)

Maksimum kalp atım hızı (KH_{maks}) %90 (Yaşına göre tahmin edilen değer)

Kalp atım yedeği (HRR) 15 atım/dk

Kan basıncı (KB) 220/90

Oksijen nabızı (O_2 pulse) (VO_2/KH) %80 (70).

2.5. Egzersiz Sırasında Kullanılan Enerji Sistemleri

Egzersiz yaparken gerekli olan enerji üç ayrı enerji transfer sistemiyle sağlanmaktadır. Bunu yaparken hangi tip enerji sisteminin kullanılacağını egzersizin süresi ve yoğunluğu belirler (23, 46).

2.5.1. Hazır enerji: ATP-PCr Sistemi (Fosfojen Sistem, Anaerobik Alaktik Sistem)

100 metre koşu, atlama, ağırlık kaldırma, 25 metre hızlı yüzme, sprint koşular gibi kısa süreli ve yoğun aktiviteler süresince hızlıca hemen devreye giren enerji transfer

sistemidir. Enerji, kas dokusu içinde bulunan fosfokreatinden ve depo ATP den sağlanır (90, 91). Kas dokusu içerisinde kilogram başına yaş kas dokusunda 5-7 mMol ATP ve 17-23 mMol PCr olduğu gösterilmiştir. Fosfojen enerji sistemi saniyeler içinde çok hızlı ve yüksek yoğunluklu aktiviteler için kullanılmaktadır. Ağırlık kaldırma, tenis servisi, sprint gibi dört saniyelik aktivitelerde depo ATP yeterli olurken, daha uzun süren diğer aktivitelerin kalan süresinde ATP üretimi fosfokreatin (PCr) den sağlanır. Aktivitede ilk dört saniyedeki enerji kaslardaki depo ATP'den sağlanırken, dört saniyeden yaklaşık on saniyeye kadar süren aktivitelerde enerji PCr'den sağlanır (12, 23).

2.5.2. Glikoliz

Yoğun kas kasılması sırasında ATP tedarikini destekleyen glikoliz: ATP üretmek amacıyla altı karbonlu glikoz molekülünün yıkımından gelen enerjiyi hasat etme işlemidir. Hafif orta şiddette egzersizde, glikoz glikolitik yolak için temel madde iken daha yoğun egzersizde glikojenden yararlanır. Bu yolak oksijen varlığında (aerobik metabolizma) ve oksijen yokluğunda (anaerobik metabolizma) iş görme kabiliyetindedir. Sonuçta hedef, çalışan kasın ATP ihtiyacını karşılamaktır. Bu bakımdan glikolitik yolak hem aerobik hem anaerobik olarak ATP üretebilen tek besin bağımlı enerji sistemidir (92).

Glikoliz ile elde edilen ATP yedek enerji olarak egzersizin hızlı başlangıcında, 100 metrelik hızlı yüzmeye, 200-400 metrelik hızlı yürümeye yarışları gibi aktivitelerde kullanılır. Yapılan fiziksel aktivitenin süresi yaklaşık üç dakika olduğunda ağırlıklı olarak bu enerji sistemi devreye girer (13).

2.5.2.1. Anaerobik Glikoliz

Glikoz veya glikojenin oksijen olmadığı zamanki yıkımına anaerobik glikoliz denir. Kas hücresinin sitozolünde gerçekleşir. Glikolizin oluşum basamakları incelendiği zaman Pi, AMP, kalsiyum ve epinefrin düzeylerinin de yüksek olduğu yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında daha aktiftir (92).

2.5.2.2. Aerobik Glikoliz

Glikoz veya glikojenin oksijen varlığında oksidasyonudur (16).

2.5.3. Oksidatif Fosforilasyon

Bu yol aerobiktir ve karbonhidrat ve yağın yakılarak onlardan enerji üretilmesi için oksijen gereklidir. Enerji üretim oranı ATP-PCr ve glikolitik sistemlere göre çok yavaş

olmasına rağmen üretilen ATP miktarı çok daha fazladır. Bu nedenle bu yol daha düşük süre ile orta şiddette aerobik egzersiz sırasında daha aktiftir (92).

Dayanıklılık aktivitelerinin yoğunluğuna bağlı olarak aerobik metabolizma ile %50-95 anaerobik metabolizma ile %5-50 arasında enerji transfer oranının değiştiği bildirilmiştir (12). Bu aktivitelerde bu enerji sistemleri açılıp kapanma gibi ayrı ayrı değil de aktivite süre ve yoğunluk özelliğine göre birbiri içine kayarak devreye girer (23, 74).

2.6. Egzersiz

Egzersiz, fiziksel aktivite ile aynı anlamda kullanılmasına rağmen aslında sağlık veya fiziksel uygunluğun geliştirilmesi veya sürdürülmesi amacıyla yapılan fiziksel aktivitelerdir. Fiziksel uygunluğa zaman içinde çok farklı tanımlamalar yapılmışsa da yaygın olan tanım boş zaman aktivitelerinde ve acil durumla karşılaşıldığında, aşırı yorulmadan yeterli enerji ile iş yapabilme becerisidir. Her türlü kas hareketlerini tanımlamak için kullanılan terim olan egzersiz fiziksel aktivitenin alt sınıfı olarak kabul edilir. Fiziksel uygunluk paternlerini geliştirme amacıyla yapılan planlı, kuvvet ve dayanıklılığı artırma, var olan bozuklukları düzeltme, vücut fonksiyonlarını artırma veya iyileştirme gibi amaçlar için yapılandırılmış sürekli aktiviteler bütünüdür. Fiziksel aktivite ise normal seviyenin üstünde enerji harcanmasını gerektiren bedensel hareketlerdir. Kardiyak, solunumsal, iskelet kas güç ve enduransı, kuvveti, dengesi, esnekliği gibi birçok uygunluk parametresi olan egzersizin hareketsizlik nedeniyle oluşan problemlerin giderilmesinde kullanılması nedeniyle kişinin sağlık yönünü koruyan iyileştiren, iyi halinin devamını sağlayan hareketler olarak tanımlanan yönü vardır (93, 94). Kısaca egzersiz fiziksel aktivitenin planlı alt dalı olan, düzenli olarak yapılan ve sağlığın bir veya birden çok bileşenini korumayı ve artırmayı amaçlayan fiziksel aktiviteleridir (94).

Organizma tarafından gerçekleştirilen kas işi de üç kategoriye ayrılabilir. Bunlar: örneğin yokuş yukarı yürürken kasların sırayla kasılıp gevşeyerek gerçekleştirdiği pozitif dinamik iş, yokuş aşağı yürümedeki gibi kas liflerinin uzamasına karşılık yapılan işin sıfır yükü ve kasılmayla yer değiştirerek yapıldığı negatif dinamik iş ve ayakta durma gibi statik postüral işlerdir.

Birçok aktivite bu işlerin çeşitli birleşimleri olarak yapılmış olur.

Eksternal mekanik iş dinamik ritmik iş olarak gerçekleştirilir. Postüral iş tamamıyla bu şekilde gerçekleştirilmez postüral işte mesafe kat edilemediğinden güç ile mesafenin çarpımı

sıfırdır. Bu iki tip işte de kimyasal enerji kullanılır. Eksternal mekanik işte enerji ile mesafe alınırken, postüral işte kas gerilimi ile postüral iş süresinin çarpımı ile doğru orantılı olacak şekilde enerji destek ısısına dönüştürülür.

Ağır kas işi sırasında kaslara dinlenme durumunda sunulan oksijenin 500 katı daha fazla oksijen sunulması gerekir. Ayrıca yapımı artan CO₂ laktik asit gibi metabolik ürünlerde uzaklaştırılmalıdır. Bu gereksinimleri karşılamak üzere solunum ve dolaşım sisteminin önemli ölçüde adaptasyon göstermesi gerekir (95).

2.6.1. Egzersiz Esnasında Kardiyovasküler Sistemdeki Akut Değişiklikler

Kardiyovasküler sistemin başlıca görevi kanla taşınan maddeleri ihtiyacı olan dokulara ulaştırmak dokularda oluşan metabolik atıkları da o dokulardan uzaklaştırmaktır. Egzersiz söz konusu olunca taşınan madde oksijen uzaklaştırılan madde ise temelde karbondioksittir ve kardiyovasküler sistemin öncelikli görevi de artan oksijen ihtiyacının karşılanmasına yönelik gerçekleşmesi gereken değişiklikleri sağlamaktır. Bundan ötürü kardiyovasküler sistemde gelişen akut etkilere cevaben akut değişiklikler olması gerekir (96). Bunlar şunlardır.

1. Egzersiz başında, hatta başlamadan hemen önce, adrenalin ve noradrenalin salgısı artar.
2. Vagal aktivite azalır
3. Oksijen kullanımı artar
4. Karbondioksit üretimi artar
5. Kan pH değeri artar
6. Egzersizin anaerobik evresinde laktat birikimi artar
7. Reaktif oksijen radikalleri artar
8. Enerji depoları hızlıca azalır

Gerçekleşen değişiklikler neticesinde aktif kasların metabolik gereksinimleri artar ve daha çok kan akımına ihtiyaç duyarlar. Sağlanan kan akımıyla artan enerji kullanımı neticesinde kaslarda dışarı atması gereken bir ısı artışı oluşur. Beyin ve kalbe giden kan akımı artar (97).

Kardiyovasküler sistem bu değişimlere kendini adapte etmek zorundadır ve bu adaptasyon yukarıda belirtildiği üzere belirli değişkenler üzerinden olur (96).

2.6.1.1. Kalp Hızı

Sıcaklık, doku gerginliği gibi lokal faktörler kalp atım hızını etkilese de kalp atımında kontrol edici temel faktör otonom sinir sistemidir.

Normal erişkinde kalp atım hızı dakikada 70 iken çocukta daha yüksek, uyku esnasında 10-20 atım daha azdır. Duygusal heyecanlanma gibi faktörler atım hızını 100'ün üzerine çıkarabilir. Dinlenim sırasında iyi bir atletin kalp hızı dakikada 50 atım civarında olabilir (38).

Birey egzersiz yapmadan önce egzersiz yapmaya niyetlendiği zaman beyinde bir algı oluşur. Kişinin kalp hızı bu beklentisel refleks ile daha egzersiz başlamadan önce artmaya başlayarak kişiyi olası bir egzersize hazırlamış olur. Bu kalp hızı yanıtını aşağıdaki şu etmenler belirler.

1. Aktivitenin tipi
2. Yaş
3. Vücut pozisyonu
4. Fiziksel uygunluk
5. Kan hacmi
6. Kullanılan ilaçlar
7. Kalp hastalığının varlığı
8. Egzersizin şiddeti
9. Çevre

Yaş arttıkça kalp yanıt hızı azalarak maksimal kalp hızı azalır. Aerobik egzersizlerde kalp yanıt hızı daha fazladır. Egzersiz başladıktan sonra kalp hızı egzersizin şiddetiyle orantılı olarak artış gösterirken, statik ve direnç egzersizlerinde kalp hızı önce artar daha sonra yavaş yavaş artış gösterir. Birçok egzersiz reçetesinde egzersiz şiddeti kalp hızı cinsinden ifade edilir. Egzersiz sırasında kalp hızında beklenen artış 1 MET'de 10 atımdır. Egzersize yanıt olarak gerçekleşen kalp hızı artışının bir sınırı vardır ve bunu belirlemenin en iyi yolu maksimal egzersiz testi yapmaktır. Egzersiz testi yaparken artan egzersiz şiddetine rağmen artmayan kalp hızı maksimal kalp hızıdır ve maksimal kalp hızına ulaşmamış olmak için üst sınır kalp hızının %80'ine ulaşmak yeterli kabul edilebilir (98). Maksimal kalp hızı genellikle $220 - \text{yaş}$ formülü ile hesaplanır fakat bu hesaplamada hata payı vardır. Maksimal kalp hızını hesaplamada kullanılan diğer başka bir formül de $207 - 0.7 \times (\text{yaş})$ 'tır. Kalp hızı aerobik egzersizlerde maksimal kalp hızına erişinceye dek egzersiz

şiddetiyle doğru orantılı olarak artarken, statik egzersizlerde bu artış daha az, dirençli egzersizlerde ise tekrar sayısı ile doğru orantılıdır (96, 98-100).

2.6.1.2. Atım Volümü

Atım volümü kalbin her bir ventrikülünün tek vuruşta vücuda gönderdiği kan miktarıdır ve diyastolik ve sistolik sol ventrikül volümleri arasındaki fark olarak hesaplanır. Mitral yetersizlik aort yetersizliği gibi durumlarda bu hesaplama yanıltıcı olabilir. Egzersiz sırasında atım volümünün maksimal miktarı üç katına kadar artış şeklinde olabilir. Bu artış dört yolla gerçekleşir.

1. Kasılabilirlik artar.
2. Ventriküllerin gerilebilirliği artar
3. Önyük (preload) artar
4. Artyük (afterload) azalır

Sempatik sistem aktivasyonu ve artan aks hareketleri sebebiyle venlerin artan kasılmasının venöz dönüşü artırmasıyla önyük artar. Artışın temel nedeni budur. Her iki ventrikülde de artmış venöz dönüş diyastol sonu ventrikül haciminde artışa neden olurken, artan kasılma ve azalan artyük ventrikülün sistol sonu hacminde azalma meydana getirir. Oluşan bu fark atım volümünde toplamda artışa neden olur (101).

Egzersiz sırasında vücut ısısı artar ve vücut artan ısıyı dengelemek için deriye doğru olan kan akımını artırır ve terleme mekanizması aktive edilir. Terleme sonunda oluşan sıvı kaybı uzun süren egzersiz sırasında kan volümünü azaltarak önyükte azalamaya, önyükteki azalmaya da artan egzersiz yoğunluğunu karşılayamayacak derecede atım volümünde azalmaya neden olarak erken yorulmaya sebebiyet verebilir. O nedenle egzersiz sırasında kaybedilen sıvının takviyesi atım volümünün artışını sürdürüp egzersizin devamlılığını sağlaması bakımından çok önemlidir (101).

Artyükün azalması adrenerjik beta reseptörlerin uyarılmasına ve kaslarda oluşan metabolitlerin yerel etkilerine bağlıdır. Kontraktilite artışı ise kalpteki beta reseptörlerin uyarılması yanında artan önyükün frank-starling mekanizması üzerine yaptığı etki sonucudur (101).

Egzersizde diyastol sonu volümün artması ve sistol sonu volümün azalması ejeksiyon fraksiyonunda artma durumunu ifade eder.

Egzersiz esnasında atım volümü 1.5-2 kat artabilir. Bu artış antrenman durumu iyi olan kişilerde daha fazladır. Bir üst sınırı var olan atım volümündeki sınıra aerobik egzersizlerle daha çabuk ulaşılır. Statik egzersizde başlangıçta artış olmazken egzersiz sonlandırıldığında tepkisel bir artış olur, direnç egzersizlerindeki artış azdır yada hiç yoktur (102).

2.6.1.3. Kalp Debisi

Sağlıklı kişilerde kardiyak output (KO) egzersiz sırasında oksijen alımıyla doğrusal bir şekilde artış gösterir. Atım hacmi kalp atım sayısının artması VO_2 'ni artırır. Zirve egzersizlerde kardiyak output 5 kat artabilir ve 25 L/dk olur (103). Egzersiz sırasında atım sayısı ve atım volümü arttığı için kalp debisi (kardiyak output) artar. Aerobik egzersizde kalp debisindeki artış egzersiz şiddetiyle plato yapana dek doğru orantılı olarak artar. Artış miktarı kalp hızı ve atım volümünü etkileyen tüm etmenlerden etkilenir ve elit atletlerde 25 katına kadar çıkabilir. Artış miktarı aerobik egzersizde daha fazla oluyorken statik ve dirençli egzersizlerde orta dereceli bir artış olur (102).

Sporcu olmayanlarda 3-5 kat aktif sporcularda 5-8 kat artabilen KO'un değeri normal bireyler için 5 L'dir. Mitral darlığı olanlarda egzersiz esnasında ölçülmüş ortalama KO değeri 9.5 L, sedanterlerde 20L, sporcularda ise 30.4 L'dir (23).

2.6.1.4. Kan Basıncı

Sistolik kan basıncı: Aerobik egzersizde sistolik kan basıncında periferik direncin azalmasına rağmen atım volümündeki artıştan dolayı bir artış olur. Sistolik kan basıncı atım volümünün plato yapmasıyla beraber plato yapar. 220 mmHg'yı geçmemesi gereken sistolik basınç egzersiz esnasında bu değerin üzerine çıkarsa egzersiz sonlandırılır (96).

Statik egzersizler esnasında da sistolik kan basıncı periferik dirençteki artıştan dolayı yükselir. Artışın mekanizması aerobik egzersizdeki artışın mekanizmasından farklıdır. Direnç egzersizlerinde sistolik kan basıncı değişmez veya hafif azalır (104).

Diyastolik kan basıncı: Her egzersiz tipinde ortalama kan basıncının hesaplanması sistolik veya diyastolik basınçlar ile ilgili olduğu için ortalama kan basıncı toplamda artar. Diyastolik kan basıncı periferik direncin azalmasıyla beraber aerobik egzersiz esnasında bir miktar azalır veya sabit kalırken statik egzersizde azalabilir sabit kalabilir veya artabilir (96).

2.6.1.5. Oksijen Tüketimi

Egzersizizin vücudun oksijen ihtiyacını artırması, vücudun bunu karşılaması için kalp debisinde artışa neden olur. Oksijen tüketimindeki değişiklikler özellikle aerobik egzersizlere kalp debisindeki değişimlere paralellik gösterir. Arteriovenöz oksijen farkı hemoglobinin dokularda oksijene afinitesinde azalmayla beraber hemoglobinin taşıdığı oksijen miktarının azalmasıyla beraber azalır (105).

2.6.2. Kardiyovasküler Sistemin Egzersiz Sürecine Uyum

Kardiyovasküler sistemin egzersiz sürecine uyumunda merkezi komut, kas kontraksiyonu başlatan refleksler, baroreseptör reflekslerini içeren sinirsel faktörler, lokal kimyasal faktörler birlikte görev alırlar.

Sinirsel faktörlerden merkezi komut sempatik sinir sisteminin serebrokortikal aktivasyonu sonucu kalbin hızlanmasını, miyokardın kontraksiyon gücünün artışı ve periferik vazokonstriksiyon cevabının doğmasını sağlar. Refleksler de mekanoreseptörlerin (örneğin uzama ve gerilme ile), kemoreseptörlerin (örneğin kas kontraksiyonuna cevaben ortaya çıkan metabolik ürünler ile) uyarılması sonucu aktive edilirler ve bu reseptörlerden kalkan ince miyelinli (grupIII) ve miyelinsiz (grupIV) tipi afferent sinir lifleriyle merkeze iletilirler (20). Reseptörler duyarlı oldukları enerji formundaki değişiklikleri sinir iletimine çeviren yapılardır. Örneğin temas duyusunu alan reseptör mekaniksel enerjiyi sinir impulsu haline çevirir. Isı reseptörü; ısı enerjisindeki değişimleri sinir impulsu haline çevirir. Baroreseptörler de basınç enerjisine yani mekaniksel enerjiye çok duyarlıdır. Çok az bir basınç enerjisi veya basınç enerjisindeki çok küçük değişimler baroreseptörleri çok etkileyebilir. Vasküler kemoreseptörler egzersiz süresince kardiyovasküler sistem cevabının düzenlenmesinde önemlidirler (35).

2.6.3. Egzersiz Sonucu Santral ve Periferik Dolaşımda Meydana Gelen Değişimler

2.6.3.1. Ilımlı Orta Dereceli Egzersiz ve Etkileri

Antrene olmuş insan ve hayvanlarda fiziksel etkinliğin kalbe ulaşan vagal sinir uyarılarını azaltarak sempatik boşalmayı artırdığı tahmin edilmektedir. Medullanın parasempatik bölgelerinin inhibisyonuyla beraber eş zamanlı olarak sempatik bölgelerinin aktivasyonu kalp hızında ve miyokardın kasılma gücünde artışa neden olur ve bu da taşikardiye neden olabilir. Taşikardi ve artmış kasılma gücü de kardiyak debiyi artırır (38).

Periferik Direnç

Kardiyak uyarılma durumunda sempatik sinir sistemi deride, böbrekte, dalak bölgesinde ve inaktif kaslarda sempatik etkinlik ile damar direncini artırarak periferik damar direncini artırmış olur ve kan akımını bu bölgelerden başka bölgelere çevirir. Vasküler dirençteki bu artış egzersiz süresince kalıcı olur.

Egzersiz şiddetindeki ilerleyici yükselmeyle beraber kardiyak debi ve aktif kaslara doğru olan kan akımı giderek artarken dalak ve böbrek gibi iç organların damarlarına doğru olan kan akımı ise azalır. Bu yükselmeyle miyokardın kan akımı artar, beyin kan akımı ise değişmez. Deri kan akımı egzersiz başlangıcında azalırken egzersiz süresindeki uzamaya ve şiddetindeki artışa bağlı vücut sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak artar. Vücut oksijen tüketimi maksimum değerine ulaşmasıyla birlikte deri kan akımı azalır.

Uzun süreli egzersize en büyük dolaşımsal uyum aktif kasların damarlarında gerçekleşir. Vazoaktif maddelerin lokal üretimi direnç damarlarında belirgin bir gevşemeye yol açar ve bu gevşeme; egzersiz şiddetindeki artışla beraber artar. Potasyum kontraksiyon yapan kaslardan salgılanan vazodilatör maddelerden biridir ve uzun süreli egzersizde gerçekleşen adenoazin salınımı ve doku pH'sının düşmesiyle birlikte damar direncindeki azalmadan sorumlu faktörlerdendir. Metabolitlerin bölgesel birikimi terminal arteriollerini gevşetir ve iskelet kaslarına doğru olan kan akımı istirahat seviyelerinin 15–20 kat üzerine çıkar. Egzersiz başlangıcından çok geçmeden aktif kaslardaki damarlarda metabolik dilatasyon gelişir. Total periferik direncin (TPD) azalması kalbin daha az yük altında daha etkili bir pompalama yaparak TPD'yi değişmediği koşullara göre daha etkili bir pompalanma sağlamış olur.

Egzersiz süresince kapiller dolaşım önemli miktarda artar. İstirahat koşullarında küçük bir yüzdesi perfüzyon yapan kapillerin; aktif kontraksiyon yapan kasta tamamı veya çok büyük kısmında kapiller toplanma dediğimiz kan akımı sağlanarak gaz, su ve suda eriyen maddelerin değişimini sağlamak için yüzey alanı çoğu zaman artırılır. Buna ek olarak direnç damarlarının gevşemesinden dolayı kapillerdeki hidrostatik basınç artmasıyla su ve suda eriyen maddeler kas dokusuna yönelir. Böylelikle doku basıncı artar ve sıvının sürekli kapillerden dışarı olan hareketi sayesinde egzersiz süresince yüksek kalır ve artan doku sıvısı lenfatiklerin yardımıyla uzaklaştırılır. Kontraksiyon yapan kasların masaj yapıcı etkisi ve artan kapiller hidrostatik basınç sayesinde kapak içeren lenf damarlarındaki lenfatik akım da artar.

Kontraksiyon yapan kastan çıkan arteriovenöz kandan oksijen çıkışı yüksek olduğu için arteriovenöz oksijen farkı artar. Egzersiz süresince oksihemoglobin çözünmesindeki artış sonucunda kandan oksijen serbestlenmesi artar. Egzersiz süresince yüksek CO₂ konsantrasyonu ve artan laktik asit üretimi doku pH değerini düşürür.

Kontraksiyon yapan kaslardaki sıcaklık artışı oksihemoglobin çözünme eğrisini sağa kaydırıp hemoglobinden daha fazla oksijen serbestlenmesini sağlayarak gereksinimi olan dokulara daha fazla oksijen aktarılmasını sağlar. Parsiyel oksijen basıncındaki (PO₂) herhangi bir azalma da eritrositler içindeki hemoglobine daha az oksijen bırakarak, dokulara daha fazla oksijen ulaşmasını sağlar. Kan akımı 15 kata kadar çıkabilirken oksijen tüketimi 60 kata kadar çıkabilir (38).

Kardiyak Debi

Her kasılmada ventrikül tarafından damarlara atılan kan hacmine vurum hacmi denir ve normalde insanda vurum hacmi ortalama 70 mL olmakla birlikte çeşitli yaşam koşullarında 140 mL'ye hatta atletlerde 200mL ye kadar yükselebilir. Bir ventrikülden dakikada atılan kan miktarına kalp debisi denir. Kalp debisi ventriküllere diyastolde gelen kan miktarına, kalbin kontraksiyon kuvveti ve atım sayısına bağlıdır.

$$\text{Kalp debisi} = \text{kalbin atım sayısı} \times \text{kalbin vurum hacmi} \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Vurum hacmi 70 mL olan bir kalbin dakikada atım sayısı 70 ise kalp debisi 4900 mL'dir. Atletlerde çoğu zaman vurum hacmi arttığı halde atım sayısı azaldığından kalp debisi değişmez (106).

Egzersiz sırasında artmış sempatik etki ve azalmış parasempatik inhibisyon devam ettiği için taşikardi görülür. İş yükü, çalışma temposu orta seviyede ve sabit ise kalp hızı belli seviyeye erişerek egzersiz süresince burada kalır. Yoğun tempoda egzersiz süresince çalışma yükü artarsa kalp hızı 180 atım/dk gibi bir platoya varana kadar giderek artar. Kalp atım hızı artışındaki bu artış gerçekleşirken vurum hacmi artışı %10-35 gibi bir miktarda yükselir. Bu hacim artışındaki yükseliş iyi antrene bireylerde daha yüksek seviyelerde görülür. İyi antrene olmuş mesafe koşucularında vurum hacmi 2 katına kadar çıkabilirken kardiyak debi 6-7 katına kadar artış gösterebilir (38).

Egzersiz süresince kardiyak debi artışı temelde kalp hızı artışı ile ilişkilidir. Kardiyak debi artışı egzersiz başından orta seviyede bir iş yüküne kadar hem kalp hızı hem atım

hacmine bağılı iken, orta iş yükünden sonra sadece kalp atım hızına bağılıdır. Egzersizde kardiyak debi artış ve kalp hızı artış cevapları hayvanlarda baroreseptörler denerve edilip, normal baroreseptör inervasyonuna sahip olan aynı hayvanlarınkı ile karşılaştırıldığı zaman küçük kalır. Fakat tam kardiyak denervasyon yapılan köpeklerde egzersiz normal köpeklerdeki kadar kardiyak debi artışına neden olur. Çünkü kardiyak debideki bu artış başlıca artan atım hacmi ile sağlanır. β -adrenerjik reseptör blokörleri; kardiyak hızlanmayı ve dolaşımdaki katekolominlerin yükselişinin sebep olduğu kontraktilite artışını bariz şekilde engeller. Bu yüzden kardiyak denervasyon yapılan köpeklere β -adrenerjik reseptör antagonistleri verilirse egzersiz performansları başarısız olur. Buna bakarak kardiyak debideki artışın maksimal egzersiz performansının sınırını oluşturduğunu söyleyebiliriz (36, 38).

Venöz Dönüş

Venöz dönüş venlerden sağ atriya bir dakikada akan kan miktarıdır. Venöz dönüş ve kalp debisi kanın kalpte ve akciğerlerde geçici olarak biriktirdiği veya uzaklaştırdığı birkaç vuruş dışında eşit olmak zorundadır (107).

Vücudun egzersize katılan ve egzersize katılmayan kısımlarındaki depo damarlarının sempatik sistem aracılığı ile kasıldığını bildiren makalelere göre yardımcı pompalama eyleminde bulunan; çalışan iskelet kasları ve solunum kasları venöz dönüşü yardımcı olurlar. Aralıklı olarak kasılan kasların venlerde sağladığı basınç kan akımını venlerdeki kapakların kanı kalbe yönlendiren yapısıyla birlikte kanı sağ atriya pompalar. Egzersiz sırasında daha derin ve sık solunumla daha negatif hale gelen intratorasik basınç abdominal ve torasik venler arasındaki ilerleme basıncını artırarak venöz kanın kalbe dönüşüne katkı sağlar (38).

Merkezi venöz basıncın sabit olduğu değerlerde önemli bir değişiklik olmadan kalbe ulaşan venöz kanın büyük hacmi, etkili biçimde akciğerlere ve oradan da aorta pompalanır. Böylece orta şiddetteki bir egzersizde Frank-Starling mekanizmasına göre daha büyük başlangıç lif uzunluğu daha büyük atım hacminden sorumlu olmaz. Egzersiz sırasında kalp büyüklüğünde azalma olduğu istirahat eden ve egzersiz yapan bireylerin x-ışını filmleri ile gösterilmektedir. Bununla birlikte maksimum veya maksimuma yakın egzersiz süresince sağ atriyum basıncı ve diyastol sonu ventrikül hacmi azalır. Bu da Frank-Starling yasasına göre çok şiddetli egzersizde atım hacminde artış olduğunu göstermiş olur (38).

Kan Basıncı

Kan basıncı egzersizin başlamasıyla birlikte artmaya başlar egzersiz performansının şiddetiyle kabaca doğru orantılı olarak artar bunun nedeni kardiyak debideki artışın total periferik dirençteki düşüşe oranla daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Şayet egzersizde kullanılan kaslar koşu yüzme gibi vücudun kas kitlesinin büyük bir kısmını kapsıyorsa total damar direncindeki düşme önemli olabilir. Sempatik sinir sistemi tarafından üretilen vazokonstriksiyon sağlayan maddeler ve adrenal medulladan salgılanan katekolaminlerin hatırı sayılır miktarı normal veya artmış kan basıncının sürdürülebilmesi için önemlidir.

İlave kaslar işe karıştığı zaman sempatik sinir sisteminin aktivitesi iskelet kaslarında vazokonstriksiyona neden olabilir. Deneyler bir bacak maksimum çalışırken diğer bacakta çalışmaya başladığı zaman kan akımının maksimum düzeyde çalışan ilk bacakta azaldığını göstermiştir.

Egzersiz süresince norepinefrin düzeyi artar. Sempatik sinir sistemi tarafından salgılanan norepinefrin savaş ya da kaç nörotransmitteri olarak bilinir. Norepinefrin egzersiz sırasında kalp hızını artırma gibi işlevlerden sorumludur. Artmış sempatik tonusun norepinefrin salgılamasıyla birlikte peristaltik dalgaları yavaşlatabileceği doğru olmakla birlikte bu durum sadece yüksek egzersiz yoğunluğunda belirgin olarak ortaya çıkar. En fazla norepinefrin aktif kaslardaki sempatik liflerden salgılanır (38, 108).

Egzersiz süresince vücut sıcaklığı arttığı için hipotalamusun ısı düzenleyici merkezinin termal yolla uyarılmasıyla deri damarları genişleyerek TPD'in düşmesine neden olur. Kardiyak debideki artışla böbrek dalak gibi organ ve diğer dokulardaki vazokonstriksiyonla TPD'teki düşme kan basıncında azalmaya neden olur (38).

Egzersiz süresince ortalama arteriyel basınçtaki artış çoğunlukla kardiyak debideki artışa bağımlı olarak yükselir. Buna rağmen TPD'teki geniş kapsamlı düşüşün kan basıncına yansımalarının artan kardiyak debinin etkisiyle maskelenmesi ile ortalama kan basıncı sadece hafifçe yükselir. Aktif olmayan dokuların damarlarındaki vazokonstriksiyon normal arteriyel basıncın sürdürülmesiyle birlikte aktif dokuların yeterli derecede perfüzyonuna yardımcı olur. Egzersiz süresince anlık ortalama arteriyel basınç, kardiyak debi ve TPD'in etkisiyle dengeye ulaşır. Sistolik basınç genellikle diyastolik basınçtan daha fazla artar. Bu da nabız basıncının artmasına neden olur. Daha büyük nabız basıncı; daha büyük atım hacmine, kanın sol ventrikülden daha hızlı fırlatılmasına, ventriküler fırlatma süreci içerisinde periferik

kaçışın azalmasına bağlanabilir (38). Sistolik pulmoner basınç egzersizde artar, pulmoner vasküler yatakta kalan yetersiz perfüzyon alanlarının vasküler sisteme katılmasıyla birlikte pulmoner vasküler direnç düşer. Sistemik dolaşımda sistemik basınç artar ama diyastolik basınç değişmez (109).

2.6.3.2. Şiddetli Egzersiz ve Etkileri

İskelet kasları ağır egzersizde dinlenme durumuna göre 50 kata daha hızlı metabolik faaliyet gösterebilir (11). Şiddetli yorucu egzersiz süresince telafi edici mekanizmalarda yetersizlik başlar. Kalp hızı ortalama 180 atım/dk maksimum hızına ulaştığı zaman atım hacmi bir platoya erişir ve ondan sonra kalp hızı kan basıncının düşüşü ile sonuçlanabilecek şekilde azalabilir. Bununla birlikte dengeli düzey egzersizi birkaç saat sürdüğünde ve egzersiz ılık veya sıcak bir ortamda gerçekleşirse kalp atım hızı ve kalp atım hacminin cevabı belirsizlik gösterir. Kişi sıklıkla dehidrate olur. Deri damarlarındaki vazodilatör etki yerini sempatik vazokonstriktör etkiye bırakır ama deri damarlarının vazokonstriksiyonu ısı kaybı oranında azalır. Vücut sıcaklığı egzersizle beraber artmasına rağmen şiddetli egzersiz süresince cildin vazokonstriksiyonu yüzünden ısı kaybının azalması çok yükselen vücut sıcaklıklarında akut yoksunluğa yol açabilir. Laktik asit ve CO₂ üretimindeki artış yüzünden doku ve kanın pH'ı azalır. Düşük pH değeri muhtemelen dayanılabilecek maksimum egzersiz seviyesini belirleyen faktördür. Tükenmenin subjektif hissi, kas ağrısı ve egzersizi sürdürme isteğinin kaybı egzersiz dayanıklılığını belirler (36, 38).

2.6.4. Egzersizde Kas Kan Akımı Değişiklikleri

Ağır egzersiz dolaşım sisteminin karşılaştığı en zor durumlardandır çünkü vücutta ağır egzersiz esnasında hepsi de yüksek kan akımına ihtiyaç duyan çok sayıda büyük bir iskelet kası kütlesi bulunmaktadır.

Dinlenme durumunda vücut 100 g kas dokusu başına 3-4 mL/dk kan akımına ihtiyaç duyulmaktadır. Yoğun egzersiz esnasında bu miktar 15-20 kat artarak 50-80 mL/dk düzeyine yükselebilir.

Egzersizde kas kasılması esnasında kan akımı zayıflar. Bunun nedeni kasılan kasın kan damarlarına bası yapmış olmasıdır. Kan damarları üzerinde güçlü ve uzun süreli olan bir tetanik kasılma sırasında kan akımı tamamen durabilir. Bu da aynı zamanda kasılmanın hızla zayıflamasına neden olabilir.

Kas dokusunda dinlenme esnasında bazı kapiller hiç açılmazken veya açıklık minimal düzeydeyken yoğun egzersiz esnasında tüm kapiller açılır. Bu kapillerin açılması kas liflerine difüze olması gereken maddelerin difüze olacağı uzaklığı azaltarak oksijen ve besin gibi maddelerin difüze olabileceği kapiller yüzey alanının iki üç kat artmasına katkıda bulunur.

İskelet kas aktivitesi sırasında kan akımında görülen büyük artışın nedeni çeşitli kimyasal etkenlerin kas arteriyollerine etki ederek damarlarda vazodilatasyona yol açmasıdır. En önemli kimyasal etkilere biri de kas dokularında oksijenin azalmasıdır.

Egzersiz sırasında kasların ihtiyaç duyduğu büyük miktardaki kan akımını karşılamak için dolaşım sisteminde üç önemli etki ortaya çıkar.

- Vücutta sempatik sinir sisteminin uyarılması sonucunda bütün dolaşımın uyarılması
- Kalp debisinin artması
- Arteriyel basıncın artması

Kütle sempatik şarjın etkilerini açıklamak gerekirse egzersiz esnasında kalp üzerine olan parasempatik etki azaltılarak kalbin hızlı atması sağlanır. Aynı anda periferik dolaşım arteriollerini güçlü bir şekilde kasılırken aktif kaslardaki arterioller vazodilatör etkiler nedeniyle genişletilir. Bütünlüğü bozulmamış normal bir dolaşımda toplam kan hacmi sabittir ve bir bölgedeki kan akımı artışı diğer bölgelerdeki kan akımı azalmasıyla sağlanır. Bununla birlikte sol ventrikül debisi ve kanın gideceği bölgelerde oluşan arter kasılmaları ile oluşan direnç, vücudun farklı bölgelerinde dolaşan kanın dağılımını belirler. Bu şekilde vücudun kas dışı dokulara kan akımı azaltılarak bu bölgelerin kanı kaslara ödünç verilerek kaslara dakikada fazladan iki litre oksijen sağlar.

Egzersiz sırasında arteriyel basıncın artması önemlidir. Laboratuvar şartlarında kaslar en üst düzeyden uyarıldığı sırada arteriyel basınç artışı engellenirse nadir olarak kas kan akımı sekiz kattan fazla artabilir. Fakat mesela maraton koşucularında normalde 1L/dk olan kan akımı ihtiyacının egzersiz sırasında 20 L/dk'ya çıkabildiği bilinmektedir. Bu yüzden kas kan akımının ihtiyacı karşılamak için laboratuvar şartlarındakinden çok daha fazla artması gerektiği açıktır. İşte oluşan bu farkı gideren de arteriyel basınç artışıdır. Damarlara olan ilave basınç kan damarlarının duvarlarını gererek toplam akımı 20 katından fazla artırabilir.

Devam eden kas işinin sınırlarının belirlenmesinde kalp debisinin oksijen ve diğer besin maddelerin dağıtım yeteneğini artırmak kasın kendi gücünü artırmak kadar değerlidir (38, 107).

2.6.5. Ventilasyon Perfüzyon İlişkisi

Pulmoner ventilasyon, havanın dış ortam ve akciğerler arasında nefes alma nefes verme yoluyla hareketi anlamına gelir (39). Perfüzyon oksijenden fakir kanın akciğerlerden geçmesi ve tekrar oksijenlenmesi sürecidir (38).

Ventilasyon ve perfüzyon akciğerlerin fonksiyonlarında temel bileşenler olmasına rağmen her ikisi de normal gaz değişimini sağlamada yetersizdirler. Akciğerlerde kan ile perfüze olmasına rağmen bu dokunun havalanmadığını düşündüğümüzde akciğerlerde ventilasyon perfüzyon tamamen normalken bu bölgede havalanma olmadığı için gaz değişimi gerçekleşmez. Ventilasyon olmadan bu dokuya girip çıkan kan değişmez ve oksijensiz kalır. Tam tersi bir durumda akciğerlerde ventilasyonun normal fakat perfüzyonun olmadığı durumu hayal edelim. Bu alana giren çıkan gaz buraya kan akışı olmadığı için alveoller gaz değişimine katılmayacaktır. Ventilasyon Perfüzyon Oranı (V/Q) ventilasyonun kan akışına oranıdır. Bu oran tek bir alveol, bir grup alveol veya tüm akciğer için de tarif edilebilir. Normal bireylerde alveoler ventilasyon ve kan akışı, gaz değişim alanlarına eşit şekilde dağılır. Alveoler ventilasyon pulmoner kan akışından biraz azdır. Dinlenme durumundaki normal bireylerde alveoler ventilasyon 4 L/dk iken pulmoner kan akımı yaklaşık 5 L/dk'dır. Bu şekilde akciğerlerdeki ventilasyon perfüzyon oranı yaklaşık 0.8 olmakla beraber bu değer farklı akciğer kesimlerinde büyük değişiklikler gösterir. Ventilasyon ve kan akımı uyuşmamışsa hem oksijenin hem karbondioksitin taşınması bozulur.

V/Q normal olması akciğerlerde ventilasyon perfüzyonun normal olduğu anlamına değil ventilasyon perfüzyon arasındaki ilişkinin normal olduğu anlamına gelir (38).

Egzersiz esnasında dakika solunum sayısı artışıyla beraber doğrusal bir şekilde artış gösterir ve yaklaşık olarak istirahat değerlerinden 10 kat artabilir. Pulmoner kan akımına göre daha fazla artan ventilasyon sonucunda toplam alveolar ventilasyon/perfüzyon oranı artış gösterir. Orta dereceli egzersizde V/Q değişmezken V ve Q ayrı ayrı artıklarından hem ortalama ventilasyon hem ortalama perfüzyon artar. Bunun sonucunda da akciğerlerin egzersize bağımlı olarak etkinliğinin arttığını ve daha çok çalıştığını söyleyebiliriz. Mikst

venöz PO₂ egzersiz sırasında belirgin olarak düşer. Bunun sebebi ise VO₂'nin kalp debisine göre daha çok artmasıdır.

Egzersizde arteriyel PO₂ düzeyleri ise genellikle aynı kalır. Arterial parsiyel karbondioksit basıncı (PCO₂) düzeyi kanda oluşan yüksek laktat değerlerinin asidoz oluşturmaya kadar normal kalır. Alveolo-arter oksijen gradiyenti egzersiz seviyesi arttıkça ilerleyici şekilde yükselir ve maksimal egzersiz düzeyinde 20 mmHg'a çıkar. Elit sporcularda ise bu değer 40 mmHg'ı bulabilir. Gradiyentteki artış ağır egzersiz sırasında meydana gelen gaz değişimindeki yetersizliği gösterir. Bu artışın bir miktar V/Q dengesizliğinden oluştuğu düşünülse de daha çok alveolo-kapiler difüzyon kısıtlanmasına bağlıdır. Yapılan bazı deneylerdeki elit sporculardaki ağır egzersizlerde subklinik pulmoner ödem geliştiğinin görülmesi gaz değişimindeki bozulmayı açıklayabilir (109).

2.7. Egzersiz Performansının Sınırları

İnsan vücudunda iskelet kas performansını sınırlayan başlıca faktörler oksijen tüketim hızı ve kaslara oksijen teminidir. Egzersiz yaparken ilave kaslar eklendiği zaman da kasların VO₂maks değeri değişmez veya hafifçe artar. Büyük kas gruplarının yer aldığı bisiklet çevirme gibi bir egzersize bu egzersiz şiddetinde herhangi bir değişiklik olmadan iki taraflı kol egzersizinin ilavesi sadece küçük miktarda kardiyak debi ve VO₂maks artışına neden olur. Fakat kol egzersizinin ilavesi bacaklara giden kan akımını azaltır. Maksimum kardiyak debi süresince baroreseptör refleksi aracılığıyla merkezi vazokonstriksiyon, kan basıncının düşmesini engeller. Böyle bir şey olmasaydı aktif kaslarda metabolik yollarla gelişen vazodilatasyon olurdu. Kasların oksijen kullanımı egzersiz performansını belirlemede kritik bir faktör değildir. Eğer kasların oksijen kullanımı önemli bir sınırlandırıcı faktör olsaydı daha fazla kontraksiyon yapan kaslar artan oksijen ihtiyacını karşılamak için çok daha fazla oksijen kullanırlardı.

Kanın akciğerlerde yeteri kadar oksijenlenmemesi veya kaslara oksijen taşıyan kanın hedef dokulara iletilmesindeki yetersizlik oksijen tedarikinin sınırlandırılmasına yol açar. Deniz seviyesinde en yorucu egzersizde arteriyel kan tam olarak oksijene doyurulabildiği için kanın akciğerler tarafından oksijenasyonu yetersizliği hesaba katılmayabilir. Kan akımı arteriyel kanın oksijen içeriği gibi faktörler normal olduğu için aktif kaslara oksijen serbestlenebilme becerisi kas performansında sınırlandırıcı faktör olarak gözükabilir. Bu sınırlandırmaya kritik düzeylerin ötesindeki kardiyak debi artış yetersizliği sebep olabilir. Bu yetersizliğe de VO₂maks'a ulaşmadan önce kalp hızı maksimum seviyelerine ulaştığı için

atım hacmi sınırlanması sebep olur. Bu nedenle kas performansını sınırlandıran en büyük etmen kalbin pompalama kapasitesi olan kalp debisidir (38).

Zirve egzersiz kapasitesi kardiyovasküler sistemin egzersiz yapan kaslara oksijen taşımaya kandan gerekli oksijeni iletme yeteneği olarak tanımlanabilir (110). Sonuç olarak egzersiz toleransı: pulmoner gaz değişimi, kardiyovasküler performans, periferel vasküler ağı içeren iskelet kası metabolizması olarak üç faktörle belirlenir (50).

Sağlıklı bireylerde egzersiz sırasında vücudun artmış oksijen ihtiyacını karşılamak için, ihtiyaç olan oksijen doğrultusunda oksijen taşınmasını karşılayacak şekilde ventilasyon ve kardiyak output artar. Egzersiz sırasında temelde egzersizi sınırlandıran şey KO'dur (103).

2.8. Egzersiz İntoleransı

Yorgunluk veya egzersiz intoleransı spesifik olmayan, kronik hastalıklarla ilintili veya bunların sonucu olan bir semptomdur (93). Egzersiz intoleransı (fonksiyonel aerobik bozukluk) anormal olarak düşük VO_2 maks olarak tanımlanır. Egzersiz intoleransı Fick denkleminde VO_2 maks'ı belirleyen dört değişkenden birinde olan anormallikle oluşturabilir. Maksimal kalp atım hızında azalma, maksimal stroke volümde azalma, arter kanındaki maksimum oksijen miktarında azalma veya dinlenim durumunda venöz miks kandaki oksijen miktarındaki artış egzersiz intoleransı geliştirecek durumlar olabilir. Örneğin konjesif kalp yetmezliği olan bir hastada, stroke volümü azalması sonucunda diğer değişkenler de VO_2 maks'ın azalması yönünde değişip sonuç olarak hastanın VO_2 maks kapasitesini düşürecektir (111-113). Diğer taraftan akciğer, iskelet kasları ve hematalojik sistem rahatsızlıkları, arteryal ve mik venöz kan, oksijen içeriğini etkileyerek VO_2 maks üzerinde önemli etkiye sahip olurlar (50).

2.9. Egzersiz Sonrası Toparlanma

Herhangi bir egzersizden sonra organizmanın normal istirahat değerlerine dönmesine toparlanma denir. Toparlanma fiziksel aktivitede bulunan bireylerin aktivitelerden sonraki yüklenmelerden sonra oluşan yorgunluğun en iyi derecede giderilmesi bireyin aktivite öncesi duruma geri dönebilmek için kişinin bedensel ve ruhsal olarak yenilenmesi olarak tanımlanmaktadır (114, 115).

Egzersiz durduğu zaman kalp üzerindeki sempatik hakimiyet devre dışı kalır, kalp hızı ve kalp debisi hızlıca azalır. Kasta egzersiz süresi boyunca vazodilatör maddeler birikip

anında uzaklaştırılmadığı için TPD egzersiz durduktan sonra da bir süre daha düşük kalır. Kardiyak debideki azalmanın ve kaslardaki vazodilatasyonun sonucunda arteriyel basınç kısa bir süre için egzersiz önceki değerinin de altına düştükten sonra kan basıncı, baroreseptör refleksleri sayesinde normal düzeyinde sabitlenir (38).

Egzersiz süresinde tükenmiş olabilen kastaki ATP-PCr ve glikojenle karaciğerlerdeki glikojen egzersiz sonrası dönemlerde yenilenmektedir (116).

Yoğun antrenmanlardan sonra dinlenebilmenin sağlanması için laktik asitin vücuttan uzaklaştırılmış olması gerekmektedir (117). Egzersiz sonrası toparlanma; egzersiz sonucunda oluşan metabolik atıkların uzaklaştırılması, enerji maddelerinin yeniden sentezlenmesi, vücut sıcaklığı ve oksijen tüketiminin azaltılması gibi birçok faktöre bağlıdır (118).

2.10. Futsal ve Aerobik Gereklilikleri

Maç analizleri ve kalp hızı görüntüleme teknikleri bizlere futsalın aerobik ve anaerobik yolların önemli rol aldığı aralıklı yüksek yoğunluklu bir oyun olduğunu gösteriyor (8). Son zamanlarda küçük alanlarda oynanan oyunların futbolda aerobik kondisyonu geliştirmek için geçerli bir eğitim yöntemi olduğu kanıtlandı (119).

Bu nedenle profesyonel futsal oyuncularının da antrenman ve oyuna katılımları sonucunda gelişmiş bir aerobik kondisyona sahip olabileceği varsayılabilir.

Castagna ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadan elde ettiği veriler profesyonel seviyede oynanan futsalın aerobik ve anaerobik yolları kullanan yüksek yoğunluklu aktivite içeren bir spor branşı olduğunu göstermiştir (2). Yine Alvarez ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada profesyonel futsal oyuncularının VO_{2max} değeri ve anaerobik eşikteki VO_2 değeri yarı profesyonel futsal oyuncuların budeğerlerinden anlamlı şekilde yüksek olduğu bildirilmiştir (4).

Bu veriler ışığında profesyonel seviyede oynanan futsalın yüksek düzeyde fiziksel yeterlilik gerektirdiğini ve bu yeterlilik düzeyinin sporcunun seviyesini belirlemede etkili olduğu söylenebilir.

Bu tez çalışmasında amaç: elit düzeyde futsal aktivitesi yapan görme engelli (az gören) sporcuların egzersizle alakalı fizyolojik parametrelerinin belirlenmesidir. Bu amaçla; Türkiye Görme Engelliler Federasyonu B2 – B3 liginde oynayan profesyonel ve elit B2-B3 seviyesinde görme engelli futsal oyuncularından oluşan sporcuların egzersiz kapasitesi ile

alakalı fizyolojik değerlerini KPET ile değerlendirip, elit ve profesyonel düzeyde farklılığın olup olmadığı ve sporcuların egzersiz ile alakalı fizyolojik kapasitelerini bu spor branşı için rapor edilen dünya verileri ile kıyaslayarak mevcut sporcuların değerlerinin ne durumda olduğu değerlendirildi.



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı

Bu tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulunun 31.05.2019 tarih ve 24237859- 450 sayılı yazısı ile onaylanmıştır (Ek 1).

3.2. Çalışmaya Katılan Kişilerin Seçimi

Çalışmaya Türkiye Görme Engelliler Federasyonu'na kayıtlı B2-B3 Futsal Birinci Ligi'nde elit düzeyde oynayan lisanslı şu anda milli olan, önceden milli olmuş, milli takımın son kampına katılmış ama seçilememiş ve milli olmayan sporcular alındı. En son turnuvada milli olmuş sporcular elit futsalcı kategorisinde değerlendirilirken diğer birinci ligde oynayan sporcular profesyonel futsalcı kategorisinde değerlendirildi. Bir sporcunun doldurduğu bilgi ve onam formundan sonra kalbinden operasyon geçirdiği anlaşıldı. Bu sporcu riske edilmeyip teste alınmadı. Çalışmaya toplam 18 adet sporcu katıldı.

Çalışmaya başlamadan önce her bir sporcu için bilgi ve onam formu ve de bilgilendirilmiş onam formu doldurtuldu.

3.3. Egzersiz Testi Bilgi ve Onam Formu

Bireyleri egzersiz testine almadan önce var olan riskleri belirlemek ve oluşabilecek limitasyonları önceden kestirebilmek ve daha sağlıklı yorumlayabilmek adına kişinin genel sağlığı ile ilgili kullandığı ilaç, aile öyküsü gibi ve kendisi ile ilgili sigara kullanımı, diyabet ve tansiyon vs. gibi durumlarını sorgulayan anket dolduruldu. Bu form Ek 2'de yer almaktadır. Formu doldurup ve onaylayıp risk grubunda olmadığı anlaşılmış olan kişiler teste alındı.

3.4. Bilgilendirilmiş Onam Formu

Egzersiz testine alınacak sporculara yapılacak uygulamaları ve varsa olası risklerini anlatan, onları bilgilendiren ve onaylarını isteyen onam formu verildi ve teste başlamadan önce okumaları istendi. Bunları okuyup onaylayan gönüllü sporcular çalışmaya kabul edildi. Bilgilendirilmiş onam formu Ek 3'te yer almaktadır.

3.5. Çalışma Tasarımı

Çalışmaya başlamadan önce araştırmanın amaç ve kapsamı sporculara anlatıldı ek olarak kendilerine sağlayabileceği faydalar ve oluşması muhtemel yan etkiler anlatılarak

bilgilendirildi. Çalışmaya gönüllü olan sporculara çalışma ve uygulama hakkındaki detaylar anlatılıp gerekli bilgilendirmeler yapıp KPET testine alındılar.

3.6. Ölçümler

3.6.1. Vücut Kitle İndeksi (VKİ)

Bireyin kilogram cinsinden ağırlığının metre cinsinden boy uzunluğunun karesine oranı anlamına gelen ve yağsız vücut ağırlığı hakkında değerlendirme yapmaya imkân sağlayan VKİ ölçümü ‘Tanita Body Composition Analyzer TBF-300 (FEED)’ marka cihaz kullanılarak yapıldı. Ölçümler sırasında cihazın metal aksamı temizlendi, sporcudan çoraplarını çıkartıp ayaklarının topuk ve uç kısımlarının cihazın metal kısmına değmesi gerektiği uyarısı yapılarak üzerinde bulunan fazladan eşya ve metaller çıkarttırılıp test öncesinde vücut analizi için gerekli ölçümler yapıldı.

3.6.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

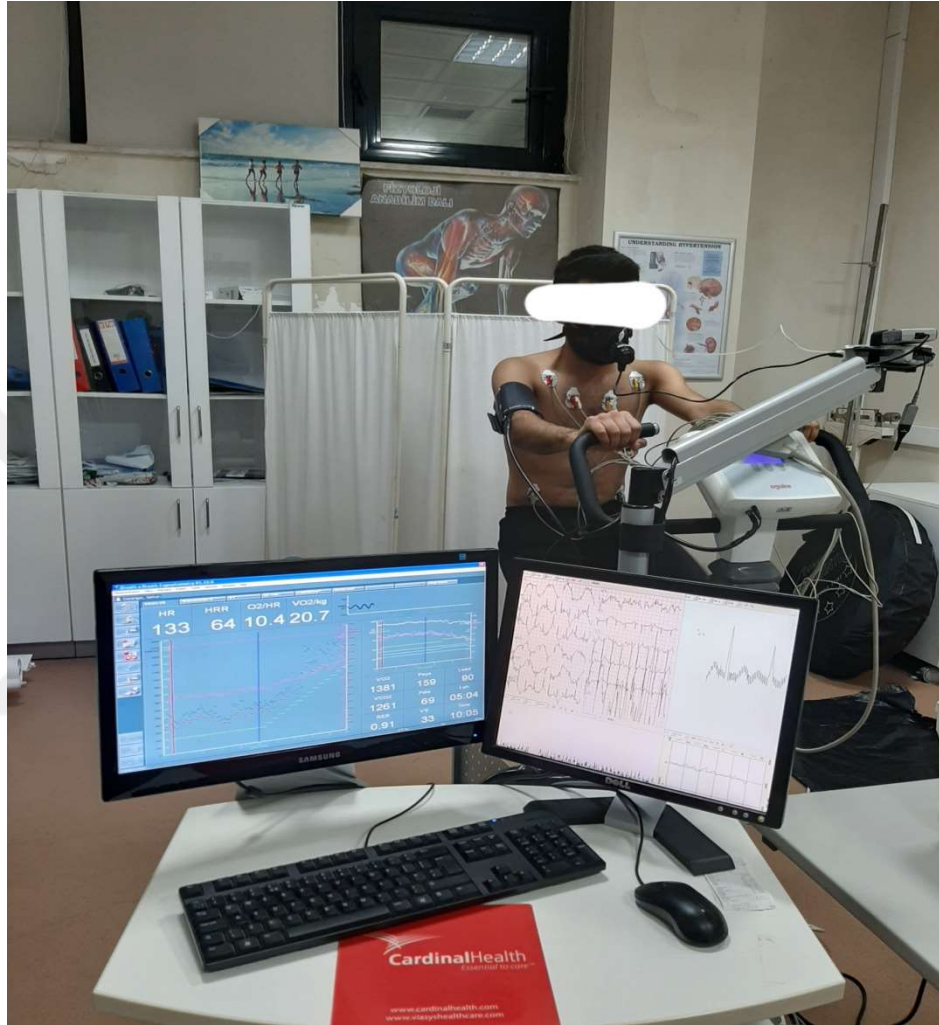
Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında VIA sprint 150P marka bisiklet modülü, bilgisayara entegre QRS-card, 12 derivasyonlu EKG (Cardinal Health, Norristown, ABD), pulse oksimetre, ergometre ve gaz analizatörü donanımlı Cardinal Health marka KPET cihazı, (Norristown, ABD) kardiyopulmoner egzersiz testi ünitesi testi verilerinin kayıt ve analizi için Lab Manager 4.0 yazılımı kullanıldı. Test sırasında iki dakikada bir tansiyon takibi ergoline marka tansiyon aleti ve ergoline marka tansiyon monitörü ile yapıldı.

Sporcuların testten en az iki saat öncesine bir şey yiyip içmemelerine, rutinleri dışına çıkmamalarına, yorulmamalarına, test öncesi kafein içeren içecekler içmemelerine dikkat edildi.

Gaz maskesi sporcular teste başlamadan önce ve sonrasında dezenfekte edildi. Maske sporcunun burun kısmına yerleştirildikten sonra sporcuların konforları sorgulandı. En iyi hissedeceği ve hava almayacak şekilde maske yerleştirildi. Her testten önce gaz analizatörleri atmosfer havası ve karışımı bilinen bir gaz havası ile kalibre edildi. Her sporcu için 12 derivasyonlu EKG kullanıldı. ‘Breath-by-breath’ yöntemi ile her beş saniyede ölçüm yapan bir sistemle ölçüm yapılarak solunum gaz değerleri takibi yapıldı.

Egzersiz testi için bisiklet ergometresi kullanıldı. Test sporcuların bisikleti çevirme hızı dakikada 60 devir olacak şekilde tasarlandı. Her sporcu beş dakika süreyle pedalları 20 Watt’lık iş gücünde ısınma ile başlayıp ısınma dönemi sonunda ergometrenin gücü bilgisayar kontrolünde 20 saniyede 5 watt olacak şekilde artırılarak çevirdi. Sporculardan pedalı tükenme noktasına kadar çevirmesi ve bunu yaparken nefes tutmamaları istendi.

Tükenme noktasına gelen sporcu eli ile işaret verdi ve test sonlandırıldı. Test sonlandırıldıktan sonra sporcular toparlanması ve soğuması için 10 dakika boyunca dakikada 30 devir hızı ve 20 watt gücünde pedalları çevirmeye devam ettiler.



Resim 1. KPET testi gerçekleştiren örnek sporcu

3.7. İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS 22.0 (Statistical Package for Social Sciences Inc. Chicago, IL, ABD) programıyla değerlendirildi. Öncelikle elde edilen verilerin normal dağılım gösterip göstermedikleri histogram grafiği, varyasyon katsayısı, Kurtosis (basıklık-sivrilik) değeri ile Skewness (çarpıklık/asimetri) değeri, Detrended plot grafiği ve Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak değerlendirildi. Histogram grafiğinin dengeli bir şekilde dağılması, varyasyon katsayısının %30 değerinden daha küçük olması, standart sapmanın iki katının Kurtosis ve

Skewness değerlerinden büyük olması, Detrended plot grafiğinin düzenli bir patern göstermemesi ve Kolmogorov-Smirnov test değerinin 0.05'ten büyük olması normal dağılım lehine olarak kabul edildi. Bu beş değerlendirmenin en az üçünden normal dağılım lehine özellik gösteren ölçümler parametrik, diğerleri non-parametrik olarak kabul edildi. İki grup arasındaki karşılaştırmada parametrik (normal) dağılım gösteren veriler (yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, yağ kütlesi, yağ oranı, yağsız vücut ağırlığı, su miktarı, VO₂ başlangıç, VO₂ tahmin edilen, VO₂ AE (anaerobik eşikteki oksijenin tüketim değeri), VO₂ İYmaks (maksimum iş yükündeki oksijen tüketim değeri) , VO₂ İYmaks tahmin edilen yüzde (maksimum iş yükündeki oksijen tüketiminin olması beklenen oksijen tüketiminin yüzde kaçında gerçekleştiği değeri), VE (dakika ventilasyonu), VE beklenen yüzde, KH AE (anaerobik eşikteki kalp hızı), KH İYmaks (maksimum iş yükündeki kalp hızı) , KH İYmaks beklenen (maksimum iş yükünde gerçekleşen kalp hızının beklenenin yüzde kaçında gerçekleştiği), İYmaks (ulaşılan maksimum iş yükü), İYmaks beklenen yüzde (ulaşılan maksimum iş yükü değerinin beklenenin yüzde kaçında gerçekleştiği değeri), İY AE (anaerobik eşikte ulaşılan iş yükü) , İY AE beklenen yüzde (anaerobik eşikte ulaşılan iş yükünün beklenen değere yüzdesi), O₂/KH oranı (oksijen nabızı), VO₂maks bağımsız gruplar t testi, non-parametrik dağılım gösteren veriler VKİ (vücut kitle indeksi), KH başlangıç, O₂/KH AE (anaerobik eşikteli oksijen nabızı), O₂/KH İYmaks (maksimum iş yükündeki oksijen nabızı) Mann-Whitney U testi kullanılarak değerlendirildi. Güven aralığı 0.95 olarak alındı. P değerinin 0.05'ten küçük olması anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Araştırmaya katılan sporculara ait tanımlayıcı veriler Tablo 1’de sunulmuştur. Sosyodemografik açıdan yapılan karşılaştırmada gruplar arasında anlamlı fark yoktu ($p>0.05$) (Tablo 1).

Çalışma kapsamında değerlendirilen parametrelerin gruplar arasında yapılan karşılaştırmada O₂/KH AE değeri dışındaki diğer tüm parametreler açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0.05$) (Tablo 2).

Tablo 1. Gruplar arası sosyodemografik karşılaştırma

Değişkenler	Grubu	Katılımcı	Ortalama	Standart Sapma	P değeri
Yaş	Elit	9	25.889	4.96096	0.648
	Profesyonel	9	27.222	7.03167	
Boy	Elit	9	173.67	4.272	0.481
	Profesyonel	9	171.67	7.14143	
Vücut ağırlığı	Elit	9	69.737	5.810212	0.368
	Profesyonel	9	66.956	6.86187	
VKİ	Elit	9	23.1	1.43962	0.895
	Profesyonel	9	21.8	4.48386	
Yağ kütlesi	Elit	9	10.622	2.79364	0.448
	Profesyonel	9	9.5111	3.24748	
Yağ oranı	Elit	9	13.644	2.42028	0.302
	Profesyonel	9	12.742	6.06419	
Yağsız vücut ağırlığı	Elit	9	59.722	4.43051	0.554
	Profesyonel	9	58.422	4.67915	
Su miktarı	Elit	9	43.711	3.25977	0.401
	Profesyonel	9	42.3	3.66674	

Tablo 2. Verilerin gruplar arası karşılaştırması

Değişkenler	Grubu	Katılımcı	Ortalama	Standart Sapma	P değ.
VO ₂ başlangıç	Elit	9	9.3222	2.07472	0.739
	Profesyonel	9	9.8444	4.12465	
VO ₂ başlangıç tahmin edilen	Elit	9	10.4444	2.91638	0.568
	Profesyonel	9	11.0667	1.32193	
VO ₂ AE	Elit	9	28.2222	7.27681	0.189
	Profesyonel	9	23.4444	7.50668	
VO ₂ İYmaks	Elit	9	41	6.72923	0.196
	Profesyonel	9	37.2111	5.06173	
VO ₂ İYmaks tahmin edilen yüzde	Elit	9	95.3333	16.97056	0.292
	Profesyonel	9	87	15.46771	
VE	Elit	9	79	20.63977	0.374
	Profesyonel	9	71.6667	12.36932	
VE beklenen yüzde	Elit	9	77.1111	18.20333	0.543
	Profesyonel	9	71.6667	18.92749	
KH başlangıç	Elit	9	87.7778	11.07675	0.536
	Profesyonel	9	91.7778	15.87276	
KH AE	Elit	9	132.556	18.13912	0.821
	Profesyonel	9	130.111	26.24616	
KH İYmaks	Elit	9	167.556	16.00087	0.65
	Profesyonel	9	164.111	15.60805	
KH İYmaks beklenen	Elit	9	86.3333	8.26136	0.754
	Profesyonel	9	85.1111	7.97566	
İY maks	Elit	9	202.222	25.01389	0.064
	Profesyonel	9	176.111	30.49362	
İY maks beklenen yüzde	Elit	9	85.3333	10.14889	0.323
	Profesyonel	9	78.5556	17.13995	
İY AE	Elit	9	125	39.37004	0.571
	Profesyonel	9	113.889	42.03999	
İY AE beklenen yüzde	Elit	9	55.8889	20.45999	0.55
	Profesyonel	9	50.3333	18.04162	
O ₂ /KH dinlenim	Elit	9	7.5333	1.91833	0.631
	Profesyonel	9	7.0589	2.17743	
O ₂ /KH AE	Elit	9	16.8556	8.23971	0.03
	Profesyonel	9	11.8333	1.85472	
O ₂ /KH İYmaks	Elit	9	19.7889	9.59381	0.102
	Profesyonel	9	15.1556	1.93527	
O ₂ /KH İYmaks beklenen	Elit	9	113.444	19.83123	0.597
	Profesyonel	9	108.667	17.63519	
VO ₂ maks	Elit	9	41.9667	5.52404	0.294
	Profesyonel	9	38.7	7.13618	

Çalışmaya elit diye sınıflandırılan, milli takım geçmişi olan 9 oyuncu da dâhil olmak üzere 18 adet görme engelli B2-B3 birinci liginde aktif oynayan sporcu katıldı. Sporcuların ortalama yaşı 26.56 ± 5.94 , elit oyuncuların ortalama yaşı 25.89 ± 4.96 , profesyonel oyuncuların ortalama yaşı 27.22 ± 7.03 olarak tespit edildi. En yüksek katılımcı yaşı 43 en düşüğü 19 elit oyuncularda en yüksek katılımcı yaşı 36, en düşük katılımcı yaşı 20, profesyonel oyunculara en yüksek katılımcı yaşı 43 en düşük katılımcı yaşı 19'dur. P değeri 0.648 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 1).

Sporcuların boyu cm cinsinden ölçüldü. Çalışmaya katılan tüm sporculara ait ortalama boy 172.67 ± 5.80 cm, elit oyuncuların ortalama boyu 173.67 ± 4.27 cm, profesyonel oyuncuların ortalama boyu 171.67 ± 7.14 cm olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek boy 180 cm en düşük boy 158 cm, elit oyuncularda en yüksek boy 178 cm en düşük boy 166 cm, profesyonel oyuncularda en yüksek boy 180 cm en düşük boy 158 cm olarak ölçüldü. P değeri 0.481 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 1).

Sporcuların vücut ağırlığı kg cinsinden ölçüldü. Çalışmaya katılan tüm sporculara ait ortalama ağırlık değeri 68.34 ± 6.33 kg, elit oyuncuların ortalama vücut ağırlığı 69.73 ± 5.81 kg, profesyonel oyuncuların vücut ağırlığı 66.96 ± 6.86 kg olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek vücut ağırlığı 83.3 kg en düşük vücut ağırlığı 55.7 kg, elit oyuncularda en yüksek vücut ağırlığı 83.3 kg, en düşük vücut ağırlığı 64.6 kg, profesyonel oyuncularda en yüksek vücut ağırlığı 77.3 kg en düşük vücut ağırlığı 55.7 kg olarak ölçüldü. P değeri 0.368 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 1).

Sporcuların vücuttaki yağ kütlesi kg cinsinden ölçüldü. Çalışmaya katılan tüm sporculara ait ortalama ağırlık 10.07 ± 2.99 kg, elit oyuncuların ortalama ağırlık değeri 10.62 ± 2.79 kg, profesyonel oyuncuların ortalama ağırlığı 9.51 ± 3.24 kg olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek ağırlık 15.7 kg en düşük ağırlık 4.0 kg, elit oyuncularda en yüksek ağırlık 15.7 kg en düşük ağırlık 7.2 kg, profesyonel oyuncularda en yüksek ağırlık 14.5 kg, en düşük ağırlık 4.0 kg olarak ölçüldü. P değeri 0.448 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 1).

Sporcuların vücuttaki yağ oranı yüzde olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan tüm sporculara ait ortalama yüzde $\%13.22 \pm 3.53$, elit oyuncuların ortalama yüzdesi $\%13.64 \pm 2.42$, profesyonel oyuncuların ortalama yüzdesi $\%12.74 \pm 4.62$ olarak tespit edildi Katılımcılar arasında en yüksek yüzde $\%18.7$ en düşük yüzde $\%7.2$. elit oyuncularda en yüksek yüzde

%16.6 en düşük yüzde %10.2, profesyonel oyunculara en yüksek yüzde %18.7, en düşük yüzde %7.2 olarak ölçüldü. P değeri 0.302 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 1).

Sporcuların vücutlarındaki su miktarı kg olarak ölçüldü. Çalışmaya katılan tüm sporculara ait ortalama ağırlık 43.01 ± 3.44 kg, elit oyuncuların ortalama ağırlığı 43.71 ± 3.25 kg, profesyonel oyuncuların ortalama ağırlığı 42.30 ± 3.66 kg olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek ağırlık 51.00 kg en düşük ağırlık 37.80 kg, elit oyuncularda en yüksek ağırlık 51.00 kg en düşük ağırlık 39.90 kg, profesyonel oyunculara en yüksek ağırlık 47.90 kg en düşük ağırlık 37.80 kg olarak ölçüldü. P değeri 0.401 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 1).

Sporcuların vücut kitle indeksi kg/m^2 olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan tüm sporcuların ortalama değeri 22.45 ± 3.29 kg/m^2 , elit oyuncuların ortalama değeri 23.10 ± 1.43 kg/m^2 , profesyonel oyuncuların ortalama değeri 21.80 ± 4.48 kg/m^2 olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 26.30 kg/m^2 en düşük değer 11.70 kg/m^2 , elit oyuncularda en yüksek değer 26.30 kg/m^2 en düşük değer 21.60 kg/m^2 , profesyonel oyuncularda en yüksek değer 25.80 kg/m^2 en düşük değer 11.70 kg/m^2 olarak ölçüldü. P değeri 0.895 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo1).

Sporcuların maksimal oksijen tüketim değeri mL/kg/dk olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan tüm sporcuların ortalama VO_2maks değeri 40.33 ± 6.41 mL/kg/dk , elit oyuncuların toplam ortalama değeri 41.96 ± 5.52 mL/kg/dk , profesyonel oyuncuların ortalama değeri 38.7 ± 7.13 mL/kg/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 53.6 mL/kg/dk , en düşük değer 29.4 mL/kg/dk , elit oyuncularda en yüksek değer 50 mL/kg/dk en düşük değer 29.9 mL/kg/dk , profesyonel oyunculara ait en yüksek değer 53.6 mL/kg/dk en düşük değer 29.4 mL/kg/dk olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.294 bulunup istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların dinlenme durumunda VO_2 başlangıç değeri mL/kg/dk olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan tüm sporcuların ortalama VO_2 başlangıç toplam değeri 9.55 ± 3.18 mL/kg/dk , elit oyuncuların ortalama değeri 9.32 ± 2.07 mL/kg/dk , profesyonel oyuncuların ortalama değeri 9.84 ± 4.12 mL/kg/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 17.2 mL/kg/dk , en düşük değer 5.3 mL/kg/dk , elit oyuncularda en yüksek değer 12.3 mL/kg/dk en düşük değer 6.6 mL/kg/dk , profesyonel oyunculara en yüksek değer

17.2 mL/kg/dk en düşük değer 5.3 mL/kg/dk olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.739 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların olması beklenen (yaş, cinsiyet ve ırk özelliğine göre) VO_2 başlangıç değeri mL/kg/dk cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporculardan beklenen ortalama tahmini değer 10.76 ± 2.22 mL/kg/dk, elit oyuncular toplam ortalama tahmin değeri 10.44 ± 2.92 mL/kg/dk, profesyonel oyuncular ortalama tahmin değeri 11.07 ± 1.32 mL/kg/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek tahmini değer 14.9 mL/kg/dk, en düşük değer 5.3 mL/kg/dk, elit oyuncularda en yüksek tahmin değeri 12.8 mL/kg/dk en düşük tahmin değeri 5.3 mL/kg/dk, profesyonel oyunculara en yüksek değer 12.7 mL/kg/dk en düşük değer 8.8 mL/kg/dk olarak tahmin edildi. İki grup arasındaki p değeri 0.568 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların anaerobik eşikteki VO_2 değeri mL/kg/dk cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ortalama VO_2 değeri 25.83 ± 7.58 mL/kg/dk, elit oyuncuların ortalama değeri 28.22 ± 7.28 mL/kg/dk, profesyonel oyuncuların ortalama değeri 23.44 ± 7.51 mL/kg/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 37.8 mL/kg/dk en düşük değer 16.7 mL/kg/dk, elit oyunculara ait en yüksek değer 37.8 mL/kg/dk en düşük değer 18.2 mL/kg/dk, profesyonel oyunculara ait en yüksek değer 34.9 mL/kg/dk en düşük değer 15.7 mL/kg/dk olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.189 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların maksimum iş yükündeki VO_2 değeri mL/kg/dk cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ait ortalama değeri 39.11 ± 6.10 mL/kg/dk, elit oyuncuların ortalama değeri 41.00 ± 6.72 mL/kg/dk, profesyonel oyuncuların ortalama değeri 37.21 ± 5.06 mL/kg/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 49.3 mL/kg/dk en düşük değer 38.2 mL/kg/dk, elit oyuncularda en yüksek değer 49.3 mL/kg/dk en düşük değer 26.6 mL/kg/dk, profesyonel oyunculara en yüksek değer 48.8 mL/kg/dk en düşük değer 28.2 mL/kg/dk olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.196 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların maksimum iş yükünde oyuncularda gerçekleşmesi beklenen VO_2 değerinin yüzde de kaçını gerçekleştirdikleri % olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporculara ait ortalama yüzde değeri $\%91.17 \pm 16.32$ olarak, elit oyuncuların ortalama yüzde değeri $\%95.33 \pm 16.97$, profesyonel oyuncuların ortalama yüzde değeri $\%87.00 \pm 15.47$ olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer $\%115$ en düşük değer $\%60$, elit

oyuncularda en yüksek deęer %115 en dūřuk deęer %60, profesyonel oyuncularda en yüksek deęer %115 en dūřuk deęer %61 olarak ۆlüldü. İki grup arasındaki p deęeri 0.292 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiřtir (Tablo 2).

Sporcuların VE sayısı L/dk cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporculara ait dakika ventilasyon ortalama değeri 75.33 ± 16.93 L/dk, elit oyuncuları dakika ventilasyon ortalama değeri 79 ± 20.63 , profesyonel oyuncuları dakika ventilasyon ortalama değeri 71.76 ± 12.37 olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 106 L/dk, en dūřuk değer 37 L/dk, elit oyuncuları en yüksek değer 106 L/dk, en küçük değer 37 L/dk, profesyonel oyunculara en yüksek değer 88 L/dk, en dūřuk değer 52 L/dk olarak ۆlüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.374 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların başlangıç kalp atım hızı değeri atım sayısı/dk olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ortalama kalp atım hızı değeri 89.78 ± 13.44 atım/dk elit oyuncuları ortalama kalp atım hızı değeri 87.78 ± 11.07 atım/dk, profesyonel oyuncuları ortalama kalp atım hızı değeri 91.78 ± 15.87 atım/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında gerçekleşen en yüksek değer 113 atım/dk, en dūřuk değer 69 atım/dk, elit oyuncuları en yüksek değer 101 atım/dk, en dūřuk değer 69 atım/dk, profesyonel oyuncuları en yüksek değer 113 atım/dk, en dūřuk değer 70 atım/dk olarak ۆlüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.543 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların anaerobik eşikteki kalp atım hızı 1/dk cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ortalama değeri 131.33 ± 21.92 1/dk, elit oyuncuları ortalama değeri 132.56 ± 18.13 1/dk, profesyonel oyuncuları ortalama değeri 130.11 ± 26.24 1/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek atım değeri 167 1/dk, en dūřuk atım değeri 90 1/dk, elit oyuncuları en yüksek atım değeri 167 1/dk en dūřuk atım değeri 106 1/dk, profesyonel oyunculara ait en yüksek atım değeri 180 1/dk, en dūřuk değer 90 1/dk olarak ۆlüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.821 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların maksimum iř yükündeki kalp atım hızı 1/dk cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ortalama değeri 165.83 ± 15.44 1/dk, elit oyuncuları ortalama değeri 167.56 ± 16.00 1/dk, profesyonel oyuncuları ortalama 164.11 ± 15.60 1/dk olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek atım değeri 202 1/dk, en dūřuk değer 141 1/dk, elit oyuncuları en yüksek değeri 202 1/dk, en dūřuk değeri 151 1/dk, profesyonel

oyuncuların en yüksek değeri 189 l/dk, en düşük değeri 141 l/dk olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.650 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların ulaştıkları maksimum iş yükü değerinde gerçekleşmesi beklenen kalp atım sayısının beklenen atım sayısının yüzde kaçını olarak gerçekleştiği yüzde olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ortalama yüzdesi 85.72 ± 7.90 , elit sporcuların ortalama yüzdesi 86.33 ± 8.26 , profesyonel oyuncuların ortalama yüzdesi 85.11 ± 7.97 olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek yüzde %105, en düşük yüzde %77, elit oyuncuların en yüksek yüzdesi %105 en düşük yüzdesi %77, profesyonel oyuncuların en yüksek yüzdesi %95 en düşük yüzdesi %72 olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.754 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların ulaştıkları maksimum iş yükü watt cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan bütün sporcuların ulaştıkları maksimum iş yükü ortalama değeri 189.17 ± 30.21 watt, elit oyuncuların ulaştıkları maksimum iş yükü ortalama değeri 202.22 ± 25.01 watt, profesyonel oyuncuların ulaştıkları maksimum iş yükü ortalama değeri 176.11 ± 30.49 watt olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 240 watt, en düşük değer 135 watt, elit oyuncularda en yüksek değer 240 watt, en düşük değer 170 watt, profesyonel oyunculara en yüksek değer 225 watt, en düşük değer 135 watt olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.064 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların kendilerinden beklenen maksimum iş yükünün yüzde kaçını yaptıkları yüzde cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporcuların ortalama yüzde değeri 81.94 ± 17.13 , elit oyuncuların ortalama yüzdesi 85.33 ± 10.14 , profesyonel oyuncuların ortalama yüzdesi 78.56 ± 17.13 olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek yüzde %108, en düşük yüzde %51, elit oyuncuların en yüksek yüzdesi %101, en düşük yüzdesi %76, profesyonel oyuncuların en yüksek yüzdesi %108 en düşük yüzdesi %51 olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.550 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların anaerobik eşikteki gerçekleştirdikleri iş yükleri watt cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporcuların ortalama iş yükü değeri 119.44 ± 39.92 watt, elit oyuncuların ortalama iş yükü değeri 125.00 ± 39.37 watt, profesyonel oyuncuların

ortalama iş yükü değeri 113.89 ± 42.03 watt olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 200 watt, en düşük değer 55 watt, elit oyuncuların en yüksek değeri 180 watt, en düşük değer 55 watt, profesyonel oyuncuların en yüksek değeri 200 watt, en düşük değeri 70 watt olarak ölçülmüştür. İki grup arasındaki p değeri 0.571 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporculardan anaerobik eşikte gerçekleştirmesi beklenen iş yükünü yüzde olarak kaçını gerçekleştirdikleri % olarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporcuların ortalama yüzde değeri 53.11 ± 18.93 , elit oyuncuların ortalama yüzdesi 55.89 ± 20.45 , profesyonel oyuncuların ortalama yüzdesi 50.33 ± 18.04 olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek yüzde %79.00, en düşük yüzde %23, elit oyuncuların en yüksek yüzde %83 en düşük yüzde %23, profesyonel oyuncuların en yüksek yüzde %80 en düşük yüzde %30 olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.550 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların dinlenme oksijen nabızı (O_2/KH) mL cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporcuların ortalama oksijen nabızı 6.93 ± 2.01 mL, elit oyuncuların ortalama değeri 7.53 ± 1.91 mL, profesyonel oyuncuların ortalama değeri 6.33 ± 2.1 mL olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 10.10 mL, en düşük değer 4.20 mL, elit oyuncuların en yüksek değer 10.10 mL, en düşük değer 4.70 mL, profesyonel oyuncuların en yüksek değer 10.00 mL, en düşük değer 4.20 mL olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.631 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Sporcuların anaerobik eşikte O_2/KH değeri mL cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporcuların ortalama değeri 14.34 ± 6.34 mL, elit oyuncuların ortalama değeri 16.86 ± 8.23 mL, profesyonel oyuncuların ortalama değeri 11.83 ± 1.85 mL olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 37.80 mL, en düşük değer 9.50 mL, elit oyuncuların en yüksek değeri 37.80 mL, en düşük değeri 9.80 mL, profesyonel oyuncuların en yüksek değeri 14.90 mL, en düşük değer 9.50 mL olarak ölçüldü. İki grup arasındaki p değeri 0.03 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Tablo 2).

Maksimum iş yükünde O_2/KH değerine mL cinsinden değerlendirildi. Çalışmaya katılan sporcuların ortalama değeri 17.47 ± 7.12 mL, elit oyuncuların ortalama değeri 20.99 ± 20.45 mL, profesyonel oyuncuların ortalama değeri 15.16 ± 1.93 mL olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek değer 44.10 mL en düşük değer 12.10 mL, elit

oyuncularda en yüksek deęer 44.10 mL en dūřuk deęer 15.20 mL, profesyonel oyunculara en yüksek deęer 17.30 mL en dūřuk deęer 12.10 mL olarak lld. İki grup arasındaki p deęeri 0.102 olup istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiřtir (Tablo 2).

Maksimum iř yükünde O₂/KH deęerleri beklenenin yüzde cinsinden % kaı olarak gerçekleřtięi deęerlendirildi. Çalıřmaya katılan sporcuların ortalama deęeri %111.06±18.37, elit oyuncuların ortalama deęeri %113.44±19.83, profesyonel oyuncuların ortalama deęeri %108.67±17.63 olarak tespit edildi. Katılımcılar arasında en yüksek deęer %140 en dūřuk deęer %71, elit oyunculara en yüksek deęer %140 en dūřuk deęer %71, profesyonel oyunculara en yüksek deęer %137 en dūřuk deęer %82 olarak lld. İki grup arasındaki p deęeri 0.597 olup istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiřtir (Tablo 2).

Tablo 3. Görme engelli futsalcıların tamamına ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler

Parametre	Kişi sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standard sapma
Yaş (yıl)	18	19	43	26.56	5.9430
Boy (cm)	18	158.00	180.00	172.67	5.8000
Kilo (kg)	18	55.70	83.30	68.34	6.3313
Yağ kütlesi (kg)	18	4.00	15.70	10.07	2.9937
Vcttaki yağ yüzdesi	18	7.20	18.70	13.22	3.5384
Yağsız vct ağırlığı (kg)	18	51.70	69.60	59.07	4.4707
Vcttaki su miktarı	18	37.80	51.00	43.01	3.4430
VKİ	18	11.70	26.30	22.45	3.2990

Tablo 4. Elit görme engelli futsalcılara ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler

Parametre	Kişi sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standard sapma
Yaş (yıl)	9	20	36	25.89	4.9609
Boy (cm)	9	166.00	178.00	173.67	4.2720
Kilo (kg)	9	64.60	83.30	69.72	5.8101
Yağ kütlesi (kg)	9	7.20	15.70	10.62	2.7936
Vücuttaki yağ yüzdesi	9	10.2	16.60	13.64	2.4202
Yağsız vücut ağırlığı (kg)	9	54.50	69.60	59.72	4.4305
Vücuttaki su miktarı	9	39.90	51.00	43.71	3.2597
VKİ	9	21.60	26.30	23.10	1.4396

Tablo 5. Profesyonel görme engelli futsalcılara ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler

Parametre	Kişi sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standard sapma
Yaş (yıl)	9	19	43	27.22	7.0316
Boy (cm)	9	158.00	180.00	171.67	7.1414
Kilo (kg)	9	55.70	77.30	66.96	5.8101
Yağ kütlesi (kg)	9	4.00	27.50	9.52	3.2474
Vücuttaki yağ yüzdesi	9	7.20	18.70	12.74	4.6287
Yağsız vücut ağırlığı (kg)	9	51.70	65.40	58.42	4.6791
Vücuttaki su miktarı	9	37.80	47.90	42.30	3.6667
VKİ	9	11.70	25.80	21.80	4.4838

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada www.scholar.google.com , www.tez.yok.gov.tr, www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov adreslerinde “Futsal B2 B3”, “Futsal Blind” ve “Görme Engelli Futsal” anahtar kelimeleri ile arama yapıp 648 İngilizce ve Türkçe yayını taradığında Futsal B2 B3 liginde oynayan oyuncuların fiziksel yeterliliklerine vurgu yapan başlıkla yayınlanmış bir yayına rastlanmadı. Bu nedenle çalışmada var olan veriler elden geldiğince görme engeli olmayan sporcuların verileriyle fikir vermesi açısından karşılaştırıp değerlendirilebilecektir. Şu unutulmamalıdır ki: profesyonel futsal liglerinin çoğunda oyuncular düzenli şekilde idman yapmaktayken, görme engelli futsal ligleri zaman olarak yıla yayılmamakla birlikte, birçok yerde dar bir zaman aralığına sıkışmakta. Bu ligler daha çok engelli bireylerin sosyalleşmesi adına düzenlenmektedir. Bu alanda bilinen sadece Belarus görme engelli oyuncularını maaş karşılığı istihdam edip profesyonel şekilde çalıştırmaktadır.

Salon futbolu görme engelli bireylerin rehabilitasyon adına ihtiyaç duyduğu sürekliliği olan bir rehabilitasyon aracı olarak da görülebilir. Görme engellilerdeki geleneksel futsalda amaç özellikli futbol aksiyonlarına olan adaptasyonların kolaylaştırılması daha rahat şekilde gerçekleştirilebilmesidir (120).

Gamonales ve arkadaşlarının İngilizce Portekizce ve İspanyolca dillerinde görme engelli futsalı hakkında yaptıkları literatür taraması ve sistematik reviewlerinde de görme engelli futsal oyuncularının fizyolojik gerekliliklerine dair yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buradaki sonuçtan da anlayabiliriz ki, görme engelli bireyler için futsal daha çok sosyal hayata adaptasyon anlamını taşımaktadır (121). Bu literatür taramasına göre görme engelli bireylerde spor ve egzersiz fizyolojisi alanında beş tane çalışmaya ulaşılmış. Bunlardan birkaçı sakatlıktan korunma egzersiz ve rehabilitasyon üzerinedir (122, 123). Diğer çalışmalar fizyolojik kondisyon, vücut kompozisyonu ve somatotip profili üzerinedir (124-126).

Futsalda görme engellilerin fizyolojik yeterlilikleri açıklamak üzerine bir çalışma spesifik olarak yapılmamışsa bile, engelli olmayan futsalcıların çeşitli performans ölçümleri için yayınlanmış yayınlarda benzer veya farklı teknikler kullanılarak yaptığımız ölçümleri yapan yayınlara rastlanmıştır (2, 122). Görme engelli futsalcıların verileri yeterli olmadığı için tartışmada profesyonel seviyede bu sporu yapanların verileri de kullanılabilir (4).

VO₂maks fizyolojik olarak pulmoner, kardiyovasküler, nöromusküler fonksiyonlarının bütünleşmesinin göstergesi olarak kabul edilen aerobik kapasitenin iyi bir göstergesidir (13). VO₂maks ayrıca futsal oyuncularının seviyesini belirleyen ayrı bir fizyolojik parametredir (4).

Alvarez ve arkadaşlarının çalışmalarına göre profesyonel ve elit seviyede futsal oyununun VO₂maks gerekliliği 60 mL/kg/dk ve üstü olarak kabul edilir (4). Castagna ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın tartışmasında yaptığı çıkarıma göre futsal oyununun yeterliliği 45-50 mL/kg/dk olması gerektiği söylenmişken, profesyonel seviyede bu sporu yapmak için gereken değerin 50-55 mL/kg/dk olması gerektiği söylenmiştir (2).

Alvarez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada profesyonel İspanyol ikinci lig futsal oyuncusu, yarı profesyonel İtalyan üçüncü lig futsal oyuncularından profesyonel lig oyuncularının ortalama VO₂maks değerini 62.9±5.3 mL/kg/dk yarı profesyonel oyuncuların ortalama VO₂maks değerini 55.2±5.7 mL/kg/dk olarak bulmuştur (4). Trabelsi ve arkadaşları yaptığı çalışmada elit Tunus futsal takımı oyuncusu ortalama tahmini ölçüm VO₂maks değerini 54.21±3.41 mL/kg/dk olarak buldu (29). Do Nascimento ve arkadaşları yaptığı çalışmada amatör futsal oyuncularının ortalama VO₂maks değerini 58.1±4.5 mL/kg/dk olarak buldu (127). Castagna ve arkadaşları İspanya ikinci futsal liginden sekiz oyuncu ile oyun simüle edilerek yaptığı çalışmada VO₂maks değerini 64.8 (53.8-75.8) mL/kg/dk olarak buldu (2). Silva ve arkadaşları yaptığı çalışmada B1 Brezilya görme engelli ikinci liginde oynayan engelli sporcuların ortalama VO₂maks değerini 46.3±6.7 mL/kg/dk buldu (128). Campos ve arkadaşlarının Brezilya Paralimpik Olimpiyat görme engelli futsalcılarında yaptığı çalışmada ilk ölçümde ortalama VO₂maks değerini 51.9±3.8 mL/kg/dk buldu. 14 haftalık belirli bir antrenman program dahilinde yaptığı çalışma sonrasında ikinci ölçümde ortalama VO₂maks değerini 54.3±5 mL/kg/dk değerine yükselmiş buldu (124).

Basu ve arkadaşları yaptığı çalışmada boksörler üzerinde yaptığı çalışmada hafif sıklet boksörlerin VO₂maks değerini 57.77±3.75 mL/kg/dk, orta sıklet boksörlerin VO₂maks değerini 59.73±4.81 mL/kg/dk, sedanter bireylerin VO₂maks değerini 43.04±3.76 mL/kg/dk olarak buldu (129). Steinhaus ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Cooper ve arkadaşlarının (130) tanımladığı 'low fit' (düşük fitness) düzeyine sahip olarak tanımlanan gönüllülerin VO₂maks değerini 38±6 mL/kg/dk olarak buldu (131). Dalui ve Bandyopadhyay'ın yaptığı çalışmada sedanter bireylerin bisiklet ergometresinde ortalama VO₂maks değerini

41.05±4.65 mL/kg/dk olarak temel seviye doğu Hintli Judocuların ortalama VO₂maks değerini 53.18 ±3.39 olarak buldu (132).

Bu çalışmada sporcuların VO₂maks değeri ortalama olarak 40.33±5.51 mL/kg/dk olarak bulundu. Elit diyeceğimiz oyuncuların ortalama VO₂maks değeri 41.96±5.52 mL/kg/dk, profesyonel oyuncuların ortalama VO₂maks değeri 38.7±7.12 mL/kg/dk olarak bulundu. Elit ve profesyonel oyuncuların VO₂maks değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi. Bunu nedeni gerek elit gerek profesyonel düzey dediğimiz seviyelerde sporcular tarafından bu sporun iş olarak değil sosyal hayata adaptasyon sağlayan aktivite olarak yapılmasından kaynaklanıyor olduğu düşünülebilir. Çalışılan grup ülke çapında nadir bulunan grup olmasından kaynaklı örneklem sayısının azlığının yanında grupta sonuçlara teker teker göz gezdirildiği zaman görülen market görevlisinden, sigara tüketimi olana, sedantere yakın hayat sürenden sporcuya, gencinden orta yaşlısına varana değin VO₂maks değerini etkileyecek değişken özelliklerine sahip bireylerin bulunmasında bu sonuca etki ettiği söylenebilir. İki grup arasında anlamlı bir farka ulaşmak için Campos ve arkadaşlarının yaptığı çalışmayı (124) göz önüne alırsak elit düzeyde VO₂maks değerinde bahse konu olan artırımı yapmak için, çalışmadakine benzer sürede ve düzeyde bir antrenman kampını yapmak gerekli olabilir. Bu şartlar sağlandığı zaman elit ve profesyonel oyuncular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ortalama farkın çıkabileceği söylenebilir.

Diğer yandan sporcuların VO₂maks değeri koşu bandı ve bisiklet ergometresinde çıkan ortalama farkını göz önünde bulundurursak çalışma sonucunun Silva ve arkadaşlarının (128) çalışmasındaki sonuç ile benzerlik gösterdiği dikkat çekse de Silva ve arkadaşlarının grubundaki oyuncuların lig olarak daha düşük klasmanda yer almalarının VO₂maks değerini negatif etkilerken, görme oranı olarak daha üst seviyede yer almalarının ve seçim kriterlerinde haftada en az üç kez düzenli antrenman şartının aranması VO₂maks değerini pozitif etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ligin klasmanı düşük olmasına rağmen görmenin iyileşmesinin fiziksel aktivite düzeyini olumlu etkileyebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Görme engelli sporcuların VO₂maks değeri görme engeli olmayan profesyonel yarı profesyonel ve diğer düzeyde ölçüm yapılan futsalcı boksör ve Judocu sporculardan (2, 4, 29, 127, 129, 132) daha düşük değerde VO₂maks değerine sahip olduğu görülmekteyken Castagna'nın (2) bahsettiği futsal oynamak için gerekli olan VO₂maks değerinden uzakta olmadıkları dikkat çekmektedir. Bu Silva ve arkadaşlarının (128) yaptığı çalışma sonucunda tartışmaya sunduğu görme engelli sporcular engeli olmayan

sporculardan daha düşük düzeyde fitness seviyesine sahiptir tezini doğrulamaktayken Campos ve arkadaşlarının (138) ulaştığı sonucu destekler niteliktedir. Sporcuların ortalama VO_2 maks değeri Steinhaus ve arkadaşlarının (131) çalıştığı düşük fitness değerine sahip sedanterlerden yüksek bir değere, Dalui ve Bandyopadhyay'ın (132) yaptıkları çalışmalardaki sedanter insanlarla yakın değere sahip olmaları bu sporun profesyonel düzeyde icra edilmesinden çok, bu grup içerisinde sınıfı elit olsa bile daha çok bir hobi ve hayata katılma niteliği taşıdığı izlenimini kuvvetlendirmektedir.



Tablo 6. Mevcut bazı çalışmalardaki sporcu ve bireylerin VO₂maks değerlerinin karşılaştırılması

	N	Yaş	Boy	Kilo	Haftalık antrenman	Yöntem	Seviye	VO ₂ maks (mL/kg/dk)
Barbero Alvares (133)	8	22.5±1.7	177.8±8.7	75.3±7.3			Profesyonel	64.6±5.2
Alvares (4)	11	22.8±1.5	178±7.4	75.3±6.3	2-3	Koşu bandı	Profesyonel İspanya 2.lig	62.8±5.7
Alvares (4)	13	24.6±2.7	175±4.2	69.8±6.6	2-3	Koşu bandı	Yarı profesyonel İtalya 3.lig	55.2±5.2
Castagna (2)	8	22.4	177	75.4	İyi antrene	Koşu bandı	Profesyonel İspanya 2.lig	64.8
Castagna (134)	18	20.6±3.1	175±7.9	71.6±8.5	6-9	Koşu bandı	Profesyonel İspanya 2.lig	65.1±6.2
Trabelsi (29)	26	26±3	177±0.75	69.3±8.5	5	Tahmini	Elit Tunus	54.21±3.41
Silva (128)	8	25±5.3	170.7±3.8	72.5±3.14	En az üç	Koşu bandı	Brezilya B1 görme engelli	46.3±6.7
Nascimento (127)	30	22.8±6.1	76±10.2	178.7±10.6	En az üç	Koşu bandı	Amatör futsal	58.1±4.5
Del Fresno (135)	12	25.1±2.57	177.2±6.83	74.04±7.58	Kriter yok	Tahmini	İngiltere futsal 1. lig	58.7±2.41
Rodriguez (31)	14	22.5±3.1	172.8±5.5	70±6.3	En az 10 saat	Koşu bandı	Profesyonel Brezilya 1.lig	71.5±5.9
Pedro (135)	9	22.6±4.2	174.3±6	70.6±6.4	7	Koşu bandı	Profesyonel Brezilya 1.lig	63.7±4.1
Basu (129)	40	21.3±1.57	165.8±2.19	52.11±1.47	Kriter yok	Bisiklet	Hafif sıklet boksör	57.8±3.7
Basu (129)	40	21.5±1.28	167.1±3.82	58.55±3.14	Kriter yok	Bisiklet	Orta sıklet boksör	60±4.81
Dalui (132)	60	22.9±1.57	166±1.72	58.93±2.83	5	Bisiklet	Temel seviye judo	53.2±3.39
Dalui (132)	60	22.6±1.53	1.65±2.53	61.56±3.34		Bisiklet	Sedanter	41±4.65
Basu (129)	40	20.7±0.88	167.2±4.41	60.2±9.17		Bisiklet	Sedanter	43±3.76
Elit	9	25.9±4.8	173.6±4.12	69.7±5.8	Kriter yok	Bisiklet	TGEF B2-B3 futsal 1.lig	42±5.5
Profesyonel	9	27.2±7	171.6±7.14	66.9±2.8	Kriter yok	Bisiklet	TGEF B2-B3 futsal 1.lig	38.7±7.1

Kalp atım hızı takım sporu da dahil birçok sporda antrenman yük kontrolü için kullanılan kardiyovasküler cevabın belirleyicisi olarak kullanılır (137-139). Kalp hızı VO_2 maks ile birlikte egzersiz yoğunluğu reçetesi belirlemede kullanılır (8). Kalp hızı çeşitlilik ve farklılıkları, özellikle takım sporlarında oyuncuların bulundukları mevkilere göre değişiklikler göstermektedir (140). Yapılan farklı çalışmalar KH_{maks} 'ın kişinin kondisyon durumundan asla etkilenmeyen, kalıtımından, yaşından çok hafif düzeyde etkilenen bir değişken olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte yorgunluk motivasyon stres gibi KH_{maks} 'ı etkileyecek faktörlerin olduğu belirlenmiştir (140). Egzersiz testi yaparken artan egzersiz şiddetine rağmen artmayan kalp hızı maksimal kalp hızıdır. Maksimal egzersiz yapmış olmak için maksimal kalp hızının %80'ine ulaşmak yeterli kabul edilir (98). Ekelund ve arkadaşları 160 atım/dk üzerinde gerçekleşen aktiviteleri çok şiddetli yoğunluğu olan aktivite olarak sınıflandırmıştır (141). Salon futbolu birçok karşılaşmada maksimum kalp hızına erişilen yüksek anaerobik gerekliliklere sahip bir spordur (141). Alvarez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya (8) göre futsalda yüksek hız ve maksimum yoğunlukta kat edilen mesafe, durma, dinlenme, oynanma ve tempo biçimi kendine benzeyen basketboldan (142) hentboldan (143) ve futboldan (144) fazladır. Campos ve arkadaşlarının yaptığı çalışma sonuçlarına göre görme engelli oyuncuların kalp hızı ve oksijen alımı ile ilgili değerleri kardiyorespiratuvar ve motor performansları aynı seviyede tipik futsal oyuncularına nazaran düşüktür (124).

Alvarez ve arkadaşları dört futsal maçında İspanya birinci futsal ligindeki 10 erkek futsal oyuncusunun kalp hızını analiz etmiş ve bu dört maçın ortalamasını 174 atım/dk olarak bulmuştur. Bu sonuç sporcuların KH_{maks} 'ın %90'ına tekabül etmektedir. Aynı çalışmada müsabaka esnasında ölçülen KH_{maks} koşu bandında ölçülen KH_{maks} sonuçlarının 1-3 atım üstü çıktığı görülmektedir (8).

Castagna ve arkadaşları iyi antrenmanlı futsal sporcuları ile yaptıkları çalışmada KH_{maks} 'ı 191 atım/dk (175-206) KH_{AT} 'nı 162 atım/dk (148-176) ve anaerobik eşikteki atım sayısının KH_{maks} 'na oranını %84.8 (80.3 – 89.3) olarak buldu (2). Álvarez-Medina ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada laboratuvar test ortamında profesyonel futsal oyuncularında ortalama KH_{maks} 'ı 194 atım/dk, KH_{AE} 'nı 156 atım/dk ve anaerobik eşikteki atım sayısının KH_{maks} 'na oranını %80.4 olarak buldu. Aynı çalışmayı 12 yıl sonra tekrarladığı zaman profesyonel futsal oyuncularında ortalama KH_{maks} 'ı 176 atım/dk, ortalama KH_{AE} 'nı 162 atım/dk ve anaerobik eşikteki atım sayısının KH_{maks} 'na oranını %92 olarak buldu (145).

Alvarez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada profesyonel oyunculara ortalama KHmaks'ını 191 ± 8 atım/dk, ortalama KH AE'nı 161 ± 6 atım/dk ve anaerobik eşikteki atım sayısının KHmaks'na oranını $\%84 \pm 2.2$ olarak buldu. Aynı çalışmada yarı profesyonel oyunculara ortalama KHmaks'ı 198 ± 13 atım/dk, ortalama KH AT'i 165 ± 6 atım/dk ve anaerobik eşikteki atım sayısının KHmaks'na oranını $\%84 \pm 4$ olarak buldu (4). Campos ve arkadaşlarının Brezilya paralimpik görme engelli futsal oyuncuları ile yaptığı çalışmada sporcuların KHmaks'ını 192 ± 9.4 atım/dk, KH AE'nı 163 ± 9 atım/dk ve anaerobik eşikteki atım sayısının KHmaks'na oranını $\%84 \pm 5.4$ olarak buldu (124).

Bu çalışmada sporcuların ortalama KHmaks 167 ± 14 atım/dk, ortalama KH AE 131 atım/dk, anaerobik eşikteki atım sayısının KHmaks'na oranı $\%78.85 \pm 13.85$ olarak bulundu. Elit oyuncuların ortalama KHmaks 169 ± 16 atım/dk, ortalama KH AE 133 atım/dk, anaerobik eşikteki atım sayısının KHmaks'na oranı $\%79.22 \pm 13.39$ olarak bulundu. Profesyonel oyuncuların ortalama KHmaks 166 ± 14 atım/dk, ortalama KH AE 130 atım/dk, anaerobik eşikteki atım sayısının KHmaks'na oranı $\%78.49 \pm 15.44$ olarak bulundu.

Tablo 7. Mevcut bazı çalışmalardaki futsalcıların KH ve bağlı değerlerinin karşılaştırılması

	N	Yaş	KHmaks	KH AE	Yüzde	Seviye
Castagna (2)	8	22.4	191	162	84.8	Profesyonel futsal
Alvarez Medina (145)	1	19	194	156	80.4	Profesyonel futsal
Alvarez Medina (145)	1	32	176	162	92	Profesyonel futsal
Alvarez (4)	11	22.8	191	161	84	Profesyonel futsal
Alvarez (4)	13	24.6	198	165	84	Yarı profesyonel futsal
Campos (124)	7	24.7	192	163	84	Paralimpik görme engelli futsal
Ortalama	18	27	167	131	78.8	TGEF futsal 1.lig
Elit	9	26	169	133	79.2	TGEF futsal 1.lig
Prof	9	27	166	130	78.5	TGEF futsal 1.lig

Maksimal egzersiz testi esnasında görme engelli futsal oyuncularının çıktığı maksimum kalp hızı kendilerinden beklenen ortalamadan ve diğer sporculardan nispeten düşük çıkmasının nedeni antrenmansızlık ve sporcuların yeterli kardiyovasküler fitness

düzeyine sahip olmadıkları kanaatiyle ilişkilendirilebilir. Kalp debisinin egzersiz performansını sınırlandıran temel etken olduğunun, belirli tempodan sonrada kalp debisini etkileyen temel şeyin atım hızı olduğundan daha önce bahsedildi. Maksimal kalp atım hızı ortalamasını sporcuların yaş ortalaması ve diğer çalışmalardaki değerler ile kıyaslandığı zaman gerekli çalışmalar ile sporcuların fiziksel performanslarını artırabileceği söylenebilir. Sporcuların anaerobik eşiğe ulaştığı kalp atım hızının maksimal kalp atım hızına oranının düşük olmasının futsalcıların lehine yorumlanabileceği düşünülse de sporcuların maksimal egzersiz testinde kalp atım hızı olarak maksimum eforuna ulaşamamış olmasının bu oranı düşüren temel etken olduğu yorumunu yapmak daha sağlıklı olacaktır.

Çalışmada oyuncuların başlangıç kalp hızı ortalaması 90 atım/dk, elit oyuncuların ortalaması 88 atım/dk, profesyonel oyuncuların ortalaması 92 atım/dk olarak bulunmuştur. Oyuncuların kalp hızlarının sporcu kalp hızı seviyesinden yüksek olmasının nedeni: düzenli olarak antrenman yapmamalarına ve kondisyon durumlarının bundan etkilenme ihtimaline, bununla birlikte birçoğunun ilk defa teste girmesinden dolayı heyecanlı ve gergin olmasına ve ölçümün oturarak yapılmış olmasına bağlanabilir. Çağlar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre kaygı sporcularda kalp atım hızını artırmaktadır (146). Diğer yandan sporcuların dinlenim kalp hızı bisiklete oturduğu sırada ölçüldü. Dinlenim kalp hızının ayakta ölçümü ile yatar pozisyonda ölçümü arasında belirgin bir fark olduğu bilinmektedir (147). Dinlenim durumunda başlangıç kalp hızının görece yüksek çıkma sebebinden biri de bu olabilir.

Oksijen nabızı oksijen tüketiminin kalp atış hızına oranı olarak tanımlanır ve insanlarda egzersiz sırasında maksimal aerobik kapasiteyi yansıtır. Oksijen nabızı oksijen alımının kalp atış hızına oranı ve kalp vurumu başına kilograma düşen oksijenin mililitre olarak ifade edilmesidir (148). Submaksimal egzersiz seviyesinde sporcular sedanterlerden daha yüksek bir oksijen nabzına sahiptir. Bu büyük ölçüde kalbin daha büyük atım hacmine sahip olmasından kaynaklanır (149).

Coutts'un yaptığı çalışmada elit tekerlekli sandalye oyuncularında maksimal egzersizdeki oksijen nabzını 14.73 mL olarak buldu (150). Perim ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada ayrı zamanda yaptığı ölçümlerde maksimum oksijen pulsunu 24.1 mL ve 24.2 mL buldu (151). Katzel ve arkadaşlarının treadmill testiyle yaptıkları kohort tarzı çalışmada eski atletlerin ortalama maksimal oksijen nabzını 20.6 mL, sedanter kişilerin ortalama maksimal oksijen nabzını 16.6 mL buldu (152). Bhamhani ve arkadaşları yaptıkları

çalışmada sedanter bireylerin ortalama oksijen nabzını 17.3 ± 2.7 mL antrenmanlı bireylerin ortalama oksijen nabzını 18.9 ± 2 mL buldu. Bu çalışmada tüm sporcuların maksimum iş yükündeki oksijen nabzı ortalaması 17.47 ± 7.12 mL elit oyuncuların maksimum iş yükündeki ortalama oksijen nabzı ortalaması 20.99 ± 20.45 mL profesyonel oyuncuların maksimum iş yükündeki oksijen nabzı ortalaması 15.16 ± 1.93 mL'dir

Tablo 8. Mevcut bazı çalışmalarda futsalcıların oksijen nabzı değerlerinin karşılaştırılması

	N	Yaş	Durum	Seviye	Yöntem	O ₂ /KH (mL)
Couts (150)	9	31.22	Maksimal O ₂ /KH	Elit tekerlekli sandalyeli atlet		14.73
Perim (151)	49	23 $\pm$ 0.5	Maksimal O ₂ /KH	Profosyonel futbolcu	Koşu bandı	24.1 $\pm$ 0.5
Perim (151)	49	24.2 $\pm$ 0.4	Maksimal O ₂ /KH	Profosyonel futbolcu	Koşu bandı	24.2 $\pm$ 0.4
Katzel	42	63.4 $\pm$ 1.0	Maksimal O ₂ /KH	Eski sporcu	Koşu bandı	20.6 $\pm$ 0.4
Katzel	47	61.1 $\pm$ 0.9	Maksimal O ₂ /KH	Sedanter	Koşu bandı	16.6 $\pm$ 0.6
Bhambhani (153)	14	37.9 $\pm$ 5.7	Maksimal O ₂ /KH	Sedanter	Bisiklet	17.3 $\pm$ 2.7
Bhambhani (153)	14	28.6 $\pm$ 7.8	Maksimal O ₂ /KH	Antrenmanlı	Bisiklet	18.9 $\pm$ 2
Ortalama	18	25.6 $\pm$ 5.9	İYmaks O ₂ /KH	Görme engelli futsalcı	Bisiklet	17.47 $\pm$ 7.1
Elit	9	25.9 $\pm$ 4.96	İYmaks O ₂ /KH	Görme engelli futsalcı	Bisiklet	20.99 $\pm$ 20.4
Profesyonel	9	27.2 $\pm$ 7.03	İYmaks O ₂ /KH	Görme engelli futsalcı	Bisiklet	15.16 $\pm$ 1.93

Muscat ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre bisiklet ergometrede oksijen pulsu değerleri teradmille göre daha düşük çıkmıştır (154). Bu çalışmadaki değerler elit tekerlekli sandalye atletleri ve sedanterlerden yüksek iken profesyonel sporcuların ortalama değerlerinden düşüktür.

Çalışmada elit ve elit olmayan oyuncular arasındaki değerlerde anaerobik eşikteki O_2/KH oranı dışında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bunun nedeni diğer faktörleride hesaba kattığımız zaman oyuncular elit düzeyde oynamış olsalar da bu işin daha çok sosyalleşme ve topluma katılma amacı olarak organize edilmesi ve geçim sağlanan bir aktivite olmaması dolayısıyla profesyonel daimi bir antrenman programına tabi olmamaları olarak açıklanabilir. Fakat performansla ilgili tüm değerlerde elit oyuncuların ortalamalarının yüksek olması oyuncu seçicilerin fiziksel performans bakımından doğru kişileri seçtiklerini düşündüren bir veri olarak kabul edilebileceği gibi bu farka elit oyuncuların uluslararası müsabakalar için kampa alınmış olmasının etkili olduğunu da düşündürebilir. Ayrıca uluslararası görme engeli olmayan profesyonel düzeydeki sporcularla karşılaştırdığımız zaman elit oyuncuların kapasitelerinin artırılması için daha uzun kamp dönemi geçirip profesyonel yardım ve programla daha iyi bir düzeyde olabilecekleri söylenebilir.

Çalışmanın kısıtlılıklarından biri araştırmaya alınan sporcu sayısının düşük olmasıdır. Bu durum hem verilerin sağlıklı elde edilmesi için hem de popülasyonun elit ve profesyonel olmasına rağmen aktivite düzeyi ve sporcu geçmişleri de dahil hayat tarzlarındaki farklılardan kaynaklanan değişimlerin sonuçlara yansımaları istatistiki sonuçları önemli ölçüde değiştirme kapasitesine sahip olabilecektir. Fakat çalışma yapılan grupta, ülkede istatistiki olarak bu farkı tolere edebilecek sayıda olan bir sporcu bulunmamaktadır. Bu çalışmadan kaynaklanmayan doğal bir kısıtlılıktır. Yine bu araştırma kesitsel bir çalışmadır. Çalışmayı yürüten öğrencinin tecrübesizliğe farklı bir handikapıdır. Ayrıca literatürde görme engelli futsal oyuncuların fizyolojik yeterliliklerine dair verinin az olması dolayısı ile yeterince kıyas yapılacak kaynak olmayışı bir başka kısıtlılamadır. Kimi oyuncular atletizm gibi başka branşlarda mesleki olarak spor geçmişine sahipken kimi oyuncunun günlük hayatta farklı işte çalışması, fiziksel yeterlilik kriterine göre değilde yetenek kıstasına göre seçilmiş olması, oyuncuların bunu iş olarak değil sosyalleşilecek bir dal olarak görmesi, sporcu geçmişi olan ve olmayan bireylerin de çalışma grubu içerisinde yer alması çalışmanın bir diğer kısıtlılığıdır.

Bütün bu kısıtlılıklara rağmen bu spor branşı için, elit düzeyde aktivite gösteren sporcular üzerinde böyle bir öncül çalışmanın yapılmış olması Türkiye için alanda referans niteliğinde ilk verileri ortaya koyacaktır. Mevcut sporcuların fizyolojik kapasiteleri bakımından uluslararası verilerle kıyaslanmış olması antrenör ve federasyon yetkilileri için yarışma, sporcu seçimi ve antrenman planlanması bakımından bir veri niteliği taşıyabilir. Yine çalışmayı yürüten öğrenciye kattıkları, daha ileri seviyedeki ilham alınabilecek benzer çalışmalara zemin hazırlaması ileriye ışık tutabilme potansiyeli bakımından kıymetlidir.



6. KAYNAKLAR

1. Moore R, Bullough S, Goldsmith S, Edmondson L (2014). A Systematic review of futsal literature. *Am J Sports Sci Med* 2: 108–116.
2. Castagna C, D'Ottavio S, Vera JG, Álvarez JCB (2009). Match demands of professional Futsal: A case study. *J Sci Med Sport* 12: 490–494.
3. Baroni BM, Leal Junior ECP (2010). Aerobic capacity of male professional futsal players. *J Sports Med Phys Fitness* 50: 395–399.
4. Alvarez JC, D'Ottavio S, Vera JG, Castagna C (2009). Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *J Strength Cond Res* 23:2163-2163.
5. Karahan M (2012). The effect of skill-based maximal intensity interval training on aerobic and anaerobic performance of female futsal players. *Biol Sport* 29: 223–227.
6. Castagna C, Belardinelli R, Impellizzeri FM, Abt GA, Coutts AJ, D'Ottavio S (2007). Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. *J Sci Med Sport* 10: 89–95.
7. Hoff J, Wisløff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med* 36: 218–221.
8. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *J Sports Sci* 26: 63–73.
9. Dogramaci S, Watsford M (2006). A comparison of two different methods for time-motion analysis in team sports. *Int J Perform Anal Sport* 6: 73–83.
10. Gheorghe C, Ion C (2011). The futsal players' physical training during the special training period. *J Phys Educ Sports* 12: 125-128.
11. Burns T (2003). *Holistic Futsal: A Total Mind Body Spirit Approach*. Lulu Press, 5-10.
12. Nagle FJ (1973). Physiological assessment of maximal performance. *Exerc Sport Sci Rev* 1: 313-339.

13. Yıldız SA (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir? *Eurasian J Pulmonol* 14: 1–8.
14. Brooks GA (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 17: 22–34.
15. Montero D, Díaz-Cañestro C (2015). Endurance training and maximal oxygen consumption with ageing: Role of maximal cardiac output and oxygen extraction. *Eur J Prev Cardiol* 23: 733–743.
16. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ (1999). *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia:10-56
17. Ulubay G, Öner Eyüboğlu F (2006). Kardiyopulmoner egzersiz testleri. *Tüberk Toraks* 54: 90–98.
18. Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselink R, O'Donnell DE, Puente-Maestu L, Schols AM, Singh S, Whipp BJ (2007). Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 29: 185–209.
19. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing (2003). *Am J Respir Crit Care Med* 167: 211–277.
20. Thomas RJ, Balady G, Banka G, Beckie TM, Chiu J, Gokak S, Ho PM, Keteyian SJ, King M, Lui K, Pack Q, Sanderson BK, Wang TY (2018). 2018 ACC/AHA Clinical performance and quality measures for cardiac rehabilitation: A Report of The American College of Cardiology/American Heart Association task force on performance measures. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 11: e000037.
21. Sathyaprabha TN, Pradhan C, Rashmi G, Thennarasu K, Raju TR (2008). Noninvasive cardiac output measurement by transthoracic electrical bioimpedence: influence of age and gender. *J Clin Monit Comput* 22:401-8.
22. McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Deng S, Bangdiwala SI (2002). Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity. *Med Sci Sports Exerc* 34: 145–151.

23. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2000). *Essentials of Exercise Physiology*. 2nd ed. Lippincott Williams and Wilkins: 292-328.
24. Naser N, Ali A, Macadam P (2017). Physical and physiological demands of futsal. *J Exerc Sci Fit* 15: 76–80.
25. FIFA Communications Division (2007). Big Count 2006: Statistical Summary Report [Online]. Available from: <https://resources.fifa.com/image/upload/big-count-estadisticas-520058.pdf?cloudid=mzid0qmguixkcmruvema>. [Accessed 21 February 2020].
26. Vanrenterghem J, Nedergaard NJ, Robinson MA, Drust B (2017). Training load monitoring in team sports: A novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Med* 47: 2135-2142.
27. Cachón-Zagalaz J, Rodrigo-Conde Salazar M, Campoy-Aranda TJ, Linares-Girela D, Zagalaz-Sánchez ML (2012). Futsal and education. A collective sport learning for schoolchildren. *J Sport Health Res* 4: 245–254.
28. Jovanovic M, Sporis G, Milanovic Z (2011). Differences in situational and morphological parameters between male soccer and futsal- A comparative study. *Int J Perform Anal Sport* 11: 227–238.
29. Trabelsi Y, Aouichaoui C, Richalet JP, Tabka Z (2014). Anthropometric and physical fitness characteristics of elite futsal Tunisian players. *Am J Sports Sci Med* 2: 136–142.
30. Gorostiaga EM, Llodio I, Ibáñez J, Granados C, Navarro I, Ruesta M, Bonnabau H, Izquierdo M (2009). Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *Eur J Appl Physiol* 106: 483–491.
31. Rodrigues V M, Ramos GP, Mendes TT, Cabido CE, Melo ES, Condessa LA, Coelho DB, Garcia ES (2011). Intensity of official futsal matches. *J Strength Cond Res* 25: 2482-2487.
32. Makaje N, Ruangthai R, Arkarapanthu A, Yoopat P (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *J Sports Med Phys Fitness* 52: 366–374.

33. Weber KT, Janicki JS, Shroff SG, Likoff MJ (1983). The cardiopulmonary unit: the body's gas transport system. Clin Chest Med 4:101-110.
34. Tamer K (2000). Sporda Fiziksel-Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi. İkinci baskı. Bağırhan Yayinevi, Ankara, 9.
35. Noyan A (2004). Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji. Ondördüncü baskı. Meteksan Anonim Şirketi, Ankara, 259-267.
36. Ehrman JK, Kerrigan DJ, Keteyian S (2018). Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications. İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Çeviren: Baltacı G. Hipokrat Yayınevi, Ankara, 51-84.
37. Malik R (2018). Basics of Cardiopulmonary Physical Therapy. Kardiyopulmoner Fizyoterapinin Temelleri. Çeviren: Taşpınar B, Hipokrat Yayınevi, Ankara, 1-28.
38. Berne RM, Levy MN, Koeppen BM, Stanton BA (2008). Physiology. Fizyoloji. 5th ed. Çeviren: Türk Fizyolojik Bilimler Derneği, Güneş Tıp Kitabevleri Ltd. Şti, Ankara, 265-535.
39. Ehrman JK, Kerrigan DJ, Keteyian S (2018). Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications. İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Çeviren: Baltacı G. Hipokrat Yayınevi, Ankara, 85-105.
40. Guyton AC, Hall JE, Textbook of Medical Physiology (2006). Tıbbi Fizyoloji (2007). Çeviri editörleri: Çavuşoğlu H, Çağlayan Yeğen B. 11.basım, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti, 471 – 490.
41. Milani RV, Lavie CJ, Mehra MR, Ventura HO (2006). Understanding the basics of cardiopulmonary exercise testing. Mayo Clin Proc 81: 1603–1611.
42. Cooper CB, Storer TW. Egzersiz Testleri ve Yorumu (2003). Çeviri editörleri: Kayserilioğlu A, Çavuşoğlu H (2003). Yüce Yayınları A.Ş. , İstanbul.
43. Görek Dilektaşlı A (2020). Kardiyopulmoner egzersiz testleri ve alan testleri. Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi 7: 26–38.

44. Ehrman JK, Kerrigan DJ, Keteyian S (2018). Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications. İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Çeviren: Baltacı G. Hipokrat Yayınevi, Ankara,125-205.
45. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, Collins E, Fletcher G (2007). Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from The American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation* 116: 329–343.
46. Foss ML, Keteyian SJ. (1998) Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport. 6th ed. WCB/McGraw-Hill.
47. Pang MYC, Eng JJ, Dawson AS, Gylfadóttir S (2006). The use of aerobic exercise training in improving aerobic capacity in individuals with stroke: A meta-analysis. *Clin Rehabil* 20: 97–111.
48. Thompson J. (1977). The repeatability of the measurement of aerobic power in man and factors affecting. *Q J Exp Physiol Cogn Med Sci* 62: 83-97.
49. Koga S, Shiojiri T, Fukuba Y, Fukuoka Y, Kondo N (1996). Pulmonary oxygen uptake kinetics in nonsteady state. *Appl Human Sci* 15: 1–4.
50. Albouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright DJ (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J* 83: 675–682.
51. Unt E, Zilmer K, Mägi A, Kullisaar T, Kairane C, Zilmer M (2008). Homocysteine status in former top-level male athletes: Possible effect of physical activity and physical fitness. *Scand J Med Sci Sports* 18: 360–366.
52. Ranković G, Mutavdžić V, Toskić D, Preljević A, Kocić M, Nedin-Ranković G, Damjanović N (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosn J Basic Med Sci* 10: 44–48.
53. Metaxas TI, Koutlianos NA, Kouidi EJ, Deligiannis AP (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players *J Strength Cond Res* 19: 79–84.

54. Myers J, Ashley E (1997). Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest* 111: 787–795.
55. Astrand PO, Bergh U, Kilbom A (1997). A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Appl Physiol* 82: 1844–1852.
56. Ceylan E (2014). Kardiyopulmoner egzersiz testleri. *J Clin Exp Inves* 5: 90–98.
57. Cotes JE, Reed JW (2007). Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J*. 29:1064-1066.
58. Şen E (2017). Egzersiz fizyolojisi ve egzersiz testleri, *Toraks Cerrahisi Bülteni* 10: 29–36.
59. Myers J, Froelicher VF (1993). Exercise testing: Procedures and implementation. *Cardiol Clin* 11: 199–213.
60. Akkoca O, Eriş Gülbay B, Kaya A, Atinkaya C, Kutlay H, Karabiyikoğlu G, Akay H (2004). The importance of exercise testing for the functional assessment of lung resectional candidates. *Tuberk Toraks* 52: 307–314.
61. Guazzi M, Bandera F, Ozemek C, Systrom D, Arena R (2017). Cardiopulmonary exercise testing: What is its value? *J Am Coll Cardiol* 70: 1618–1636.
62. Stuart RJ, Ellestad MH (1980). National survey of exercise stress testing facilities. *Chest* 77: 94–97.
63. Milani RV, Lavie CJ, Spiva H (1995). Limitations of estimating metabolic equivalents in exercise assessment in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 75: 940–942.
64. Milani RV, Lavie CJ, Mehra MR (2004). Cardiopulmonary exercise testing: How do we differentiate the cause of dyspnea? *Circulation* 110: 27–32.
65. West JB (2001). Normal Physiology: Exercise. In: *Pulmonary Physiology and Pathophysiology, An Integrated, Case-Based Approach*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins 1-15.

66. Sarınc Ulaşlı S, Ulubay G (2013). Kardiyopulmoner egzersiz testinin kullanıldığı bilimsel çalışmalar: Türkiye'den bir bakış [Scientific publications concerning cardiopulmonary exercise testing: a glance from Turkey]. *Tuberk Toraks* 61: 166–169.
67. Fleg JL, Piña IL, Balady GJ, Chaitman BR, Fletcher B, Lavie C, Limacher MC, Stein RA, Williams M, Bazzarre T (2000). Assessment of functional capacity in clinical and research applications: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 102: 1591–1597.
68. Gürsel G (2000). Egzersiz testleri: Klinik anındaki yeri ve hasta takibindeki önemi. *Eurasian J Pulmonol* 2: 175–192.
69. Squires RW, Gau GT, Miller TD, Allison TG, Lavie CJ (1990). Cardiovascular rehabilitation: status, 1990. *Mayo Clin Proc* 65: 731–755.
70. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians (2003). ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 167: 211–277.
71. Åstrand PO (1992). Physical activity and fitness. *Am J Clin Nutr* 55: 1231S–1236S.
72. Paavolainen L, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela A, Rusko H (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86: 1527–1533.
73. Safran MR, McKeag DB, Van Camp SP (1998). *Manual of Sports Medicine*. Lippincott–Raven Publishers, Philadelphia, 69-77.
74. Åstrand P-O, Rodahl K (1986). *Textbook of Work Physiology Physiological Bases of Exercise*. 3th ed. McGraw-Hil.
75. Akgün N (1994). *Egzersiz ve Spor Fizyolojisi*. 5.Baskı. Ege Üniversitesi Basımevi Cilt 2, İzmir.
76. Armstrong N (2006). Aerobic fitness of children and adolescents. *J Pediatr* 82: 406–408.

77. Grisogono V, Griffin J, Sharp C (1996). *Children and Sport: Fitness, Injuries and Diet*. John Murray Publishers Ltd, 32-66.
78. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, Mark DB, McCallister BD, Mooss AN, O'Reilly MG, Winters WL, Gibbons RJ, Antman EM, Alpert JS, Faxon DP, Fuster V, Gregoratos G, Hiratzka LF, Jacobs AK, Russell RO, Smith SC (2002) American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol* 40: 1531-1540.
79. Nielsen KS (1997). *Animal Physiology*. Cambridge University Press, İngiltere: 171.
80. Myers J, Walsh D, Buchanan N, Froelicher VF (1989). Can maximal cardiopulmonary capacity be recognized by a plateau in oxygen uptake? *Chest* 96: 1312–1316.
81. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 85: 546–562.
82. Richards DR, Mehra MR, Ventura HO, Lavie CJ, Smart FW, Stapleton DD, Milani RV (1997). Usefulness of peak oxygen consumption in predicting outcome of heart failure in women versus men. *Am J Cardiol* 80: 1236–1238.
83. Neuberg GW, Friedman SH, Weiss MB, Herman M V (1988). Cardiopulmonary exercise testing. The clinical value of gas exchange data. *Arch Intern Med* 148: 2221–2226.
84. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K (1984). Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 129: S49-55.
85. Koike A, Wasserman K, Taniguchi K, Hiroe M, Marumo F (1994). Critical capillary oxygen partial pressure and lactate threshold in patients with cardiovascular disease. *J Am Coll Cardiol* 23: 1644–1650.

86. Davis JA (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 17: 6–21.
87. Jennings GL, Esler MD (1990). Circulatory regulation at rest and exercise and the functional assessment of patients with congestive heart failure. *Circulation* 81: II 5-13.
88. Older P, Hall A, Hader R (1999). Cardiopulmonary exercise testing as a screening test for perioperative management of major surgery in the elderly. *Chest* 116: 355–362.
89. Cameron MH (2007). Physical Rehabilitation: Evidence Based Examination, Evaluation, and Intervention. *Fiziksel Rehabilitasyon: Kanıta Dayalı Muayene Değerlendirme ve Girişim* (2011) Çeviri Editörleri: Aksoy C, Dıraçoğlu D, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti. İstanbul, 686.
90. Scott C (2005). Misconceptions about aerobic and anaerobic energy expenditure. *J Int Soc Sports Nutr* 2: 32–37.
91. Guyton AC, Hall JE, Textbook of Medical Physiology (2006). *Tıbbi Fizyoloji* (2007). Çev. Ed. Çavuşoğlu H, Çağlayan Yeğen B. 11.Basım, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti 1055-1066.
92. Ehrman JK, Kerrigan DJ, Keteyian S. Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications. *İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar* (2018). Çeviren: Baltacı G. Hipokrat Yayınevi, Ankara, 1- 23.
93. Ehrman JK, Kerrigan DJ, Keteyian S. Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications. *İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar* (2018). Çeviren: Baltacı G. Hipokrat Yayınevi, Ankara, 271-293.
94. Can S (2010). Östrojenin egzersize bağlı kas hasarına karşı koruyucu olup olmadığının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı, Erzurum.
95. Despopoulos A, Silbernagl S (1997). *Renkli Fizyoloji Atlası. Düzeltilmiş ve genişletilmiş 4. Baskı.* Çeviren: Çavuşoğlu H, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti. 22-48.

96. Uzun M (2016). Cardiovascular system and exercise. J Cardiovasc Nurs 7: 48–53.
97. Myers JN (1996). Essentials of Cardiopulmonary Exercise Testing. 10th Ed. Human Kinetic Publishing, 1-36.
98. Kinner W, Blakeley J (2014). Cardiopulmonary exercise test parameters. In: A Practical Guide to the Interpretation of Cardiopulmonary Exercise Tests, Part2, Chapter4, Oxford University Press.
99. Chapman CB, Fisher JN, SprouleBJ (1960). Behavior of stroke volume at rest and during exercise in human beings. J Clin Inves 39: 1208–1213.
100. Braddom RL (2011). Physical Medicine and Rehabilitation, 4th ed. Saunders, Philadelphia, 403-426.
101. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2000). Essentials of Exercise Physiology.2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadeplhia, 290-512.
102. Plowman SA, Smith DL (2013). Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance. 2 nd ed. Walters-KluverPublishing. Philedelphia, 351-381.
103. Poole DC, Gaesser GA (1985). Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. J App Physiol 58: 1115–1121.
104. O'Connor PJ, Bryant CX, Veltri JP, Gebhardt SM (1993). State anxiety and ambulatory blood pressure following resistance exercise in females. Med Sci Sports Exerc 25: 516–521.
105. Manley AF (1996). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Darby Diane Publishing, 61-80.
106. İstanbul Tıp Fakültesi Temel Klinik Bilimler Ders Kitapları (2001). Kardiyopulmoner ve Kan Fizyolojisi. Editör: Yiğit R. Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti, 1-101
107. Guyton AC, Hall JE, Textbook of Medical Physiology (2006). Tıbbi Fizyoloji (2007). Çeviri editörleri: Çavuşoğlu H, Çağlayan Yeğen B. 11.basım, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti, 232 – 257.

108. Ehrman JK, Kerrigan DJ, Keteyian S (2018). Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Çeviren: Baltacı G. Hipokrat Yayınevi, Ankara, 43.
109. Spiro SG, Silvestri GA, Agusti A (2012). Clinical Respiratory Medicine. 4th ed. Saunders, 143-53.
110. Dennis C (1992). Rehabilitation of patients with coronary artery disease. In: Braunwald E. Braunwald's Heart Disease, a Textbook of Cardiovascular Medicine, 4th ed. Saunders, Philadelphia, 1382.
111. Simonton CA, Higginbotham MB, Cobb FR (1988). The ventilatory threshold: quantitative analysis of reproducibility and relation to arterial lactate concentration in normal subjects and in patients with chronic congestive heart failure. Am J Cardiol 62: 100–107.
112. Matsumura N, Nishijima H, Kojima S, Hashimoto F, Minami M, Yasuda H (1983). Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. Circulation 68: 360–367.
113. Neuberger GW, Friedman SH, Weiss MB, Herman M V (1988). Cardiopulmonary exercise testing. The clinical value of gas exchange data. Arch Intern Med 148: 2221–2226.
114. Köseoğlu A, Kin A (2008). Supramaksimal bir bacak egzersizi sonrası farklı sürelerde uygulanan bacak masajının toparlanmaya etkisi. 10.Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi Özet Kitabı, 49.
115. Günay M, Tamer K, Cicioğlu G (2013). Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü. Gazi Kitapevi, Ankara.
116. Gürses VV, Karabıyık H, Akgül MŞ, Dölek BE, Koz M (2016). Yüzücülerde hidroterapinin toparlanma üzerine etkisi. Intern J Sci Culture Sport 4: 607–607.
117. Sarı R, Demirkan E, Kaya M (2016). Farklı toparlanma uygulamalarının yüzücülerde laktik asit düzeyine etkisinin incelenmesi. J Contemporary Med 6: 327–333.

118. Romero SA, Minson CT, Halliwill JR (1985). The cardiovascular system after exercise. *J Appl Physiol* 22: 925-932
119. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1165–1174.
120. Gombas J (2015). Futsal for the blind: A new opportunity for Hungarian people with visual impairments to get engaged in physical activity. *Appl Studies in Agribusiness and Commerce* 7:37-42
121. Gamonales JM, Muñoz-Jiménez J, León-Guzmán K, Ibáñez SJ (2018). 5-A-side football for individuals with visual impairments: A review of the literature. *Eur J Adapt Phys Activ* 11: 1-19.
122. Campos LFCC, Borin JP, Santos LGTF, Souza TMF, Paranhos VMDS, Tanhoffer RA, Duarte CR, Gorla JI (2015). Isokinetic evaluation of Brazilian 5-a-side team. *Rev Bras Med Esporte* 21: 220–223.
123. Webborn N, Van de Vliet P (2012). Paralympic medicine. *Lancet* 380: 65–71.
124. Campos LFCC, Borin JP, Nightingale T, Silva AAC, Araújo PF, Gorla JI (2014). Alterations of cardiorespiratory and motor profile of paralympic 5-a-side football athletes during 14-week in-season training. *Intern J Sports Sci* 4: 85–90.
125. Campos LFCC, Silva AAC, Santos LGFT, Trevisan Costa LT, Montagner PC, Borin JP, Araújo PF, Gorla JI (2013). Effects of training in physical fitness and body composition of the Brazilian 5-a-side football team. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 6: 91–95.
126. Gorla JI, Silva AAC, Campos LFCC, Santos CF, Almeida JJG, Duarte E, Queiroga MR (2017). Body composition and somatotype of athletes of Brazilian 5-a-side football team. *Rev Bras Ciênc Esporte* 39: 79-84.
127. do Nascimento PC, de Lucas RD, de Souza KM, de Aguiar RA, Denadai BS, Guglielmo LG (2015). The effect of prior exercise intensity on oxygen uptake kinetics during high-intensity running exercise in trained subjects. *Eur J Appl Physiol* 115: 147-56.

128. Silva P, Mainenti M, Felicio L, Ferreira A, Lopes A, Bernhoeft M, Vigário P (2018). Cardiorespiratory fitness of visually impaired footballers through direct and indirect methods: a pilot study. *J Exerc Physiol Online* 21: 170–183.
129. Basu S, Roy A, Bandyopadhyay A (2016). Fitness profile in male boxers of Kolkata, India. *Medicina Sportiva* 12: 2782- 2791.
130. Cooper KH (1977). *The Aerobics Way*. Evans and Company, New York: 280-281.
131. Steinhaus LA, Dustman RE, Ruhling RO, Emmerson RY, Johnson SC, Shearer DE, Shigeoka JW, Bonekat WH (1988). Cardio-respiratory fitness of young and older active and sedentary men. *Br J Sports Med* 22: 163–166.
132. Dalui R, Bandyopadhyay A (2018). Physical fitness of male eastern Indian judo players. *Indian J Physiol Pharmacol* 62: 66–73.
133. Barbero Alvarez J, Castagna C (2007) . Activity patterns in professional futsal players using global position tracking system. *J Sports Sci Med* 6: 208-209.
134. Castagna C, Barbero Álvarez JC (2010). Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *J Strength Cond Res* 24: 2322-2329.
135. Del Fresno B, Moore R, Laupheimer MW (2015). VO₂max changes in English futsal players after a 6-week period of specific small-sided games training. *J Sports Sci Med* 3: 28-34
136. Pedro RE, Milanez VF, Boullosa DA, Nakamura FY (2013). Running speeds at ventilatory threshold and maximal oxygen consumption discriminate futsal competitive level. *J Strength Cond Res* 27: 514-518.
137. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 24: 665–674.
138. Foster C, Twist C, Lamb K, Nicholas C (2009). Heart rate responses to small-sided games among elite junior rugby league players. *J Strength Cond Res* 24: 906–911.

139. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport*. 12: 79–84.
140. Boudet G, Garet M, Bedu M, Albuissou E, Chamoux A (2002). Median maximal heart rate for heart rate calibration in different conditions: laboratory, field and competition. *Int J Sports Med* 23: 290–297.
141. Ekelund U, Poortvliet E, Yngve A, Hurtig-Wennlöv A, Nilsson A, Sjöström M (2001). Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in human adolescents. *Eur J Appl Physiol* 85: 244–249.
142. McInnes SE, Carlson JS, Jones CJ, McKenna MJ (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *J Sports Sci* 13: 387–397.
143. Alexander MJ, Boreskie SL (1989). An analysis of fitness and time-motion characteristics of handball. *Am J Sports Med* 17: 76–82.
144. Bangsbo J (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 619: 1–155.
145. Álvarez-Medina J, Murillo-Lorente V, Manonelles P, Giménez-Salillas L (2014). Heart rate variations in an elite futsal player after twelve years of maximum performance. *Am J Sports Sci Med* 2: 98–102.
146. Çağlar E, Kuruç Z (1997). Müsabaka kaygısının dinlenik kalp atım hızı üzerine etkisi. *Hacettepe J Sport Sci* 8: 18-32.
147. Karikoski O. (1991) Dinlenme kalp atım hızı. Çev: Serdar Arıtan. *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4: 34-35.
148. Wasserman K, Van Kessel AL, Burton GG (1967). Interaction mechanisms of physiological during exercise. *J Appl Physiol* 71–85.
149. Bevegård BS, Shepherd JT (1967). Regulation of the circulation during exercise in man. *Physiol Rev* 47: 178–213.
150. Coutts KD (1990). peak oxygen uptake of elite wheelchair athletes. *Adapt Phys Activ Q* 7: 62–66.

151. Rodrigues Perim R, Signorelli G, Araujo CG (2011). Stability of relative oxygen pulse curve during repeated maximal cardiopulmonary testing in professional soccer players. *Braz J Med Biol Res* 44: 700–706.
152. Katzel LI, Sorkin JD, Fleg JL (2001). A comparison of longitudinal changes in aerobic fitness in older endurance athletes and sedentary men. *J Am Geriatr Soc* 49: 1657–1664.
153. Bhambhani Y, Norris S, Bell G (1994). Prediction of stroke volume from oxygen pulse measurements in untrained and trained men. *Can J Appl Physiol* 19:49-59
154. Muscat KM, Kotrach HG, Wilkinson-Maitland CA, Schaeffer MR, Mendonca CT, Jensen D (2015). Physiological and perceptual responses to incremental exercise testing in healthy men: Effect of exercise test modality. *Appl Physiol Nutr Meta* 40: 1199–1209.



EKLER

Ek 1. Etik Kurul Onayı



Ek 1. (Devam)



Ek 2. Egzersiz Test 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 hissedersiniz?		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 yaşar mısınız?		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:

Ek 3. Bilgilendirilmiş Onam Formu

Bilgilendirilmiş Onam Formu

Sn katılımcı,

Bu araştırma futsal sporu ile ilgilenen görme engelli (az görenler) elit ve profesyonel sporculardaki fizyolojik parametreleri kardiyopulmoner egzersiz testi ile değerlendirmek amacıyla yapılacaktır.

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

Elit sporcuların antrenman gereksinimlerinin arttığı yarışma ve antrenman dönemleri arasında etkili toparlanma, sporcu performansının artırılmasının ayrılmaz bir parçasıdır. Egzersiz sonrası toparlanma stratejilerinin dahil edilmesi sonraki antrenman verimini ve yarışma performansını arttıracak, aşırı antrenman sendromu gelişme riskini ve sakatlanma riskini azaltacak düşünülmektedir. Bu nedenle çalışma, elit ve profesyonel sporcularda maksimal egzersiz kapasitesi ile alakalı fizyolojik toparlanma parametrelerini değerlendirmek amacıyla yapılacaktır. Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim dalında bulunan test düzeneğinde solunum maskesi ve EKG elektrotları takılarak belirli bir yorgunluk seviyesine kadar bisiklet çevrilecektir. Bu işlem sizin sonlandırma talebinizle sona erdirilecektir. Sonrasında dinlenme amaçlı mekanik masaj uygulaması veya düşük şiddette bisiklet çevirme egzersizi yaptırılacaktır. Başlangıçta test düzeneğinde yapmış olduğunuz uygulama tekrarlanacaktır. Bu işlemler yapılırken veriler elde edilecektir.

Bu araştırma ile ilgili olarak kararınızı verirken gerek duyduğunuz bilgileri istemeye, doğru, anlaşılır ve doyurucu yanıtlar almaya hakkınız vardır. Araştırmaya katılıp katılmamada tümüyle özgürsünüz. Bu araştırmanın tüm aşamalarında sizden elde edilecek bilgiler (adınız, resminiz ve elde edilen veriler) özenle korunacak ve gizli tutulacaktır, asla üçüncü şahıslarla paylaşılmayacaktır. Elde edilecek bazı ölçüm sonuçları (kan basıncı, egzersiz esnasında gerçekleştireceğiniz maksimum iş yükü, maksimum oksijen kullanım değerinizi...) adınız belli olmadan ortalama hesaplamalarında kullanılacak ve bu değerler tez çalışmasında kullanılacaktır. Bu test için sizden asla bir ücret talep edilmeyecek, sosyal güvenlik sigortanıza da yansıtılmayacaktır, ancak bu teste katıldığınız için sizde de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Bu araştırmaya katılımınızdan en önemli kazancınız, yaptığınız şiddetli antrenman/sporun vücudunuza ne kadar yük getirdiği ve fizyolojik olarak bir risk teşkil edip etmediği ve antrenman düzeyi ile vücut uygunluğunuz konusunda bilimsel ilkelere dayalı somut laboratuvar ölçüm verisi elde edecek olmanızdır. Ayrıca, endirekt olarak antrenman bilimi ve spor yorgunluğundan toparlanma konusunda bir bilimsel araştırmaya denek olarak katılmak yoluyla katkı sağlamış olacaksınız.

EK 3. (Devam)

Benyukarıda yazılı olan bilgileri okudum ve anladım. Araştırma hakkında sözlü olarak bilgilendirildim. Sorularıma kanımca yeterli yanıtlar aldım. Bana verilen hizmeti etkilemeksizin ve araştırmanın herhangi bir aşamasında çekilebilmek ve o ana kadar şahsımdan elde edilen bilgiler üzerindeki haklarımdan vazgeçmemek koşulu ile araştırmaya katılmayı kabul ediyorum.

Hasta Adı Soyadı:

Araştırmacının Adı-Soyadı

İmza

Tanık Adı Soyadı:

İmza

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Soyadı, Adı : Kara Fatih

Uyruğu :

Doğum Tarihi ve Yeri

E-Posta

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	2012
	Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü	2019
Lise	Fatsa Anadolu Lisesi	2005

AKADEMİK/MESLEKİ DENEYİMİ

Görevi	Kurum	Süre
1. Fizyoterapist	Özel Işıl Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi	2012-2015
2. Fizyoterapist	Araklı Devlet Hastanesi	2015-
3. Fizyoterapist	Tek Yuvam Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi	2019-

YABANCI DİL

İngilizce