



**DAYANIKLILIK SPORCULARINDA SOLUNUM KAS KUVVETİ,
SOLUNUM FONKSİYONLARI VE MAKSVO₂ DÜZEYİNİ ETKİLER Mİ?**

Banu KABAK

**DOKTORA TEZİ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
ANTRENMAN VE HAREKET BİLİMLERİ PROGRAMI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

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

Banu KABAK

07/02/2025

DAYANIKLILIK SPORCULARINDA SOLUNUM KAS KUVVETİ, SOLUNUM
FONKSİYONLARI VE MAKS VO₂ DÜZEYİNİ ETKİLER Mİ?

(Doktora Tezi)

Banu KABAK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2025

ÖZET

Araştırmanın amacı, dayanıklılık sporcularından elde edilen solunum kas kuvvet parametrelerinin, solunum fonksiyonu parametreleri ve aerobik kapasite düzeyi üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırmaya 23 kadın, 47 erkek olmak üzere 70 dayanıklılık sporcusu gönüllü olarak katıldı. Araştırmanın etik onayı Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'ndan (No: 2023-1133) alındı. Sporcuların solunum fonksiyonu ve solunum kas kuvveti dijital spirometre ile değerlendirildi. Solunum enduransının ölçümü için Power Breathe K5® solunum kas egzersiz sistemi kullanıldı. Maksimum oksijen alımı (MaksVO₂), kardiyopulmoner egzersiz test sistemi (Cosmed K5) kullanılarak değerlendirildi. Araştırmanın sonucunda; kadın dayanıklılık sporcularında MIP ve MEP değerleri maksimum yükte P_{ET}CO₂ değeri ile ilişkili bulundu. Erkek dayanıklılık sporcularında MEP değeri maksimum yükte P_{ET}CO₂ değeri ile, maksimum yükte P_{ET}O₂ ile, MaksVO₂ değeri ile, SKN'da VO₂ değeri ile, SE'de VO₂ değeri ile ilişkili bulundu. Ayrıca, erkek dayanıklılık sporcularında MIP değeri SKN'da VCO₂ değeri ile ve maksimum yükte TV değeri ile ilişkili olarak bulundu. İncelenen diğer solunum ve Maks VO₂ alt parametreleri solunum kas kuvveti ile ilişkili değildi. Araştırma sonuçları aerobik performansın en önemli göstergesi olan maksimal oksijen tüketimi ve alt parametreleri ile solunum kasları arasında ilişkiler olduğunu ortaya koymaktadır.

Bilim Kodu : 1301

Anahtar Kelimeler : Dayanıklılık Sporcusu, Solunum Fonksiyonu, Maks VO₂, İnspiratuvar Kas Kuvveti, Ekspiratuvar Kas Kuvveti.

Sayfa Adedi : 102

Danışman : Prof. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU

DOES RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH AFFECT RESPIRATORY FUNCTIONS
AND VO₂ MAX LEVEL IN ENDURANCE ATHLETES

(Ph. D. Thesis)

Banu KABAK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

February 2025

ABSTRACT

The aim of the study was to examine the effect of respiratory muscle strength parameters obtained from endurance athletes on respiratory function parameters and aerobic capacity levels. A total of 70 endurance athletes, 23 females and 47 males, voluntarily participated with the study. Ethical approval for the study was received from Gazi University Ethics Committee (No: 2023-1133). Respiratory function and respiratory muscle strength of the athletes were measured with a digital spirometer. The Power Breathe K5® respiratory muscle exercise system was used to measure respiratory endurance. Maximum oxygen uptake (VO₂ Max) was assessed using the cardiopulmonary exercise testing system (Cosmed K5). As a result of the research; MIP and MEP values were determined to be related to P_{ET}CO₂ value at maximum load in female endurance athletes. In male endurance athletes, MEP values were determined to be related to P_{ET}CO₂ values at maximum load, P_{ET}O₂ values at maximum load, MaxVO₂ values, VO₂ values at SKN, and VO₂ values at SE. Additionally, in male endurance athletes, the MIP value was determined to be related to the VCO₂ value at SKN and the TV value at maximum load. Other respiratory and VO₂ Max sub parameters examined were not associated with respiratory muscle strength. Research results reveal that there are relationships between maximal oxygen consumption which is the most important indicator of aerobic performance and its sub-parameters and respiratory muscles

Science Code : 1301

Key Words : Endurance Athlete, Respiratory Function, Max VO₂, Inspiratory Muscle Strength, Expiratory Muscle Strength

Page Number : 102

Supervisor : Prof. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU

TEŞEKKÜR

“Yalnız tek bir şeye ihtiyacımız vardır, çalışkan olmak. Servet ve onun tabii neticesi olan refah ve saadet yalnız ve ancak çalışkanların hakkıdır”.

Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK

Saygı ve Minnetle

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım danışmanım Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU’ na, saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Nevin GÜZEL’e, Prof. Dr. Ömer ŞENEL’e, performans ölçme değerlendirme laboratuvarında görevli tüm mesai arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok kıymetli eşim ve oğluma teşekkürü bir borç bilirim

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Solunum Sisteminin Yapısı ve Özellikleri.....	7
2.1.1. Egzersize bağlı arteriyel oksihemoglobin desatürasyonu	8
2.1.2. Egzersizle uyarılan solunum kas çalışması (Wresp) ile ilişkili metaborefleksin a-vO ₂ farkı üzerindeki etkisi	9
2.1.3. İntratorasik basıncın kalp debisine etkisi	10
2.2. Solunum Sistemi ve Anatomisi.....	11
2.2.1. Akciğer hacimleri.....	12
2.2.2. Dinamik akciğer hacimleri.....	14
2.2.3. Solunum kasları	15
2.2.4. Ekspirasyon kasları	19
2.3. Solunum Kaslarının Fizyolojisi	20
2.3.1. Frekans-gerim ilişkisi.....	21
2.3.2. Kuvvet-uzunluk ilişkisi.....	22
2.3.3. Kuvvet-hız ilişkisi.....	23
2.4. Solunum Kaslarının Biyomekanikliği	24

	Sayfa
2.4.1. Solunum pompasının egzersiz sırasında aktivasyonu.....	24
2.4.2. Solunum kaslarının yorgunluğu.....	26
2.4.3. Egzersiz sırasında solunum kası kasılmasının dolaşıma etkisi	26
2.4.4. Solunum kaslarının eğitimi	27
2.4.5. Solunum performansında cinsiyet farkı	28
2.5. Aerobik Güç ve Kapasite	28
2.6. Konu ile İlgili Araştırmalar	31
3. YÖNTEM.....	33
3.1. Araştırma Modeli	33
3.2. Katılımcı Seçimi.....	33
3.3. Veri Toplama Araçları	33
3.4. Verilerin Toplanması	34
3.4.1. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ölçümü	35
3.4.2. Solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi	36
3.4.3. Solunum kas kuvvetinin değerlendirilmesi.....	38
3.4.4. Solunum enduransının değerlendirilmesi.....	39
3.4.5. Aerobik dayanıklılığın değerlendirilmesi	39
3.4.6. Dispne hissinin değerlendirilmesi	42
3.5. İstatistiksel Analiz.....	43
4. BULGULAR	45
5. TARTIŞMA.....	65
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Statik akciğer hacimleri	13
Çizelge 2.2. Akciğer kapasiteleri	14
Çizelge 2.3. Dinamik akciğer hacimleri	15
Çizelge 2.4. Solunum kaslarının inervasyonu	17
Çizelge 4.1. Spor branşlarına göre sporcu sayıları	45
Çizelge 4.2. Kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının demografik bilgileri.....	45
Çizelge 4.3. Kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının değişim katsayıları.....	46
Çizelge 4.4. Kadın ve erkek dayanıklılık sporcularının solunum fonksiyon testi ölçümlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları.....	46
Çizelge 4.5. Kadın ve erkek dayanıklılık sporcularının kardiyopulmoner egzersiz testi ölçümlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları.....	47
Çizelge 4.6. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FVC değerleri ölçüm sonuçları	47
Çizelge 4.7. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FVC değerleri regresyon analizi sonuçları	48
Çizelge 4.8. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FEV1 değerleri ölçüm sonuçları.....	48
Çizelge 4.9. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FEV1 değerleri regresyon analizi sonuçları	49
Çizelge 4.10. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VCO ₂ değerleri ölçüm sonuçları	49
Çizelge 4.11. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VCO ₂ değerleri regresyon analizi sonuçları	50
Çizelge 4.12. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VO ₂ değerleri ölçüm sonuçları.....	50
Çizelge 4.13. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VO ₂ değerleri regresyon analizi sonuçları	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.14. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E değerleri ölçüm sonuçları	51
Çizelge 4.15. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E değerleri regresyon analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4.16. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VCO_2 oranı ölçüm sonuçları	52
Çizelge 4.17. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VCO_2 oranı regresyon analizi sonuçları.....	53
Çizelge 4.18. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VO_2 oranı ölçüm sonuçları	53
Çizelge 4.19. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VO_2 oranı regresyon analizi sonuçları.....	54
Çizelge 4.20. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte Tidal Volüm ölçüm sonuçları	54
Çizelge 4.21. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte Tidal Volüm regresyon analizi sonuçları.....	55
Çizelge 4.22. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}CO_2$ ölçüm sonuçları....	55
Çizelge 4.23. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}CO_2$ ölçümünün regresyon analizi sonuçları.....	56
Çizelge 4.24. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}O_2$ değerleri ölçüm sonuçları	56
Çizelge 4.25. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}O_2$ regresyon analizi sonuçları	57
Çizelge 4.26. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının MVV değerleri ölçüm sonuçları	57

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.27. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının MVV değerleri regresyon analizi sonuçları ...	58
Çizelge 4.28. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının Maks VO ₂ tüketimi ölçüm sonuçları.....	58
Çizelge 4.29. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının MaksVO ₂ Tüketimi ölçüm sonuçları	59
Çizelge 4.30. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SKN'daki CO ₂ üretimi ölçüm sonuçları	59
Çizelge 4.31. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SKN'daki CO ₂ üretimi regresyon analizi sonuçları	60
Çizelge 4.32. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SKN'daki O ₂ tüketimi ölçüm sonuçları	60
Çizelge 4.33. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) sporcuların SKN'daki O ₂ tüketimi regresyon analizi sonuçları	61
Çizelge 4.34. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının Vital Kapasite değerleri ölçüm sonuçları.....	61
Çizelge 4.35. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının Vital Kapasite değerleri regresyon analizi sonuçları	62
Çizelge 4.36. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki CO ₂ üretimi ölçüm sonuçları.....	62
Çizelge 4.37. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki CO ₂ üretimi regresyon analizi sonuçları	63
Çizelge 4.38. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki O ₂ tüketimi ölçüm sonuçları.....	63
Çizelge 4.39. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki O ₂ tüketimi regresyon analizi sonuçları	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Solunum kası metaborefleksi	10
Şekil 2.2. FEV1'in yaşa bağlı değişimi	13
Şekil 2.3. Total akciğer kapasitesinin yaşa bağlı değişimi	14
Şekil 2.4. Thorax duvarı ve diyafram anatomisi	16
Şekil 2.5. Sternokleidomastoid kası	18
Şekil 2.6. Skalen kası	19
Şekil 2.7. Ekspirasyon kasları	19
Şekil 2.8. Diyaframın frekans – gerim ilişkisi	22
Şekil 2.9. Diyaframın kuvvet- uzunluk ilişkisi	23
Şekil 2.10. Diyaframın kuvvet-hız ilişkisi	24
Şekil 2.11. Ventilasyon eğişiğinin (V-slope) yöntemi ile hesaplanması	30
Şekil 3.1. Araştırma dizaynı iş akış diyagramı	34
Şekil 3.2. FVC ve FEV1 grafikleri.	37
Şekil 3.3. MVV grafiği.	38
Şekil 3.4. VO_2/VCO_2 grafiği	41
Şekil 3.5. VE/VCO_2 grafiği	41
Şekil 3.6. Maks VO_2 testi sonucunda elde edilen grafiklerin bazıları (C- P_{ET} - breath by breath)	42
Şekil 3.7. Modifiye Borg skalası (Borg,1982)	43

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Seca marka stadiometre	35
Resim 3.2. Seca marka kadranlı baskül	35
Resim 3.3. Pony FX solunum fonksiyon testi ölçüm cihazı	36
Resim 3.4. Sporcunun vital kapasitesinin ölçülmesi	37
Resim 3.5. Solunum kas kuvveti ölçümünden bir görüntü.	38
Resim 3.6. Solunum enduransı ölçümünden bir görüntü.	39
Resim 3.7. Maks VO_2 'nin ölçümünden bir görüntü	40

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

a-vO₂	Arterio-venöz oksijen farkı
cm	Santimetre
CO₂	Karbondioksit
H⁺	Hidrojen iyonu
HbO₂	Oksihemoglobin
kg	Kilogram
mmHg	Milimetre cıva
N₂	Azot
O₂	Oksijen
P_aCO₂	Parsiyal karbondioksit basıncı
P_{et}CO₂	Soluk sonu karbondioksit basıncı
P_{ET}O₂	Soluk sonu oksijen basıncı
SaO₂	Oksijen saturasyonu

Kısaltmalar

Açıklamalar

ERV	Ekspiratuvar rezerv volüm
FEF	Zorlu ekspiratuvar akış
FEV	Zorlu ekspiratuvar volüm
FRC	Fonksiyonel rezidual kapasite
FT	Hızlı kasılan kaslar
FVC	Zorlu vital kapasite
IC	İnspiratuvar kapasite
IR	İnspiratuvar rezerv volüm
İKT	İzokapnik tamponlama
Maks VO₂	Maksimal oksijen tüketimi
MEP	Maksimum ekspiratuvar basınç

MIP	Maksimum inspiratuvar basınç
MSS	Merkezi sinir sistemi
MVV	Maksimum istemli solunum
PEF	Zirve ekspiratuvar akış
RER	Solunum değişim oranı
RM	Solunum kasları
RV	Rezidual volüm
SE	Solunumsal eşik
SF	Solunum frekansı
SFT	Solunum fonksiyon testleri
SKN	Solunum kompensasyon noktası
ST	Yavaş kasılan kaslar
TLC	Total akciğer kapasitesi
TV	Tidal volüm
VC-VK	Vital kapasite
V_E	Dakika ventilasyonu
W_{resp}	Solunum kasları iş yükü

1. GİRİŞ

Taber'in Anksiklopedik Tıp Sözlüğü, solunumu "bir organizma ile içinde yaşadığı ortam arasındaki gaz alışverişi" olarak tanımlar (Venes, 2017). İnsan vücudunda solunumu dış ve iç süreçlere göre daha ayrıntılı olarak sınıflandırabiliriz (Des Jardins, 2008). Dış solunum süreci, akciğerlere alınan oksijenin (O_2) ve kan ile akciğerlere ulaşan karbondioksitin (CO_2) atmosfer ile pulmoner dolaşım arasında transferini içerir. Solunumun iç süreci ise hücresel düzeyde meydana gelen benzer süreç olarak açıklanmaktadır.

Solunum sisteminin nihai işlevi gaz değişimidir (Kaimakamis ve Chasapidou, 2022). Bu gaz değişimi, atmosferden O_2 'nin elde edilmesi ve kandan CO_2 'in uzaklaştırılmasından oluşur. O_2 'nin normal metabolizma için gerekli olduğunu ve CO_2 'in bu metabolizmanın atık ürünü olduğunu dikkate almak önemlidir. CO_2 yalnızca ihmal edilebilir miktarda solunur. CO_2 asit-baz dengesinde rol alırken, havalandırma yoluyla vücuttan uygun düzeylerde temizlenmesi gerekir. Solunum sistemi merkezi sinir sistemi (MSS) tarafından kontrol edilir. Solunum üzerinde bir miktar istemli kontrole sahip olsak da, solunum otomatik olarak düzenlenir ve çalışır (Kaimakamis, ve Chasapidou, 2022). MSS'nin solunumu kontrol eden kısımları beyin sapında, özellikle de pons ve medullada bulunur. Bu bileşenler, frenik ve diğer motor sinirler yoluyla diyaframa ve interkostal kaslara iletilen ve temel solunum ritmimizi kontrol eden sinir uyarılarından sorumludur. Ayrıca beyin sapında merkezi kemoreseptörler bulunur. Bu özel hücreler vücuda dolaylı olarak arteriyel CO_2 ($PaCO_2$) seviyelerine dayalı olarak ventilasyonu ayarlaması için sinyal verir. Bu, birincil solunum dürtümüzü açıklar. Beyin sapının dışında karotid ve aort arterlerinde bulunan periferik kemoreseptörler, düşük O_2 seviyelerine yanıt vererek vücudun yedek solunum güdüsü olarak görev yapar.

Solunumun en kolay gözlemlenebilir bileşeni, "akciğerlere nefes alma yoluyla hava sağlandığı ve nefes verme yoluyla CO_2 'nin uzaklaştırıldığı" nefes alma eylemidir (Venes, 2017). Basit bir süreç gibi görünse de, havanın alveollere girip çıkma yeteneği, akciğer dokusunun bütünlüğü, uyumu ve hava yollarındaki hava akışına direnç gibi bir dizi faktöre bağlıdır (Des Jardins, 2008).

Bir yetişkinde dakikada yaklaşık 12-15 kez diyafram ve göğüs kasları beyinden kasılma sinyali veren uyarılar alır. Bu kasılma diyaframı aşağı, göğüs kafesini yukarı ve dışarı

doğru hareket ettirir, bu da göğüs boşluğunun hacmini artırır ve akciğerlerde negatif basınç oluşturur. Bu durum vücudun dışındaki yüksek basınçlı ortamdan gelen havanın akciğerlerdeki daha düşük basınçlı ortama akmasına neden olur. Bu, inspirasyon olarak bilinen ventilasyonun aktif aşamasıdır. Basınç eşitlenirken hava, solunum yolu açıklıklarından akciğerlere doğru akmaya devam eder (Campbell, 2008). Akciğerler tamamen genişledikten sonra, gerilme reseptörleri beyin sapına sinyal gönderir ve nefes alma durur. Daha sonra ekspirasyon olarak bilinen ventilasyonun pasif aşaması başlar. Diyafram ve göğüs kasları gevşer ve akciğerler geri çekilir, bu da göğüs boşluğundaki hacmi azaltır ve basıncı artırır. Akciğerlerin içindeki hava daha sonra vücudun dışındaki düşük basınçlı atmosfere geri akar. Nefes verme pasif bir süreç olduğundan, tipik olarak aktif nefes alma sürecinden iki kat daha uzun sürer (Des Jardins, 2008). Nefes alma ve verme süreci boyunca ortalama bir insan, akciğerlerinde her dakika 5- 10 litre havayı çevirir. Her nefes sırasında akciğerlere alınan veya verilen hava miktarı (bir yetişkinde yaklaşık 500 mL) tidal volüm (TV) olarak bilinirken, bir dakika boyunca kolektif hacim (solunum hızı $\times$ TV) dakika volümü (V_E) olarak bilinir. İletici hava yollarında (ağızdan terminal bronşiyollere kadar) meydana gelen gaz değişiminin olmaması nedeniyle, her nefesin bir kısmı gaz değişimi için etkisizdir. Bu anatomik ölü boşluk ortalama yetişkinde yaklaşık 150 mL'dir ve alveollere ulaşan ve gaz değişimi için kullanılabilen havanın hacmini belirlemek için TV'den çıkarılması gerekir. Vücutta meydana gelen metabolit olayların bir sonucu olan CO_2 'in vücuttan atılması solunumun görevidir. Bu nedenle solunum en iyi şekilde CO_2 ($PaCO_2$ veya $P_{ET}CO_2$) ölçümüyle değerlendirilir (Stoller ve diğerleri, 2024, s.129-130). Solunum durursa (apne) veya V_E azalırsa (hipoventilasyon), CO_2 kanda birikecek ve hızla toksik seviyelere (hiperkapne) ulaşacak ve asidozla sonuçlanacaktır. Tersine, eğer V_E artarsa (hiperventilasyon), CO_2 'in aşırı eliminasyonu (hipokapne) alkalozla sonuçlanacaktır. Solunum sistemimiz bu şekilde vücudun pH'ını etkiler ve aynı zamanda metabolik bozuklukları dengelemek için telafi edici bir mekanizma olarak da hizmet edebilir (Sahlin, 1980).

Perfüzyon, solunumun ikinci bileşenidir. Bu süreç, kanın kılcal damarlar yoluyla dolaşımını içerir ve bu da besin alışverişini kolaylaştırır. Dış solunum, kanın pulmoner dolaşım yoluyla akciğerlerin kılcal yataklarına yeterli miktarda iletilmesini gerektirir. Bu kan desteğinin yokluğunda, O_2 için herhangi bir taşıma mekanizması olmayacaktır (Bledsoe, Porter ve Chery, 2007).

Difüzyon, vücuttaki diğer bir önemli taşıma yöntemidir ve solunumun üçüncü bileşenidir. Difüzyon, bir çözeltideki (sıvı veya hava) bir maddenin yüksek konsantrasyonlu alanlardan düşük konsantrasyonlu alanlara hareketini içerir (Shier ve diğerleri, 2009, s. 146-147). Solunum durumunda difüzyon, O₂'nin atmosferden pulmoner kılcal duvarlar yoluyla kan dolaşımına dağıtımını içerir. Aynı zamanda CO₂ kan dolaşımından alveollere yayılır. Bu difüzyon süreci her bir gazın özelliklerine, perfüzyon hızına ve alveol-kılcal membranın bütünlüğüne bağlıdır. Solunan hava normal şartlar altında %21 O₂ içeriğine sahiptir. Deniz seviyesinde, normal şartlarda barometrik (yani atmosferik) basınç 760 mm Hg'dir. Dalton yasasına göre bu basınç, atmosferimizi oluşturan gazların (öncelikle N₂ ve O₂) kısmi basınçlarından oluşur (Des Jardins, 2008). Bu durumda kısmi O₂ basıncı 159 mm Hg'dir (760 mm Hg'nin %21'i). O₂ insan dolaşımına girdiğinde kısmi basıncı (PaO₂) 80-100 mmHg'ye düşer. Atmosferimizi oluşturan O₂ yüzdesi sabit kalsa da, O₂ takviyesi ve hava yolu basıncını değiştirerek veya barometrik basınç ve O₂ konsantrasyonu kombinasyonunu değiştirerek difüzyon sürecini geliştirebiliriz (örneğin hiperbarik oda) (Kaimakamis ve Chasapidou, 2022).

Problem durumu ve konunun tanımı

Solunum sistemi yaşamın devamı için gerekli olan en önemli sistemlerden biridir. Ancak kanıksanan varlığı nedeniyle çoğu zaman gözardı edilebilmektedir. Solunum sisteminin ana parametrelerinden olan solunum kas kuvvetinin dayanıklılık sporcularında önemine açıklık getirebilmek için aşağıda sıralanan problemlerin cevapları aranmıştır.

Çalışmanın ana problemi

- Solunum kas kuvveti solunum fonksiyonları ve MaksVO₂ düzeyini etkiler mi?

Çalışmanın alt problemleri

- Solunum kas kuvveti FVC düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti FEV1 düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti başlangıç VO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti başlangıç VCO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti maksimum yükte VE düzeyini etkiler mi?

- Solunum kas kuvveti maksimum yükte VE/CO₂ oranının düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti maksimum yükte VE/O₂ oranının düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti maksimum yükte TV düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti MaksVO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti maksimum yükte PET CO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti maksimum yükte PETO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti MVV düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti solunum kompensasyon noktasında CO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti solunum kompensasyon noktasında O₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti VK düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti solunumsal eşikte CO₂ düzeyini etkiler mi?
- Solunum kas kuvveti solunumsal eşikte O₂ düzeyini etkiler mi?

Araştırmanın amacı

Araştırmanın amacı, dayanıklılık sporcularının solunum kas kuvvetinin, solunum fonksiyonu ve aerobik kapasite düzeyi üzerindeki etkisini incelemektir.

Araştırmanın önemi

Solunum kas kuvveti ile kardiovasküler sistemin dayanıklılığının en iyi göstergesi olan maksimal oksijen tüketimi arasındaki ilişkinin varlığını belirleyip, antrenör ve sporculara referans gösterebilmektir.

Varsayımlar / sayıltılar

- Araştırmaya katılan gönüllülerin şiddeti giderek artan koşu bandı testinde maksimum performans gösterdikleri varsayılmıştır.
- Araştırmaya katılan gönüllülerin solunum fonksiyon testi ölçümlerinde maksimum performans sergiledikleri varsayılmıştır.
- Araştırmada toplanılan tüm verilerin amaca uygun ve güvenilir yöntemlerle toplandığı varsayılmıştır.

Sınırlılıklar

Araştırma 23 kadın, 47 erkek dayanıklılık sporcusuna laboratuvar ortamında yapılan koşu bandında kardio pulmoner egzersiz testi ve solunum fonksiyon testi ölçümü ile sınırlıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Solunum Sisteminin Yapısı ve Özellikleri

Sağlıklı genç bireylerin solunum sistemi, yüksek yoğunluklu dayanıklılık egzersizi için genellikle önemli bir sınırlayıcı faktör olarak görülmez. Bu, çoğu insandaki sağlıklı akciğer sistemi kapasitesinin, zorlu dayanıklılık egzersizleri sırasında bile havalandırma ve gaz değişimi ile ilgili talepleri karşılamaya yeterli olmasından kaynaklanmaktadır. Antrenmansız kişilerin çoğunluğu, hatta iyi antrenmanlı bireyler bile, alveoler ve arteriyel O_2 farkı dinlenme halinden maksimum O_2 tüketimine kadar ($MaksVO_2$) yalnızca iki ila üç birim gibi küçük bir artışla karakterize edilir. Bu küçük değişiklik, alveolar-kılcal membran boyunca büyük ölçüde ödünsüz ve yeterli O_2 difüzyon hızına işaret eder (Dempsey ve Wagner, 1999).

Ayrıca çoğu insanda, arteriyel kısmi CO_2 basıncı dinlenme seviyelerinin altına düştüğünden, egzersiz sırasında alveoler ventilasyon sınırsız olarak ve CO_2 üretimiyle orantısız şekilde artabilir. Dinlenme durumundan $MaksVO_2$ 'ye kadar arteriyel kısmi O_2 basıncının (PaO_2) neredeyse değişmez ve arteriyel hemoglobin saturasyonunda (SaO_2) ise oldukça küçük bir azalma söz konusudur. Bu durum egzersize bağlı vücut sıcaklığındaki artışlardan ve metabolik asidozdan kaynaklanabilir. Ayrıca, egzersiz sırasında hava yolu direnci ve akciğer uyumu dinlenme seviyelerine yakın düzeyde tutulur ve antrenmansız deneklerde solunum hem $MaksVO_2$ 'nin hem de maksimum kalp debisinin yalnızca $\leq 10\%$ 'unu gerektirir (Aaron ve diğerleri, 1992; Harms ve diğerleri, 1998b). Solunum kasları tarafından geliştirilen intratorasik basınç değişiklikleri, maksimum dinamik kapasitelerinin yalnızca $40-50\%$ 'ine yaklaşmaktadır (Johnson ve diğerleri, 1992). Genel olarak, sağlıklı genç bireylerdeki solunum sisteminin, yüksek yoğunluklu dayanıklılık egzersizleriyle ilişkili pulmoner gaz değişimi gereksinimlerini karşılayacak kadar donanımlı olduğu düşünülebilir.

Ancak bazen iyi antrenmanlı dayanıklılık sporcularının bazılarında, yüksek yoğunluklu egzersizle ilişkili metabolik gereksinim, aşırı ventilasyon ve pulmoner gaz değişimini gerektirebilir; bu durum, solunum sistemlerinin fonksiyonel kapasitesine ulaşp onu aşabilir, sonunda arteriyel oksijenlenmeyi ve ekstremitelerde O_2 taşınmasını tehlikeye atabilir

(Dempsey ve diğerleri, 1984; Williams ve diğerleri, 1986; Powers ve diğerleri, 1988; Harms ve diğerleri, 1997).

Egzersiz sırasında lokomotor kas O_2 taşınmasında önemli sınırlamalar sunan, solunum sistemi ile ilgili üç mekanizmadan bahsedilmektedir. Bu mekanizmalar;

2.1.1. Egzersize bağlı arteriyel oksihemoglobin desatürasyonu

Bazı formda sporcularda yüksek yoğunluklu dayanıklılık egzersizi, SaO_2 'da dinlenme seviyelerinin %5'inden daha fazla bir düşüşe neden olur, ancak %80'in ortalarına kadar aşırı düşüşler de rapor edilmiştir (Dempsey ve Wagner, 1999). Egzersiz sırasında oksihemoglobin desatürasyonu hem solunum hem de solunum dışı nedenlerden etkilenmektedir. Kısaca, solunum dışı etkiler, metabolik asidoz ve hiperterminin aracılık ettiği oksihemoglobin ayrışma eğrisinin sağa kaymasını kapsar (Wasserman ve diğerleri, 1967 ; Rasmussen ve diğerleri, 1991). Çoğunlukla en iyi kondisyona sahip olan (Williams ve diğerleri, 1986) sporcuların az bir kısmında, arteriyel oksihemoglobin desatürasyonu, PaO_2 'deki bir düşüşe (Holmgren ve Linderholm, 1958) bağlı olarak da meydana gelebilir (Hopkins ve McKenzie, 1989; Dempsey ve Wagner, 1999).

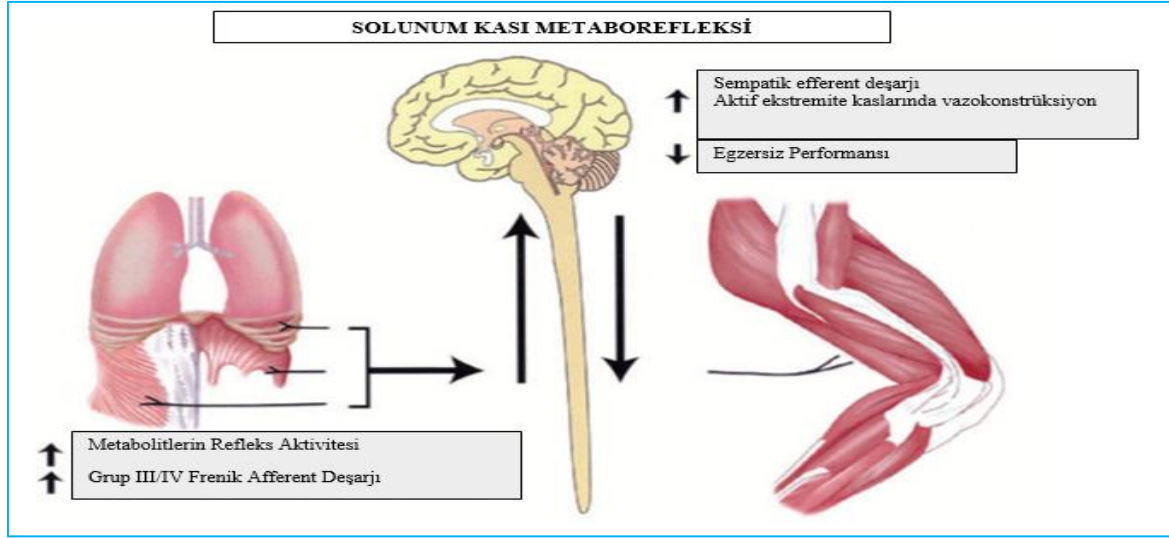
Egzersiz sırasında arteriyel desatürasyon, düşük kemoreseptör duyarlılığı ve yetersiz hiperventilatör yanıt nedeniyle de ortaya çıkabilir (örn. protonlar, katekolaminler, adenozin veya potasyum gibi dolaşımdaki kimyasal uyarılara zayıf yanıt) (Murias ve diğerleri, 2014) ve bazen de hava yollarının sunduğu mekanik kısıtlamalar bu duruma neden olabilir (Harms ve Stager 1995; Guenette ve diğerleri, 2007). Egzersiz sırasındaki yetersiz solunum tepkilerinin, arteriyel kan gazı durumunu ve SaO_2 'nunu olumsuz yönde etkileyerek PAO_2 'nı azalttığı gösterilmiştir (Johnson ve diğerleri, 1996). Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, erkekler ile karşılaştırıldığında aktif kadınlarda arteriyel oksihemoglobin desatürasyonunun daha yaygın olduğunu göstermektedir (Harms ve diğerleri, 1998a; Hopkins ve diğerleri, 2000; Hopkins ve Harms, 2004).

Kadınlar ile yaş ve boyları benzer olan erkekler arasında çeşitli pulmoner yapısal ve fonksiyonel farklılıklar bulunmaktadır (Hopkins ve Harms, 2004). Örneğin kadınlar daha küçük akciğer hacimleriyle karakterize edilirler ve erkeklerle karşılaştırıldığında daha düşük dinlenme akciğer difüzyon kapasitesi ve daha düşük maksimum ekspiratuar akış

hızları vardır (McClaran ve diğerleri, 1998; Guenette ve diğerleri, 2007). Her ne kadar bu anatomik ve morfolojik cinsiyet farklılıklarının kesin etkileri belirsiz olsa da, kadınlarda erkeklere göre egzersiz sırasında daha büyük gaz alışverişi bozukluklarına ve solunum kısıtlamalarına katkıda bulunan temel faktörler olarak kabul edilmektedirler. Çoğu sporcu maksimum egzersizde bile neredeyse hiç etkilenmezken diğerleri, maksimum altı egzersiz sırasında bile PaO_2 'de bir düşüşle karakterize edilir ve bu düşüş daha yüksek iş yüklerinde kötüleşir (Johnson ve diğerleri, 1992).

2.1.2. Egzersizle uyarılan solunum kas çalışması (Wresp) ile ilişkili metaborefleksin a-vO₂ farkı üzerindeki etkisi

Lokomotor kas O₂ dağıtımına yönelik diğer bir tehdit, ağır ve sürekli egzersizle ilişkili Wresp olarak belirtilmektedir (>%85 MaksVO₂). Genellikle ekspiratuar akış kısıtlamaları ve dinamik hiperinflasyonun eşlik ettiği ve bozulduğu ağır egzersiz sırasındaki solunum yanıtı (Johnson ve diğerleri, 1992), hem inspiratuar hem de ekspiratuar kas işinde önemli artışlar gerektirir ve sıklıkla solunum kas yorgunluğuna yol açar. Sürekli ağır egzersizin son aşamalarında solunum sırasında diyafram kuvveti düşse de, muhtemelen yardımcı kasların devreye girmesi nedeniyle alveoler ventilasyon bozulmaz. Bununla birlikte, yorucu kasılmalar ve buna bağlı olarak inspiratuar ve ekspiratuar kaslarda metabolit birikmesi, miyelinsiz grup IV frenik aferentleri aktive eder (Hill, 2000). Bunlar refleks olarak sempatik vazokonstriksiyonu (St Croix ve diğerleri, 2000) ve egzersiz yapan uzvun damar sistemindeki vazokonstriksiyonu artırır. Sonuç, a-vO₂'de bir azalma, solunum kaslarına kan akışında bir artıştır. Bu durum, sınırlı bir kalp debisi için mücadele içeren bir ilişkiye işaret etmektedir (Manohar,1986; Musch,1993). Bu etkiler ~%80 MaksVO₂'nin altındaki egzersiz yoğunluklarında ortaya çıkmamaktadır (Wetter ve diğerleri,1999). Yüksek düzeyde antrenmanlı sporcularda yoğun egzersiz sırasında (>%85 MaksVO₂), solunum kasları MaksVO₂ 'nin %15-16'sına (Harms ve diğerleri, 1998b) ihtiyaç duyarken, antrenmansız kişilerde bu oran ≤%10'dur. Arteriyel desatürasyonun aksine, ağır, sürekli egzersizle uyarılan Wresp'in CO₂ üzerinde hiçbir etkisi yoktur, ancak O₂ taşınmasındaki azalmaya a-vO₂'nin azalmasına neden olur.



Şekil 2.1. Solunum kası metaborefleksi

Solunum kaslarının çalışması ile bacakta kan akışı arasındaki ilişki solunum kaslarında yorgunluğa bağlı metabolit birikimi grup III/IV frenik aferentleri aktive eder, bunlar refleks olarak sempatik efferent akıntısının artmasına ve ekstremitelerde vazokonstriksiyona neden olur. Bu dizi, lokomotor kas yorgunluğunu kolaylaştırır ve dayanıklılık egzersizi performansını sınırlar (Dempsey ve diğerleri, 2002).

2.1.3. İntratorasik basıncın kalp debisine etkisi

Yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında solunum tepkisi, negatif ve pozitif intratorasik basınçların önemli ölçüde artmasıyla ilişkilidir. İyi antrenmanlı genç sporcularda ekspiratuar akış sınırlaması ve hiperinflasyon varlığında, bu inspiratuar basınçlar, inspiratuar ve ekspiratuar kaslara uygulanan maksimum dinamik basıncın sırasıyla %95 ve %30'una yaklaşabilir (Johnson ve diğerleri, 1992). Kalp ve büyük damarlar bu önemli salınım basınçlarına maruz kalır. İnsanlar ve hayvanlardaki egzersize yönelik son çalışmalarda, negatif inspiratuar basıncı azaltmak veya pozitif ekspiratuar intratorasik basıncı arttırmak için mekanik ventilasyon ve eşik yükleri kullanılmıştır. Bu araştırmaların sonuçları, egzersiz sırasında bu basınçların venöz dönüş, atım hacmi ve kalp debisi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Örneğin, yüksek yoğunluklu egzersizle ilişkili normal olarak oluşan negatif inspiratuar intratorasik basınçların, diyastol sonu hacmine ve ardından atım hacmine ve kalp debisine önemli bir kolaylaştırıcı katkısı (%10'a kadar) olduğu gösterilmiştir (Harms ve diğerleri, 1998b; Miller ve diğerleri, 2007).

Buna karşılık, ekspirasyon sırasında pozitif intratorasik basınçlardaki küçük artışların bile (5-10 cmH₂O) ventriküler transmural basıncı azalttığı, bunun da diyastol sırasında ventriküler dolum hızını azalttığı ve dolayısıyla atım hacmini ve kalp debisini bozduğu gösterilmiştir (Stark-Leyva ve diğerleri, 2004; Miller ve diğerleri, 2006). İyi antrenmanlı bireylerde orta şiddette egzersizden yoğun egzersize geçiş sırasında ve/veya ekspiratuar akış sınırlamalarının gelişmesiyle; ekspiratuar pozitif intratorasik basınçlarda benzer ve hatta daha büyük artışlar meydana gelebilir (Johnson ve diğerleri, 1992).

Birlikte ele alındığında, egzersiz sırasındaki negatif inspiratuar basınçların ventriküler ön yükü ve dolayısıyla atım hacmini artırarak kardiyak debiyi arttırdığı görülürken, egzersiz sırasındaki pozitif ekspiratuar basınçlar ventriküler art yükü artırarak ve dolayısıyla atım hacmini azaltarak kardiyak debiyi sınırlandırdığı ifade edilmektedir. İyi antrenmanlı dayanıklılık sporcularında yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında intratorasik basınç değişikliklerinin kalp debisi üzerindeki net etkisi, negatif inspiratuar basınçların (yani kalp debisini kolaylaştıran) fonksiyonel sonuçlarının, pozitif ekspiratuar basınçların mekanik sonuçlarını ne ölçüde dengelediğine bağlı olacaktır (yani kalp debisinin sınırlandırılması).

Özetle, dinlenme sırasında >%4-5'lik arteriyel desatürasyona ikincil olarak lokomotor kas O₂ taşınmasına yönelik tehdidin yalnızca iyi antrenmanlı dayanıklılık sporcularından oluşan bir alt grup tarafından deneyimlendiği ve maksimumun altındaki egzersiz yoğunluklarında bile gelişebileceği vurgulanmalıdır. Bununla birlikte, solunum kası metaborefleksi yoluyla O₂ dağıtımına yönelik tehdit tüm sağlıklı deneklerde ortaya çıkar, ancak yalnızca sürekli, yüksek yoğunluklu dayanıklılık egzersizlerinde (>%85 MaksVO₂). Ayrıca, solunum kası metaborefleksinin neden olduğu a-vO₂ farkındaki azalma, intratorasik basınç değişikliklerinin kalp debisi üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri yoluyla daha da şiddetlenebilir (Amann, 2012).

2.2. Solunum Sistemi ve Anatomisi

Kan ve vücut dokuları arasındaki oksijen ve karbondioksit alışverişi solunumun başka bir tanımıdır. Sağlıklı akciğerler dakikada yaklaşık 12-15 kez havalanmakta ve her dakika vücuttaki kanın tamamı akciğerlerden geçmektedir (Patel ve diğerleri, 2013).

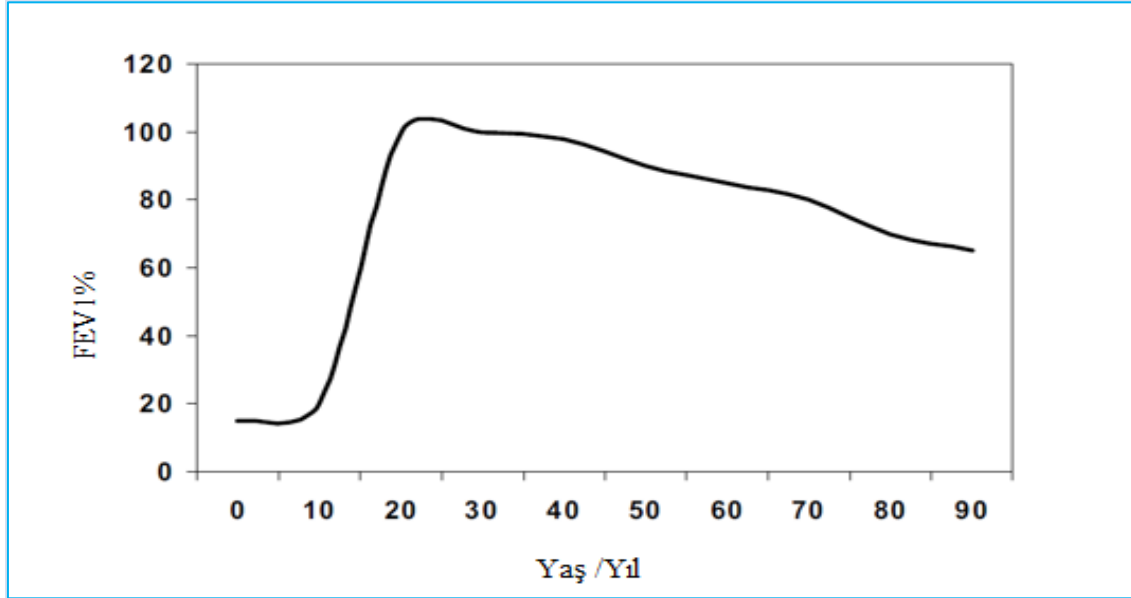
Solunum sisteminin organlarını; burun, farinks, larinks, trakea, akciğerlere uzanan iki bronş, akciğerler, akciğerlerin içinde yer alan bronşçuklar ve küçük hava yolları, akciğerleri ve toraksın içini saran plevral zarlar ve solunum kasları oluşturmaktadır.

Akciğerler iki lobdan oluşur. Elastik bağ dokusu matriksindeki her lob çok sayıda lobül içermektedir. Trakea ikiye bölünerek iki ana bronşu oluşturur. Göğüs boşluğunda orta hattın her iki yanında birer tane olmak üzere iki akciğer vardır. Koni şeklinde ve orta yüzeylidirler. Tepe noktası yuvarlatılmıştır ve klavikulanın orta üçte birlik kısmının seviyesinden yaklaşık 25 cm yukarıda, boyun köküne doğru yükselir. Birinci kostaya ve boyun kökündeki kan damarı ve sinire yakın bir yerde bulunur (Peate, 2018). Taban içbükey ve yarım ay şeklindedir, diyaframın torasik yüzeyinde yer alır. Kosta yüzeyinin dışbükey kısmı kortikal kıkırdak, kaburgalar ve interkostal kaslara karşı uzanır. Medial yüzey içbükeydir ve kabaca şekillendirilmiş bir alana sahiptir; sağ akciğer üç ayrı loba bölünmüştür: üst, orta ve alt. Sol akciğer daha küçüktür çünkü kalp orta hattın solunda yer alır, iki loba ayrılmıştır: üst ve alt (Albertine, 2010: s.25). Plevra, az miktarda seröz sıvı içeren seröz membrandan oluşur. Akciğer bu kesenin içine doğru kıvrılarak iki katman oluşturur: biri akciğere, diğeri göğüs boşluğunun duvarına yapışır. Plevra boşluğu yalnızca potansiyel bir boşluktur. İnce seröz sıvı tabakası, plevranın iki katmanını birbirinden ayırarak bunların birbirleri üzerinde kaymasını sağlar ve nefes alma sırasında aralarındaki sürtünmeyi önler. Membranın epitel hücresi seröz sıvıyı salgılar. Plevra tabakasından herhangi biri delinirse altta yatan akciğer, elastik geri tepme özelliğinden dolayı çöker (Robinson ve Furlow, 2007). Akciğerler, bronşlardan ve daha küçük hava geçitlerinden, alveollerden, bağ dokusundan, kan damarlarından, lenf damarlarından ve sinirlerden oluşur. Bronşlar trakea ile aynı dokulardan oluşur ve siliyer kolumnar epitel ile kaplıdır. Bronşlar giderek bronşiyollere, terminal bronşiyollere, solunum bronşiyollerine, alveolarduklara ve son olarak alveollere bölünür (Shah, 2019).

2.2.1. Akciğer hacimleri

Akciğerler yaşamın ilk yirmi yılı boyunca bir büyüme ve olgunlaşma evresinden geçer ve kadınlarda 20, erkeklerde 25 yaş civarında maksimum akciğer fonksiyonuna ulaştığı belirtilmektedir. Akciğer fonksiyonu 20 ila 35 yaş arasında çok az bir değişikliklerle sabit kalır ve daha sonra azalmaya başlar (Knudson, 1981; Zeleznik, 2003). Akciğer hacimleri vücut büyüklüğüne, özellikle de boy uzunluğuna bağlıdır. Yaşa göre düzeltilmiş total

akciğer kapasitesi (TLC) yaşam boyunca değişmeden kalır. Yaşla birlikte fonksiyonel rezidüel kapasite ve rezidüel hacim artar, bu da vital kapasitenin azalmasına neden olur.

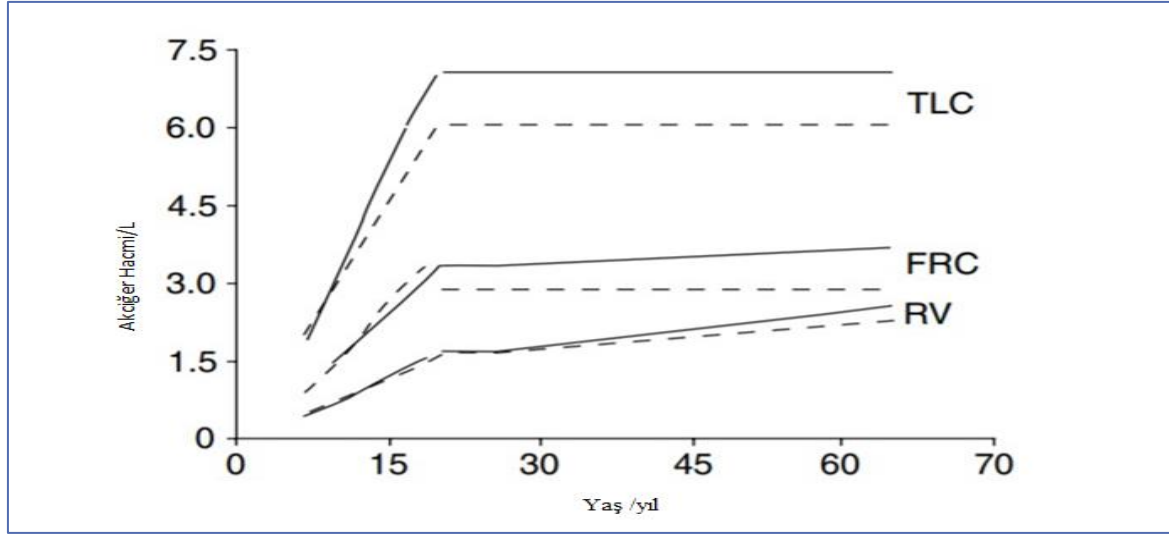


Şekil 2.2. FEV1'in yaşa bağlı değişimi

Bir saniyedeki zorlu ekspiratuar hacimdeki (FEV1) yaşa bağlı düşüş, 20 yaşından itibaren yaşa göre maksimumun %'si olarak çizilmiştir (Dockery ve diğerleri, 1990).

Çizelge 2.1. Statik akciğer hacimleri

Tidal Volüm (TV)	Sakin nefes alma sırasında solunan veya verilen havanın hacmini ifade eder
Expirator Rezerv Volüm (ERV)	Tidal hacmin altında ekspire edilen maksimum hava hacmini ifade eder
Rezidual Volüm (RV)	Maksimum ekspresyondan sonra akciğerlerde bulunan hava miktarını ifade eder
Inspirator Rezerv Volüm (IRV)	Tidal volüm hacminin üzerinde solunan maksimum havanın hacmini ifade eder



Şekil 2.3. Total akciğer kapasitesinin yaşa bağlı değişimi

Stocks ve Quanjer (1995) tarafından sunulan öngörücü denklemleri kullanarak, yaş akciğer hacimleri ve kapasiteleriyle ilişkilendiren grafikler çizmek mümkündür. Bu denklemlerden türetilen grafik yukarıda sunulmuştur. Yaş arttıkça TLC'nin önemli ölçüde arttığına, ancak FRC'deki artışın orantılı olarak daha küçük olduğu görülmektedir. Akciğer kapasiteleri iki veya daha fazla statik akciğer hacminin toplamıdır.

Çizelge 2.2. Akciğer kapasiteleri

İnspirasyon Kapasitesi (IC):	TV + IRV
Fonksiyonel Rezidüel Kapasite (FRC):	RV+ERV
Vital Kapasite (VC)	TV+IRV+ERV
Total Akciğer Kapasitesi (TLC)	TV+IRV+ERV+RV

Kısaltmalar: ERV, ekspiratuar rezerv volüm; IRV, inspiratuar rezerv volüm; RV, rezidüel volüm; TV, tidal volüm (Sharma ve Goodwin, 2006).

2.2.2. Dinamik akciğer hacimleri

Dinamik akciğer hacimleri belli bir zaman diliminde ölçülerek veya ekspirasyon ve inspirasyon akım hızları hesaplanarak elde edilir.

Çizelge 2.3. Dinamik akciğer hacimleri

Zorlu Vital Kapasite (FVC)	Zorlu vital kapasite, maksimum nefes almanın ardından ekspirasyonla verilen maksimum gaz hacmidir; ekspirasyon aşaması hızlı ve mümkün olduğu kadar kuvvetli bir şekilde tamamlanır.
Zorlu Ekspiratuvar Volüm (FEV)	Zorlu ekspiratuvar hacim, zorlu vital kapasitenin performansı sırasında belirtilen iki zaman aralığı arasında ekspire edilen gaz hacmidir.
Maksimum İstemli Ventilasyon (MVV)	Maksimum solunum sırasında dakikada verilen hava hacmidir; nefes alma istemli çabayla veya egzersizle sağlanabilir.
Zirve Ekspiratuvar Akış (PEF)	Tam inspirasyon pozisyonundan başlayan zorlu ekspiratuvar vital kapasite manevrası sırasındaki maksimum akıştır.
Zorlu Ekspiratuvar Orta Akış (FEF ₂₅₋₇₅)	FVC'nin orta yarısı sırasındaki ortalama zorlu ekspiratuvar akıştır (Gandevia ve Hugh-Jones,1957; Quanjer ve diğerleri,1993).

Akciğer hacim ve kapasiteleri yaş dışında, cinsiyetten, geçirilmiş akciğer hastalıklarından, sigara kullanımından etkilenmektedir. Kadınlar morfolojik yapıları gereği erkeklerden daha düşük akciğer hacim ve kapasitelerine sahiptirler. Avrupa Toraks Derneğinin (Quanjer ve diğerleri, 2012) yaptığı araştırma sonucunda yaş, cinsiyet ve ırka göre norm değerler yayınlanmıştır. Ancak bu değerler sedanter bireylerin norm değerleridir. Farklı yaş gruplarındaki sporcuların akciğer hacim ve kapasite değerlerinin farklı olup olmadığı araştırma konusudur.

2.2.3. Solunum kasları

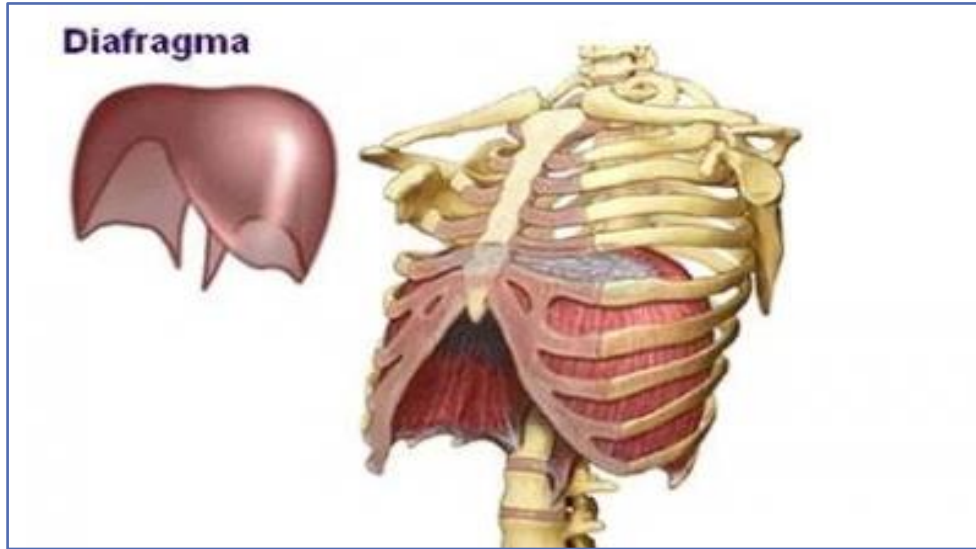
Solunum kasları morfolojik ve fonksiyonel olarak iskelet kaslarıdır. İnspirasyon kasları grubu diyafram, dış interkostal, parasternal, sternomastoid ve skalen kasları içerir.

Ekspirasyon kasları grubu, internal interkostal, rektus abdominis, eksternal ve internal oblik ve transversus abdominis kaslarını içerir. Düşük solunum çabası sırasında (yani dinlenme halinde) yalnızca inspirasyon kasları aktiftir. Yüksek nefes alma çabası sırasında (yani egzersiz) ekspirasyon kasları da aktif hale gelmektedir (Ratnovsky ve diğerleri, 2008).

Solunum kaslarının anatomisi

Ana solunum kasları diyafram, interkostal kaslar ve karın duvarının kaslarıdır. Solunumun yardımcı kasları arasında sternomastoid kaslar ile boyun, sırt ve omuz kuşağının diğer kasları bulunur (Syabbalo, 1998).

İnspirasyonun birincil kası olan diyafram memelilerin yapısal bir özelliğidir (Hamnegard ve diğerleri, 1996) ve anatomik olarak karmaşık bir kastır. Ana kısım kubbe şeklindedir ve çevresinde çeşitli lif gruplarından oluşan kasların düzenlendiği büyük bir merkezi lifli tendon vardır.



Şekil 2.4. Thorax duvarı ve diyafram anatomisi

Diyaframın kas lifleri üç bölüme ayrılır: vertebral, kostal ve sternal. Vertebral lifleri ikinci ve üçüncü lumbal vertebralardan başlar medial arcuate ligament (psoas) ve lateral arcuate ligament'den (quadratus lumborum) oluşur. Kostal lifleri altıncı kostanın yan ve üst kenarlarından başlar ve transversus abdominis ile iç içe geçer. Sternal lifler ksifoid prosesin arkasından kaynak alır. Tüm lifler merkezi tendonda birleşir. Diyaframın büyük

kısmını oluşturan kostal lifleri doğrudan yukarıya doğru uzanır, paraleldir ve göğüs kafesinin iç yüzeyine yapışmıştır. Bu birleşme alanı, ekspirasyon sonunda göğüs kafesinin yüzey alanının üçte birine kadarını temsil eder, ancak inspirasyon sırasında azalır (Mead, 1979). Kostal liflerin hem origoları hem de insersiyoları hareketlidir ve potansiyel olarak solunumla birlikte hareket eder. Buna karşılık crural kısım solunumla birlikte hareket etmez. Diyaframın afferent innervasyonu, T6'dan T12'ye gelen sinirler tarafından sağlanan marjinal kısım ve T12 tarafından sağlanan crura'nın çoğu hariç, frenik sinirler yoluyla sağlanır (Bloom, 1993). Diyafram kas içciklerinden daha fazla tendon yapısına sahip olduğundan nispeten daha az sayıda duyu organı içerir (Corda ve diğerleri, 1965). Duyu organlarının azlığı, diyaframın düzgün bir şekilde kasılma eğilimini yansıtabilir, böylece fonksiyonunu doğru bir şekilde yapabilmek için nispeten az sayıda duyu sonlanmasına ihtiyaç duyar (Green ve diğerleri, 1978).

Diyafram ve diğer solunum kaslarının innervasyonu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Solunum kaslarının innervasyonu

Solunum Kası	Spinal Segment
Diaphragma	C3-C5
Parasternal (Lateral) İnterkostaller	T1-T5
İnterosseus (Lateral) İnterkostaller	T1-T11
Skalen	C3-C8
Sternokleideomastoid	C1-C3
Ekternal Abdominal Oblik	T6-T12
İnternal Abdominal Oblik	T6-L1
Rektus Abdominis	T7-T12
Transversus Abdominis	T7-L1

Solunumun diğer önemli kasları interkostal kaslardır. İnternal ve eksternal olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Ekstrenal interkostal kaslar inspirasyon kası olarak görev yaparken, internal interkostal kaslar ekspirasyon kası olarak görev yaparlar.

Eksternal interkostaller, kostaların tüberküllerinden kostokondral bileşkeye kadar uzanır ve burada anterior interkostal membrana kadar devam ederler. Arka tarafta öne göre daha fazla kas lifi içerirler (Benditt ve McCool, 2016). Lifleri üst kostadan alttaki kostaya doğru eğik bir şekilde aşağıya ve öne doğru eğimlidir. İnternal interkostaller, interkostal boşluğun ön ucundan arkadaki kostaların açılmasına kadar uzanır ve burada arka interkostal membran ile sürekli hale gelirler. Önde arkaya göre daha fazla kas lifi içerirler. Lifler eğik olarak aşağıya ve geriye doğru eğimlidir. İnternal interkostaller, kostaların aşağıya ve öne doğru eğimli olduğu interosseöz kısım ve kostal kıkırdakların yukarı ve öne doğru eğimli olduğu interkartilajinöz kısım (parasternallar) olarak alt bölümlere ayrılabilir (Koulouris ve Dimitroulis, 2001).

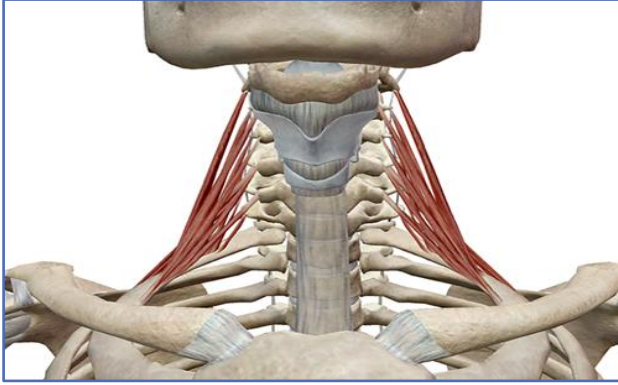
Yardımcı inspirasyon kasları

Solunumun yardımcı kasları olarak adlandırılan tüm kaslardan yalnızca sternokleidomastoidler, skalen ve triangularis sterni insanda önemli solunum aktivitesi gösterir (De Troyer ve Estenne, 1988). Sternokleidomastoid (SKM) kası, manubrium sternumdan ve klavikulanın medial kısmından başlar. İki başlı bir kastır. Bu iki başın lifleri, mastoid prosese ve oksipital kemiğe yapışarak birleşir.



Şekil 2.5. Sternokleidomastoid kası

Skalen kaslar, alt beş servikal omurun transvers prosesinden kaynak alır. Aşağı doğru inerek birinci (skalenus anterior ve medius) ve ikinci kostanın (skalenus arka) üst yüzeyine yapışır. Scalenus medius en büyüğüdür.

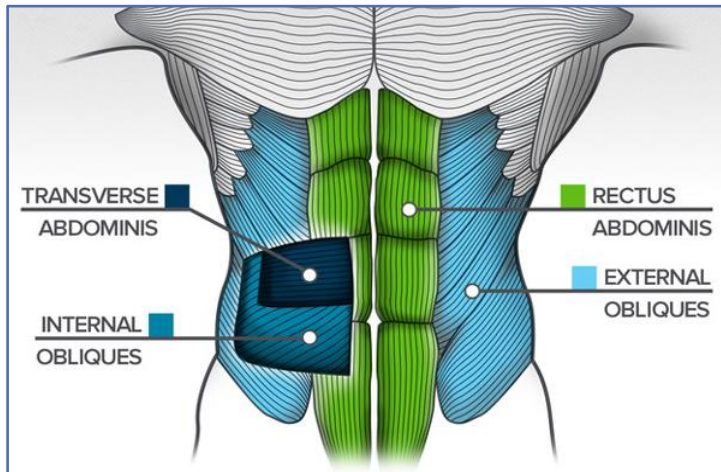


Şekil 2.6. Skalen kası

Triangularis sterni kasının ise lifleri sternumun kaudal yarısının dorsal yönünden kaynak alır ve 3. ile 7. kaburgaların kostal kıkırdaklarının iç yüzeyine yapışır. Sternumun ve parasternal interkostalların derinliklerinde yer alan düz bir kastır.

2.2.4. Ekspirasyon kasları

Karın boşluğu, göğüs kafesini pelvise bağlayan ve güçlü fasiyal kılıflar içinde yer alan uzunlamasına ön ve arka kaslarla birlikte karının geri kalanını çevreleyen üç kas tabakasıyla sınırlanır. Bu kaslar ekspirasyonun aktif olduğu durumlarda görev alırlar.



Şekil 2.7. Ekspirasyon kasları

Eksternal oblik kas, alt sekiz kaburganın dış yüzeylerinden kaynak alır. Bu nedenle alt boşluklardaki interkostal kasların yüzeyi ile bağlantılıdır. Dorsal lifler aşağı iliak kristaya doğrudur. Kasın geri kalan kısmı eğik bir şekilde aşağıya, öne doğru ilerler ve rektus kılıfının bir parçasını oluşturarak linea alba'da diğer taraftaki eksternal oblik kas ile

birleşerek fibröz bir aponevroza geçer. Aponevrozun alt sınırı inguinal ligamanı oluşturur (Osmond, 1985).

İnternal oblik kas, lomber fasya, iliak krista ve inguinal ligamanın lateral kısmından, kostal kenar boyunca geniş bir bağlantı ile pubise kadar ilerler. Rektus kılıfına katkıda bulunan bir aponevroza yapışır (Osmond, 1985). Transversus abdominis kası ise, alt altı kostanın kırkırdaklarından, lomber fasyadan, iliak krista ve inguinal ligamanın lateral kısmından kaynak alır. Kasın ana kısmı, yatay olarak ileri doğru, eksternal obliğinine benzer bir aponevroz içine doğru geçer. Transversus abdominis bu kasların en derinidir (Osmond, 1985).

Rectus Abdominis kası beşinci, altıncı ve yedinci kostal kırkırdaklara (bazen üçüncü ve dördüncü) yatay olarak bağlanır. Pubis'e doğru sivrilerken tendon bağlantısına kadar dikey olarak aşağıya iner ve göğüs kafesinin dış yüzeyini kapsar. Rektus kılıfı kasın çoğunu kaplar ve üç lateral kasın aponevrozundan kaynak alır (Osmond, 1985). Solunum eylemine katılabilecek başka birçok kas vardır. Bunlar trapezius, pektoralis majör, pektoralis minör, subclavius, latissimus dorsi, serratus anterior, serratus posterior superior, serratus posterior inferior, quadratus lumborum ve sacrospinalis'tir. Bu kasların çoğunun anatomik açıdan solunum mekaniğinde önemli olma ihtimali düşüktür (De Troyer ve Estenne, 1988).

2.3. Solunum Kaslarının Fizyolojisi

Diyafram ve yardımcı inspiratuvar ve ekspiratuvar solunum kasları, benzer karışık hızlı kasılan oksidatif, glikolitik ve yavaş kasılan oksidatif lif tipindedir. Uzun lokomotor kasların aksine, ağır yoğunluktaki dayanıklılığın artan solunum talepleri için birçok yönden ideal olarak uygun görünmektedir.

Diyaframın mitokondriyal hacmi, kılcık yoğunluğu ve aerobik kapasitesi iskelet kaslarının özelliklerini önemli ölçüde aşmaktadır (Polla ve diğerleri, 2004). Supramaksimal motor sinir stimülasyonunun kullanımı ile, maksimuma kadar artan egzersiz veya dayanıklılık egzersizinin bir sonucu olarak diyafram veya ekspiratuvar kasların yorgunluğa dayanıklı olduğunu, maksimum oksijen tüketiminin %85'i ve daha yüksek egzersiz şiddetlerinde yorgunluğun başladığı gösterilmiştir (Johnson ve diğerleri, 1993; Romer ve diğerleri, 2007).

İn vitro kanıtlar, ağırlıklı olarak kırmızı veya beyaz ekstremite lokomotor kaslarından gelen besleme damarlarıyla karşılaştırıldığında kemirgen diyafram arteriollerinin norepinefrin kaynaklı vazokonstriksiyona nispeten dirençli olduğunu göstermiştir (Aaker ve Laughlin, 1985) ve bu veriler tüm vücut egzersizi sırasında oluşabilen sempatik aracılı vazokonstriksiyona karşı koruyucu bir etkiyi ima etmektedir.

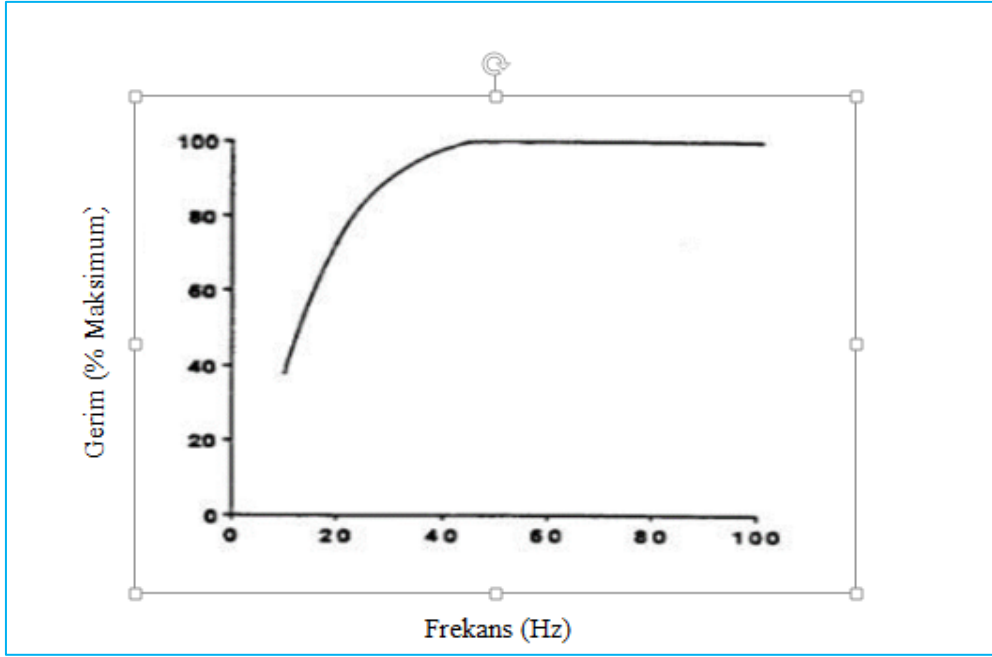
Egzersiz ventilasyon gereksinimleri, ağır egzersiz sırasında sadece diyafram ve abdominal ekspirasyon kaslarının değil aynı zamanda gövde, boyun ve üst gövde yardımcı solunum kaslarının kombine olarak çalışmasıyla karşılanır (Aliverti ve diğerleri, 1985; Pilarski ve diğerleri, 2019), yani “yük” geniş bir alana dağılmıştır. Bu durum solunum yüküne karşı solunum kas yorgunluğunun daha geç başlamasının nedenlerinden biri olarak gösterilebilir.

Solunum kasları nefes almanın itici gücünü sağlar. Ventilasyondaki merkezi rollerine rağmen fizyolojileri nispeten ihmal edilmiştir, bu duruma kısmen işlevlerinin karmaşıklığı, kısmen de onları incelemenin zorlukları nedeniyledir (Green ve Moxham, 1985). Bu kasların kasılma statik ve dinamiklerini vivo'da incelemek zordur çünkü kuvvet, başlangıç uzunluğu, kısalma hızı ve tek tek kasların nöral tahrikinin büyüklüğü, invaziv yöntemler olmadan ölçülemez (Lockhart, 1984).

Solunum kaslarının fonksiyonunun anlaşılması frekans-gerilim, kuvvet-uzunluk, kuvvet-hız ilişkilerine bağlıdır.

2.3.1. Frekans-gerim ilişkisi

İskelet kası tarafından geliştirilen kuvvet, uyarım sıklığının bir fonksiyonudur. Frekans-kuvvet ilişkileri, tekrarlanan uyarı sırasındaki her bir fibrilin kasılmasının oluşturduğu geriliminin toplamından kaynaklanır. Bu ilişki, farklı kaslar tarafından kuvvet gelişiminin değerlendirilmesinde ve aynı kas tarafından yüksek ve düşük frekanslı yorgunluğun değerlendirilmesinde faydalıdır. Solunum kasları doğrudan in vivo kuvvet ölçümü için erişilemez olduğundan, bunların kuvveti, onlar tarafından oluşturulan basınçların ölçümü olarak dolaylı olarak ölçülür (Moxham ve diğerleri, 1981). Solunum kaslarının frekans-gerilim (basınç) eğrisi diğer insan iskelet kaslarınıninkine benzerdir.

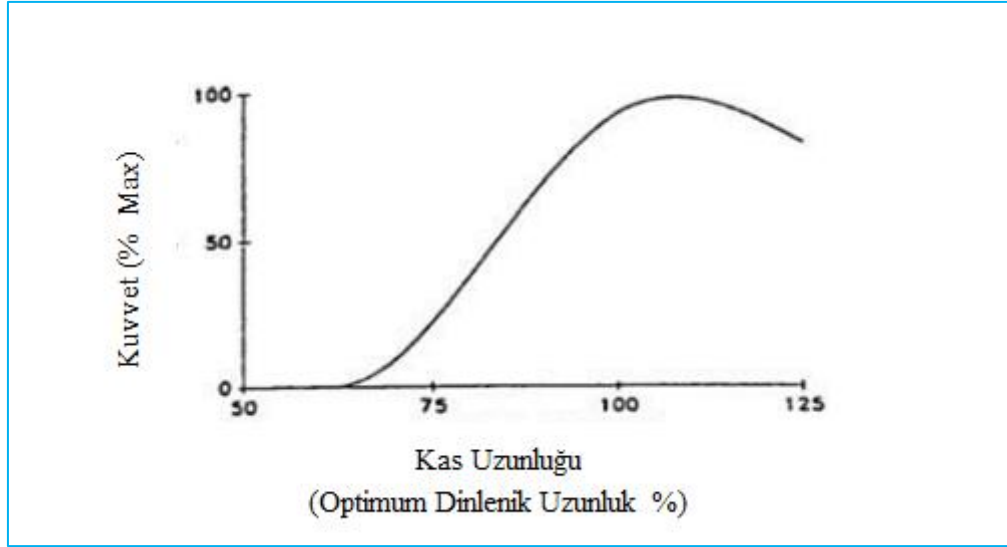


Şekil 2.8. Diyaframın frekans – gerim ilişkisi

Gerim frekansla birlikte 70 Hz e kadar doğrusal modda yükselir. Frekans 70 Hz e ulaştığında gerim plato oluşturur (Moxham ve diğerleri, 1981).

2.3.2. Kuvvet-uzunluk ilişkisi

Kuvvet-uzunluk ilişkisi, bir kasın optimal dinlenme uzunluğunda uyarıldığında ne kadar maksimum kasılma kuvvetini ürettiğini gösterir. Kas, optimal dinlenme uzunluğunun ötesinde gerildiğinde veya alternatif olarak kasılmadan önce kısaltıldığında, kasın supramaksimal uyarılması, maksimumun altında kuvvet üretir. Diyafram durumunda, aşırı gerilme nedeniyle kasılma kuvvetinin bozulduğuna dair çok az kanıt vardır veya hiç yoktur, ancak normal FRC'nin üzerindeki akciğer hacimlerinde diyafram ve diğer inspiratuar kaslar kısalır ve kasılma kuvvetleri azalır. Buna karşılık, düşük akciğer hacimlerinde ekspiratuar kas kasılma kuvveti azalır (Braun ve diğerleri, 1982; Marshall, 1962; Smith ve Bellemare, 1987).

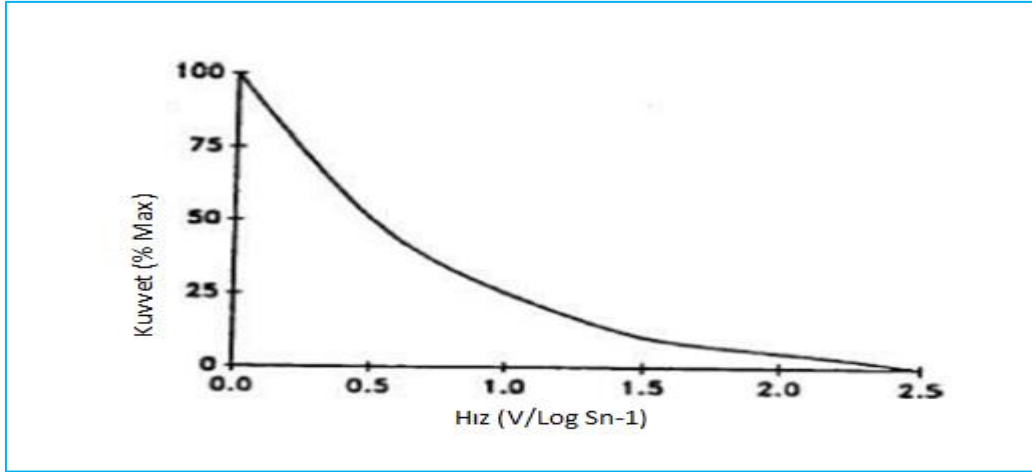


Şekil 2.9. Diyaframın kuvvet- uzunluk ilişkisi

Bir kas optimalden daha uzun veya optimalden daha az uzunlukta aktive edildiğinde kuvvet azalır. Basınç bir gerilim indeksi olarak kullanılır (Smith ve Bellemare,1987).

2.3.3. Kuvvet-hız ilişkisi

Herhangi bir kas uzunluğu için maksimum kasılma kuvveti, kasın kısılması önlendiğinde en yüksektir. Kasın kasılması sırasında kısılmasına izin verilirse kasılma kuvveti, kasın kısılma hızının bir fonksiyonu olarak hiperbolik olarak azalır. Buna "kuvvet-hız ilişkisi" denir (Wilkie, 1950; Goldman ve diğerleri, 1978). Hem gerilim hem de hız maksimum değere normalleştirildiğinde, yavaş kaslar hızlı kaslara göre kuvvet hız grafiğinde daha fazla eğim gösterir. Bu, tip I (ST) liflerin tip II'ye (FT) göre daha az güç çıkışı ürettiği anlamına gelir. Diyafram kasının kuvvet-hız ilişkisi yavaş (tip I) ve hızlı (tip II) iskelet kasları arasında orta düzeydedir (Edwards ve Faulkner, 1985; s.301-304).



Şekil 2.10. Diyaframın kuvvet-hız ilişkisi

2.4. Solunum Kaslarının Biyomekaniği

İşlevsel bir bakış açısından, üç grup solunum kası vardır: diyafram, göğüs kafesi kasları ve karın kasları. Her grup göğüs duvarı ve onun kompartımanlarına etki eder, yani akciğere dayalı göğüs kafesi, diyaframa dayalı göğüs kafesi ve karın. Diyaframın kasılması karnı ve göğüs kafesinin alt kısmını (karın göğüs kafesi) genişletir. Kaburgalar arası, parasternal kaslar, skalen ve boyun kaslarını içeren göğüs kafesi kasları çoğunlukla göğüs kafesinin (pulmoner göğüs kafesi) üst kısmına etki eder ve hem inspiratuar hem de ekspiratuardır. Karın kasları karın ve karın göğüs kafesine etki eder ve ekspiratuardır. Her bir kas grubu tek başına kasıldığında veya kasılma diğer gruplara göre baskın olduğunda, kompartmanların en az birinde istenmeyen etkiler (sırasıyla inspirasyon ve ekspirasyon sırasında “paradoksal” içe veya dışa doğru hareket gibi) oluşur. Bu etkilerden kaçınmak için iki veya üç kas grubunun oldukça koordineli bir şekilde çalıştırılması gerekir. İstirahat halindeki nefes alma sırasında bu, diyafram ve inspiratuar göğüs kafesi kaslarının koordineli aktivitesi ile gerçekleştirilir. İstirahatteki solunumda hiçbir ekspiratuar kas kullanılmaz (Aliverti ve diğerleri, 1997). Bu koordineli kasılma solunum pompası adı verilen durumun gerçekleşmesini sağlamaktadır.

2.4.1. Solunum pompasının egzersiz sırasında aktivasyonu

Egzersiz sırasında artan ventilasyon taleplerini karşılamak için, solunum kaslarına yönelik artan nöral bir dürtü oluşur. Bu durum, kaslar tarafından geliştirilen mekanik gücü artırır. Kas gücü, basınçla çarpılan kısalma hızına eşittir. Dinlenmeden farklı olarak, egzersiz

sırasında diyafram öncelikle bir "akış oluşturun"dur. Bu, mekanik gücünün basınçtan çok kısılma hızı olarak ifade edildiği anlamına gelir. Göğüs kafesi ve karın kasları birincil olarak "basınç üreticileridir", yani sırasıyla göğüs kafesini ve karını hareket ettirmek için gerekli basınçları geliştirirler (Aliverti ve diğerleri, 1997). Dinlenmeden farklı olarak, egzersiz sırasında ekspiratuar kaslar solunumda aktif rol oynar. Her bir nefeste eylemleri, inspiratuar göğüs kafesi kaslarınıninkile yüksek oranda koordine edilir. İnspirasyon sırasında göğüs kafesi kasları kasılırken karın kasları yavaş yavaş gevşer ve nefes verme sırasında bunun tersi geçerlidir. Bu mekanizmanın birkaç etkisi vardır. Göğüs kafesinin bozulmasını önler; diyafram yüksüzdür, akış oluşturun görevi görür ve karın hacmi dinlenme seviyelerinin altına düşürülür (Aliverti ve diğerleri, 1997; Henke ve diğerleri, 1988). Sonuç olarak, egzersiz sırasında ekspirasyon sonu akciğer hacmi azalır ve nefes alma mekaniği optimize edilir. Tidal hacim, solunum sisteminin en uyumlu kısmında meydana gelir; diyafram uzar ve bu nedenle optimal uzunluğuna yakın çalışır; her nefeste, gerekli inspirasyon işinin bir kısmı, bir önceki ekspirasyon sırasında önceden elastik enerji şeklinde depolanır (Stubbing ve diğerleri, 1980).

Egzersizin artan ventilasyon talebi solunum kasları tarafından karşılanır. Orta düzeyde egzersizde alveoler ventilasyona paralel olarak metabolik gereksinimler artar, arteriyel kan-gaz oranları ve asit-baz dengesi istirahatteki seviyelerine yakın tutulur. Solunum modelinin mekaniği, solunum kasları tarafından gerçekleştirilen iş en aza indirilecek şekilde hassas bir şekilde düzenlenmiştir. Maksimum egzersize kadar yüksek egzersiz seviyelerinde, solunum kasları tarafından üretilen basınçlar maksimumlarının oldukça altındadır. Maksimal egzersizde, solunum kasları tarafından nefes almak için tüketilen oksijen, toplamın sadece ~% 10'u kadardır (Aaron ve diğerleri, 1992). Bu durum sadece antrenmanlı sporcular için değil, sağlıklı denekler için de geçerlidir. Formda dayanıklılık atletlerinde, inspiratuar kaslar tarafından üretilen basınç maksimuma yaklaşabilir ve ekspiratuar basınçlar, hava yollarının dinamik kompresyonunun ekspiratuar akış sınırlamasını belirlediği seviyelere yükselebilir (Aliverti, 2008). Ekspiratuar akış sınırlandırıldığında, akışın daha fazla artmasına izin vermek için ekspirasyon sonu akciğer hacmi artırılmalıdır. Başka bir deyişle, ekspiratuar akış sınırlaması "dinamik hiperinflasyona" neden olur. Yüksek akciğer hacimlerinde, inspirasyon kasları, akciğer ve göğüs duvarı tarafından sunulan daha yüksek bir elastik yükün üstesinden gelmek zorundadır. Ayrıca, daha kısıtlı ve bu nedenle daha az basınç üretme yeteneğine

sahiptirler. Sonuç olarak, bu koşullarda solunum kasları tarafından tüketilen oksijen artar (Aaron ve diğerleri, 1992; Harms ve diğerleri, 1998).

2.4.2. Solunum kaslarının yorgunluğu

Ağır egzersiz boyunca sürdürülmesi gereken yüksek düzeyde solunum kas çalışması, solunum kas yorgunluğuna neden olur. Solunum kaslarının yorgunluğu, ekstremiteler lokomotor kas vaskülarizasyonunun vazokonstriksiyonuna yol açarak metaborefleksi başlatabilir, çalışan uzuv kaslarının periferik yorgunluğunu şiddetlendirebilir ve geri bildirim yoluyla efor algılarını yoğunlaştırarak yüksek yoğunluklu dayanıklılık egzersizi performansının sınırlandırılmasına katkıda bulunabilir (Dempsey ve diğerleri, 2002).

Egzersiz kaynaklı diyafram yorgunluğu, zamanla diyaframın toplam ventilasyona olan göreceli katkısını azaltarak performansı etkileyebilir ve kademeli hiperventilasyon yanıtını iletmek için yardımcı inspiratuar ve ekspiratuar kasların devreye girmesini gerektirebilir (Babcock ve diğerleri, 1995, 1996). Egzersiz devam ederken yardımcı solunum kaslarının kullanımının artması göğüs duvarını bozabilir (Romer ve Polkey, 2008) solunumun mekanik verimliliğini azaltabilir (Hart ve diğerleri, 2002) ve dolayısıyla bu kasların metabolik ve kan akışı taleplerini artırabilir. Yardımcı solunum kaslarının kademeli olarak devreye girmesinin, merkezi sinir sistemine duyuşal girdiyi artırması ve dolayısıyla dispnenin yoğunluğunu artırması beklenir. Solunum kası yorgunluğu başlı başına dispnenin şiddetini artırabilir (Verges ve diğerleri, 2007b). Yorgunluktan bağımsız faktörler de dispneyi değiştirebilir ve potansiyel olarak egzersiz toleransını etkileyebilir. Örneğin, solunum kaslarında artan gerginlik, gerginlik gelişim örüntüsünde değişiklikler (hız, frekans ve görev döngüsü) ve kasların çalışma uzunluğunda bir azalma veya kısalma hızında bir artış yoluyla solunum kaslarının işlevsel zayıflaması, dispne üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (McConnell ve Romer, 2004). Yukarıda açıklamaya çalıştığımız tüm bu durumlar dayanıklılık performansını etkileyebilir.

2.4.3. Egzersiz sırasında solunum kası kasılmasının dolaşıma etkisi

Karın kasları, diyaframla birlikte egzersiz sırasında “yardımcı kalp” görevi görebilir. Aslında, her nefes alma eyleminde, muhtemelen splanknik arterden önemli miktarda kan, gövde ve ekstremiteler arasında kaydırılarak kalp debisini artırmaya katkıda bulunur (Uva

ve diğerleri, 2016; Aliverti ve diğerleri, 1985). Muhtemelen daha az ölçüde, alt ekstremite kas kasılması, kanın iskelet kası damar sisteminden "iskelet kası pompası" olarak adlandırılan yolla itilmesini kolaylaştırarak venöz dönüş katkıda bulunur. Bununla birlikte, bu mekanizmalar yalnızca orta düzey egzersizlerde geçerlidir (Miller ve diğerleri, 2005). Ağır egzersiz sırasında, ekspiratuar akış sınırlaması ve uzamış ekspirasyon süresi, ventriküler transmural basıncı azaltan ve bir valsava manevrası gibi hareket ederek diyastol sırasında ventriküler dolum hızını düşüren, atım hacmini, venöz dönüşü ve kalp debisini azaltan daha yüksek ortalama pozitif intratorasik basınçlara neden olur. Solunum kaslarının kardiyovasküler sistem üzerindeki bu etkileri, sistemik oksijen iletimini tehlikeye atar ve uzuv kaslarını yorgunluğa karşı daha duyarlı hale getirebilir (Aliverti ve diğerleri, 2005).

2.4.4. Solunum kaslarının eğitimi

Solunum kaslarının yorulma direncini ve mekanik etkinliğini artırmak için yapılabilecek şey antrenmandır. Egzersiz toleransını geliştirmenin mümkün olup olmadığına dair kesin bir kanıt olmamasına rağmen, son zamanlarda yapılan güvenilir araştırmalar, solunum kas eğitiminin dayanıklılık egzersiz performansı üzerinde küçük ama önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Belirlenmesi gereken şey, solunum kas eğitiminin egzersiz performansını iyileştirdiği mekanizma veya mekanizmaların birleşimidir. Solunum kas yorgunluğunun giderilmesi, uzuv kas yorgunluğunun giderilmesi, solunum kası metaboreflksinin zayıflamasını (Verges ve diğerleri, 2007a; Sales ve diğerleri, 2016) solunum kas kuvveti eğitimi ile sağlanabilir. Diyaframın kendine has metabolik özellikleri vardır ve yorgunluğa karşı dirençlidir, geri kalan iskelet kasları ise istemli izokapnik hiperpne yoluyla 'hacim' ile veya dirençli bir yüke karşı nefes kullanılarak 'direnç' ile çalıştırılabilir (Sheel, 2002). Dirençli antrenmanlar sonucunda, maksimum inspiratuar basınçta %8 ila %45 aralığında artışlar bildirmiştir (Sonetti ve diğerleri, 2001) Sporcular için tekrar maksimalin (TM) performansı artırıp artırmayacağı tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Bazı spor bilimciler, TM antrenmanını takiben maksimumun altındaki iş yüklerinde tükenmeye kadar geçen sürenin arttığını bildirmektedir (Boutellier ve diğerleri, 1992; Morgan ve diğerleri, 1987). Respiratuvar kaslar sürekli egzersizle yorulabilir ve bu kaslara dirençli yüklemenin yüksek antrenmanlı bisikletçilerde performans süresini önemli ölçüde etkileyeceğine dair deneysel kanıtlar vardır (Babcock ve diğerleri, 2002). Respiratuvar kas antrenmanını takiben solunum verimliliğinde

iyileşmeler olabilir ve belirli bir iş yükü için dakikadaki ventilasyonda bir azalma, solunum kası tarafından tüketilen oksijeni etkileyecek, belki de egzersiz sırasında kan akışı dağılımını değiştirecektir. Yorgunluğun başlangıcını geciktirmek ve performansı artırmak amacıyla solunum kaslarını eğitmek, deneysel kanıt gerektiren çekici bir hipotezdir (Warburton ve diğerleri,2008, s. 99; Sheel ve diğerleri,2001).

2.4.5. Solunum performansında cinsiyet farkı

Kadınların akciğerleri ve hava yolları, aynı boy ve yaştaki erkeklere göre daha küçüktür ve ayrıca erkeklerden daha sık ekspiratuar akış kısıtlaması geliştirmeleri muhtemeldir. Belirli bir ventilasyon için, kadınlarda solunumun mutlak oksijen maliyeti daha fazladır ve bu, erkeklerle karşılaştırıldığında toplam oksijen alımının daha büyük bir kısmını temsil eder. Egzersiz sırasında ne erkekler ne de kadınlar maksimum etkili ventilasyona ulaşamasa da, kadınlar bu değere erkeklerden daha yakındır. Bu nedenle, kadınlarda solunumun daha yüksek oksijen maliyeti, toplam oksijen alımının ve kalp debisinin daha büyük bir bölümünün solunum kaslarına yönlendirildiği ve egzersiz performansını etkilediği anlamına gelmektedir (Sheel ve diğerleri, 2016).

2.5. Aerobik Güç ve Kapasite

Aerobik güç ve kapasite aerobik dayanıklılık performansını oluşturan temel bileşenlerdir (Jones ve Carter, 2000). Aerobik güç, maksimal şiddetteki bir egzersiz sırasında dakikada harcanan maksimum oksijen miktarını ifade etmektedir. Aerobik kapasitenin birim zamandaki göstergesidir (Yıldız, 2012). Aerobik performans ise, enerjinin aerobik metabolizmadan karşılandığı ve sürekli artan yüklü bir egzersiz sırasında kişinin kardiyovasküler sisteminin kullanabileceği maksimum oksijen miktarı olarak ifade edilmektedir (Basset ve Howley, 2000). Aerobik performansın kardiyovasküler dayanıklılık özelliği ile ilişkili olduğu ve dayanıklılığın en önemli belirleyicisi olduğu ifade edilmektedir. Aerobik egzersiz, oksijen varlığında büyük kas gruplarının uzun süreli, ritmik ve devamlı aktivitesidir (yürüme, koşma, kayaklı koşu, bisiklet gibi). Dayanıklılık sporcularında aerobik kapasite, kardiyovasküler ve respiratuar dayanıklılık anlamına gelmekte olup; pulmoner kardiyovasküler ve nöromusküler sistemlerin fonksiyonel bütünleşmesinin bir göstergesi olarak da kabul edilmektedir. Aerobik kapasite, önceden belirlenen bir “Egzersiz Test Protokolü” uygulanarak, kademeli artan bir egzersiz testiyle

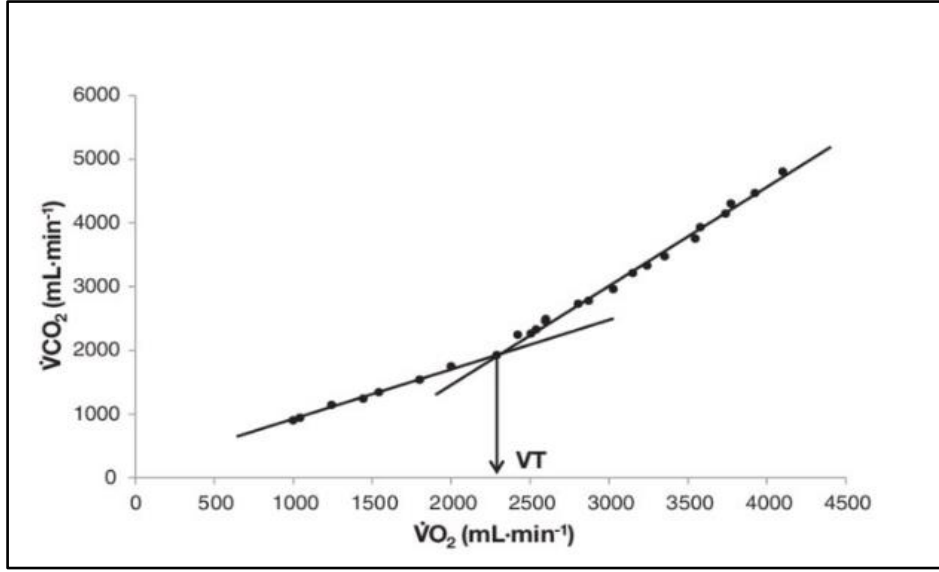
yapılan maksimum bir yüklenmede erişilebilen ve ölçülebilen oksijen kullanımının (maksimal oksijen volümü=MaksVO₂) en yüksek değerinin ölçülmesi ile tanımlanır. MaksVO₂, aerobik kapasitenin en iyi, kolay uygulanabilir ve güvenilir bir göstergesidir (Astrand, 1992; McArdle ve Katch, 2000, s.175-178). Birçok egzersiz bilimcisi tarafından kardiyovasküler dayanıklılığın en geçerli ölçütü olarak kabul edilir. MaksVO₂ değerine ulaşıldığında, güç çıkışındaki bir artış oksijen alımında bir artışa neden olmaz. Bu noktada sporcunun kullandığı O₂ maksimaldir ve bu nokta MaksVO₂ adı ile adlandırılır (Rosdahl ve diğerleri, 2010) Bu nedenle, MaksVO₂, oksijen taşıma sisteminin kasılan kaslara O₂ iletme kabiliyeti için bir "fizyolojik tavanı" temsil eder. Aerobik dayanıklılık, atletik performansta önemli ve etkili bir fizyolojik faktördür. (Kraemer ve diğerleri, 2011, s.388-391). MaxVO₂'yi etkileyen fizyolojik faktörler şunları içerir:

- Kardiyorespiratuar sistemin kasılan kasa oksijen iletme konusundaki maksimum yeteneği
- Kasın oksijeni alma ve aerobik olarak ATP üretme yeteneği

Hem genetik yapının hem de antrenmanın MaksVO₂'yi etkilediği bilinmektedir. MaksVO₂'deki gelişimin, merkezi ve periferik kardiyovasküler adaptasyonlardan kaynaklandığı ifade edilmektedir (Powers ve diğerleri, 2007,s.265-269).

Solunumsal Eşik (SE), CO₂ ekstraksiyonunda, O₂ tüketiminde ve solunum hacminde ve hızında bir eğilim değişimini yansıtan ventilasyon değişikliklerine göre belirlenir. Bu eğilim değişikliği çoğunlukla laktat eşiğiyle oldukça ilişkilidir. Her ikisi de hızlanan ya da biriken yorgunluk problemlerine yönelik bir eğilimi göstermektedir. Anaerobik Eşik (AE), vücudun artık enerji taleplerini korumak için yağ ve oksijen kullanmaya dayanamadığı, daha yoğun, sürdürülemez, egzersiz yoğunluğuna işaret eder (Pallares ve diğerleri, 2016).

SE ve AE'nin laktat eşiğine (LE) çok yakın şiddette görüldüğü varsayımları vardır. Laktat üretimi laktatın eliminasyonundan daha fazla olduğu zaman, kanda laktat birikimine neden olur. Antrenman etkisini değerlendirmek için bu değerler kullanılmaktadır (Anderson ve Mahon, 2007; McArdle ve diğerleri, 2010, s.477).



Şekil 2.11. Ventilasyon eğişığının (V-slope) yöntemi ile hesaplanması

Sporcunun egzersize devam ederken belirli bir yoğunluktan sonra aerobik enerji sistemi tarafından tüketilen oksijene karşın ürettiğı karbondioksit miktarının yanı sıra laktik asitten ayrışan hidrojen iyonlarının (H^+) bikarbonat ile tamponlanması sonucu karbondioksit üretiminde artış görölür. Meydana gelen bu nonmetabolik tepkiye ventilasyonun hızlanması ile vücut karşılık verir. Bu nokta solunum sompansasyon noktası (SKN) olarak adlandırılır Solunumsal eşik ise egzersizdeki O_2 ve CO_2 doğrusallığının bozulduğı (kırılmanın olduğı) noktadır (Wasserman, 1984).

İzokapnik tamponlama (İKT) bir Maks VO_2 testi sonucunda elde edilen SE ve SKN arasındaki bölge olarak adlandırılır ve egzersize bağılı metabolik asidozun kompanzasyonunu yansıtır (Whipp ve diğlerleri, 1989). İKT fazının uzunluğunun egzersize bağılı metabolik asidoza duyarlılığın bir göstergesi olduğı ve sporcuların aerobik kapasitesine katkıda bulunduğuna yönelik çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Hirakoba ve Yunoki, 2002). Sporcuların İKT faz değlerlerinin ölçülmesi, farklı antrenman uyarılarına cevap olarak gelişen fizyolojik adaptasyonların anlaşılmasına yardımcı olabilir (Korkmaz ve Polat, 2018). Max VO_2 testi sonucunda antrenmanlı sporcuların, antrenmansız sporculara kıyasla İKT fazının daha uzun olduğı ve solunum kompanzasyon noktasında egzersizin daha yüksek şiddetlerinde meydana geldiğı ifade edilmektedir (Lenti ve diğlerleri, 2011).

2.6. Konu ile İlgili Araştırmalar

Solunum kas kuvvetinin maksimal oksijen tüketimiyle olan ilişkisinin incelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Klusiewicz (2008) antrenmanlı ve antrenmansız sporcular üzerinde yaptığı çalışmada antrenmanlı erkek sporcularda MIP değeri ile mutlak veya relatif Maks VO_2 değerleri arasında bir ilişki bulamamışken, kadın sporcularda MIP değeri ile mutlak veya relatif Maks VO_2 değerleri arasında bir korelasyon bulmuştur. Juric ve diğerleri, basketbol ve hentbol sporcuları üzerinde yaptıkları çalışmalarında MIP değeri ile Maks VO_2 arasında anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Deliceoğlu ve diğerleri (2024), yaptıkları çalışmalarında MIP ve MEP değerleri ile Maks VO_2 arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlardır. Lomax ve diğerleri (2011), iki gruptan oluşan 12 erkek futbolcuda solunum kası antrenmanı ve solunum kaslarının ısınmasının (maksimum inspiratuvar kas gücünün %40'ında) kontrol grubuna kıyasla Yo-Yo test performanslarını artırdığını bildirmiştir.

Volianitis ve diğerleri (2001), kadın kürek sporcuları üzerinde yaptıkları çalışmada, branşa özgü genel ısınma ile birlikte yapılan solunum kası ısınma egzersizi sonrası sporcuların Maks VO_2 değerinin deney grubundan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Illi ve diğerleri (2012), sağlıklı bireylerde egzersiz performansını iyileştirmede solunum kası antrenmanının (RMT) önemli faydalarını gösteren kapsamlı bir sistematik inceleme ve meta-analiz yürütmüşlerdir. Kowalski ve diğerleri (2024), RMT'nin özellikle dayanıklılık sporları bağlamındaki pratik uygulamalarını araştırmış ve sporcular için potansiyel etkilerine ışık tutmuştur. Haj Ghanbari ve diğerleri (2013), meta-analizler yürüterek RMT'nin çeşitli disiplinlerde atletik performansı artırmadaki etkinliğine dair ikna edici kanıtlar sağlamışlardır. Shei (2018), tarafından yürütülen başka bir çalışma, sağlıklı bireylerde RMT'nin ergojenik etkilerini gözden geçirerek bilgi birikimine katkıda bulunmuş ve egzersiz ortamlarındaki potansiyel faydalarını daha da doğrulamıştır. Amonette ve Dupler (2002), ise yaptıkları çalışmada, nefes egzersizlerinin Maks VO_2 kapasitesinde bir iyileşmeye neden olmadığını bildirmişlerdir. Romer ve diğerleri (2002), deneklerin solunum kası antrenmanından sonra Maks VO_2 değerlerinde anlamlı bir değişim olmadığını bulmuşlardır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Araştırmada olgu ve olayları nesnelleştirerek gözlemlenebilir, ölçülebilir ve sayısal olarak ifade edilebilir bir şekilde ortaya koyan araştırma yöntemi olan nicel araştırma modeli kullanılmıştır.

3.2. Katılımcı Seçimi

Araştırmaya, katılmaya gönüllü olan 18 yaş ve üzeri dayanıklılık sporcularının dâhil edilmesi planlandı. Araştırmaya 82 dayanıklılık sporcusu gönüllü olarak başvurdu. 2 sporcu 18 yaşından küçük olduğu, 1 sporcu astım hastalığı olduğu, 4 sporcu solunum fonksiyon testlerine koopere olamadığı ve 5 sporcu solunum endurans testine koopere olamadığı için araştırma grubundan çıkarıldı. Araştırmaya 23 kadın, 47 erkek olmak üzere 70 gönüllü dayanıklılık sporcusu dahil edildi. Çalışmanın etik onayı Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'ndan (No: 2023-1133) alındı. Çalışma Helsinki Bildirgesi yönergeleri doğrultusunda tamamlandı. Tüm katılımcılardan bilgilendirilmiş onam formu alındı.

Çalışmaya dâhil edilme kriterleri; Sigara kullanmamak, astım, pulmoner tüberküloz, amfizem veya kronik bronşit gibi solunum yolu hastalıkları geçirmemiş olmaktı. Herhangi bir ilaç özellikle de kardiyak glikozit veya β -reseptor antagonisti türevi ilaçlar kullanan sporcular çalışmaya alınmadı. Çalışma kriterlerine uyan sporcular aynı gün içerisinde değerlendirmeye alındı. Sporcuların demografik bilgileri (yaş, spor yılı, sigara kullanımı, ilaç kullanımı) kaydedildi.

3.3. Veri Toplama Araçları

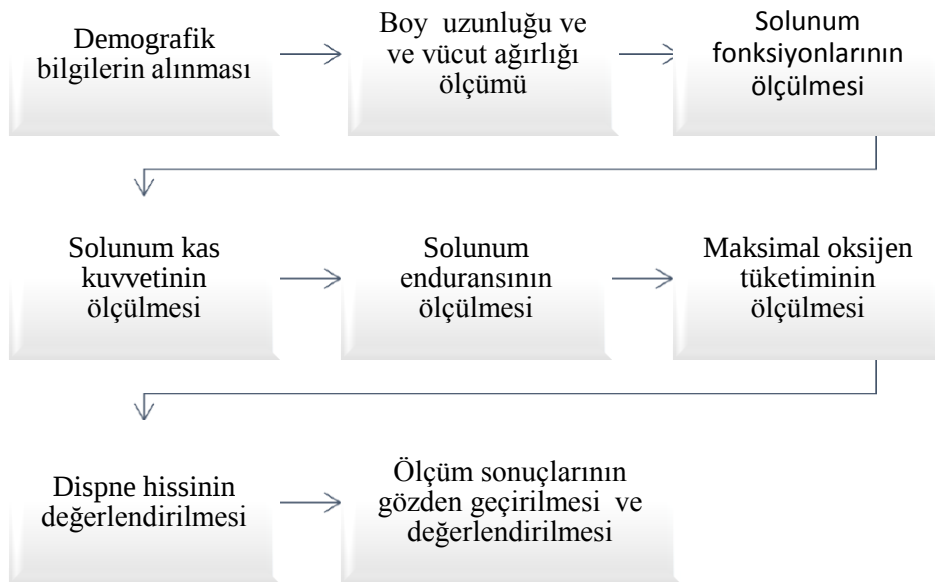
Sporcuların solunum fonksiyonu ve solunum kas kuvveti dijital spirometre (Pony FX Cosmed, Italy) ile değerlendirildi. Solunum enduransının ölçümü için Power Breathe K5® (POWER breathe International Ltd., İngiltere, BK) solunum kas egzersiz sistemi kullanıldı. Maksimum oksijen alımı (MaksVO₂), kardiyopulmoner egzersiz test sistemi (Cosmed K5, İtalya, Seri No: 2019030706) kullanılarak değerlendirildi. Sporcuların boy uzunluklarını ölçmek için ± 1 mm hassasiyete sahip Seca marka stadiometre, katılımcıların vücut

kütlesini belirlemek amacıyla; Seca (761) marka mekanik baskül kullanıldı. İş yükü giderek artan egzersiz testleri için motorize bir koşu bandı kullanıldı(H/p/ cosmos/ pulsar, İsviçre).

3.4. Verilerin Toplanması

Araştırmaya katılmaya gönüllü olan dayanıklılık sporcuları farklı günlerde günün aynı saatinde, önceki 24 saat içinde yorucu bir antrenman yapmadan ve az iki saat önce doyurucu bir yemek yemiş olarak laboratuvara geldiler.

Sporcuların demografik bilgileri alındıktan sonra, boy ve kilo ölçümleri yapıldı. Daha sonra sporculara solunum fonksiyon testleri (SFT) uygulandı. Solunum kas kuvvetinin değerlendirilmesi için maksimum inspiratvuar basınç (MIP) ve maksimum ekspiratvuar basınç (MEP) testleri yapıldı. Her bir sporcu 10 dk dinlendirildi, ardından sporcuların solunum kas enduransları belirlendi. Sporcuların Maks VO₂ ölçümleri koşu bandında yapılarak Cpet K5 cihazından elde edilen veriler kaydedildi.



Şekil 3.1. Araştırma dizaynı iş akış diyagramı

3.4.1. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ölçümü

Sporcuların boy uzunluklarını ölçmek için ± 1 mm hassasiyete sahip Seca marka stadiometre kullanıldı. Ölçüm sırasında sporculardan ayakkabısız olarak cihaza çıkmaları, anatomik duruşta durmaları, baş frontal düzlemde, baş üstü tablası verteks noktasına değecek şekilde durmaları ı istendi. Ölçüm sonuçları cm cinsinden kaydedildi.



Resim 3.1. Seca marka stadiometre

Sporcuların vücut ağırlığını belirlemek amacıyla; Seca (761) marka mekanik baskül kullanıldı. Ölçüm sırasında sporculardan çıplak ayakla cihaza çıkmaları ve sabit durmaları istendi. Veriler kg cinsinden kaydedildi.



Resim 3.2. Seca marka kadranlı baskül

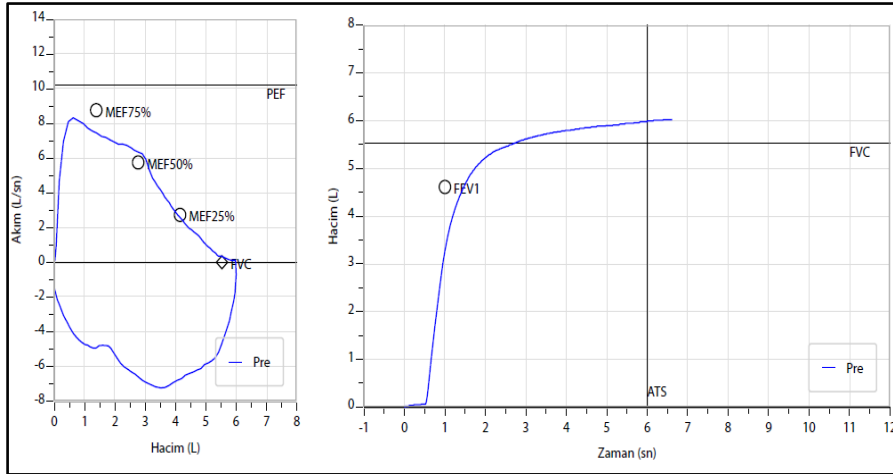
3.4.2. Solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi



Resim 3.3. Pony FX solunum fonksiyon testi ölçüm cihazı

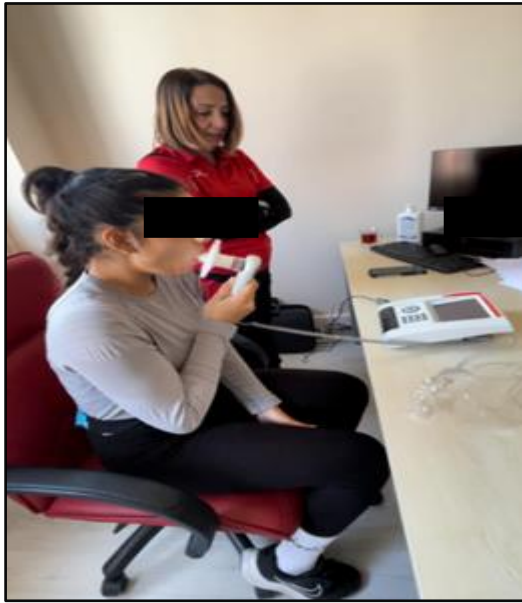
Sporculara testlerden önce bilgi verildi ve testler rahat oturma pozisyonunda uygulandı. Testler sırasında sporcunun burnu mandalla kapatıldı ve spirometre ağızlığından dışarıya hava kaçmaması için ağız kenarlarında hiç boşluk kalmayacak şekilde ağızlığı dudaklarıyla kapatması istendi. Testler spirometre ağızlığı üzerinden solunum manevraları yaptırılarak uygulandı. Testlerden önce uygulamayı anlayabilmek ve cihaza adapte olabilmek için birkaç deneme testi yaptırıldı. Katılımcıların her deneme arasında 1 dakika dinlenmelerine izin verildi ve protokolü 5 kez tekrarlamaları istendi (Sachs ve diğerleri, 2009). En iyi ölçüm skoru istatistiksel analizlerde kullanıldı.

Zorlu vital kapasite manevrası sırasında sporcudan öncelikle derin bir nefes alması, artık nefes alamayacak noktaya geldiğinde hızlı, kuvvetli ve uzun bir şekilde akciğerlerindeki bütün havayı boşaltması ve ardından tekrar derin bir nefes alması istendi. Test sonucunda; zorlu vital kapasite (FVC), 1. saniye zorlu ekspirasyon hacmi (FEV1), FEV1/FVC değerleri elde edildi. Tüm deneklerin zorlu vital kapasitesi (FVC) %80 ve 1 saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim FEV1/FVC oranı öngörülen değerlerin %75'iydi (Slatore ve diğerleri, 2013).



Şekil 3.2. FVC ve FEV1 grafikleri.

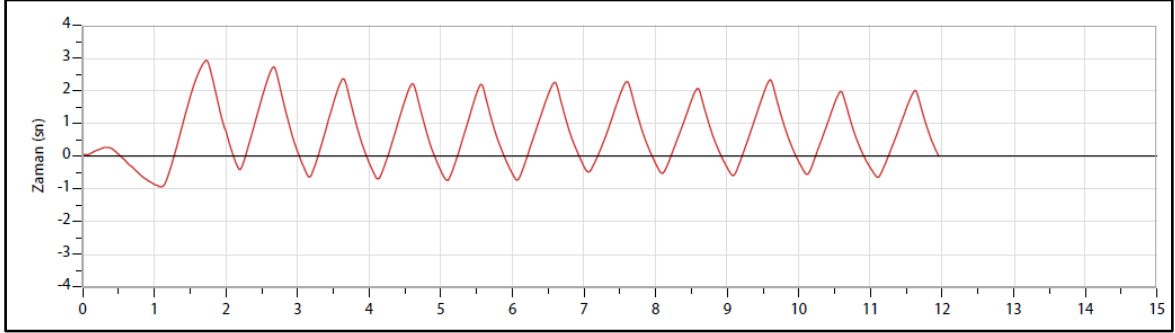
Slow vital kapasiteyi değerlendirmek için sporcuların önce normal nefes alıp vermeleri istendi, aletin otomatik olarak belirlediği bir zamanda sporcudan sakince derin bir nefes alması ve akciğerlerini tamamen doldurması, akabinde sakince tüm nefesini vermesi, akciğerlerini tamamen boşaltması daha sonra sakince tekrar derin bir nefes alması istendi.



Resim 3.4. Sporcunun vital kapasitesinin ölçülmesi

Maksimal istemli ventilasyon (MVV) testi sırasında sporcudan 12 s boyunca derin, hızlı ve kuvvetli bir şekilde nefes alıp vermesi istendi. Testin bitiminde yaptırılan manevranın solunumsal alkalozu neden olmaması için sporcunun birkaç saniye nefesini tutması istendi.

Elde edilen MVV değeri kaydedildi. Cihaz dakika istemli ventilasyonu otomatik olarak hesaplamaktadır.



Şekil 3.3. MVV grafiği.

3.4.3. Solunum kas kuvvetinin değerlendirilmesi

Solunum kaslarının kuvvetini değerlendirmek için maksimum inspiratuvar basınç (MIP) ve maksimum ekspiratuvar basınç (MEP) testleri uygulandı. MIP testi için sporcunun önce akciğerlerindeki havayı tamamen boşaltması; takiben derin, hızlı ve kuvvetli bir şekilde tam nefes alması; MEP testi için önce akciğerlerini tamamen havayla doldurması, takiben hızlı ve kuvvetli bir şekilde tam nefes vermesi istendi. Her test aralara dinlenme verilerek 5 kez tekrarlandı. Veriler kaydedildi. Tüm testlerin en iyi sonuçları alınarak analiz edildi.



Resim 3.5. Solunum kas kuvveti ölçümünden bir görüntü.

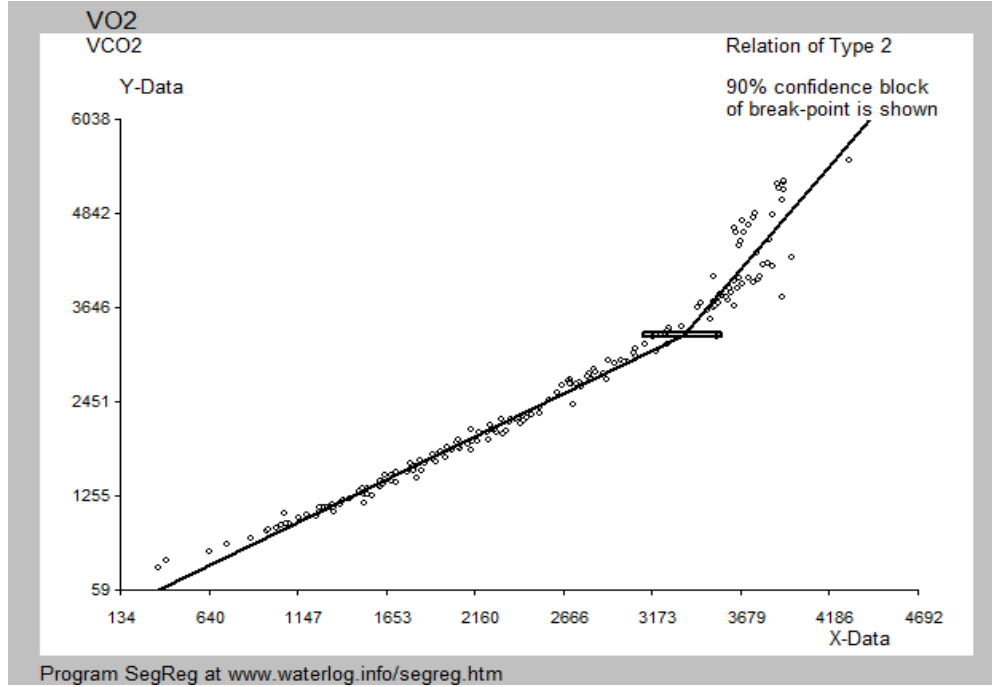
Aerobik kapasite ve güç ölçümleri için kullanılan koşu bandı protokollerinde kullanılan test bitirme kriterlerine uygun olarak sporcunun koşusu izlendi. MaksVO₂ parametresinin tespiti için koşu bandında 6 km/s bir hızda 2 dakikalık ısınmanın arkasından, koşu bandının hızı her 90sn'1 km/s arttığı, eğimin bu hız artışıyla beraber %0,5 arttığı bir protokolde koşmaları istendi.



Resim 3.7. Maks VO₂'nin ölçülmesinden bir görüntü

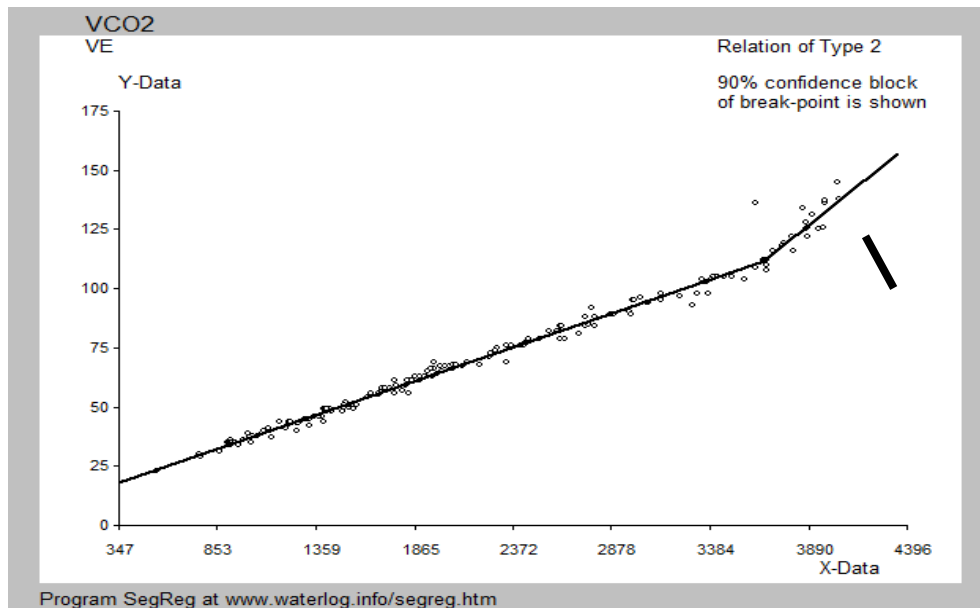
Sporcunun orijinal Borg skalasında algıladığı yorgunluk düzeyinin 17 ve üzerinde olduğunu ve yorulduğunu söylemesi, iş yükü artışına rağmen oksijen tüketiminin artık yükselmemesi, karbondioksit üretiminin oksijen tüketimine oranı (RQ) değerinin 1.15 ve üzerine ulaşması, kalp atım sayısının maksimum kalp atım sayısının % 85 ve üzerinde olması, artan iş yüküne rağmen kalp atım sayısında artış gözlemlenmemesi gibi kriterlerden üçünün aynı anda gözlemlenmesi, maksimal oksijen kullanım kapasitesine ulaşıldığının göstergesi olarak kabul edilerek test sona erdirildi. Otomatik taşınabilir gaz analiz programı ile elde edilen aerobik kapasiteye ait son 30 s'lik süredeki değerlerin ortalaması alındı ve sporcuların vücut ağırlıklarına oranları hesaplandı (Gocentas ve diğerleri, 2011). Gaz analizlerinde dakika ventilasyonu (V_E), dakika başına oksijen hacmi (VO₂), her dakika üretilen karbondioksit hacmi (VCO₂) direkt olarak ölçülüp son 30 saniyelik O₂ kullanımı Maks VO₂ olarak kayıt altına alındı. Solunum Eşiği (SE) ve

Solunum Kompansasyon Noktası (SKN)'nın belirlenmesi için V-Slope yöntemi kullanıldı (Beaver ve diğerleri, 1996).



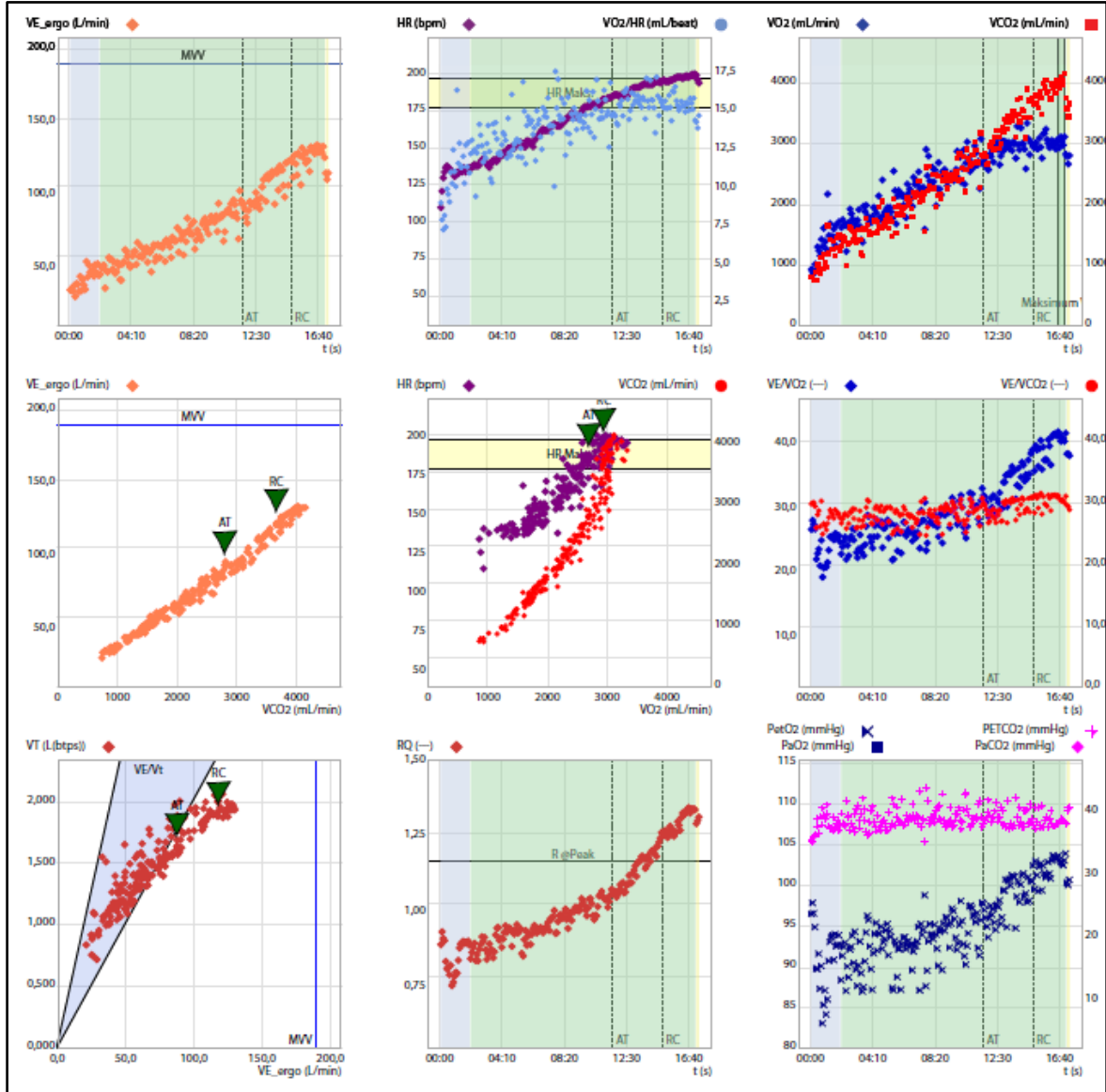
Şekil 3.4. VO_2/VCO_2 grafiği

SE belirlenmesi için VCO_2 'ye karşılık gelen VO_2 eğrisinin, SKN belirlenmesi için ise V_E karşılık gelen VCO_2 eğrisinin grafiği çizildikten sonra, lineer regresyon analizi yapılarak iki regresyon çizgisinin kesişme noktası tespit edildi.



Şekil 3.5. VE/VCO_2 grafiği

SE ve SKN noktasına karşılık gelen VO_2 (ml/kg/dak) değeri, koşu hızı (km/saat), kalp atım hızı ve koşu süresi tespit edildi. Ayrıca başlangıçta, solunumsal eşikte, solunum kompensasyon noktasında VO_2 ve VCO_2 değerleri ile, maksimum yükte; V_E , TV , P_{ETCO_2} , P_{ETO_2} değerleri ve V_E/VCO_2 , V_E/VO_2 oranları kayıt altına alındı.



Şekil 3.6. Maks VO_2 testi sonucunda elde edilen grafiklerin bazıları (C- P_{ET} - breath by breath)

3.4.6. Dispne hissinin değerlendirilmesi

Sporcuların dispne hissinin belirlemek amacıyla Borg (1982) tarafından fiziksel egzersiz sırasında harcanan çabanın ölçülmesi amacıyla geliştirilen Modifiye Borg Sıkalası kullanıldı. Bu sıkala derecelerine göre dispne şiddetini tanımlayan on maddeden

oluşmaktadır. Sporcuya kardiopulmoner egzersiz testi biter bitmez hissettiği nefes darlığını 0 ile 10 arasında derecelendirmesi istenildi. Sporcunun beyanına göre veriler kaydedildi.

0- yok
0.5- zorlukla fark edilebilir düzeyde
1- çok hafif
2- hafif
3- orta
4- biraz ciddi
5- ciddi
6- 5 ile 7 arası
7- çok ciddi
8- 7 ile 9 arası
9- çok çok ciddi
10- en şiddetli

Şekil 3.7. Modifiye Borg skalası (Borg,1982)

3.5. İstatistiksel Analiz

Araştırma kapsamında belirlenen alt problemlere uygun olarak toplanan veriler kayıt altına alındı. Araştırmaya katılacak minimum sporcu sayısı G-Power yöntemiyle MIP ve MEP değişkenlerine göre hesaplandı. Daha yüksek örneklem büyüklüğüne ihtiyaç duyan MIP değişkeni göz önüne alınarak örneklem büyüklüğü en az 67 olarak tespit edildi. Elde edilen verilerin analiz kısmında dağılımı tespit etmek için Skewness ve Kurtosis değerlerine bakıldı. Bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklamak, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki varyasyonun ne kadarını açıkladığını belirlemek için doğrusal regresyon analizi yapıldı. Tüm istatistiksel analizler SPSS 26.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Çalışmanın gücü 0.80 ve hata payı 0.05 olarak belirlendi.

4. BULGULAR

Bu bölümde elde edilen verilerden ortaya çıkan tanımlayıcı istatistikler ve ilişkiyi gösteren istatistiksel tablolar verilerek yorumlanmıştır.

Çizelge 4.1. Spor branşlarına göre sporcu sayıları

Cinsiyet	Spor Branşları	Sporcu Sayıları
Kadın	Kayaklı Koşu	10
	Modern Pentatlon	11
	Triatlon	2
	Toplam	23
Erkek	Kayaklı Koşu	4
	Modern Pentatlon	9
	Biatlon	6
	Triatlon	10
	Oryantring	18
	Toplam	47

Çizelge 4.2. Kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının demografik bilgileri

Cinsiyet	Parametreler	Min.	Maks.	Xort.	SS
Kadın	Yaş (yıl)	18	30	20,39	3,67
	Boy (cm)	153	175	163,00	5,36
	Kilo (kg)	43	63	53,35	4,89
	Spor Yaşı (yıl)	4	17	9,22	3,63
	Antrenman Süresi (hafta/gün)	5	7	6,13	,45
	Antrenman Süresi (gün/saat)	2,0	8,0	4,82	1,43
Erkek	Yaş (yıl)	18	34	23,00	5,24
	Boy (cm)	159	188	175,36	7,05
	Kilo (kg)	40	85	67,45	8,96
	Spor Yaşı (yıl)	3	26	9,30	5,61
	Antrenman Süresi (hafta/gün)	3	7	5,94	1,00
	Antrenman Süresi (gün/saat)	1,0	9,0	3,63	1,83

Min: Minimum, Maks:Maksimum, Xort: Ortalama, SS: Standart sapma

Çizelge incelendiğinde, kadın sporcuların yaş, boy, kilo ve spor yaş ortalamaları erkek sporculardan daha düşük bulunmuştur. Kadınların haftalık antrenman gün ve saat ortalamaları erkeklerden daha yüksektir.

Çizelge 4.3. Kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının değişim katsayıları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS	DK (%)
Kadın	Yaş (yıl)	20,39	3,67	21,03
	Boy (cm)	163	5,36	3,29
	Vücut Ağırlığı (kg)	53,35	4,89	9,17
Erkek	Yaş (yıl)	23,00	5,24	25,59
	Boy (cm)	175,36	7,05	4,02
	Vücut Ağırlığı (kg)	67,45	8,96	13,28

Xort: Ortalama, SS: Standart Sapma, DK: Değişim katsayısı

Gruplar arası yaşların dağılımına bakıldığında kadınların yaşları ortalama %21 yaygınlık göstermekte iken erkeklerin değişim katsayısı %25 olarak tespit edilmiştir. Kadın grubu yaşları açısından erkeklere göre daha homojen bir dağılım göstermektedir. Gruplar arası boy uzunluklarının dağılımına bakıldığında kadınların boyları ortalama etrafında %3 bir yaygınlık gösterirken erkelerin değişim katsayısı % 4 olarak tespit edilmiştir. Vücut ağırlıkları incelendiğinde ise kadınların değişim katsayısı %9 erkeklerin ise %13 olarak tespit edilmiştir. Grup içi değişkenlerin dağılımları incelendiğinde kadın grubunun yaşa göre yaygınlık fazla iken (DK=21,03); boy (DK=3,29) ve kilo (DK=9,17) değişkenine göre daha homojen bir grup olduğu görülmektedir. Erkek grubunun verileri incelendiğinde ise yaşa göre yaygınlık fazla iken (DK=25,59); boy (DK=4,02) ve kilo (DK=13,28) değişkenine göre daha homojen bir grup olduğu görülmektedir (Alpar, 2014, s. 108-109).

Çizelge 4.4. Kadın ve erkek dayanıklılık sporcularının solunum fonksiyon testi ölçümlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları

Parametreler	Kadın				Erkek			
	Min.	Maks.	Xort.	SS	Min.	Maks.	Xort.	SS
T _{lim.} (sn)	60,00	556,00	297,30	205,50	60,00	601,40	337,70	185,26
FEV1/FVC (%)	80,00	93,50	86,37	4,04	72,40	90,20	83,45	4,50
PEF (L/sn)	4,49	9,70	6,54	1,51	5,32	12,76	8,28	1,75
ERV (L)	,20	1,85	1,11	,40	,16	2,62	1,45	,62
IC (L)	1,87	3,12	2,57	,34	1,53	5,92	3,34	,84
IRV (L)	,92	2,54	1,75	,46	,70	4,00	2,04	,64
MEP (cmH ₂ O)	85,00	222,00	160,65	41,37	68	229,00	121,94	36,78
MIP (cmH ₂ O)	67,00	168,00	123,57	26,44	68	206,00	100,85	30,75
FVC (L)	3,12	4,65	3,91	,46	3,60	6,94	5,33	,85
FEV1 (L)	2,63	3,90	3,34	,35	3,21	6,00	4,44	,71
VC (L)	3,02	4,34	3,69	,40	2,44	6,38	4,73	,91
MVV(L/dk)	74,40	176,90	105,76	22,79	102,00	211,30	153,03	27,91

T_{lim.}: Zaman limiti; FEV1/FVC: Zorlu vital kapasitenin 1. Saniyedeki zorlu ekspiratuvar volüme oranı; PEF: Pik ekspiratuvar akış; ERV: Ekspiratuvar rezerv volüm; IC: İnspiratuvar Kapasite; IRV: İnspiratuvar rezerv volüm; MEP: maksimum ekspiratuvar basınç; MIP: Maksimum inspiratuvar basınç; FVC: Zorlu vital kapasite; FEV1: 1. Saniyedeki zorlu ekspiratuvar volüm; VC: Vital Kapasite; MVV: Maksimum istemli ventilasyon.

Solunum fonksiyon testi sonuçları incelendiğinde solunum fonksiyon testi parametrelerinde erkek sporcuların ortalama değerleri kadın sporculardan daha yüksek bulunmuştur. Yalnızca MEP ve MIP değerleri kadın sporcularda erkek sporculardan daha yüksektir.

Çizelge 4.5. Kadın ve erkek dayanıklılık sporcularının kardiopulmoner egzersiz testi ölçümlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları

Parametreler	Kadın				Erkek			
	Min.	Maks.	Xort.	SS	Min.	Maks.	Xort.	SS
Maks Hız (km/h)	13	16	14,91	,79	13	18	16,47	1,03
MaksVO ₂ (ml/dk/kg)	42,90	72,70	56,44	7,40	42,90	81,00	60,43	6,98
Maks Zaman (dk)	12:15	16:15	14:23	1:02	13:34	19:20	16:51	1:08
Maks RER	1,09	1,39	1,22	,08	,85	1,38	1,20	,11
Algılanan Zorluk Derecesi	4	10	5,70	2,77	3	10	5,60	2,3
SE-Zaman (dk)	5:45	11:40	9:11	1:18	6:40	14:10	10:59	1:44
SKN-Zaman (dk)	8:55	14:00	11:47	1:16	7:40	16:45	13:52	1:45
SE-Koşu Hızı (km/h)	9	13	11,22	,85	10	14	12,40	1,17
SKN Koşu Hızı (km/h)	11	14	12,96	,82	10	16	14,36	1,24
SE-Kalp Hızı	102	195	172,57	18,28	123	194	166,96	14,93
SKN-Kalp Hızı	101	206	182,43	20,62	124	211	178,26	14,69
Maks Kalp Hızı	184	205	199,35	5,82	164	206	194,70	8,94
Ortalama Solunum Frekansı (1/dk)	32,06	50,56	42,41	5,40	31,05	56,67	42,50	5,59

Kardiopulmoner egzersiz testi sonuçları incelendiğinde erkek sporcuların kadın sporculara göre daha yüksek sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Ancak kadınların Maks RER değerleri, SE kalp hızı, SKN kalp hızı ve maks kalp hızı değerleri erkeklerden yüksek bulunmuştur. Kadın sporcuların ortalama solunum frekansları da erkek sporculardan biraz daha düşük tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FVC değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	FVC (L)	3,91	,46
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	FVC (L)	5,33	,85
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP(cmH ₂ O)	100,85	30,75

FVC: Zorlu vital kapasite, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.7. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FVC değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	3,644	,476		7,656	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,004	,004	,394	1,131	,272	,234	,245	,244
	MIP (cmH ₂ O)	-,004	,006	-,203	-,583	,566	,106	-,129	-,126
Erkek	Sabit	5,005	,507		9,866	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,001	,004	,024	,142	,887	,068	,021	,021
	MIP (cmH ₂ O)	,003	,005	,093	,550	,585	,105	,083	,082

Kadın: R=,266; R²=,071; F₍₂₋₂₀₎=0,760; P=0,481

Erkek: R=,107; R²=,011; F₍₂₋₂₀₎=0,255; P=0,776

Çizelge 4.7 incelendiğinde FVC değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,071; R²_{Erkek}=,011). Modele göre FVC yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildirler (F_{(2-20)Kadın}=0,760; P=0,481; F_{(2-20)Erkek}=0,255; P=0,776). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin FVC parametresinin değişiminde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FEV1 değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	FEV1(L)	3,34	,35
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	FEV1(L)	4,44	,71
	MEP(cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

FEV1: 1. saniyedeki zorlu ekspiratuvar volüm, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.9. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının FEV1 değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	2,808	,347			8,082	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,004	,003	,503		1,544	,138	,428	,326	,311
	MIP (cmH ₂ O)	-,001	,004	-,096		-,295	,771	,299	-,066	-,060
Erkek	Sabit	4,233	,425			9,956	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,001	,003	-,041		-,243	,809	,021	-,037	-,036
	MIP (cmH ₂ O)	,003	,004	,133		,781	,439	,113	,117	,117

Kadın: R=,432; R²=,186; F₍₂₋₂₀₎=2,290; P=0,121

Erkek: R=,119; R²=,014; F₍₂₋₂₀₎=0,315; P=0,732

Çizelge 4.9 incelendiğinde FEV1 değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,186; R²_{Erkek}=,014). Modele göre FEV1 yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildir (F₍₂₋₂₀₎_{Kadın}=2,290; P=0,121; F₍₂₋₂₀₎_{Erkek}=0,315; P=0,732). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin FEV1 parametresinin değişiminde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VCO₂ değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	İstirahatte VCO ₂ (ml/dk)	1010,26	246,67
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	İstirahatte VCO ₂ (ml/dk)	857,91	253,58
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç, VCO₂: Karbondioksit hacmi

Çizelge 4.11. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VCO₂ değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	1163,677	261,622		4,448	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,165	2,135	-,028	-,077	,939	-,114	-,017	-,017
	MIP (cmH ₂ O)	-1,027	3,339	-,110	-,308	,762	-,132	-,069	-,068
Erkek	Sabit	693,453	149,088		4,651	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,154	1,158	,022	,133	,895	,105	,020	,020
	MIP (cmH ₂ O)	1,444	1,384	,175	1,043	,303	,186	,155	,155

Kadın: R=,133; R²=,018; F₍₂₋₂₀₎=0,180; P=0,837

Erkek: R=,187; R²=,035; F₍₂₋₂₀₎=0,795; P=0,458

Çizelge 4.11 incelendiğinde istirahat VCO₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,018; R²_{Erkek}=,035). Modele göre istirahat VCO₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildirler (F_{(2-20)Kadın}=0,180; P=0,837; F_{(2-20)Erkek}=0,795; P=0,458). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin istirahat VCO₂ parametresinin değişiminde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VO₂ değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	İstirahatte VO ₂ (ml/dk)	1010,26	246,67
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,377
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	İstirahatte VO ₂ (ml/dk)	857,91	253,58
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç, VO₂: Oksijen hacmi

Çizelge 4.13. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının başlangıç VO₂ değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	1163,677	261,622		4,448	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,165	2,135	-,028	-,077	,939	-,114	-,017	-,017
	MIP (cmH ₂ O)	-1,027	3,339	-,110	-,308	,762	-,132	-,069	-,068
Erkek	Sabit	693,453	149,088		4,651	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,154	1,158	,022	,133	,895	,105	,020	,020
	MIP (cmH ₂ O)	1,444	1,384	,175	1,043	,303	,186	,155	,155

Kadın: R=,133; R²=,018; F₍₂₋₂₀₎=0,180; P=0,837

Erkek: R=,187; R²=,035; F₍₂₋₂₀₎=0,795; P=0,458

Çizelge 4.13 incelendiğinde istirahat VO₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,018; R²_{Erkek}=,035). Modele göre istirahat VO₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildirler (F_{(2-20)Kadın}=0,180; P=0,837; F_{(2-20)Erkek}=0,795; P=0,458). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin istirahat VO₂ parametresinin değişiminde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	MaksV _E (L/dk)	151,32	17,17
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP(cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	MaksV _E (L/dk)	129,95	26,41
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

MaksVE: Dakikada kaydedilen solunum hacmi, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç,

Çizelge 4.15. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	135,356	17,949			7,541	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,044	,146	-,105	-,298	,769		,120	-,067	-,065
	MIP (cmH ₂ O)	,186	,229	,287	,812	,426		,204	,179	,177
Erkek	Sabit	97,086	14,942			6,497	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,168	,116	,234	1,446	,155		,301	,213	,206
	MIP (cmH ₂ O)	,123	,139	,143	,887	,380		,253	,133	,126

Kadın: R=,214; R²=,046; F₍₂₋₂₀₎=0,480; P=0,626

Erkek: R=,327; R²=,107; F₍₂₋₂₀₎=2,626; P=0,084

Çizelge 4.15 incelendiğinde maksimum yükte V_E değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,046; R²_{Erkek}=,107). Modele göre maksimum yükte V_E yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildir (F_{(2-20)Kadın}= 0,480; P=0,626; F_{(2-20)Erkek}=2,626; P=0,084). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin maksimum yükte V_E parametresinin değişiminde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/V_{CO_2} oranı ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	Maks V_E/V_{CO_2}	30,68	2,19
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	Maks V_E/V_{CO_2}	30,82	4,38
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

Maks V_E/V_{CO_2} : Maksimum yükte solunum hacminin karbondioksit hacmine oranı, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.17. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VCO_2 oranı regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	31,745	2,075		15,300	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,040	,017	-,748	-2,344	,030*	-,341	-,464	-,463
	MIP (cmH ₂ O)	,043	,026	,518	1,624	,120	-,069	,341	,321
Erkek	Sabit	34,494	2,537		13,596	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,031	,020	-,258	-1,563	,125	-,255	-,229	-,228
	MIP (cmH ₂ O)	,001	,024	,006	,037	,971	-,116	,006	,005

Kadın: R=,468; R²=,219; F₍₂₋₂₀₎=2,807; P=0,084

Erkek: R=,255; R²=,065; F₍₂₋₂₀₎=1,536; P=0,227

Çizelge 4.17 incelendiğinde maksimum yükte V_E/VCO_2 değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,219; R²_{Erkek}=,065). Modele göre maksimum yükte V_E/VCO_2 yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler her iki grupta anlamlı bir etkiye sahip değildirler. (F₍₂₋₂₀₎Kadın=2,807; p=0,084; F₍₂₋₂₀₎Erkek=1,536; p=0,227). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre MEP değişkeninin, kadınlarda ve erkeklerde maksimum yükte V_E/VCO_2 parametresindeki değişimde MIP e göre daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda MEP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.18. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VO_2 oranı ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	Maks V_E/VO_2	37,85	2,84
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	Maks V_E/VO_2	36,91	5,22
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

Maks V_E/VO_2 : Maksimum yükte solunum hacminin oksijen hacmine oranı, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.19. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte V_E/VO_2 oranı regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	38,969	3,034			12,845	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,007	,025	-,098		-,272	,789	-,100	-,061	-,060
	MIP (cmH ₂ O)	,000	,039	-,003		-,008	,994	-,079	-,002	-,002
Erkek	Sabit	43,892	2,929			14,983	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,034	,023	-,241		-1,507	,139	-,318	-,222	-,213
	MIP (cmH ₂ O)	-,028	,027	-,163		-1,020	,313	-,277	-,152	-,144

Kadın: R=,100; R²=,010; F₍₂₋₂₀₎=0,101; P=0,905

Erkek: R=,349; R²=,122; F₍₂₋₂₀₎=3,058; P=0,057

Çizelge 4.19 incelendiğinde maksimum yükte V_E/VO_2 değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,010; R²_{Erkek}=,0122). Modele göre maksimum yükte V_E/VO_2 yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler her iki grupta anlamlı bir etkiye sahip değildirler. (F₍₂₋₂₀₎_{Kadın}=0,101; p=0,905; F₍₂₋₂₀₎_{Erkek}=3,08; p=0,057). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında her iki grupta da değişkenlerin anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.20. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte Tidal Volüm ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	TV (L)	2,51	,39
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	TV(L)	2,14	,48
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

TV: Tidal volüm, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.21. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte Tidal Volüm regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	2,178	,416		5,231	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-3,19005	,003	-,003	-,009	,993	,143	-,002	-,002
	MIP (cmH ₂ O)	,003	,005	,186	,524	,606	,183	,116	,115
Erkek	Sabit	1,378	,261		5,281	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,001	,002	,084	,550	,585	,272	,083	,074
	MIP (cmH ₂ O)	,006	,002	,399	2,606	,012*	,439	,366	,352

Kadın: R=,183; R²=,034; F₍₂₋₂₀₎=0,348; P=0,710

Erkek: R=,445; R²=,198; F₍₂₋₂₀₎=5,426; P=0,008

Çizelge 4.21 incelendiğinde maksimum yükte TV değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,034; R²_{Erkek}=0,198). Modele göre maksimum yükte TV yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etki göstermezken erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler (F_{(2-20)Kadın}=0,348; p=0,710; F_{(2-20)Erkek}=5,426; p=0,008). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre MIP değişkeninin, MEP'e göre kadınlarda ve erkeklerde maksimum yükte TV parametresindeki değişimde daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında erkeklerde MIP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.22. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte P_{ET}CO₂ ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	MaksP _{ET} CO ₂ (mmHg)	36,56	3,30
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	MaksP _{ET} CO ₂ (mmHg)	36,12	4,23
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

MaksP_{ET}CO₂: Maksimum yükte soluk sonu karbondioksit parsiyel basıncı MEP: Maksimum ekspiratuvar basıncı, MIP: Maksimum inspiratuvar basıncı

Çizelge 4.23. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}CO_2$ ölçümünün regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	35,751	2,985		11,979	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,069	,024	,864	2,829	,010*	,341	,535	,535
	MIP (cmH ₂ O)	-,083	,038	-,665	-2,178	,042*	,013	-,438	-,412
Erkek	Sabit	30,347	2,282		13,296	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,052	,018	,449	2,915	,006*	,431	,402	,396
	MIP (cmH ₂ O)	-,005	,021	-,037	-,242	,810	,174	-,036	-,033

Kadın: R=,535; R²=,286; F₍₂₋₂₀₎=4,003; P=0,034

Erkek: R=,433; R²=,187; F₍₂₋₂₀₎=5,069; P=0,010

Çizelge 4.23 incelendiğinde maksimum yükte $P_{ET}CO_2$ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,286; R²_{Erkek}=,186). Modele göre $P_{ET}CO_2$ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahiplerdir (F_{(2-20)Kadın}=4,003; P=0,034; F_{(2-20)Erkek}=5,069; P=0,010). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre kadın ve erkek sporcuların MEP değişkenleri MIP değişkenlerine göre daha yüksek bir etkiye sahiptir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda MEP ve MIP değişkenleri erkeklerde ise MEP değişkeni anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Erkeklerdeki MIP değişkeninin ise maksimum yükte $P_{ET}CO_2$ parametresindeki değişimde önemli etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}O_2$ değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	MaksP _{ET} O ₂ (mmHg)	102,91	2,55
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	MaksP _{ET} O ₂ (mmHg)	102,91	4,37
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

Maks P_{ET} O₂: Maksimum yükte soluk sonu oksijen parsiyel basıncı, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.25. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının maksimum yükte $P_{ET}O_2$ regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	103,941	2,594			40,063	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,031	,021	-,503		-1,468	,158	-,242	-,312	-,311
	MIP (cmH ₂ O)	,032	,033	,332		,969	,344	-,063	,212	,205
Erkek	Sabit	109,755	2,361			46,494	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,046	,018	-,387		-2,516	,016*	-,427	-,355	-,342
	MIP (cmH ₂ O)	-,012	,022	-,085		-,551	,585	-,267	-,083	-,075

Kadın: R=,318; R²=,101; F₍₂₋₂₀₎=1,121; P=0,345

Erkek: R=,434; R²=,188; F₍₂₋₂₀₎=5,101; P=0,010

Çizelge 4.25 incelendiğinde maksimum yükte $P_{ET}O_2$ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,101; R²_{Erkek}=,188). Modele göre maksimum yükte $P_{ET}O_2$ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiplerdir (F_{(2-20)Kadın}=1,121; P=0,345; F_{(2-20)Erkek}=5,101; P=0,010). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında sadece erkeklerde MEP değişkeni anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.26. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının MVV değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	MVV (L/dk)	105,76	22,79
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	MVV (L/dk)	153,03	27,91
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

MVV: Maksimum istemli ventilasyon, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.27. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının MVV değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	110,766	24,344		4,550	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,037	,199	,068	,188	,853	-,013	,042	,042
	MIP (cmH ₂ O)	-,089	,311	-,103	-,286	,778	-,050	-,064	-,064
Erkek	Sabit	127,672	16,229		7,867	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,119	,126	,157	,944	,350	,213	,141	,138
	MIP (cmH ₂ O)	,108	,151	,119	,715	,479	,192	,107	,105

Kadın: R=,065; R²=,004; F₍₂₋₂₀₎=0,043; P=0,958

Erkek: R=,207; R²=,056; F₍₂₋₂₀₎=1,309; P=0,280

Çizelge 4.27 incelendiğinde MVV değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,004; R²_{Erkek}=,056). Modele göre MVV yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildir (F_{(2-20)Kadın}=0,043; P=0,951; F_{(2-20)Erkek}=1,309; P=0,280). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin MVV parametresinin değişiminde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının Maks VO₂ tüketimi ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	MaksVO ₂ (ml/dk/kg)	56,44	7,40
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	MaksVO ₂ (ml/dk/kg)	60,43	6,98
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

MaksVO₂: Maksimum oksijen tüketimi, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.29. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının MaksVO₂ Tüketimi ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	38,227	6,439		5,937	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,084	,053	,470	1,600	,125	,577	,337	,291
	MIP (cmH ₂ O)	,038	,082	,136	,464	,647	,505	,103	,084
Erkek	Sabit	67,368	3,956		17,027	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,065	,031	,342	-2,115	,040*	-,322	-,304	-,302
	MIP (cmH ₂ O)	,010	,037	,043	,268	,790	-,118	,040	,038

Kadın: R=,583; R²=,340; F₍₂₋₂₀₎=5,147; P=0,016

Erkek: R=,324; R²=,105; F₍₂₋₂₀₎=2,578; P=0,087

Çizelge 4.29 incelendiğinde MaksVO₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,340; R²_{Erkek}=,105). Modele göre MaksVO₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler. (F₍₂₋₂₀₎Kadın= 5,147; p=0,016; F₍₂₋₂₀₎Erkek=2,578; p=0,087). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre her iki grupta da MEP değişkenleri, MIP değişkenlerine göre MaksVO₂ parametresindeki değişimde daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında erkeklerde MEP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.30. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SKN'daki CO₂ üretimi ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	SKNCO ₂ (ml/dk)	4075,16	657,55
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	SKNCO ₂ (ml/dk)	3509,31	773,89
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

SKN: Solunum kompensasyon noktası, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.31. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SKN'daki CO₂ üretimi regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	3543,577	689,765			5,137	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-2,142	5,628	-,135		-,381	,708	,089	-,085	-,083
	MIP (cmH ₂ O)	7,087	8,804	,285		,805	,430	,179	,177	,176
Erkek	Sabit	2152,153	411,834			5,226	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	4,972	3,198	,236		1,555	,127	,376	,228	,208
	MIP (cmH ₂ O)	7,445	3,824	,296		1,947	,050*	,407	,282	,261

Kadın: R=,198; R²=,039; F₍₂₋₂₀₎=0,407; P=0,671

Erkek: R=,457; R²=,209; F₍₂₋₂₀₎=5,823; P=0,006

Çizelge 4.31 incelendiğinde SKN'daki CO₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,039; R²_{Erkek}=0,209). Modele göre SKN'daki CO₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etki göstermezken erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler. (F₍₂₋₂₀₎_{Kadın}=0,407; p=0,671; F₍₂₋₂₀₎_{Erkek}=5,823; p=0,006). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre MIP değişkeninin, kadınlarda ve erkeklerde SKN'daki CO₂ parametresindeki değişimde daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında erkeklerde MIP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.32. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SKN'daki O₂ tüketimi ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	SKNO ₂ (ml/dk)	3821,92	556,84
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	SKNO ₂ (ml/dk)	3413,52	721,65
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

SKN: Solunum kompanseasyon noktası; O₂:Oksijen, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.33. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) sporcuların SKN'daki O₂ tüketimi regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	3356,109	578,446			5,802	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-3,194	4,719	-,237		-,677	,506	,058	-,150	-,147
	MIP (cmH ₂ O)	7,922	7,383	,376		1,073	,296	,190	,233	,233
Erkek	Sabit	2042,168	375,315			5,441	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	6,158	2,914	,314		2,113	,040*	,437	,304	,277
	MIP (cmH ₂ O)	6,152	3,485	,262		1,766	,084	,410	,257	,231

Kadın: R=,240; R²=,058; F₍₂₋₂₀₎=0,612; P=0,552

Erkek: R=,495; R²=,245; F₍₂₋₂₀₎=7,132; P=0,002

Çizelge 4.33 incelendiğinde solunum kompensasyon noktasındaki O₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,058; R²_{Erkek}=,245). Modele göre SKNO₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etki göstermezken erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler. (F₍₂₋₂₀₎Kadın= 0,612; p=0,552; F₍₂₋₂₀₎Erkek=7,132; p=0,002). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre erkeklerde MEP değişkenleri, kadınlarda ise MIP değişkenleri SKNO₂ parametresindeki değişimde daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında erkeklerde MEP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.34. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının Vital Kapasite değerleri ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	VK (L)	3,69	,40
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	VK (L)	4,73	,91
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

VK: Vital Kapasite, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.35. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının Vital Kapasite değerleri regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	3,824	,437		8,756	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,000	,004	-,014	-,039	,969	-,058	-,009	-,009
	MIP (cmH ₂ O)	-,001	,006	-,056	-,155	,878	-,067	-,035	-,035
Erkek	Sabit	4,308	,539		7,993	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	,000	,004	-,017	-,098	,922	,059	-,015	-,015
	MIP (cmH ₂ O)	,005	,005	,161	,951	,347	,153	,142	,142

Kadın: R=,068; R²=,005; F₍₂₋₂₀₎=0,046; P=0,955

Erkek: R=,154; R²=,024; F₍₂₋₂₀₎=0,531; P=0,592

Çizelge 4.35 incelendiğinde VK değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,005; R²_{Erkek}=,024). Modele göre VK yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler anlamlı bir etkiye sahip değildir (F_{(2-20)Kadın}= 0,046; P=0,955; F_{(2-20)Erkek}=0,531; P=0,592). Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda ve erkeklerde MEP ve MIP değişkenlerinin VK parametresinin değişiminde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.36. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki CO₂ üretimi ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	SECO ₂ (ml/dk)	3276,86	471,66
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	SECO ₂ (ml/dk)	2797,47	635,29
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

SE: Solunumsal eşik; CO₂: Karbondioksit, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.37. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki CO₂ üretimi regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	2664,891	484,371		5,502	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-,508	3,952	-,045	-,129	,899	,203	-,029	-,028
	MIP (cmH ₂ O)	5,613	6,183	,315	,908	,375	,280	,199	,195
Erkek	Sabit	1656,339	336,148		4,927	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	4,796	2,610	,278	1,838	,073	,403	,267	,245
	MIP (cmH ₂ O)	5,516	3,121	,267	1,768	,084	,398	,257	,236

Kadın: R=,281; R²=,079; F₍₂₋₂₀₎=0,858; P=0,439

Erkek: R=,467; R²=,218; F₍₂₋₂₀₎=6,144; P=0,004

Çizelge 4.37 incelendiğinde SE'deki CO₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,079; R²_{Erkek}=0,218). Modele göre SE'deki CO₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etki göstermezken erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler. (F₍₂₋₂₀₎Kadın=0,858; p=0,439; F₍₂₋₂₀₎Erkek=6,144; p=0,004). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre erkeklerde MEP değişkeninin, kadınlarda ise MIP değişkeninin SE'deki CO₂ parametresindeki değişimde daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında her iki grupta da değişkenlerin önemli etkiye sahip olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.38. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki O₂ tüketimi ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Parametreler	Xort.	SS
Kadın	SEO ₂ (ml/dk)	3418,63	522,59
	MEP (cmH ₂ O)	160,65	41,37
	MIP (cmH ₂ O)	123,57	26,44
Erkek	SEO ₂ (ml/dk)	3012,44	624,34
	MEP (cmH ₂ O)	121,94	36,78
	MIP (cmH ₂ O)	100,85	30,75

SE: Solunumsal eşik; O₂:Oksijen, MEP: Maksimum ekspiratuvar basınç, MIP: Maksimum inspiratuvar basınç

Çizelge 4.39. Araştırma grubunu oluşturan kadın (n=23) ve erkek (n=47) dayanıklılık sporcularının SE'deki O₂ tüketimi regresyon analizi sonuçları

Cinsiyet	Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
Kadın	Sabit	2955,337	532,684			5,548	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	-4,568	4,346	-,362		-1,051	,306	,023	-,229	-,224
	MIP (cmH ₂ O)	9,688	6,799	,490		1,425	,170	,206	,304	,303
Erkek	Sabit	1813,086	323,596			5,603	,000			
	MEP (cmH ₂ O)	4,751	2,513	,280		1,891	,065	,423	,274	,247
	MIP (cmH ₂ O)	6,148	3,004	,303		2,046	,047*	,435	,295	,267

Kadın: R=,304; R²=,093; F₍₂₋₂₀₎=1,021; P=0,378

Erkek: R=,467; R²=,250; F₍₂₋₂₀₎=7,331; P=0,002

Çizelge 4.39 incelendiğinde SE'deki O₂ değerlerinin kadın ve erkek dayanıklılık sporcuları için oluşturulan regresyon modelinde R² değerlerine göre erkek ve kadınlarda düşük düzey tahmin oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (R²_{Kadın}=,093; R²_{Erkek}=0,250). Modele göre SE'deki O₂ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etki göstermezken erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler. (F_{(2-20)Kadın}=1,021; p=0,378; F_{(2-20)Erkek}=7,331; p=0,002). Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre MIP değişkeninin, kadınlarda ve erkeklerde SE'deki O₂ parametresindeki değişimde daha yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında MIP değişkeninin erkeklerde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu araştırmanın amacı dayanıklılık sporcularında solunum kas kuvvetinin solunum fonksiyonları ve Maks VO_2 düzeyi üzerine etkisinin incelenmesidir. Bu amaçla sporcuların solunum kas kuvvetlerinin, solunum fonksiyonları, maksimal oksijen tüketimi ve alt parametreleri ile ilişkisinin doğru bir biçimde belirlenebilmesi hedeflenmiştir.

Maksimum yükte $P_{ET}CO_2$

Birçok çalışma, sporcularda aerobik egzersizin ventilasyon kısıtlamalarını öne süren veriler toplamıştır. Aşırı arteriovenöz O_2 basıncı (a- vO_2) farkı, arteriyel CO_2 basıncında ($PaCO_2$) anormal artışlar ve hemoglobin desatürasyonuyapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Dempsey ve Wagner, 1999; Durand ve diğerleri, 2000; Rodman ve diğerleri, 2002). Yüksek $PaCO_2$ değeri egzersiz sırasında yetersiz ventilasyon artışı olduğunu gösteren bir parametre olarak ifade edilmektedir. Bu fenomen mekanik solunum kısıtlamasından, ekspiratuvar akış hızının ve/veya solunum kası kuvvet üretiminin üst sınırına ulaşılmasından (Johnson ve diğerleri, 1992) veya düşük kemoreseptör tepkisinden (Harms ve Stager, 1995) kaynaklanıyor olabilir. Yeterli bir hiperventilasyon, alt solunum kaslarının çalışmasını belirleyerek solunum kaslarına daha düşük bir kan akışına ve bacak kan akışında %10'a kadar bir kazanıma olanak tanıyabilir (Harms ve diğerleri 1997, 1998, 2000). Bu mekanizma bacak yorgunluğunun başlamasını geciktirir ve daha fazla egzersiz performansına izin verir. Ayrıca, daha yüksek bir $PaCO_2$ daha fazla doku ve kan asidozu ile ilişkilidir ve bu da HbO_2 doygunluk eğrisinde sağa doğru bir kayma yoluyla kaslara daha fazla O_2 iletimi sağlar. CO_2 'nin ($P_{ET}CO_2$) son tidal basıncı, $PaCO_2$ 'nin invaziv olmayan bir tahmini için kullanılmaktadır (Benallal ve Busso, 2000; Wasserman ve diğerleri, 2005). Egzersiz sırasında, $PaCO_2$ ile $P_{ET}CO_2$ arasındaki fark esas olarak solunum hızı (RR) ile ilişkilidir çünkü ekspiratuvar CO_2 bir platoya ulaşmaz. Sonuç olarak, belirli bir alveolar CO_2 için, $P_{ET}CO_2$ ne kadar yüksekse solunum frekansı o kadar düşüktür.

Yüksek solunum frekansının düşük ventilasyon verimliliği anlamına geldiği ifade edilmektedir, ayrıca solunum frekansı ne kadar yüksekse ölü alan/tidal hacim ventilasyonunun yüzdesi o kadar yüksektir. Bu nedenle, $P_{ET}CO_2$ kas metabolizmasından (CO_2 üretim miktarı), solunum hızından (SF) ve CO_2 kemoreseptör duyarlılığından etkileniyor olabilir. $P_{ET}CO_2$, ventilasyonun verimliliğini performansı birleştiren bir belirteç

olarak görülebilmektedir (Bussotti ve diğerleri, 2008). Araştırmamızda; maksimum yükte kadınlar ve erkeklerde MEP değişkenleri MIP değişkenlerine göre daha yüksek bir etkiye sahipti. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında kadınlarda MEP ve MIP değişkenleri erkeklerde ise MEP değişkeni anlamlı bir etkiye sahip olduğu görüldü. Bussotti ve diğerleri (2008), dayanıklılık sporcuları üzerinde yaptıkları çalışmalarında; $P_{ET}CO_2$ 'nin en düşük değerine sahip deneklerin, egzersiz sırasında en düşük pik iş yüküne ve VO_2 'ye ulaştığını ifade etmişlerdir. En düşük $P_{ET}CO_2$ sahip olan deneklerin, egzersiz kaynaklı en büyük asidoza sahip olma olasılığının yüksek olduğunu; bu durumun ise egzersiz kapasitesinin azalmasına yol açtığını ifade etmişlerdir. Başka çalışmalarda dayanıklılık sporcularının iyi tanımlanmış bir ventilasyon düzenine sahip olduğu, ölü alanda daha az ventilasyon harcaması ve dolayısıyla solunum kaslarının daha az çalışmasını sağladığı gösterilmiştir (Clark ve diğerler, 1983; Johnson ve diğerler, 1992). Bu desenin, daha düşük bir dispne hissiyle ilişkili olan azalmış bir kemoreseptör duyarlılığıyla ilişkili olabileceği ifade edilmiştir (Rodman ve diğerleri, 2002; Takano ve diğerleri, 1997). Çalışmamız özellikle kadınlarda solunum verimliliğinin solunum kas kuvveti ile ilişkili olduğunu ifade etmektedir. Kadınların egzersiz sırasında belirli bir mutlak $\dot{V}_E$ için erkeklere göre daha yüksek solunum kasları iş yüküne maruz kalmaları, solunum lasları için daha yüksek oksijen alımına ihtiyaç duymaları, ayrıca egzersiz sırasında relatif veya mutlak V_E için "ekstra-diyafragmatik" inspiratuar kasların daha fazla aktivasyonuna sahip olmaları solunum verimliliğini erkeklere göre daha fazla etkiliyor gibi görünmektedir.

Maksimum yükte $P_{ET}O_2$

Egzersiz sırasında kasların oksijen ihtiyacı arttığında, bu kaslara giden kan akışı artar ve kaslar tarafından kandan oksijenin çekilmesi aynı oranda fazlalaşır. Bu durum akciğerlere geri dönen kandaki kısmi oksijen basıncında bir azalmaya yol açmaktadır (Miller ve diğerleri, 2007). Sonuç olarak egzersiz sırasında $P_{ET}O_2$ 'de bir azalma söz konusudur. Bu nedenle, dinlenmeden egzersize $P_{ET}O_2$ 'de daha büyük bir azalma, kaslar tarafından daha fazla oksijen çekilmesi ve kullanılması anlamına gelmektedir. İskelet kası oksijen bulunabilirliğindeki bir azalmanın, artan egzersiz yoğunluğuna yanıt olarak anaerobik metabolizmanın erken eklenmesine yol açması ve bunun da daha fazla laktat birikimine yol açması, $P_{ET}O_2$ 'nin ise artması ile karakterize olduğu düşünülebilir (Kominami ve Akino, 2024).

Egzersiz sırasındaki yetersiz solunum tepkilerinin, arteriyel kan gazı durumunu ve SaO_2 'nunu olumsuz yönde etkileyerek PAO_2 'ni dolayısıyla $\text{P}_{\text{ET}}\text{O}_2$ 'yi arttırdığı gösterilmiştir (Johnson ve diğerleri, 1992). Araştırmamızda maksimum yükte $\text{P}_{\text{ET}}\text{O}_2$ yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahipti. Önem ağırlıklarına göre ise erkek sporcularda MEP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Dinamik, tüm vücut egzersizinde olduğu gibi, izole egzersiz sırasında (Welch ve diğerleri, 2018) gerçekleşen diyafram yorgunluğunun büyüklüğü erkeklerde kadınlardan daha fazla veya benzer görünmektedir ve bu fark mutlak iş için eşleştirildiğinde bile devam etmektedir (Geary ve diğerleri, 2019).

Sağlıklı genç kadınlarda inspiratuvar kas metaboreflksinin erkeklere kıyasla köreldiği iyi bilinmektedir. Yorucu inspiratuvar dirençli veya eşik solunumu yaparken, ortalama arter basıncındaki artış erkeklerde kadınlara kıyasla daha fazladır (Smith ve diğerleri, 2016; Smith ve diğerleri, 2017). Kadınlarda körelmiş metaboreflks, muhtemelen vazodilatasyonu destekleyen $\beta 2$ -adrenerjik reseptörlerin östrojen yukarı regülasyonundan kaynaklanmaktadır (Joyner ve diğerleri, 2015).

Literatür incelendiğinde solunum kas kuvvetinin $\text{P}_{\text{ET}}\text{O}_2$ üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır; Juric ve diğerleri (2019), yaşları 16 ile 36 arasında değişen erkek basketbol ve hentbol sporcuları üzerinde yaptığı çalışmada MIP ile $\text{P}_{\text{ET}}\text{O}_2$ arasında anlamlı korelasyon bulmuştur. Çalışmamız bu çalışmadan farklılık göstermektedir. Bu durum branş farkından ya da sporcularımızın MIP değerlerinin Juric'in çalışmasındaki sporcuların değerlerinden farklılık göstermesinden kaynaklanıyor olabilir. Sağlıklı genç kadınlarda inspiratuvar kas metaboreflksinin erkeklere kıyasla körelmiş olması, kadın sporcularda oksijenin iskelet kaslarında daha verimli kullanıldığının göstergesi olabilir. Erkeklerde ekspiratuvar kasların O_2 verimliliği ile ters ilişkili olması erkek sporcularda ekspiratuvar solunum kaslarının O_2 kullanımının kadın sporculardan daha yüksek olduğunun bir göstergesi olabilir. Ayrıca, erkeklerde testosteron hormonun dolaşımdaki hemoglobin, hematokrit ve eritrosit sayısını artırdığı iyi bilinmektedir (Basaria ve diğerleri, 2010). Oksijen taşınması için demirin, eritrositlerin hem grubuna dahil edilmesi gerektiğinden (Beggs ve diğerleri, 2014), oksijen taşınmasında erkeklere morfolojik olarak avantaj sağlaması da etkili olabilir. Bu konu ile ilgili daha geniş araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

MaksVO₂

Literatüre bakıldığında; Klusiewicz (2008), antrenmanlı ve antrenmansız sporcular üzerinde yaptığı çalışmada antrenmanlı erkek sporcularda MIP değeri ile mutlak veya relatif Maks VO₂ değerleri arasında bir korelasyon bulamamışken, kadın sporcularda MIP değeri ile mutlak veya relatif Maks VO₂ değerleri arasında bir korelasyon bulmuştur. Juric ve diğerleri (2019), basketbol ve hentbol sporcuları üzerinde yaptıkları çalışmalarında MIP değeri ile MaksVO₂ arasında anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Bunun aksine Deliceoğlu ve diğerleri (2024), yaptıkları çalışmalarında MIP ve MEP değerleri ile MaksVO₂ arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlardır.

Literatürdeki çalışmalar çoğunlukla solunum kası güçlendirme antrenmanının MaksVO₂ üzerindeki etkisini açıklamaktadır. Örneğin Lomax ve diğerleri (2011), iki gruptan oluşan 12 erkek futbolcuda solunum kası antrenmanı ve solunum kaslarının ısınmasının (maksimum inspiratuvar kas gücünün %40'ında) kontrol grubuna kıyasla Yo-Yo test performanslarını artırdığını bildirmiştir. Volianitis ve diğerleri (2001), kadın kürek sporcuları üzerinde yaptıkları çalışmada, branşa özgü genel ısınma ile birlikte yapılan solunum kası ısınma egzersizi sonrası sporcuların MaksVO₂ değerinin deney grubundan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Illi ve diğerleri (2012), sağlıklı bireylerde egzersiz performansını iyileştirmede solunum kası güçlendirme antrenmanının önemli faydalarını gösteren kapsamlı bir sistematik inceleme ve meta-analiz yürütmüşlerdir. Bu temele dayanarak, Kowalski ve diğerleri (2024), solunum kası güçlendirme antrenmanının özellikle dayanıklılık sporları bağlamındaki pratik uygulamalarını araştırmış ve sporcular için potansiyel etkilerine ışık tutmuştur. Ek olarak, Haj Ghanbari ve diğerleri (2013), meta-analizler yürüterek ve solunum kası güçlendirme antrenmanının çeşitli disiplinlerde atletik performansı artırmadaki etkinliğine dair ikna edici kanıtlar sağlamışlardır. Shei (2018), tarafından yürütülen başka bir çalışma, sağlıklı sedanterlerde solunum kası güçlendirme antrenmanının ergojenik etkilerini gözden geçirerek bilgi birikimine katkıda bulunmuş ve egzersiz ortamlarındaki potansiyel faydalarını daha da doğrulamıştır. Buna karşın, Amonette ve Dupler (2002) yaptıkları çalışmada, nefes egzersizlerinin MaksVO₂ kapasitesinde bir iyileşmeye neden olmadığını bildirmişlerdir. Romer ve diğerleri (2002), deneklerin solunum kası antrenmanından sonra MaksVO₂ değerlerinde anlamlı bir değişim olmadığını bulmuşlardır.

Kadınlarda, kademeli egzersiz sırasında ve sabit yük egzersizi boyunca MaksVO₂'nin %85'inde ve belirli bir V_E'de erkeklerden daha yüksek bir diyafram, skalen ve sternokleidomastoid aktivasyonu olduğu bilinmektedir. Egzersiz sırasında solunum kası aktivasyon desenlerindeki cinsiyet farklılıklarının işlevsel sonuçları belirsizdir, ancak "diyafram dışı" inspiratuar kasların aktivasyonunu artırmak, egzersiz kaynaklı solunum kası yorgunluğuna eğilimi ve bunun büyüklüğünü etkileyebilir. Araştırmamızda belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında erkeklerde MEP değişkeninin anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ekspiratuar kasların büyük çoğunluğunun aynı zamanda kor kasları olması dayanıklılık sporcularında koşu ekonomisine katkıda bulunabilir. Bu durum diğer çalışmalardan farklı olarak çalışmamızda maksimal oksijen tüketimini etkilemiş olabilir.

Maksimum yükte V_E/VCO₂ - V_EVO₂

Dakika ventilasyonu ile karbondioksit üretimi arasındaki ilişki (V_E/VCO₂ eğimi), klinik değeri olan CPET parametrelerinden biridir. V_E/VCO₂ eğimi, pik egzersizdeki kardiyak çıktı ile ters orantılıdır (Reindl ve diğerleri, 1998) ve kısmen pulmoner perfüzyondaki azalma ile açıklanmaktadır (Lewis ve diğerleri, 1996; Arena ve diğerleri, 2004). Sağlıklı bireylerde V_E / VCO₂'nin yaşla birlikte arttığı ve herhangi bir yaşta erkeklerde kadınlardan daha düşük olma eğiliminde olduğu ifade edilmektedir (Sun ve diğerleri, 2002; Habedank ve diğerleri, 1998).

Ventilasyon verimliliğindeki azalma kısmen bozulmuş kan akışına ve azalmış pulmoner vasküler perfüzyona atfedilmektedir (Xi ve diğerleri, 2014). Bu durum ölü boşluk ventilasyonunun artmasına yol açar (Sun ve diğerleri, 2001; Xi ve diğerleri, 2014). Yükselmiş V_E/VCO₂ öncelikle artmış ölü boşluk ventilasyonuna atfedilir ve ventilasyon tepkisindeki değişikliklerden (örneğin hiperventilasyon) etkilendiği ifade edilir (Provencher ve Mainguy, 2012). Egzersiz sırasında iskelet kas hücreleri içinde oksijen ihtiyacındaki artış ile yetersiz oksijen temini arasındaki dengesizlik, anaerobik metabolizmanın erken başlamasına yol açar ve bu da CPET'te düşük VO₂/iş yükü oranıyla sonuçlanır (Provencher ve Mainguy, 2012). Bu değişiklikler, hücre içi ve hücre dışı kemoreseptörlerin uyarılmasına ve böylece ergoreflex adı verilen mekanizma yoluyla ventilasyonu artırmaya yol açmaktadır (Oelberg ve diğerleri, 1998; Ventura-Clapier ve diğerleri, 2002). Araştırmamızda sadece kadınlarda MEP değişkeninin anlamlı bir etkiye

sahip olduğunu tespit ettik. Bu durum V_E/VCO_2 oranında etkili olan hiperventilasyon tepkisinin kadınlarda ekspiratuvar solunum kası kuvvetinden etkilendiğini ifade etmektedir. V_E/VCO_2 eğimi, pik egzersizdeki kardiyak çıktı ile ters orantılı olması morfolojik olarak daha küçük akciğerlere ve kalp debisine sahip kadınların intratorasik basıncı ekspiratuvar kaslar yardımıyla arttırarak mekanik olarak hiperventilasyona destek olduğu düşüncesini desteklemektedir.

Maksimum yükte V_E/VO_2 oranı ise ventilasyon verimliliğini gösteren bir parametre olarak düşünülebilir. Bernardi ve diğerleri (2014), beş haftalık solunum kas kuvveti egzersizlerinin triatletlerde V_E/VO_2 oranını iyileştirdiğini bulmuşlardır. Bernardi'nin çalışmasında solunum kas eğitiminin anaerobik eşiğin ötesinde egzersizi sürdürme yeteneğini geliştirdiğini hem ventilasyon eşiğinde hem de solunum kompanzasyon noktasında hiçbir değişiklik bulunmadığını göstermektedir.

Literatüre baktığımızda V_E/VO_2 oranı ile ilgili çalışmaların çoğunlukla pulmoner hipertansiyon hastaları üzerinde yapılmış olduğunu görmekteyiz. Xi ve diğerleri (2014), yaptıkları çalışmalarında kronik pulmoner hiper tansiyon hastalarında V_E/VO_2 oranlarını düşük bulmuşlardır. Meyer ve diğerleri (2005), pulmoner arteriyel hipertansiyonda solunum kas gücünün azaldığını öne süren verileri bildirmektedir. İdiyopatik pulmoner hipertansiyonu olan 37 hastada yapılan prospektif bir çalışmada, maksimal inspiratuvar ve ekspiratuvar basınçlarda anlamlı düşüşler tespit etmişlerdir. Çalışmamızda her iki cinsiyette solunum kas kuvveti maksimum yükte V_E/VO_2 oranını etkilememektedir. Bu durumun nedeninin dayanıklılık sporcularının SKN'dan kısa bir süre sonra testi bırakmalarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Maksimum yükte TV

İstirahatte diyafram kasıldığında, torasik boşluk dikey olarak genişler. Intraplevral basınç (-5) cm H_2O 'dan yaklaşık (-8) cm H_2O 'ya düşer. Akciğerler plevra aracılığıyla göğüs duvarına bağlandığından, negatif intraplevral basınç akciğerleri göğüs duvarına doğru çekerek akciğer hacminde artışa neden olur. Akciğer hacmi arttıkça, Boyle yasasına göre basınç azalır. Ortaya çıkan subatmosferik intra-alveolar basınç daha sonra basınç farkına bağlı olarak havayı alveollere çeker. Basınç eşitlendiğinde, yaklaşık 500 mL'lik bir tidal volüm (TV) oluşur (Hallett ve diğerleri, 2023). Yaş ve vücut kompozisyonunun, TV'ün

klirik değerlendirmesinde önemli olduğu gösterilmiştir (Ashikaga ve diğerleri, 2022; Berve ve diğerleri, 2021). Vct yüzey alanı aynı fizyolojik yapının bir ölçüsüdür; bu nedenle vct ktle indeksi ile yüksek oranda ilişkili bulunmuştur (Kurbel ve diğerleri, 2008). Cinsiyetin de TV' etkilediği bilinmektedir (Ashikaga ve diğerleri, 2022; Berve ve diğerleri, 2021). TV'n solunum frekansına (SF) göre sürekli olarak ayarlandığı gösterilmiştir (Lutfi, 2017; Braun, 1990). Bireysel farklılıklara rağmen, TV değişimleri kalp atım hızı ile de ilişkilidir (Vai ve diğerleri, 1988; Bartels ve diğerleri, 2004). TV ve SF farklı şekilde düzenlenir ve TV'n düzenlenmesinin esas olarak metabolik girdiler aracılığı ile olduğu ifade edilmektedir (Nicola ve diğerleri, 2017a; Nicola ve diğerleri, 2017b). TV ile SF arasında dengesiz bir karşılıklı bağımlılığın varlığı da öne sürülmüştür; bu durumda TV'n SF'na göre sürekli olarak ayarlandığıdır, ancak tam tersi geçerli değildir (Mauri ve diğerleri, 2017).

Egzersiz yoğunluğu arttıka, sporcunun solunum verimliliğini en st düzeye çıkardığı ve solunum kası talebini en aza indirdiği varsayılan bir kombinasyonunu seçtiği düşünülmektedir. Dempsey (2006), egzersiz sırasında "l boşluk havalandırmasını en aza indirme ihtiyaı dikkate alınarak, artan frekans ve tidal hacmin dikkatlice seçilmiş bir kombinasyonu elde edilmelidir" der (s.255). Aynı zamanda, bu kombinasyon TV'de aşırı artışa karşı koruma sağlar, bu da aşırı subatmosferik intratorasik basınçlar ve dolayısıyla inspiratuar kaslar tarafından büyük miktarda çalışma gerektirmektedir. Sonuç, birkaç istisna dışında, egzersize neredeyse mkemmek ve oldukça etkili bir ventilasyon tepkisidir. Çoğu alışma, tükenmeden önce TV'de bir plato oluştuğunu bildirmiştir (Johnson ve diğerleri, 1992; Clark ve diğerleri, 1983; Spiro ve diğerleri, 1974). TV'de bir platonun, hem yüksek u inspirasyon hacimlerinde hem de düşük u ekspirasyon hacimlerinde TV' artırmak için gereken solunum işinin aşırı ve verimsiz olması nedeniyle oluştuğu ifade edilir. TV'n dinamiklerinden bağımsız olarak, artımlı egzersizde bir noktada SF, ssel olarak artar ve birçok çalışma, bu üssel artışın anaerobik eşikte (AE) meydana geldiğini ve AE için bir belirteç görevi görebileceğini bildirmektedir (Carey ve diğerleri, 2005; Neary ve diğerleri, 1985). PaO_2 ve hemoglobin satürasyonunu korumak için yüksek hacimli hava (V_E) alışverişi yapabilmek önemli görünse de, dayanıklılık sporcularının, sporcu olmayanlara göre daha düşük bir ventilasyon eşdeğerine (V_E/VCO_2) sahip olabileceği bildirilmiştir (Martin ve diğerleri, 1979). Bu CO_2 duyarsızlaşmasının ve sporcularda V_E 'yi artırmaya yeteneğinin antrenmana bir adaptasyon olabileceği ve sporcuya performansta bir avantaj sağladığı varsayılmaktadır (Martin ve diğerleri, 1979). nceki araştırmaların

sonuçlarından, TV kritik bir seviyeye ulaştığında, daha fazla artışın O_2 açısından yetersiz bir solunum düzenine yol açacağı, V_E 'deki artışların yalnızca SF'deki artışla elde edileceği anlaşılmaktadır. TV'nin bu kritik seviyede plato yaptığı ve V_E 'deki artışların SF'deki artışlardan kaynaklandığı varsayılmaktadır (Carey ve diğerleri, 2005). Carey ve diğerleri (2008), yaptıkları çalışmada dayanıklılık sporcuları arasında solunum örüntüsü ve SF ile TV arasındaki etkileşimin oldukça değişken olduğunu ifade etmektedirler. Literatürde solunum kas kuvveti ile maksimum yükte TV'ü direkt ilişkilendiren bir çalışmaya rastlanmadı. Araştırmamızın bu açıdan literatüre bir kazanım sağlayacağını düşünmekteyiz. Araştırmamızda sadece erkek sporcularda maksimum yükte TV ile MIP arasında anlamlı bir ilişki bulundu. Erkeklerde güçlü inspirasyon kaslarının TV'ü artırabileceği düşünülmektedir. Kadınlardaki akciğer ve solunum yollarındaki morfolojik farklılıklar çalışmamızın sonucunu etkilemiş olabilir, zamanda kadın sporcu sayımızın az olmasında bir etken olabileceği değerlendirilmektedir.

SEVO₂ - SEVCO₂

Artan egzersiz sırasında, laktat üretim oranının atılım oranından daha yüksek olması nedeniyle kaslarda ve kanda laktik asidinin arttığı bir nokta vardır (Poole, ve diğerleri, 2020). Metabolik asidozu tamponlamanın bir sonucu olarak kas ve kan bikarbonatının azalma oranına orantılı olarak fazla karbondioksitin geliştiği metabolik bu nokta, solunumsal eşiktir (Poole, ve diğerleri, 2020). Bu fazla CO_2 , V_E 'nin VO_2 'deki artışa göre daha dik bir şekilde artmasına neden olur (Mezzani, 2017; Balady ve diğerleri, 2010). Bu nedenle, SE, VCO_2 / VO_2 eğiminin daha dik hale geldiği bir noktadır; oksijen için solunumsal eşdeğeri (V_E / VO_2) artmaya başlarken, karbondioksit için solunumsal eşdeğeri (V_E / VCO_2) sabit kalır. SE, VO_2 (mL/kg/dak) veya Maks VO_2 yüzdesi olarak ifade edilir ve Maks VO_2 ile karşılaştırıldığında atletik dayanıklılık performansı ile daha yüksek ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Jones ve Carter 2000; Sarma ve Levine, 2016). Sağlıklı, antrenmansız deneklerde genellikle Maks VO_2 'nin %45 ile %65'inde (Balady ve diğerleri, 2010; Myers ve diğerleri, 2015) ve yüksek dayanıklılık antrenmanı yapan sporcularda daha yüksek bir yüzdede Maks VO_2 'nin %90'ına yakın bir oranda meydana gelir (Sarma ve Levine, 2016). Antrenmandan sonra sedanter bireylerde SE'deki VO_2 'de yaklaşık %10-25 oranında bir artış olduğu gösterilmiştir (Balady ve diğerleri, 2010).

Araştırmamızdan elde edilen modele göre SE VO_2 yordanan değişkeni ile ele alınan yordayıcı değişkenler kadın sporcularda anlamlı bir etki göstermezken erkek sporcularda anlamlı bir etkiye sahiptirler. Belirtilen önem ağırlıklarının anlamlılığına bakıldığında MIP değişkeninin erkeklerde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Literatüre baktığımızda Juric ve diğerleri (2019), erkek hentbol ve basketbol sporcuları üzerinde yaptığı çalışmada SE'deki VO_2 değeri ile MIP arasında anlamlı bir korelasyon bulmuştur. Bu çalışma araştırmamıza benzerlik göstermektedir. Araştırmamızda kadın sporcular Maks VO_2 nin ortalama % 84,5 inde girerken erkek sporcular %82,48 inde solunumsal eşiğe girmişlerdir. Kadınlarda, egzersiz sırasında respiratuvar iş yükü, yükün çeşitli solunum kaslarına daha eşit şekilde dağıtılmasıyla elde edilmektedir (Molgat-Seon ve diğerleri, 2018). Kadınlarda kademeli egzersiz sırasında (Molgat-Seon ve diğerleri, 2018) ve Maks VO_2 'nin %85'inde sabit yük egzersizi boyunca (Mitchell ve diğerleri, 2018) belirli bir V_E 'de skalenler ve sternokleidomastoidlerin aktivasyonunun erkeklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Ansdell ve diğerleri,2020). Bu durum çalışmamızın sonuçlarını etkilemiş olabilir. Egzersiz sırasında solunum kası aktivasyonundaki cinsiyet farklılıklarının sonuçları belirsizdir, bu durum araştırmamızda ortaya çıkan cinsiyetler arası farkın açıklaması olabilir. Araştırmamızda SE'de VCO_2 ile solunum kasları arasında kadın ve erkeklerde bir ilişki yoktu. Bu sonuç SE'deki karbondioksit üretiminin metabolik işlevlerin bir sonucu olarak solunum kas kuvvetinden etkilenmediğinin bir göstergesi olabilir.

SKN VO_2 - SKN VCO_2

Solunum kompanseasyon noktası (SKN) tolere edilebilir dayanıklılık egzersizinin sınırlarını değerlendirmek için önemli bir gösterge olarak tanımlanmıştır. Artımlı egzersiz testi sırasında, metabolik CO_2 üretimine laktik asidin bikarbonat tamponlaması (metabolik asidoz) eklendiğinde, dakika ventilasyonu, CO_2 çıkışındaki artışla orantılı olarak artar. Metabolik asidozun kompanzasyon süresine izokapnik tamponlama denir (Whipp vd., 1989). İzokapnik tamponlama periyodunun ötesinde V_E , VCO_2 artışından daha hızlı artar ve eşik, çalışma hızı daha da artırıldıkça hiperventilasyonun başlangıcını işaret eder. Hızlı V_E artışının başlangıç noktasına SKN adı verilir (Whipp ve diğerleri, 1989; Wasserman ve diğerleri, 1994 ;Oshima ve diğerleri, 1997, 1998). Henke ve diğerleri (1988), egzersiz sırasında diyafram yorgunluğunun artan ekspiratuvar kas katılımı ve azalan son ekspiratuvar akciğer hacmi ile ilişkili olduğunu ileri sürmektedirler. İnspirasyon sırasında

göğüs kafesi kasları kasılırken, karın kasları kademeli olarak gevşer ve ekspirasyon sırasında tam tersi olur. Bu mekanizmanın göğüs kafesi bozulmasını önleyerek, diyaframın boşalarak bir akım jeneratörü gibi davranmasına, karın hacminin dinlenme seviyelerinin altına düşmesine etkisi vardır (Aliverti ve diğerleri, 1997; Henke ve diğerleri, 1988). Sonuç olarak, egzersiz sırasında son ekspiratuvar akciğer hacmi azalır ve solunum mekaniği birkaç nedenden dolayı optimize edilir. TV solunum sisteminin en uyumlu kısmında meydana gelir; diyafram uzar ve böylece optimum uzunluğuna yakın çalışır; her nefeste gerekli inspiratuvar işin bir kısmı önceki ekspirasyon sırasında elastik enerji şeklinde önceden depolanır (Stubbing ve diğerleri, 1980). SKN' daki oksijen hacminin MEP ile ilişkili olması ekspiratuvar kasların son ekspiratuvar akciğer hacmini azaltması ile açıklanabilir. Bu sayede diyaframın uzayarak optimum uzunluğa gelmesini ve daha fazla havanın akciğerlere girerek perfüze olmasına olanak tanıyabilir. Dinlenmeden farklı olarak, egzersiz sırasında diyafram öncelikle bir "akış jeneratörüdür". Bu, mekanik gücünün esas olarak basınçtan ziyade kısalma hızı olarak ifade edildiği anlamına gelir (Aliverti ve diğerleri, 1997). Artmış kısalma hızı sırasıyla göğüs kafesini ve karını hareket ettirmek için gereken basınçların geliştirilmesin olanak tanır (Aliverti ve diğerleri, 1997). Bu durum sporcularda SKN' daki VCO₂ ile MIP arasındaki anlamlı ilişkiyi açıklayabilir. Solunum kompensasyon noktasındaki karbondioksit ve oksijen hacimleri ile solunum kas kuvvetleri arasındaki ilişkileri açıklayacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

FVC -FEV1-MVV

Zorlu vital kapasite (FVC), zorlu ekspiratuvar hacmin 1. saniyesi (FEV1) ve maksimum istemli ventilasyonun (MVV) solunum kas kuvveti ile olan ilişkilerini inceleyen çalışmalar literatürde farklılık göstermektedir. Simpson (1983), yaptığı çalışmada abdominal kas kuvvetindeki artışın FVC ve FEV 1 üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yirmi beş sağlıklı gönüllü üzerinde yaptığı çalışmasında; abdominal kasların pik izokinetik torkunu, FVC ve FEV 1'i, abdominal kas gücünü artırmak için tasarlanmış 12 seanslık bir eğitim programından önce ve sonra ölçmüştür. Abdominal kas gücü eğitim programından sonra önemli ölçüde artmasına rağmen, FVC ve FEV 1 de önemli bir artış bulamamıştır. Abdominal kas gücü ile FVC ve FEV 1 arasındaki korelasyonları düşük bulmuştur. Bu sonuçlara dayanarak, abdominal kaslarının güçlendirilmesinin sağlıklı deneklerde FVC ve FEV 1'i iyileştirmenin etkili bir yolu olmadığını ileri sürmüştür. Bunun aksine Kim ve Lee

(2013), abdominal kasları güçlendirme egzersizlerinden sonra, deney grubunda hem FVC hem de FEV1'de anlamlı artışlar tespit etmiştir.

Başka bir çalışmada; Karaduman ve diğerleri (2022), farklı spor branşları üzerinde yaptıkları çalışmalarında MIP ve MEP değerlerinin MVV, FVC, FEV1 parametrelerini etkilediğini ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde başka bir çalışmada, çeşitli branşlardaki (bisiklet, koşu, kürek, yüzme, ragbi, netbol ve su altı hokeyi) sporcuların MIP ve MEP puanlarının FVC, FEV1 ve MVV ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Kroff ve Terblanche, 2010).

Dünya şampiyonalarına katılan veteran sporcuların (>35 yaş) yalnızca MEP ve FEV1 puanları arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Degens ve diğerleri, 2012). Aksine, Carten (2007), sporcuların (yüzücüler, ragbi, netbol oyuncular) solunum kas kuvvetleri ile solunum fonksiyon testleri arasında ilişki olmadığını ileri sürmektedir. Egzersiz sırasında kas gücü, akciğerlerin hacmini inspirasyonda artırmalı veya ekspirasyonda beklenen boyuta döndürmelidir (Evans ve Whitelaw, 2009). Ekspirasyon pasif bir süreç olsa da, bu durum yoğun egzersiz sırasında interkostal ve karın kaslarını aktive eden aktif bir süreç haline gelir. Başka bir deyişle, egzersiz sırasında inspirasyon talebi arttıkça ekspirasyon süresini kısaltmak ve her nefeste iş döngüsünü azaltmak daha aktif bir süreç haline gelir (Strohl ve diğerleri, 2012). Bu nedenle, özellikle MEP, hemen hemen tüm FVC, FEV1, MVV parametrelerini etkileyen temel bir değişken olarak düşünülebilir. Ancak literatür farklı sonuçlar bulmuştur. Araştırmamızda FVC, FEV1 ve MVV ile solunum kas kuvvetleri arasında ilişki yoktu.

Segizbaeva ve Aleksandrova (2021), 22 güç sporcusu ve 28 dayanıklılık sporcusu üzerinde yaptığı çalışmada dayanıklılık sporcularında solunum kas gücü ve solunum fonksiyonunun güç sporcularına göre daha üstün olduğunu ifade etmektedir. Solunum kas kuvvetinin güç sporcularında maksimum gönüllü ventilasyon (MVV) ile önemli ölçüde korelasyon gösterdiğini, ancak dayanıklılık sporcularında korelasyon olmadığını tespit etmiştir.

Mackala ve diğerleri (2020), sekiz haftalık inspiratuvar kas gücü antrenmanının kas gücü üzerinde olumlu bir etkisinin olduğunu; ancak solunum fonksiyonu parametreleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını ifade etmektedir. Oksijen taşınmasında kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin rolleri düşünüldüğünde, akciğerlerin maksimum şekilde

genişlemesine ve küçülmesine yardımcı olan güçlü solunum kasları elit sporcular için çok önemli olduğu düşünülebilir (Shin ve diğerleri, 2017; Chatterjee, 2019). Ancak çalışmamızda yaş aralığının geniş olması solunum kasları ile solunum fonksiyonları arasındaki ilişkiyi etkilemiş olabilir.

Vital kapasite

Solunum fonksiyonları genetik, çevresel ve beslenme faktörleri tarafından yönetilse de (Moradians ve diğerleri, 2016; Akhade ve Muniyappanavar, 2014), yaş, fiziksel aktivite seviyesi, çevre kirliliği, vücut kompozisyonu ve uzun vadeli akciğer hastalığı gibi çeşitli değişkenler vital kapasiteyi etkilemektedir (Moradians ve diğerleri, 2016; Fatima ve diğerleri, 2012). Nikolic ve Ilic (1992), yaş ortalaması 15 olan sporcu ve sporcu olmayan öğrencileri karşılaştırmış ve sporcu olmayanların ve sporcuların vital kapasitesini sırasıyla (4.9) ve (4.57) bulmuşlar, ancak vital kapasiteler arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. Düzenli uzun süreli fiziksel egzersizler solunum kaslarının gücünü artırmaya yardımcı olduğu ifade edilmektedir (Akhade ve Muniyappanavar, 2014), İyi bir fiziksel performansın ise daha iyi solunum fonksiyonuyla ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Pelkonen ve diğerleri, 2003). Bu nedenle, belirli fiziksel aktivitelere veya sporlara katılım, solunum kaslarının güçlenmesine, akciğer fonksiyonlarında iyileşmelere ve etkili bir akciğer fonksiyonuna (VK, FVC, FEV1) ulaşılmasına yol açabilir (Prakash ve diğerleri, 2007; Mahotra ve diğerleri, 2016).

Mazic ve diğerleri (2006), Sırp elit basketbolcularının, su topu oyuncular ve kürekçilerin sağlıklı hareketsiz kontrol deneklerden istatistiksel olarak daha yüksek VK, FVC,FEV1 değerlerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Shin ve diğerleri (2016), Koreli güreş sporcularının solunum fonksiyonunun sporcu olmayanlardan daha iyi olduğunu bildirmiştir. Sporcuların solunum kaslarının spor yapmayanlara göre daha iyi olması beklenmektedir. Bu durumun en olası açıklamasının, her sporun değişen egzersiz türü ve yoğunluğu açısından farklılık göstermesi ve vücut kompozisyonunun spora özgü adaptasyonları olması, "spora özgü morfolojik optimizasyon" olarak bilinen bir fenomen olmasıdır (Berglund ve diğerleri, 2011). Örneğin Sabe ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışma sonucunda yüzme egzersizinin, solunum döngüsü sırasında suya daldırılmanın bir

sonucu olarak yüzücülerin diyaframı da dahil olmak üzere solunum kaslarının daha fazla basınç geliştirmesi gerektiğinden akciğer hacmi ölçümlerini etkiler, bu nedenle bu kaslarda işlevsel iyileşmeye ve ayrıca akciğer ve göğüs duvarı veya solunum kaslarının elastikiyetinde değişikliklere yol açabilir ve yüzücülerin koşuculardan daha fazla zorlu vital kapasite ve diğer akciğer fonksiyonlarında iyileşmeye yol açabilir sonucuna ulaşmışlardır. Solunum kaslarının aerobik antrenmana adapte olacağı kabul edilmektedir (Losnegard ve diğerleri, 2014). Çoğu dayanıklılık sporcusunun sadece sporlarından dolayı çok iyi eğitilmiş solunum kaslarının olduğu tahmin edilmektedir, ancak, ek solunum kas eğitiminin aerobik olarak eğitilmiş sporcuda ventilasyon sürecini daha verimli hale getirecek pozitif adaptasyonlar ortaya çıkarıp çıkarmayacağı bilinmemektedir (Losnegard ve diğerleri, 2014).

Malik ve diğerleri (2017), spor türünün solunum adaptasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir. Dayanıklılık antrenmanının solunum kaslarının gücünü arttırdığını, bu durumun ise hava yolu direncinin azalması, alveolar genişlemenin artması ve sürekli antrenmanın neden olduğu toplam akciğer elastikiyetinin artmasıyla açıklanabileceğini ileri sürmüşlerdir (Leischik ve diğerleri, 2014; Park ve diğerleri, 2012).

Durmic ve diğerleri (2017), yaptıkları çalışmalarında kronik dayanıklılık antrenmanlarının spirometrik parametrelerde (VK, FVC, FEV1 ve FEV1/FVC) adaptif değişikliklere yol açtığını göstermiştir. Güç sporcuları ve fiziksel olarak aktif olmayan bireylerde bu parametrelerle ilgili anlamlı bir fark bulamamışlar, ventilasyon parametrelerinin adaptasyonunun spor türünden etkilenebileceği sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda VK ile solunum kasları arasında ilişki bulunmamıştır. Güçlü solunum kaslarının ekspansiyonu artırarak vital kapasiteyi arttırabileceği düşünülebilir. Ancak literatürdeki değişken bulgular bu konuya yeterince açıklık getirememiştir. Çalışmamızda yaş aralığının geniş olması akciğer gelişiminin devam ettiği sporcuların çalışmamızda yer alması bulgularımızı etkilemiş olabilir. Bu durum çalışmamızın sınırlarından biridir.

Başlangıç VCO_2 - VO_2

Bangsbo ve diğerleri (2000), yaptıkları çalışmalarında; egzersizden birkaç saniye sonra (<6 sn) oksijen ekstraksiyonunun (femoral a- vO_2 farkı) yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Bunun aksine, Grassi ve diğerleri (1996), çok düşük yoğunluklu döngü egzersizinden düşük

yoğunluklu döngü egzersizinde a-vO₂ farkının değişmediğini bulmuştur. Mevcut veriler, kas oksidasyonunun egzersizden birkaç saniye sonra başladığını, hızlı olduğunu, egzersizin ilk aşamasında miyoglobine bağlı oksijenin önemli ölçüde kullanıldığını göstermektedir. Başka bir çalışmada nükleer manyetik rezonans spektroskopisi ile belirlenen depolanmış miyoglobinle ilişkili oksijenin yarısının dinamik egzersiz başlangıcından itibaren 20 saniye içinde kullanıldığı gözlemlenmiştir (Richardson ve diğerleri, 1995). Mevcut veriler, kasılan kasların VO₂'nin egzersizden sadece birkaç saniye sonra arttığını ve tepe oksijen ekstraksiyonunun %50 ve %90'ına ulaşma süresinin sırasıyla 13 ve 51 saniye olduğunu göstermektedir (Tschakovsky ve Hughson, 1999; Radegran ve Saltin, 1998). Çalışmamızda egzersiz başlangıcının ilk 30 saniyesinde ölçüm yaptık bu durum VO₂ ve VCO₂ oranlarının dinlenik durumdan henüz çıkılmamış olduğunu ve egzersiz başlangıcında solunum kaslarının dinlenik durum etkisi gösterdiğini ifade edebilir.

Maksimum yükte V_E

Çalışmamızda maksimum yükte solunum kas kuvveti V_E ile ilişkili değildi. Carey ve diğerleri (2008), yüksek V_E'nin ya sadece SF'daki üssel bir artışla (%37,5) ya da SF'daki üssel artış ve TV'deki doğrusal bir artışın birleşimiyle (%62,5) elde edildiğini ifade etmektedirler. Sporcularda maksimum egzersizde V_E'yi artırma yeteneğinin, antrenmana bir adaptasyon olabileceği ve sporcuya performans açısından bir avantaj sağladığı varsayılmaktadır (Martin ve diğerleri, 1979). Çalışmamızda; kadın sporcuların spor yaşı (Xort=9,22±3,63), erkek sporcuların spor yaşı (Xort=9,30±5,61) olarak tespit edilmiştir. Bu durumun antrenman adaptasyonu sağladığı düşünülebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada dayanıklılık sporcularının solunum kas kuvvetlerinin; solunum fonksiyonları ve MaksVO₂'yi oluşturan alt parametreler ile ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırma sonuçları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Kadın dayanıklılık sporcularında MIP ve MEP değişkenleri maksimum yükte P_{ET}CO₂ değerini etkilemektedir.
- Kadın dayanıklılık sporcularında Mep değişkeni maksimum yükte VE/VCO₂ değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MEP değişkeni maksimum yükte P_{ET}CO₂ değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MEP değişkeni maksimum yükte P_{ET}O₂, değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MEP değişkeni MaksVO₂ değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MEP değişkeni SKN'da VO₂ değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MEP değişkeni SE'de VO₂ değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MIP değişkeni SKN'da VCO₂ değişkenini etkilemektedir.
- Erkek dayanıklılık sporcularında MIP değişkeni maksimum yükte TV değişkenini etkilemektedir.
- İncelenen diğer solunum ve MaksVO₂ alt parametreleri solunum kas kuvvetinden etkilenmemektedir

Araştırma sonuçları aerobik performansın en önemli göstergesi olan maksimal oksijen tüketimi ve alt parametreleri ile solunum kasları arasında ilişkiler olduğunu ortaya koymaktadır. Kazanmanın ve kaybetmenin küçük farklılıklara bağlı olduğu günümüz spor mücadelelerinde solunum kaslarının öneminin göz ardı edilmemesi gerektiği kanaatine ulaşılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre aşağıdaki öneriler sunulmaktadır.

- Benzer çalışmalarda özellikle kadın sporcu sayısı artırılarak çalışma tekrar edilebilir.
- Çalışma farklı branşlarda benzer yaş aralıklarında tekrarlanabilir.
- Solunum kas kuvveti eğitiminin Maks VO_2 'nin alt parametrelerine etkisinin incelendiği çalışmalar literatüre kazandırılabilir.
- Dayanıklılık sporcularında solunum kas kuvveti eğitimleri antrenman programlarına eklenebilir.
- Çalışma aynı yaş ve cinsiyetteki sedanter kontrol grubu ile tekrarlanabilir.

KAYNAKLAR

- Aaker, A., and Laughlin, M. H. (2002). Diaphragm arterioles are less responsive to $\alpha 1$ -adrenergic constriction than gastrocnemius arterioles. *Journal of applied physiology*, 92(5), 1808-1816.
- Aaron, E. A., Seow, K. C., Johnson, B. D., and Dempsey, J. A. (1992). Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. *Journal of applied physiology*, 72(5), 1818-1825.
- Akhade, V., and Muniyappanavar, N. S. (1970). The effect of running training on pulmonary function tests. *National journal of physiology, pharmacy and pharmacology*, 4(2), 168-170.
- Aliverti, A. (2008). Lung and chest wall mechanics during exercise: effects of expiratory flow limitation. *Respiratory physiology & neurobiology*, 163(1-3), 90-99.
- Aliverti, A., Cala, S. J., Duranti, R., Ferrigno, G., Kenyon, C. M., Pedotti, A., Scano, G., Sliwinski, P., Macklem, P.T. and Yan, S. (1997). Human respiratory muscle actions and control during exercise. *Journal of applied physiology*, 83(4), 1256-1269.
- Aliverti, A., Dellaca, R. L., Lotti, P., Bertini, S., Duranti, R., Scano, G., Heyman, J., Lo Mauro, A., Pedotti, A., and Macklem, P. T. (2005). Influence of expiratory flow-limitation during exercise on systemic oxygen delivery in humans. *European journal of applied physiology*, 95(2), 229-242.
- Aliverti, A., Uva, B., Laviola, M., Bovio, D., Mauro, A. L., Tarperi, C., Colombo, E., Loomas, B., Pedotti, A., Similowski, P., and Macklem, P. T. (2010). Concomitant ventilatory and circulatory functions of the diaphragm and abdominal muscles. *Journal of applied physiology*, 109(5), 1432-1440.
- Alpar, R. (2014). *Uygulamalı İstatistik ve Geçerlilik-Güvenirlilik: SPSS’de Çözümleme Adımları ile Birlikte*, 3. Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara, s.108-109.
- Amann, M. (2012). Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Experimental physiology*, 97(3), 311-318.
- Amonette, W. E., and Dupler, T. L. (2002). The effects of respiratory muscle training on VO_{2max} , the ventilatory threshold and pulmonary function. *Journal of exercise physiology*, 5(2), 29-35.
- Anderson, C. S., and Mahon, A. D. (2007). The relationship between ventilatory and lactate thresholds in boys and men. *Research in sports medicine*, 15(3), 189-200.
- Arena, R., Myers, J., Aslam, S. S., Varughese, E. B., and Peberdy, M. A. (2004). Peak VO_2 and VE/VCO_2 slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *American heart journal*, 147(2), 354-360.
- Åstrand, P. O. (1992). Physical activity and fitness. *The American journal of clinical nutrition*, 55(6), 1231S-1236S.

- Babcock, M. A., Pegelow, D. F., McClaran, S. R., Suman, O. E., and Dempsey, J. A. (1995). Contribution of diaphragmatic power output to exercise-induced diaphragm fatigue. *Journal of applied physiology*, 78(5), 1710-1719.
- Babcock, M. A., Pegelow, D. F., Johnson, B. D., and Dempsey, J. A. (1996). Aerobic fitness effects on exercise-induced low-frequency diaphragm fatigue. *Journal of applied physiology*, 81(5), 2156-2164.
- Babcock, M. A., Pegelow, D. F., Harms, C. A., and Dempsey, J. A. (2002). Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. *Journal of applied physiology*, 93(1), 201-206.
- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., Forman, D., Franklin, B., Guazzi, M., Ketejiyan, S.J, Lavie, C., Macko, R., Moncini, D., and Milani, R.V. Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research (2010). Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 122(2), 191-225.
- Bangsbo, J., Krustrup, P., González-Alonso, J., Boushel, R., and Saltin, B. (2000). Muscle oxygen kinetics at onset of intense dynamic exercise in humans. *American journal of physiology-regulatory, integrative and comparative physiology*, 279(3), R899-R906.
- Basaria, S., Coviello, A. D., Travison, T. G., Storer, T. W., Farwell, W. R., Jette, A. M., and Bhasin, S. (2010). Adverse events associated with testosterone administration. *New England journal of medicine*, 363(2), 109-122.
- Bassett, D. R., and Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 70-84.
- Beaver, W. L., Wasserman, K., and Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of applied physiology*, 60(6), 2020-2027.
- Beggs, L. A., Yarrow, J. F., Conover, C. F., Meuleman, J. R., Beck, D. T., Morrow, M., Zou, B., Shuster, J.J., and Borst, S. E. (2014). Testosterone alters iron metabolism and stimulates red blood cell production independently of dihydrotestosterone. *American journal of physiology-endocrinology and metabolism*, 307(5), E456-E461.
- Belviranlı, M., Okudan, N., Kabak, B., Erdoğan, M., Karanfilci, M., ve Ada, A. M. (2017). Yüksek irtifa antrenmanının pentatlon sporcularında oksidatif stres ve antioksidan savunma belirteçleri üzerine etkisi. *Genel tıp dergisi*, 27(3), 95-99.
- Benallal, H., and Busso, T. (2000). Analysis of end-tidal and arterial P CO₂ gradients using a breathing model. *European journal of applied physiology*, 83, 402-408.
- Benditt, J. O., and McCool, F. D. (2016). *The respiratory system and neuromuscular diseases*. In Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine (pp. 1691-1706). WB Saunders.

- Berglund, L., Sundgot-Borgen, J., and Berglund, B. (2011). Adipositas athletica: a group of neglected conditions associated with medical risks. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(5), 617-624.
- Berve, P. O., Irusta, U., Kramer-Johansen, J., Skålhegg, T., Aramendi, E., and Wik, L. (2021). Tidal volume measurements via transthoracic impedance waveform characteristics: The effect of age, body mass index and gender. A single centre interventional study. *Resuscitation*, 167, 218-224.
- Bledsoe, B. E., Porter, R. S., and Cherry, R. A. (2007). *Essentials of paramedic care*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Bloom, F. E. (1993). Principles of Neural Science. *American journal of psychiatry*, 150(11), 1739-1740.
- Boussana, A., Matecki, S., Galy, O., Hue, O., Ramonatxo, M., and Le Gallais, D. (2001). The effect of exercise modality on respiratory muscle performance in triathletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(12), 2036-2043.
- Boutellier, U., Büchel, R., Kundert, A., and Spengler, C. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65(4), 347-353.
- Borg, G. A. V. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. Psychophysical Judgment and the Process of Perception, 25-34.
- Braun, N. M., Arora, N. S., and Rochester, D. F. (1982). Force-length relationship of the normal human diaphragm. *Journal of applied physiology*, 53(2), 405-412.
- Braun, S. R. (1990). *Respiratory rate and pattern*. Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 3rd edition, Boston.
- Bussotti, M., Magri, D., Previtali, E., Farina, S., Torri, A., Matturri, M., and Agostoni, P. (2008). End-tidal pressure of CO₂ and exercise performance in healthy subjects. *European journal of applied physiology*, 103(6), 727-732.
- Campbell JE (Ed). *International Trauma Life Support for Prehospital Care Providers* 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2008.
- Carey, D. G., Schwarz, L. A., Pliego, G. J., and Raymond, R. L. (2005). Respiratory rate is a valid and reliable marker for the anaerobic threshold: implications for measuring change in fitness. *Journal of sports science & medicine*, 4(4), 482
- Carey, D., Pliego, G., and Raymond, R. (2008). How Endurance Athletes Breathe During Incremental Exercise To Fatigue: Interaction Of Tidal Volume And Frequency. *Journal of exercise physiology online*, 11(4).
- Carten, C. (2007). *The relationship between anthropometry and respiratory muscle function in land-and water-based athletes* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

- Chatterjee, P., Bandyopadhyay, A., Chatterjee, P., and Nandy, P. (2019). Assessment and comparative analysis of different lung capacities in trained athletes according to somatotype. *American journal of sports science*, 7(2), 72-77.
- Clark, J. M., Hagerman, F. C., and Gelfand, R. (1983). Breathing patterns during submaximal and maximal exercise in elite oarsmen. *Journal of applied physiology*, 55(2), 440-446.
- Corda, M., Von Euler, C., and Lennerstrand, G. V. (1965). Proprioceptive innervation of the diaphragm. *The journal of physiology*, 178(1), 161.
- De Troyer, A., and Estenne, M. (1988). Functional anatomy of the respiratory muscles. *Clinics in chest medicine*, 9(2), 175-193.
- Deliceoğlu, G., Kabak, B., Çakır, V. O., Ceylan, H. İ., Raul-İoan, M., Alexe, D. I., and Stefanica, V. (2024). Respiratory Muscle Strength as a Predictor of VO₂max and Aerobic Endurance in Competitive Athletes. *Applied sciences*, 14(19), 8976.
- Dempsey JA, Hanson PG and Henderson KS (1984). Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy human subjects at sea level. *The journal of physiology*, 355, 161–175;
- Dempsey JA. *ACSM's Advanced Exercise Physiology*. 1st edition. Philadelphia: Lippincott
- Dempsey, J. A., and Wagner, P. D. (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *Journal of applied physiology*, 87(6), 1997-2006.
- Dempsey, J. A., and Wagner, P. D. (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *Journal of applied physiology*, 87(6), 1997-2006.
- Dempsey, J. A., Sheel, A. W., Croix, C. M. S., and Morgan, B. J. (2002). Respiratory influences on sympathetic vasomotor outflow in humans. *Respiratory physiology & neurobiology*, 130(1), 3-20.
- Des Jardins, T. R. (2002). Cardiopulmonary anatomy & physiology: essentials for respiratory care. (No Title).
- Durand, F., Mucci, P., and Préfaut, C. (2000). Evidence for an inadequate hyperventilation inducing arterial hypoxemia at submaximal exercise in all highly trained endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(5), 926-932
- Durmic, T., Popovic, B. L., Svenda, M. Z., Djelic, M., Zugic, V., Gavrilovic, T., and Leischik, R. (2017). The training type influence on male elite athletes' ventilatory function. *BMJ open sport & exercise medicine*, 3(1), e000240.
- Edwards R.H.T., Faulkner J.A. (1985). *Structure and function of the Respiratory Muscles Thorax*: Roussos Ch. and Macklem P.T. ed Marcell Dekker Inc New York, 1985;1:297-326.
- Evans, J. A., and Whitelaw, W. A. (2009). The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respiratory care*, 54(10), 1348-1359.

- Fatemi, R., Shakerian, S., Ghanbarzade, M., Habibi, A., and Fathi, M. H. (2012). The comparison of dynamic volumes of pulmonary function between different levels of maximal oxygen uptake. *International research journal of applied and basic sciences*, 3(3), 667-74.
- Gandevia, B., and Hugh-Jones, P. (1957). Terminology for measurements of ventilatory capacity: a report to the thoracic society. *Thorax*, 12(4), 290.
- Geary, C. M., Welch, J. F., McDonald, M. R., Peters, C. M., Leahy, M. G., Reinhard, P. A., and Sheel, A. W. (2019). Diaphragm fatigue and inspiratory muscle metaboreflex in men and women matched for absolute diaphragmatic work during pressure-threshold loading. *The journal of physiology*, 597(18), 4797-4808.
- Gocentas, A., Jascaniniene, N., Poprzęcki, S., Jaszczanin, J., and Juozulynas, A. (2011). Position-related differences in cardiorespiratory functional capacity of elite basketball players. *Journal of human kinetics*, 30, 145.
- Goedecke, J. H., Gibson, A. S. C., Grobler, L., Collins, M., Noakes, T. D., and Lambert, E. V. (2000). Determinants of the variability in respiratory exchange ratio at rest and during exercise in trained athletes. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 279(6), E1325-E1334.
- Goldman, M. D., Grassino, A., Mead, J., and Sears, T. A. (1978). Mechanics of the human diaphragm during voluntary contraction: dynamics. *Journal of applied physiology*, 44(6), 840-848.
- Grassi, B., Poole, D. C., Richardson, R. S., Knight, D. R., Erickson, B. K., and Wagner, P. D. (1996). Muscle O₂ uptake kinetics in humans: implications for metabolic control. *Journal of applied physiology*, 80(3), 988-998.
- Green, M., and Moxham, J. (1985). The respiratory muscles. *Clinical science*, 68(1), 1-10.
- Green, M., Mead, J., and Sears, T. A. (1978). Muscle activity during chest wall restriction and positive pressure breathing in man. *Respiration physiology*, 35(3), 283-300.
- Green, M. (1996). Clinical assessment of diaphragm strength by cervical magnetic stimulation of the phrenic nerves. *Thorax*, 51(12), 1239-1242.
- Guenette, J. A., Witt, J. D., McKenzie, D. C., Road, J. D., and Sheel, A. W. (2007). Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women. *The journal of physiology*, 581(3), 1309-1322.
- Habedank, D., Reindl, I., Vietzke, G., Bauer, U., Sperfeld, A., Gläser, S., and Kleber, F. X. (1998). Ventilatory efficiency and exercise tolerance in 101 healthy volunteers. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77, 421-426.
- HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., and Reid, W. D. (2013). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. *The journal of strength & conditioning research*, 27(6), 1643-1663.

- Hallett, S., Toro, F., Ashurst, J.V. (2018). *Physiology, Tidal Volume*. Stat Pearls Publishing, Treasure Island (FL); 2019.
- Harms, C. A., and Stager, J. M. (1995). Low chemoresponsiveness and inadequate hyperventilation contribute to exercise-induced hypoxemia. *Journal of Applied Physiology*, 79(2), 575-580.
- Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., and Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 82(5), 1573-1583.
- Harms, C. A., McClaran, S. R., Nিকেle, G. A., Pegelow, D. F., Nelson, W. B., and Dempsey, J. A. (1998a). Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy young women. *The journal of physiology*, 507(2), 619-628.
- Harms, C. A., Wetter, T. J., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., and Dempsey, J. A. (1998b). Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 85(2), 609-618.
- Harms, C. A., Wetter, T. J., St. Croix, C. M., Pegelow, D. F., and Dempsey, J. A. (2000). Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of applied physiology*, 89(1), 131-138.
- Holmgren, A., and Linderholm, H. (1958). Oxygen and carbon dioxide tensions of arterial blood during heavy and exhaustive exercise. *Acta physiologica scandinavica*, 44(3-4), 203-215.
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., and Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 42, 707-724.
- Johnson, B. D., Aaron, E. A., Babcock, M. A., and Dempsey, J. A. (1996). Respiratory muscle fatigue during exercise: implications for performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(9), 1129-1137.
- Johnson, B. D., Babcock, M. A., Suman, O. E., and Dempsey, J. A. (1993). Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *The journal of physiology*, 460(1), 385-405.
- Johnson, B. D., Saupe, K. W., and Dempsey, J. A. (1992). Mechanical constraints on exercise hyperpnea in endurance athletes. *Journal of applied physiology*, 73(3), 874-886.
- Jones, A. M., and Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports medicine*, 29, 373-386.
- Jurić, I., Labor, S., Plavec, D., and Labor, M. (2019). Inspiratory muscle strength affects anaerobic endurance in professional athletes. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 70(1), 42-48.

- Kaimakamis, E., and Chasapidou, G. (2022). *Respiration: physiology, pathology, and treatment. In Wearable Sensing and Intelligent Data Analysis for Respiratory Management* (pp. 3-28). Academic Press.
- Karaduman, E., Bostancı, Ö., ve Bayram, L. (2022). Respiratory muscle strength and pulmonary functions in athletes: differences by BMI classifications. *Journal of men's health, 18*(3), 1-8.
- Kim, E., and Lee, H. (2013). The effects of deep abdominal muscle strengthening exercises on respiratory function and lumbar stability. *Journal of physical therapy science, 25*(6), 663-665.
- Klusiewicz, A. (2008). Characteristics of the inspiratory muscle strength in the well-trained male and female athletes. *Biology of sport, 25*(1), 13-22.
- Knudson, R. J. (1981). How aging affects the normal lung. *Journal of respiratory disease, 2*, 74-84.
- Kominami, K., and Akino, M. (2024). Partial Pressure of End-Tidal Oxygen and Blood Lactate During Cardiopulmonary Exercise Testing in Healthy Older Participants and Patients at Risk of Cardiac Disease. *Cardiology research, 15*(1), 29.
- Korkmaz, S., ve Polat, M. Genç Kadın Kros ve Alp Kayakçılarında İzokapnik Tamponlama Fazının Karşılaştırılması. *Ulusal spor bilimleri dergisi, 2*(1), 8-19.
- Koulouris, N. G., and Dimitroulis, I. (2001). Structure and function of the respiratory muscles. *Pneumon, 14*(2), 91-108.
- Kowalski, T., Granda, D., and Klusiewicz, A. (2022). Practical application of respiratory muscle training in endurance sports. *Strength and conditioning journal, 10*-1519.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., and Deschenes, M. R. (2011). *Exercise physiology: integrating theory and application*. Lippincott Williams & Wilkins, p.388-391
- Kroff, J., and Terblanche, E. (2010). The kinanthropometric and pulmonary determinants of global respiratory muscle strength and endurance indices in an athletic population. *European journal of applied physiology, 110*, 49-55.
- La Gerche, A., Burns, A. T., Taylor, A. J., MacIsaac, A. I., Heidbüchel, H., and Prior, D. L. (2012). Maximal oxygen consumption is best predicted by measures of cardiac size rather than function in healthy adults. *European journal of applied physiology, 112*, 2139-2147.
- Leischik, R., and Dworak, B. (2014). Ugly duckling or Nosferatu? Cardiac injury in endurance sport—screening recommendations. *European review for medical and pharmacological sciences, 18*(21), 3274-3290.
- Lewis, N. P., Banning, A. P., Cooper, J. P., Sundar, A. S., Facey, P. E., Evans, W. D., and Henderson, A. H. (1996). Impaired matching of perfusion and ventilation in heart failure detected by 133 xenon. *Basic research in cardiology, 91*, 45-49.

- Lockhart, A. (1984). A layman's view on respiratory muscles. *Bulletin europeen de physiopathologie respiratoire*, 20(5), 395-397.
- Lomax, M., Grant, I., and Corbett, J. (2011). Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *Journal of sports sciences*, 29(6), 563-569.
- Losnegard, T., and Hallén, J. (2014). Elite cross-country skiers do not reach their running $\text{VO}_{2\text{max}}$ during roller ski skating. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(4), 389-393.
- Lutfi, M. F. (2017). The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. *Multidisciplinary respiratory medicine*, 12, 1-12.
- Mackała, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Stodółka, J., Coh, M., and Rożek-Piechura, K. (2020). The effect of respiratory muscle training on the pulmonary function, lung ventilation, and endurance performance of young soccer players. *International journal of environmental research and public health*, 17(1), 234.
- Mahotra, N. B., Amatya, T. M., Rana, B. S., and Banstola, D. (2016). Effects of exercise on pulmonary function tests: A comparative study between athletes and non-athletes in Nepalese settings. *Journal of chitwan medical college*, 6(1), 21-23.
- Malik, D. A., Malik, D. S., and Kumar, S. (2017). Sports specific influence on force vital capacity in university players. *IOSR Journal of sport and physical education*, 4(02), 06-9.
- Manohar, M. U. R. L. I. (1986). Blood flow to the respiratory and limb muscles and to abdominal organs during maximal exertion in ponies. *The journal of physiology*, 377(1), 25-35.
- Marshall, R. (1962). Relationships between stimulus and work of breathing at different lung volumes. *Journal of applied physiology*, 17(6), 917-921.
- Martin, B. J., Sparks, K. E., Zwillich, C. W., and Weil, J. V. (1979). Low exercise ventilation in endurance athletes. *Medicine and science in sports*, 11(2), 181-185.
- Mason, R. J., Broaddus, V. C., Martin, T. R., King, T. E., Schraufnagel, D., Murray, J. F., and Nadel, J. A. (2010). *Murray and Nadel's textbook of respiratory medicine E-book: 2-volume set*. Elsevier Health Sciences, p.3-25.
- Mauri, T., Cambiaghi, B., Spinelli, E., Langer, T., and Grasselli, G. (2017). Spontaneous breathing: a double-edged sword to handle with care. *Annals of translational medicine*, 5(14).
- Mazic, S., Lazovic, B., Djelic, M., Suzic-Lazic, J., Djordjevic-Saranovic, S., Durmic, T., and Zugic, V. (2015). Respiratory parameters in elite athletes—does sport have an influence? *Revista portuguesa de pneumologia (English Edition)*, 21(4), 192-197.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins, p.255.

- McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins, p.477.
- McClaran, S. R., Harms, C. A., Pegelow, D. F., and Dempsey, J. A. (1998). Smaller lungs in women affect exercise hyperpnea. *Journal of applied physiology*, 84(6), 1872-1881.
- McConnell, A. K., and Romer, L. M. (2004). Dyspnoea in health and obstructive pulmonary disease: the role of respiratory muscle function and training. *Sports medicine*, 34, 117-132.
- Mead, J. (1979). Functional significance of the area of apposition of diaphragm to rib cage. *American review of respiratory disease*, 119(2P2), 31-32.
- Meyer, F. J., Lossnitzer, D., Kristen, A. V., Schoene, A. M., Kübler, W., Katus, H. A., and Borst, M. M. (2005). Respiratory muscle dysfunction in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *European respiratory journal*, 25(1), 125-130.
- Mezzani, A. (2017). Cardiopulmonary exercise testing: basics of methodology and measurements. *Annals of the American thoracic society*, 14(Supplement 1), S3-S11.
- Miller, J. D., Hemauer, S. J., Smith, C. A., Stickland, M. K., and Dempsey, J. A. (2006). Expiratory threshold loading impairs cardiovascular function in health and chronic heart failure during submaximal exercise. *Journal of applied physiology*, 101(1), 213-227.
- Miller, J. D., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., and Dempsey, J. A. (2005). Skeletal muscle pump versus respiratory muscle pump: modulation of venous return from the locomotor limb in humans. *The journal of physiology*, 563(3), 925-943.
- Miller, J. D., Smith, C. A., Hemauer, S. J., and Dempsey, J. A. (2007). The effects of inspiratory intrathoracic pressure production on the cardiovascular response to submaximal exercise in health and chronic heart failure. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 292(1), H580-H592.
- Miller, L. W., Pagani, F. D., Russell, S. D., John, R., Boyle, A. J., Aaronson, K. D., ... and Frazier, O. (2007). Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. *New England journal of medicine*, 357(9), 885-896.
- Mitchell, R. A., Schaeffer, M. R., Ramsook, A. H., Wilkie, S. S., and Guenette, J. A. (2018). Sex differences in respiratory muscle activation patterns during high-intensity exercise in healthy humans. *Respiratory physiology & neurobiology*, 247, 57-60.
- Molgat-Seon, Y., Dominelli, P. B., Ramsook, A. H., Schaeffer, M. R., Romer, L. M., Guenette, J. A., and Sheel, A. W. (2018). Effects of age and sex on inspiratory muscle activation patterns during exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(9):1881-1892.
- Morgan, D. W., Kohrt, W. M., Bates, B. J., and Skinner, J. S. (1987). Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. *International journal of sports medicine*, 8(02), 88-93.

- Moxham, J., Morris, A. J., Spiro, S. G., Edwards, R. H., and Green, M (1981). Contractile properties and fatigue of the diaphragm in man. *Thorax*, 36(3), 164-168.
- Murias, G., Blanch, L., and Lucangelo, U. (2014). The physiology of ventilation. *Respiratory care*, 59(11), 1795-1807.
- Musch, T. I. (1993). Elevated diaphragmatic blood flow during submaximal exercise in rats with chronic heart failure. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 265(5), H1721-H1726.
- Myers, J., Arena, R., Cahalin, L. P., Labate, V., and Guazzi, M. (2015). Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. *Current problems in cardiology*, 40(8), 322-372.
- Neary, J. P., Bhambhani, Y. N., and Quinney, H. A. (1995). Validity of breathing frequency to monitor exercise intensity in trained cyclists. *International journal of sports medicine*, 16(04), 255-259.
- Nicolò, A., Girardi, M., and Sacchetti, M. (2017a). Control of the depth and rate of breathing: metabolic vs. non-metabolic inputs. *The journal of physiology*, 595(19), 6363.
- Nicolò, A., Marcora, S. M., Bazzucchi, I., and Sacchetti, M. (2017b). Differential control of respiratory frequency and tidal volume during high-intensity interval training. *Experimental physiology*, 102(8), 934-949.
- Nikolić, Z., and Ilić, N. (1992). Maximal oxygen uptake in trained and untrained 15-year-old boys. *British journal of sports medicine*, 26(1), 36-38.
- Oelberg, D. A., Evans, A. B., Hrovat, M. I., Pappagianopoulos, P. P., Patz, S., and Systrom, D. M. (1998). Skeletal muscle chemoreflex and pHi in exercise ventilatory control. *Journal of Applied Physiology*, 84(2), 676-682.
- Oshima, Y., Miyamoto, T., Tanaka, S., Wadazumi, T., Kurihara, N., and Fujimoto, S. (1997). Relationship between isocapnic buffering and maximal aerobic capacity in athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76, 409-414.
- Osmond, D. G. (1985). Functional anatomy of the chest wall. *Lung biology in health and disease*, 29, 199-233.
- Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E., and Mora-Rodriguez, R. (2016). Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. *PloS one*, 11(9), e0163389.
- Park, J. E., Chung, J. H., Lee, K. H., and Shin, K. C. (2012). The effect of body composition on pulmonary function. *Tuberculosis and respiratory diseases*, 72(5), 433-440.
- Patel, D., Sharma, K., Chauhan, C. S., and Jadon, G. (2013). An overview on respiratory system. *International journal of advanced research in pharmaceutical & bio sciences*, 3(1).

- Pelkonen, M., Notkola, I. L., Lakka, T., Tukiainen, H. O., Kivinen, P., and Nissinen, A. (2003). Delaying decline in pulmonary function with physical activity: a 25-year follow-up. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 168(4), 494-499.
- Pilarski, J. Q., Leiter, J. C., and Fregosi, R. F. (2011). Muscles of breathing: development, function, and patterns of activation. *Comprehensive physiology*, 9(3), 1025-1080.
- Poole, D. C., Rossiter, H. B., Brooks, G. A., and Gladden, L. B. (2021). The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. *The journal of physiology*, 599(3), 737-767.
- Powers, S. K., Dodd, S., Lawler, J., Landry, G., Kirtley, M., McKnight, T., and Grinton, S. (1988). Incidence of exercise induced hypoxemia in elite endurance athletes at sea level. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 58, 298-302.
- Powers, S. K., Howley, E. T., and Quindry, J. (2007). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (Vol. 8). New York, NY: McGraw-Hill, p.265-269.
- Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R., and Yernault, J. C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows. *European respiratory journal*, 6(Suppl 16), 5-40.
- Radegran, G., and Saltin, B. (1998). Muscle blood flow at onset of dynamic exercise in humans. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 274(1), H314-H322.
- Rodman, J. R., Haverkamp, H. C., Gordon, S. M., and Dempsey, J. A. (2002). *Cardiovascular and respiratory system responses and limitations to exercise. In Clinical Exercise Testing* (Vol. 32, pp. 1-17). Karger Publishers.
- Romer, L. M., and Polkey, M. I. (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *Journal of applied physiology*, 104(3), 879-888.
- Romer, L. M., Miller, J. D., Haverkamp, H. C., Pegelow, D. F., and Dempsey, J. A. (2007). Inspiratory muscles do not limit maximal incremental exercise performance in healthy subjects. *Respiratory physiology & neurobiology*, 156(3), 353-361.
- Rosdahl, H., Gullstrand, L., Salier-Eriksson, J., Johansson, P., and Schantz, P. (2010). Evaluation of the Oxycon Mobile metabolic system against the Douglas bag method. *European journal of applied physiology*, 109(2), 159-171.
- Sable, M., Vaidya, S., and Sable, S. (2012). Short communication comparative study of lung functions in swimmers and runners. *Indian journal of physiology and pharmacology*, 56(1), 100-104.
- Sachs, M. C., Enright, P. L., Stukovsky, K. D. H., Jiang, R., and Barr, R. G. (2009). Performance of maximum inspiratory pressure tests and maximum inspiratory pressure reference equations for 4 race/ethnic groups. *Respiratory care*, 54(10), 1321-1328.

- Sahlin, E. H. K. (1980). Acid-base balance during exercise. *Exercise and sport sciences reviews*, 8(1), 41-128.
- Sales, A. T., Fregonezi, G. A., Ramsook, A. H., Guenette, J. A., Lima, I. N. D., and Reid, W. D. (2016). Respiratory muscle endurance after training in athletes and non-athletes: a systematic review and meta-analysis. *Physical therapy in sport*, 17, 76-86.
- Sarma, S., and Levine, B. D. (2016). Beyond the Bruce protocol: advanced exercise testing for the sports cardiologist. *Cardiology clinics*, 34(4), 603-608.
- Secher, N. H., and Volianitis, S. (2006). Are the arms and legs in competition for cardiac output?. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(10), 1797.
- Segizbaeva, M. O., and Aleksandrova, N. P. (2021). Respiratory muscle strength and ventilatory function outcome: differences between trained athletes and healthy untrained persons. *Medical and biomedical updates*, 89-97.
- Shah, P. L. (2019). *Anatomy of the respiratory system*. ERS Handbook of Respiratory Medicine, The European Respiratory Society, 1-6.
- Sharma, G., and Goodwin, J. (2006). Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical interventions in aging*, 1(3), 253-260.
- Sharma, S., Merghani, A., and Mont, L. (2015). Exercise and the heart: the good, the bad, and the ugly. *European heart journal*, 36(23), 1445-1453.
- Sheel, A.W., Dominelli, P.B., Molgat-Seon, Y. (2016).Revisiting dysanapsis: sex-based differences in airways and the mechanics of breathing during exercise. *Experimental physiology*. Feb;101(2):213-8.
- Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports medicine*, 32, 567-581.
- Sheel, A. W., and Guenette, J. A. (2008). Mechanics of breathing during exercise in men and women: sex versus body size differences? *Exercise and sport sciences reviews*, 36(3), 128-134.
- Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., and Dempsey, J. A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The journal of physiology*, 537(1), 277-289.
- Shei, R. J. (2018). Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: a systematic review. *The journal of strength & conditioning research*, 32(9), 2665-2676.
- Shier, D., Butler, J., Lewis, R. Hole's. *Human Anatomy & Physiology* 10th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2009.
- Shin, Y. S., Yang, S. M., Kim, J. H., Lee, J. U., Kim, M. Y., Lee, L. K., Kiwak, Y., Lee, L., Kim, Y., Park, S., Lee,D., Noh,J., and Kim, J. (2017). Respiratory function of the Korean elite judo athletes and non-athletes. *Archives of Budo*, 13, 297-305.

- Shin, Y. S., Yang, S. M., Kim, M. Y., Lee, L. K., Park, B. S., Lee, W. D., Noh, W.j., Kim, H.J., Lee, U.J., Kwak, T.Y., Lee, T.H., Kim, Y.J., Park, j., and Kim, J. (2016). Analysis of the respirogram phase of Korean wrestling athletes compared with nonathletes for sports physiotherapy research. *Journal of physical therapy science*, 28(2), 392-398.
- Simpson, L. S. (1983). Effect of increased abdominal muscle strength on forced vital capacity and forced expiratory volume. *Physical therapy*, 63(3), 334-337.
- Slatore, C. G., Harber, P., and Haggerty, M. C. (2013). An official American Thoracic Society systematic review: influence of psychosocial characteristics on workplace disability among workers with respiratory impairment. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 188(9), 1147-1160.
- Smith, J. R., Alexander, A. M., Hammer, S. M., Didier, K. D., Kurti, S. P., Broxterman, R. M., and Harms, C. A. (2017). Cardiovascular consequences of the inspiratory muscle metaboreflex: effects of age and sex. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 312(5), H1013-H1020.
- Smith, J. R., Broxterman, R. M., Hammer, S. M., Alexander, A. M., Didier, K. D., Kurti, S. P., and Harms, C. A. (2016). Sex differences in the cardiovascular consequences of the inspiratory muscle metaboreflex. *american journal of physiology-regulatory, integrative and comparative physiology*, 311(3), R574-R581.
- Smith, J., and Bellemare, F. (1987). Effect of lung volume on in vivo contraction characteristics of human diaphragm. *Journal of applied physiology*, 62(5), 1893-1900.
- Sonetti, D. A., Wetter, T. J., Pegelow, D. F., and Dempsey, J. A. (2001). Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiration physiology*, 127(2-3), 185-199.
- Spiro, S. G., Juniper, E., Bowman, P., and Edwards, R. H. T. (1974). An increasing work rate test for assessing the physiological strain of submaximal exercise. *Clinical science and molecular medicine*, 46(2), 191-206.
- St Croix, C. M., Morgan, B. J., Wetter, T. J., and Dempsey, J. A. (2000). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *The journal of physiology*, 529(2), 493-504.
- Stark-Leyva, K. N., Beck, K. C., and Johnson, B. D. (2004). Influence of expiratory loading and hyperinflation on cardiac output during exercise. *Journal of applied physiology*, 96(5), 1920-1927.
- Stocks, J., and Quanjer, P. H. (1995). Reference values for residual volume, functional residual capacity and total lung capacity. ATS Workshop on Lung Volume Measurements. Official Statement of The European Respiratory Society. *European respiratory journal*, 8(3), 492-506.
- Stoller, J. K., Heuer, A. J., Vines, D. L., Chatburn, R. L., and Mireles-Cabodevila, E. (Eds.). (2024). *Egan's Fundamentals of Respiratory Care-E-Book: Egan's Fundamentals of Respiratory Care-E-Book*. Elsevier Health Sciences, p.129-130.

- Strohl, K. P., Butler, J. P., and Malhotra, A. (2012). Mechanical properties of the upper airway. *Comprehensive physiology*, 2(3), 1853.
- Stubbing, D. G., Pengelly, L. D., Morse, J. L., and Jones, N. L. (1980). Pulmonary mechanics during exercise in normal males. *Journal of applied physiology*, 49(3), 506-510.
- Sun, X. G., Hansen, J. E., Garatachea, N., Storer, T. W., and Wasserman, K. (2002). Ventilatory efficiency during exercise in healthy subjects. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(11), 1443-1448.
- Sun, X. G., Hansen, J. E., Oudiz, R. J., and Wasserman, K. (2001). Exercise pathophysiology in patients with primary pulmonary hypertension. *Circulation*, 104(4), 429-435.
- Syabbalo, N. (1998). Assessment of respiratory muscle function and strength. *Postgraduate medical journal*, 74(870), 208-215.
- Quanjer, P. H., Stanojevic, S., Cole, T. J., Baur, X., Hall, G. L., Culver, B. H., Enright, P.L., Hankinson, J.L., Ip, M.S.M., Zheng, J., Stocks, J., and ERS Global Lung Function Initiative. (2012). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *European respiratory journal* 40(6), 1324-1343.
- Takano, N., Inaishi, S., and Zhang, Y. (1997). Individual differences in breathlessness during exercise, as related to ventilatory chemosensitivities in humans. *The journal of physiology*, 499(3), 843-848.
- Toubro, S., Sørensen, T. I., Hindsberger, C., Christensen, N. J., and Astrup, A. (1998). Twenty-four-hour respiratory quotient: the role of diet and familial resemblance. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 83(8), 2758-2764.
- Tschakovsky, M. E., and Hughson, R. L. (1999). Interaction of factors determining oxygen uptake at the onset of exercise. *Journal of applied physiology*, 86(4), 1101-1113.
- Uva, B., Aliverti, A., Bovio, D., and Kayser, B. (2016). The abdominal circulatory pump: an auxiliary heart during exercise?. *Frontiers in physiology*, 6, 411.
- Vai, F., Bonnet, J. L., Ritter, P. H., and Pioger, G. (1988). Relationship between heart rate and minute ventilation, tidal volume and respiratory rate during brief and low level exercise. *Pacing and clinical electrophysiology*, 11(11), 1860-1865.
- Venes, D. (2017). *Taber's cyclopedic medical dictionary*. FA Davis. Philadelphia,
- Ventura-Clapier, R., De Sousa, E., and Veksler, V. (2002). Metabolic myopathy in heart failure. *Physiology*, 17(5), 191-196.
- Verges, S., Lenherr, O., Haner, A. C., Schulz, C., and Spengler, C. M. (2007a). Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. *American journal of physiology-regulatory, integrative and comparative physiology*, 292(3), R1246-R1253.

- Verges, S., Sager, Y., Erni, C., and Spengler, C. M. (2007b). Expiratory muscle fatigue impairs exercise performance. *European journal of applied physiology*, 101, 225-232.
- Vogiatis, I., Athanasopoulos, D., Habazettl, H., Kuebler, W. M., Wagner, H., Roussos, C., and Zakynthinos, S. (2009). Intercostal muscle blood flow limitation in athletes during maximal exercise. *The Journal of Physiology*, 587(14), 3665-3677.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., and Jones, D. A. (2001). Specific respiratory warm-up improves rowing performance and exertional dyspnea. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7), 1189-1193.
- Wade, A. J., Marbut, M. M., and Round, J. M. (1990). Muscle fibre type and aetiology of obesity. *The Lancet*, 335(8693), 805-808.
- Warburton, D. E., Sheel, A. W., and McKenzie, D. C. *Cardiorespiratory adaptations to training*. In: *Schweltnus MP*, ed. The Olympic Textbook of Sports Medicine. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell 2008:93-111.
- Ware, J. H., Dockery, D. W., Louis, T. A., Xu, X., FERRIS JR, B. G., and Speizer, F. E. (1990). Longitudinal and cross-sectional estimates of pulmonary function decline in never-smoking adults. *American journal of epidemiology*, 132(4), 685-700.
- Wasserman K., Hansen J. E., Sue D. Y., Whipp B. J., Casaburi R. (eds) (1994). *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 52-79.
- Wasserman, K. (1984). The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *American review of respiratory disease*, 129(2P2), S35-S40.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Stringer, W. W., and Whipp, B. J. (2005). *Normal values. Arterial and end-tidal carbon dioxide tensions*. Principles of exercise testing and interpretation, 4th edn. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Wasserman, K., Van Kessel, A. L., and Burton, G. G. (1967). Interaction of physiological mechanisms during exercise. *Journal of applied physiology*, 22(1), 71-85.
- Weakley, J., Black, G., McLaren, S., Scantlebury, S., Suchomel, T. J., McMahon, E., Watts, D., and Read, D. B. (2024). Testing and profiling athletes: recommendations for test selection, implementation, and maximizing information. *Strength & conditioning journal*, 46(2), 159-179.
- Welch, J. F., Archiza, B., Guenette, J. A., West, C. R., and Sheel, A. W. (2018). Sex differences in diaphragmatic fatigue: the cardiovascular response to inspiratory resistance. *The journal of physiology*, 596(17), 4017-4032.
- Wetter, T. J., Harms, C. A., Nelson, W. B., Pegelow, D. F., and Dempsey, J. A. (1999). Influence of respiratory muscle work on $\dot{V}O_2$ and leg blood flow during submaximal exercise. *Journal of applied physiology*, 87(2), 643-651.

- Whipp, B. J., Davis, J. A., and Wasserman, K. (1989). Ventilatory control of the 'isocapnic buffering' region in rapidly-incremental exercise. *Respiration physiology*, 76(3), 357-367.
- Whipp, B. J., Higgenbotham, M. B., and Cobb, F. C. (1996). Estimating exercise stroke volume from asymptotic oxygen pulse in humans. *Journal of applied physiology*, 81(6), 2674-2679.
- Wilkie, D. R. (1950). The relation between force and velocity in human muscle. *The journal of physiology*, 110(3-4), 249.
- Williams, J. H., Powers, S. K., and Stuart, M. K. (1986). Hemoglobin desaturation in highly trained athletes during heavy exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 18(2), 168-173.
- Xi, Q., Zhao, Z., Liu, Z., Ma, X., Luo, Q., and Liu, W. (2014). The lowest VE/VCO₂ ratio best identifies chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Thrombosis research*, 134(6), 1208-1213.
- Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir. *Solunum dergisi*, 14(1), 1-8.
- Zelevnik, J. (2003). Normative aging of the respiratory system. *Clinics in geriatric medicine*, 19(1), 1-18.

EKLER

EK-1. Etik Kurul onay belgesi

Evrak Tarih ve Sayısı: 05.10.2023-E.763601			
T.C. GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ Etik Komisyonu			
Sayı :	E-77082166-302.08.01-763601	05.10.2023	
Konu :	Bilimsel ve Eğitim Amaçlı		
Dağıtım Yerlerine			
Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı Doktora Öğrencisi Banu KABAK'ın, Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU'nun danışmanlığında yürüttüğü "<i>Dayanıklılık Sporcularında Solunum Kas Kuvveti, Solunum Fonksiyonları ve Maks VO2 Düzeyini Etkiler mi?</i>" adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun 03.10.2023 tarih ve 17 sayılı toplantısında görüşülmüş olup, İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir. Bilgilerinizi rica ederim. Araştırma Kod No: 2023 - 1133			
		Prof. Dr. İsmail KARAKAYA Komisyon Başkanı	
Ek:1 Liste DAĞITIM Gereği: Sayın Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU		Bilgi: Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne	
Belge Doğrulama Kodu :B54FJIR0J3		Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. Belge Takip Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/gazi-universitesi-ebys	
Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA Tel:0 (312) 202 20 57 - 0 (312) 2... Faks:0 (312) 202 38 76 İnternet Adresi : http://etikkomisyon.gazi.edu.tr/ Kop Adresi: gaziusuniversitesi@hs01.kop.tr		Bilgi için :Ayfer Çelmez Genel Evrak Sorumlusu Telefon No:202 38 61	
Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.			

EK-1. (devam) Etik Kurul onay belgesi

Evrak Tarih ve Sayısı: 05.10.2023-E.763601 GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ	
TOPLANTI TARİHİ : 03.10.2023	TOPLANTI SAYISI : 17
ADI – SOYADI	İMZA
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN	
Prof. Dr. Zehra GÖÇMEN BAYKARA BAŞKAN YRD.	
Prof. Dr. C. Haluk BODUR	
Prof. Dr. Seçil ÖZKAN	
Prof. Dr. Cevriye TEMEL GENCER	
Prof. Dr. İlkay ULUTAŞ	
Prof. Dr. Kemalettin DENİZ	
Prof. Dr. Makbule GEZMEN KARADAĞ	
Prof. Dr. İlyas OKUR	
Prof. Dr. Nihan KAFA	
Doç. Dr. Melek Gülşah ŞAHİN	
Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU	
Doç. Dr. Elvan İNCE AKA	

EK-2. Kurum onay belgesi



T.C:
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU

**İLGİLİ BÖLÜM / ANABİLİM DALI / BİLİM DALI BAŞKANI VEYA
KURUM SORUMLUSUNUN BİLGİLENDİRİLDİĞİNE DAİR BELGE**

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONUNA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenman ve Hareket Bilimleri Doktora Öğrencisi Banu KABAK' ın, Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU danışmanlığında yürüttüğü "Dayanıklılık Sporcularında Solunum Kas Kuvveti, Solunum Fonksiyonları ve Maks VO2 Düzeyini Etkiler mi? " isimli tez çalışması hakkında bilgilendirildim.

Bilgilerinize arz ederim.

Tarih: 05.09.2023

Kurum: Gençlik ve Spor Bakanlığı Sporcu Sağlığı
Performansı Hizmet Kalite Standartları Daire Başkanlığı

Unvan: Daire Başkanı

Ad ve Soyad: Prof. Dr. Nihat GÜLTEKİN

İmza:

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KABAK Banu
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Antrenman ve Hareket Bilimleri Anabilim Dalı	Devam ediyor
Yüksek lisans	Selçuk Üniversitesi / Spor Fizyolojisi Anabilim Dalı	2016
Lisans	Hacettepe Üniversitesi/ Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2001-Devam ediyor	Gençlik ve Spor Bakanlığı	Fizyoterapist
1995-2001	Ziraat Bankası Hastanesi	Fizyoterapist

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Deliceoğlu, G., Kabak, B., Çakır, V. O., Ceylan, H. İ., Raul-İoan, M., Alexe, D. I. and Stefanica, V. (2024). Respiratory muscle strength as a predictor of VO_{2max} and aerobic endurance in competitive athletes. *Applied Sciences*, 14(19), 8976.

Deliceoğlu, G., Atalay, G., and Kabak, B. (2024). The effect of leg stiffness on reactive agility, jumping and speed in gymnastics athletes. *Science of Gymnastics Journal*, 16(1).

Atalay, G., Kabak, B., Kaya, E. and Deliceoğlu, G. (2023). Isometric and Ballistic Performance in Canoeing and Weightlifting. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 28(3), 189-195.

Devrim-Lanpir, A., Badem, E. A., Işık, H., Çakar, A. N., Kabak, B., Akınoğlu, B. and Knechtel, B. (2021). Which body density equations calculate body fat percentage better in olympic wrestlers?—comparison study with air displacement plethysmography. *Life*, 11(7), 707.

Hobiler

Kitap okuma, yoga, ahşap boyama



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR