

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ

SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

(UZMANLIK TEZİ)

ADÖLESAN SPORCULARDA PİK OKSİJEN TÜKETİMİ VE SOLUNUM
FONKSİYON PARAMETRELERİNİN YAŞA, BRANŞA VE CİNSİYETE BAĞLI
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dr. Ferhat Burak ÇANKAYA

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Sertaç YAKAL

İSTANBUL (2024)

ÖNSÖZ

Asistanlık eğitimim boyunca desteğini ve yardımını esirgemeyen, tezin son haline gelebilmesinde yol gösterici olan tez danışmanım Dr. Öğr. Üy. Sertaç YAKAL'a

Saygıdeğer hocalarım, Anabilim Dalı Başkanımız Prof Dr. Bülent BAYRAKTAR'a, Prof. Dr. Gökhan METİN'e, Prof. Dr. Oğuz ÖZTÜRK'e, Dr. Öğr. Üy. Şensu DİNÇER'e

Her zaman desteğini hissettiğim çok kıymetli uzmanımız Uzm. Dr. Sergen DEVRAN'a

Çalışma arkadaşlarım Uzm. Dr. Ceylan KÖKSAL, Uzm. Dr. Esin Nur TAŞDEMİR'e , Uzm. Dr Aysun ERTUNA, Uzm. Dr Fatmanur YEGİN'e , Dr. Yasin ATAY, Dr. Ferhat Kürşad KASAPOĞLU, Dr. Çağrı ZOP'a, Dr. Aykut OKUMUŞ'a, Dr. Kutluhan Eyüp GÜNGÖR'e, Dr Yusuf KİREÇ'e ,

Sayın Öğr. Gör. Türker ŞAHİNKAYA'ya, sevgili fizyoterapist arkadaşlarımıza ve kıymetli anabilim dalı personelimize,

Tez çalışmamın istatistiksel analizlerine katkıları nedeniyle Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Güven GÜNVER'e,

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	2
İÇİNDEKİLER.....	3
ŞEKİLLER, GRAFİKLER VE TABLOLAR LİSTESİ.....	4
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	5
ÖZET	6
ABSTRACT	8
1-GİRİŞ VE AMAÇ	9
2-GENEL BİLGİLER	10
2.1. EGZERSİZ ESNASINDA METABOLİK DEĞİŞİMLER	10
Aerobik ve Anaerobik Metabolik Döngü.....	10
Aerobik Kapasite.....	15
2.2. MAKSİMUM OKSİJEN TÜKETİMİ TESTİ	16
Pik Dakika Ventilasyon Hacmi (VEpeak)	19
Anaerobik Eşik.....	19
Solunumsal Değişim Oranı (RER).....	19
2.3. SOLUNUM FONKSİYON TESTLERİ (SPIROMETRİ).....	21
Egzersize Solunumsal Adaptasyon	23
2.4. VÜCUT KOMPOZİSYON ANALİZİ	24
Antropometrik Ölçümler (Cilt Kıvrım Kalınlığı Ölçümü):	24
Hidrostatik Tartı (Su Altı Tartı):	24
Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA):	24
Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Bilgisayarlı Tomografi (MRG ve BT):.....	24
Biyoelektrik İmpedans Analizi (BİA):.....	25
Hasta Özellikleri	26
Biyoelektrik İmpedans Analizi	26
Solunum Fonksiyon Testi	26
Kardiyopulmoner Egzersiz Testi	26
İstatistiksel Yöntem	27
4-BULGULAR	31
5-TARTIŞMA VE SONUÇ	42
7-KAYNAKLAR	45

ŞEKİLLER, GRAFİKLER VE TABLolar LİSTESİ

Şekil 2.1. Glikolizi oluşturan kimyasal tepkimeler dizisi

Şekil 2.2. Sitrik asit döngüsündeki kimyasal reaksiyonlar

Şekil 2.3. Oksidatif fosforilasyonun mitokondrideki kemiozmotik mekanizması

Şekil 2.4. Piruvatın laktata dönüşümü

Şekil 2.5. Laktatın bikarbonat ile tamponlanması sonucu su ve karbondioksit oluşumu

Şekil 2.6. Kademeli egzersiz sırasında pulmoner ventilasyon, kan laktat konsantrasyonu ve oksijen tüketimi

Şekil 2.7. Egzersize VO_2 , VCO_2 yanıtı

Şekil 2.8. İnspiratuvar ve vital kapasitelerin ölçümleri

Şekil 2.9. Kadın ve erkeklerde yaşa bağlı yağsız vücut kütlesi ve yağ kütlesindeki değişim

Şekil 3.1. Egzersiz öncesi spirometri ölçimleri

Şekil 3.2. Maksimal Oksijen Alım Grafiği

Şekil 3.3. Anaerobik treshold (V-slope methodu)

Grafik 4.1. Branş ve cinsiyete göre gruplanan olguların VO_{2peak} değerlerinin yaşa göre değişiminin karşılaştırılması

Grafik 4.2. Branş ve cinsiyete göre gruplanan olguların BMI değerlerinin yaşa göre değişiminin karşılaştırılması

Tablo 2.1. Bruce protokolü

Tablo 2.2. Blake protokolü

Tablo 4.1. Olguların branşa ve cinsiyete göre dağılımı

Tablo 4.2. Branş ve cinsiyete göre gruplanan olguların yaş, boy, kilo, BMI, Yağ%, FFM, VO_{2peak} , VE, AT VO_2 , AT HR, FVC%, FEV₁%, PEF%, FEF₂₅₋₇₅%, IC, MVV% değerlerinin karşılaştırılması.

Tablo 4.3. Verilerin gruplar arası Post-Hoc analizi

Tablo 4.4. Yaş, BMI, Yağ%, FFM, VO_{2peak} değerleri ilişkili korelasyon analizleri

Tablo 4.5. Yaş, BMI, FVC% FEV₁%, PEF%, FEF₂₅₋₇₅% IC, MVV% değerlerinin gruplar arasındaki VO_{2peak} farklığına etkisi

Tablo 4.6. Cinsiyet ve branşın gruplar arasındaki VO_{2peak} farklığına etkisi

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ATHR :	Anaerobik eşik düzeyindeki kalp atım hızı
ATP :	Adenozin trifosfat
AT ₂ :	Anaerobik eşik düzeyindeki oksijen tüketimi
BIA :	Biyoelektrik empedans analizi
BMI :	Body mass index, Vücut Kitle İndeksi
BT :	Bilgisayarlı Tomografi
DEXA :	Dual-Energy X-ray Absorptiometry
ERV:	Ekspiratuvar rezerv volüm
ETS :	Elektron taşıma sistemi
FADH ₂ :	Flavin Adenin Dinükleotit
FEF ₂₅₋₇₅ % :	Forced Expiratory Flow %25-%75
FEV ₁ %:	Forced Expiration Volume
FFM :	Free fat mass, Yağsız vücut kütlesi
FRC:	Fonksiyonel rezidüel kapasite
FVC% :	Forced vital capacity
IC:	İnspiratuvar kapasite
MRG :	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MVV% :	Maximal Voluntary Ventilation
NADH :	Nikotinamid Adenin Dinukleotid Hydrid
OBLA:	onset of blood lactate accumulation, kanda laktik asit birikiminin başladığı nokta
PEF% :	Peak Expiratory Flow
RER :	solunumsal değişim oranı
RV:	Rezerv volüm
TLC:	Total Akciğer kapasitesi
VC:	İnspiratuvar kapasite
VE :	Maksimum dakika ventilasyon hacmi
VO _{2peak} :	Pik oksijen tüketimi
Yağ ⁰ % :	Vücut yağ oranı

ÖZET

Çankaya F. Adölesan sporcularda pik oksijen tüketimi ve solunum fonksiyon parametrelerinin yaşa, branşa ve cinsiyete bağlı değişiminin incelenmesi. İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi. İstanbul, 2024.

Amaç: Pik oksijen tüketimi (VO_{2peak}), efor esnasında vücut tarafından alınıp kullanılabilen en yüksek oksijen miktarını ifade eder. Pik oksijen tüketimi ile yüksek şiddetteki eforu sürdürebilme yeteneği yani aerobik kapasite arasında yakın bir ilişki vardır. Özellikle aerobik dayanıklılık gerektiren branşlarda sportif başarı açısından aerobik kapasite önemlidir. Bu yüzden aerobik kapasite üzerine etkili faktörler ile pik oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi aydınlatmak gereklidir. Bu çalışmada yaş, cinsiyet, spor branşı, solunum fonksiyon parametreleri, vücut kompozisyonu ile aerobik kapasite arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda 2007-2022 yılları arasında kliniğimize spora katılım öncesi değerlendirme veya aerobik performans ölçümü için başvurmuş 518 sporcunun tıbbi kayıtları retrospektif olarak tarandı. Deneklerin fizik muayene ve anamnezinin alınması sonrası boy, kilo ölçümü yapıldı. Vücut yağ analizi ve solunum fonksiyon testi ardından kardiyopulmoner egzersiz testi yapıldı. “Breath by breath” yöntemi ile kullanılan oksijen miktarı ve atılan karbondioksit miktarı hesaplandı.

Bulgular: Toplam 518 sporcunun kardiyopulmoner egzersiz testi verileri incelendi. Ortalama pik oksijen tüketimi $48,96 \pm 7,84$ ml/kg/dk olarak tespit edildi. Sporcular cinsiyet ve branşlarına göre gruplandıklarında ortalama pik oksijen tüketimleri erkek basketbolcularda $49,7 \pm 7,38$ ml/kg/dk, kadın basketbolcularda $43,82 \pm 5,65$ ml/kg/dk, erkek yüzücülerde $54,65 \pm 7,51$ ml/kg/dk, kadın yüzücülerde $47,54 \pm 6,48$ ml/kg/dk olarak tespit edildi. Basketbolcuların yüzücülere göre daha yüksek BMI değerlerine sahip olduğu, yüzücülerin basketbolculara göre daha yüksek $FEV_1\%$ ve $PEF\%$ değerlerine sahip olduğu görüldü. VO_{2peak} ile BMI arasında $p < 0.01$ anlamlılık düzeyinde zayıf bir negatif ilişki, VO_{2peak} ile Yağ% arasında $p < 0.01$ anlamlılık düzeyinde kuvvetli bir negatif ilişki yaş ile VO_{2peak} arasında $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde zayıf bir pozitif ilişki tespit edildi. Branş içi VO_{2peak} değerleri karşılaştırıldığında hem basketbolda hem yüzmede erkek sporcuların kadın sporculardan istatistiksel olarak anlamlı daha iyi VO_{2peak} değerlerine sahip olduğu gözlemlendi. Gruplar arası VO_{2peak} karşılaştırıldığında erkek yüzücülerin erkek basketbolculardan, kadın yüzücülerin kadın basketbolculardan istatistiksel olarak anlamlı daha iyi VO_{2peak} değerlerine sahip olduğu tespit edildi.

Sonuç: Adölesan sporcularda yaş, erkek cinsiyet, yüzme sporu pik oksijen tüketimini pozitif yönde, vücut yağ oranı ve BMI negatif yönde etkilediği görüldü. Solunum fonksiyon testi sonuçlarının pik oksijen tüketimi üzerinde istatistiksel anlamlı bir etkisi tespit edilmedi.

Anahtar kelimeler: Pik oksijen tüketimi, VO_{2peak} , aerobik kapasite, kardiyopulmoner egzersiz testi, adölesan



ABSTRACT

Çankaya F. Evaluation of factors effecting peak oxygen uptake in 11- to 19- year old swimmers and basketball players. Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine, Department of Sports Medicine. Thesis. Istanbul 2024

Objective: Aerobic capacity is an important element of success in sports. Peak oxygen uptake (VO_{2peak}), the highest rate of oxygen consumption attainable during maximal exercise, is recognized as being the best single indicator of aerobic capacity. The purpose of this study is to investigate the associations of peak oxygen uptake (VO_{2peak}) with age, body composition, body mass index (BMI) and spirometry results and examine the differences in their aerobic capacity with regard to the kind of sport they are practicing

Materials and Methods: In this investigation, we conducted a retrospective examination of the medical records of 518 athletes who underwent pre-participation assessments or aerobic performance evaluations at our clinic between 2007 and 2022. Following physical examinations and thorough medical histories of the subjects, measurements of height and weight were obtained. Subsequently, bioelectrical impedance analysis and respiratory function tests were administered, followed by cardiopulmonary exercise testing. Utilizing the "Breath by breath" method, the quantities of oxygen consumed and carbon dioxide exhaled were calculated.

Result: The data from a total of 518 athletes' cardiopulmonary exercise tests were examined. The average peak oxygen consumption was determined to be 48.96 ± 7.84 ml/kg/min. When athletes were grouped by gender and sport, the mean maximal oxygen consumptions were found to be 49.7 ± 7.38 ml/kg/min for male basketball players, 43.82 ± 5.65 ml/kg/min for female basketball players, 54.65 ± 7.51 ml/kg/min for male swimmers, and 47.54 ± 6.48 ml/kg/min for female swimmers. It was observed that basketball players had higher BMI values compared to swimmers, and swimmers had higher FEV₁% and PEF% values compared to basketball players. A weak negative correlation was found between VO_{2peak} and BMI at a significance level of $p < 0.01$, a strong negative correlation between VO_{2peak} and body fat percentage (Fat%) at a significance level of $p < 0.01$, and a weak positive correlation between age and VO_{2peak} at a significance level of $p < 0.05$. When comparing within-sport VO_{2peak} values, both male basketball players and male swimmers statistically significantly higher VO_{2peak} than their female counterparts. When comparing VO_{2peak} between groups, male swimmers were found to have statistically significantly better VO_{2peak} values than male basketball players, and female swimmers were found to have statistically significantly better VO_{2peak} values than female basketball players.

Discussion and Conclusion: In adolescent athletes, it was observed that age, male gender, and participation in swimming positively influenced peak oxygen consumption, while body fat percentage and BMI had a negative impact. No effect of respiratory function test results on peak oxygen consumption was detected.

Keywords: Peak oxygen consumption, VO_{2peak} , aerobic capacity, cardiopulmonary exercise testing, adolescents

1-GİRİŞ VE AMAÇ

Sporcuların fiziksel kapasitesi, spor başarılarında önemli bir unsurdur. Bu, aerobik kapasitenin başlıca bileşeni olan birçok farklı kapasiteyi içerir. Bir organizmanın fiziksel kapasitesinin fizyolojik temeli, organizmanın metabolik süreçlerin seviyesini, fiziksel çabanın gereksinimlerine uygun olarak artırma yeteneğini içerir. Metabolik süreçler burada kimyasal enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesini ifade eder (1).

Aerobik kapasitenin bir ölçüsü olarak pik oksijen alımı, fiziksel kapasitenin uluslararası standardı olarak belirlenmiştir. Pik oksijen alımını ölçmek için temel birim, litre veya dakikada oksijen miktarı olarak ifade edilen mutlak değeridir. Ancak, VO_{2peak} mutlak değeri vücut ağırlığından oldukça etkilenir ve bu nedenle aerobik kapasiteyi kilogram vücut ağırlığı başına mililitre cinsinden ifade etmek daha objektif ve genel olarak kabul edilir.

Pik oksijen alımı (VO_{2peak}), aerobik süreçlerin yoğunluğunu ifade eder ve aslında organizmanın belirli bir anda maksimum miktarda oksijeni kullanma kapasitesini temsil eder. Ancak, bu iki süreç birbirleriyle çok yakından ilişkilidir ve çoğu yazar tarafından organizmanın aerobik kapasitesinin, yani kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin fonksiyonel kapasitelerinin ve dokuların oksijeni kullanma kapasitesinin en iyi göstergesi olarak kabul edilmiştir (32). Pik oksijen alımı, artan yoğunluktaki egzersiz yapılırken birim zamanda organizmanın tükettiği maksimum oksijen miktarı olarak tanımlanmıştır ve egzersiz yoğunluğunun daha da artmasıyla artık artırılmaz.

Oksijenin atmosferden mitokondrilere taşınması sürecindeki tüm fizyolojik aşamalar pik oksijen tüketiminde potansiyel sınırlayıcı faktörlerdir. Bunlar pulmoner diffüzyon kapasitesi, maksimal kardiyak debi, kanın oksijen taşıma kapasitesi ve iskelet kasının karakteristikleridir (2). Bu fizyolojik sınırlamalar; yaş, cinsiyet, oksijen taşınması ve kullanımı ile ilgili genetik farklılıklar, fiziksel aktivite miktarı, egzersiz şekli ve vücut kompozisyonu gibi faktörlerden etkilenir. Özellikle aerobik dayanıklılık gerektiren sporlarda sportif başarı açısından aerobik kapasite önemlidir. Bu yüzden aerobik kapasite üzerine etkili faktörler ile pik oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi aydınlatmak gereklidir. Literatürde pik oksijen tüketimine etki eden faktörleri araştıran çalışmalarda denek sayısının kısıtlı olması sıklıkla çalışmaların limitasyonları arasında ifade edilmiştir (3,4). Bu nedenle konuyu aydınlatmaya yönelik yüksek örneklem sayılı bir korelasyon çalışması planladık.

2-GENEL BİLGİLER

2.1. EGZERSİZ ESNASINDA METABOLİK DEĞİŞİMLER

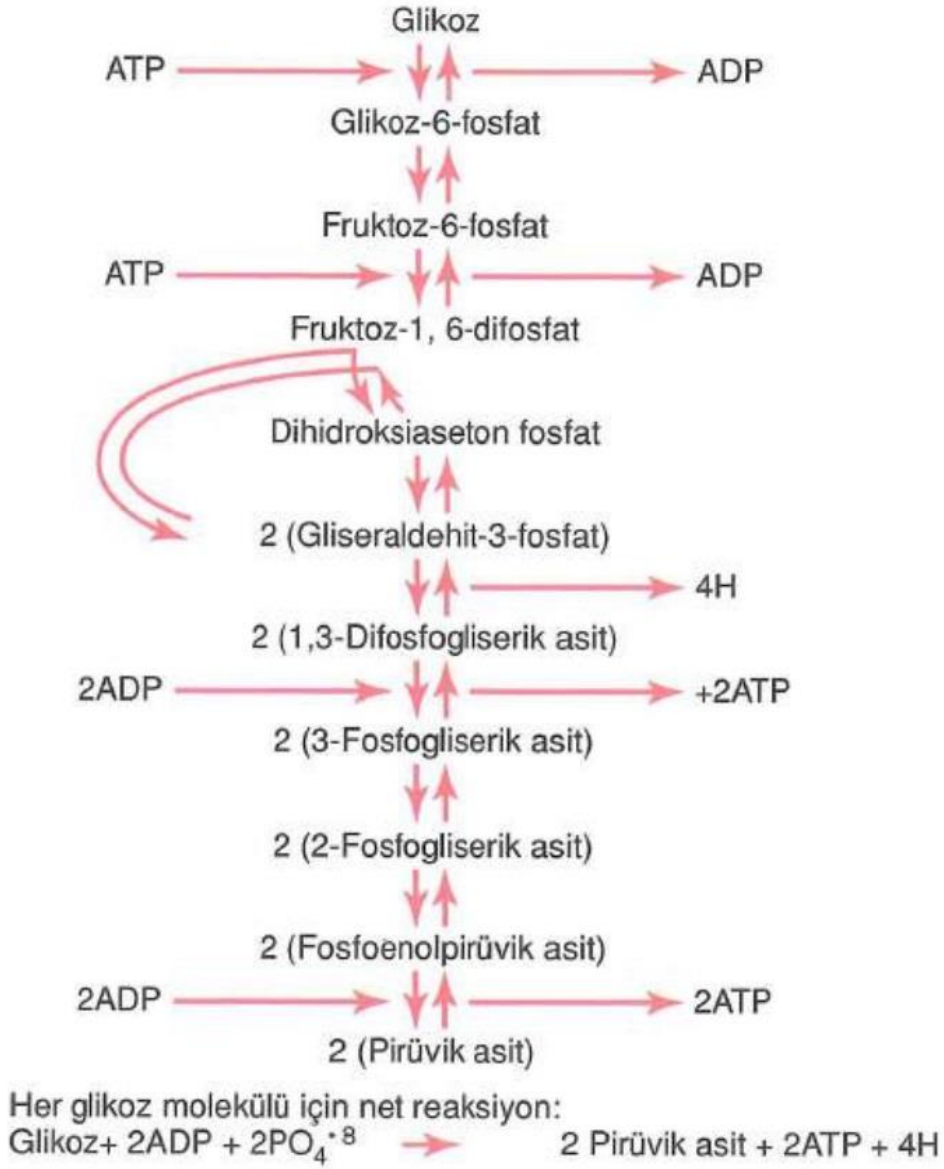
Fiziksel aktivitenin kaynağı olan enerji, vücuttaki diğer doku ve hücrelerde olduğu gibi, kas hücresinde de ATP'dir. Kas kasılmasında tüketilen ATP'nin yenilenmesi için kas hücresinde iki farklı enerji sistemi mevcuttur.

Aerobik ve Anaerobik Metabolik Döngü

Besinle alınan karbonhidrat, yağ, protein gibi makromoleküllerin substratlarına parçalanarak hücre içinde ATP sentezinde kullanılması için 3 ana metabolik yol bulunur:

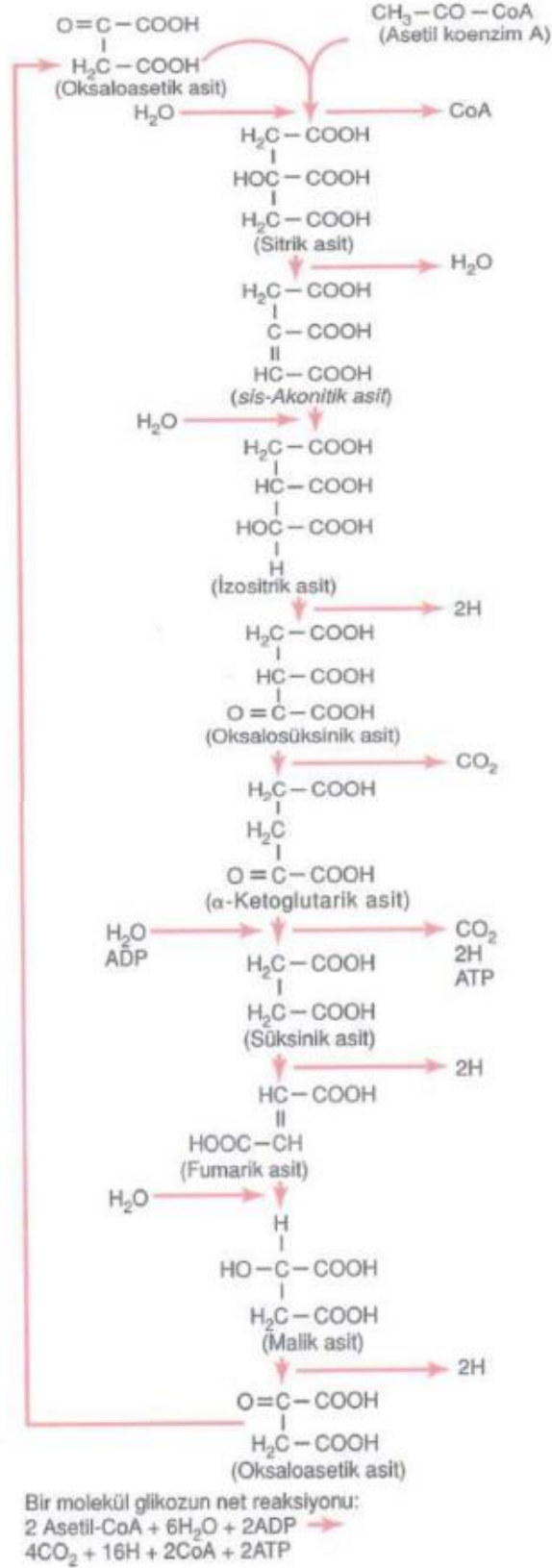
- Glikoliz
- Sitrik Asit Döngüsü (Krebs Siklusu)
- Elektron Transport Sistemi (ETS) ve Oksidatif Fosforilasyon

Glikoliz, hücrelerin enerji gereksinimlerini karşılamak için başlangıç adımıdır ve hem aerobik hem de anaerobik koşullarda gerçekleşir. Glikoliz, sitoplazmada bulunan enzimler tarafından katalize edilen bir reaksiyon zinciridir. Glikolizin ana hedefi, glikozun iki molekül pirüvata parçalanmasıdır. Bu süreç sırasında bir dizi ara ürün oluşur ve ATP ve NADH gibi enerji taşıyıcıları üretilir. Son ürün olan pirüvat, aerobik koşullarda asetil-CoA'ya çevrilerek sitrik asit döngüsüne girer (7).



Şekil 2.1. Glikolizi oluşturan kimyasal tepkimeler dizisi (6)

Sitrik asit döngüsü, besin maddelerinin parçalanması sırasında açığa çıkan asetil-CoA'nın bir dizi enzimatik reaksiyon ile metabolize edilmesidir. Bu esnada ATP üretilir ve aynı zamanda NADH ve FADH₂ gibi yüksek enerjili elektron taşıyıcıları üretilerek, ETS için substrat sağlanır.

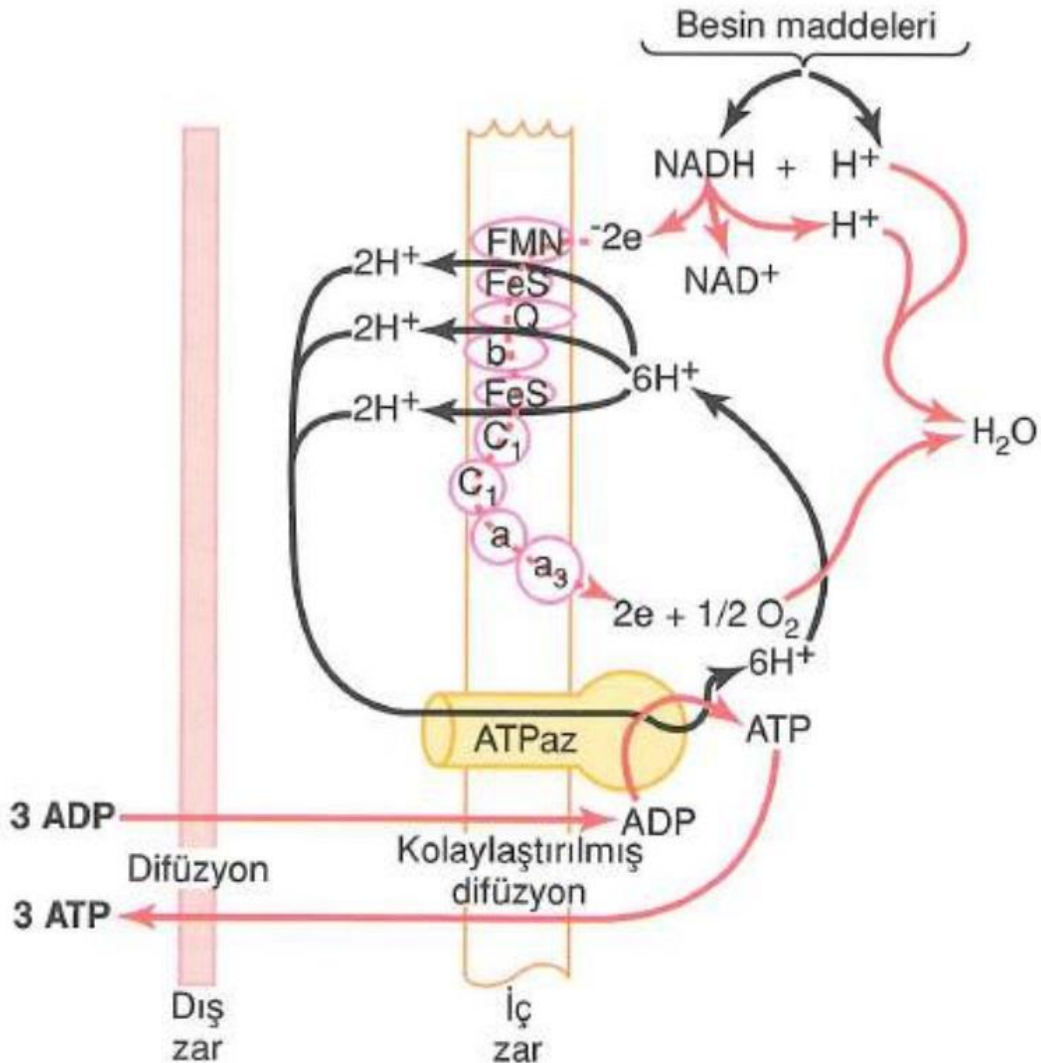


Şekil 2.2. Sitrik asit döngüsündeki kimyasal reaksiyonlar (6)

ETS, hücre içindeki mitokondri iç zarında bulunan bir dizi protein kompleksi ve enzimden oluşur. Bu kompleksler, NADH ve FADH_2 gibi yüksek enerjili elektron taşıyıcılarından gelen elektronları alır ve bu elektronların serbest enerjisini kullanarak bir dizi redoks reaksiyonu gerçekleştirir. Bu reaksiyonlar sırasında protonların mitokondri matriksinden dışarı taşınması, mitokondri iç zarı üzerinde elektrokimyasal gradyan oluşmasına neden olur. Nihayetinde NADH ve FADH_2 tarafından sağlanan elektron ve protonları oksijene transfer edilir ve H_2O oluşur (7).

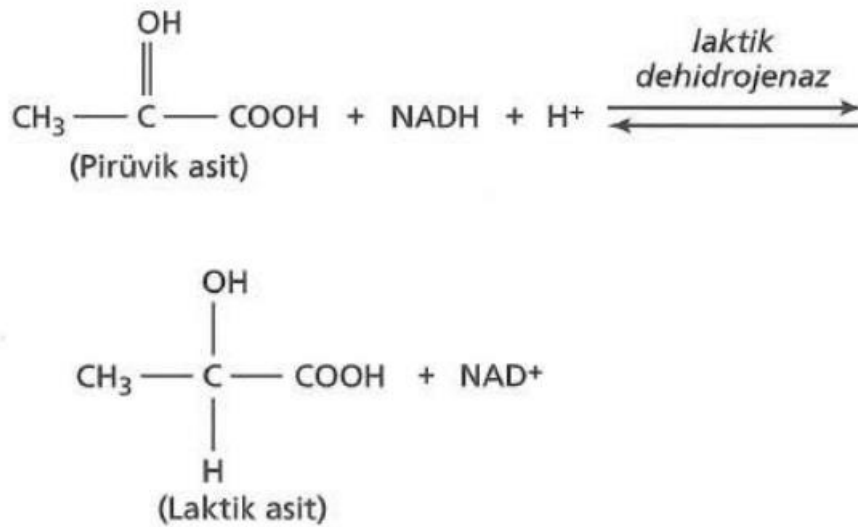
ATP sentaz, mitokondri iç zarı üzerinde bulunan bir kanal proteindir. Bu kanal proteini aracılığıyla protonlar mitokondri matriksine geri dönerken, oluşturulmuş elektrokimyasal gradient sebebiyle meydana gelmiş olan potansiyel enerjiyi kullanan ATP sentaz, ADP (adenozin difosfat) ve inorganik fosfatı birleştirerek ATP sentezler.

Oksijenin mitokondride yeterli miktarda bulunduğu ve son elektron taşıyıcısı olarak görev aldığı enerji üretim şekline aerobik metabolik döngü adı verilir.



Şekil 2.3. Oksidatif fosforilasyonun mitokondrideki kemiozmotik mekanizması (6)

Oksijenin yeterli miktarda ortamda bulunmadığı durumda ise ETS tıkanır ve hücre içinde NADH ve FADH₂ birikir. Bu durumda glikoliz ile üretilen piruvat, asetil-CoA'ya dönüşüp sitrik asit döngüsüne girmek yerine, NADH üzerindeki proton ve eletronu alarak laktata dönüşür. Bu şekilde serbest NAD⁺ oluşur ve bu sayede glikolizin devamı ile oksijenden bağımsız enerji üretimi devam eder. Glukozun kısmen metabolize edilmesi ile az miktarda ATP ve laktat üretimine anaerobik metabolik yol adı verilir (7).



Şekil 2.4. Piruvatın laktata dönüşümü (6)

Kanda normalde 1.1 mMol/l laktat bulunur. Laktat karaciğerde metabolize edilerek kandan temizlenir ancak egzersiz şiddetinin artması ile kandan temizlenme hızından daha fazla miktarda laktat kana salınır ve kan laktat seviyesi yükselir. .

Egzersiz şiddeti belirli bir seviyenin altında iken temel olarak aerobik metabolik döngü enerji üretimi için çalışır. Laktat üretiminin minimal olduğu bu durumda egzersiz şiddeti arttıkça akciğer, kalp ve damar sistemi ile dokulara taşınan oksijen miktarı artarak, dokularda artan ihtiyacı karşılamaya çalışır (5). Dokulara ihtiyaç duyulduğu kadar oksijen taşınabildiği sürece kan laktat seviyesi düşük ve sabit kalır. Bu şiddette yapılan egzersiz esnasında fizyolojik parametreler uzun süre değişmez, egzersiz yorgunluk olmaksızın uzun bir süre yapılabilir (10).

Egzersiz şiddetinin daha da artması ile dokulara taşınan oksijen, ihtiyacın altında kalmaya başlar. Anaerobik metabolik döngü hızlanır ve enerji açığı kapatılır ancak bu esnada kanda laktat birikiminin hızlanarak artması, verimsiz enerji üretimi sonucu kas glikojen depolarının hızla tüketilmesi sebebiyle bu seviyedeki efor uzun süre devam ettirilemez (8).

Aerobik Kapasite

Aerobik kapasite sporcunun oksijen kullanabilme kabiliyeti olarak değerlendirilebilir. Özellikle uzun süreli, devamlı ve sabit şiddette efor gerektiren dayanıklılık sporlarında başarı açısından aerobik kapasite oldukça önemlidir. Bu kapasiteyi ölçmek için farklı laboratuvar ve saha testleri mevcuttur. Pik oksijen tüketimi testi, bu testler arasında, bireyin aerobik kapasitesini tespit etmek amacı ile kullanılan en güvenilir testtir. Bu test ile bulunan VO_{2peak} değeri aerobik kapasitenin kantitatif bir ölçęi olarak kabul edilir (9).



2.2. MAKSİMUM OKSİJEN TÜKETİMİ TESTİ

Pik oksijen tüketimi (VO_{2peak}) özgün bir egzersiz modeli için kademeli artan egzersiz protokolü uygulandığında, erişilen ve ölçülebilen oksijen alımının en yüksek değeridir. Kullanılan ölçü birimi ml/kg/dk'dır (11).

Test, koşu bandı veya bisiklet ergometresi ile uygulanır. Sporcu maske ile gaz değişiminin analiz edileceği bilgisayar sistemine bağlanır. İş yükü her 3 dakikada bir veya buna benzer aralıklar ile arttırılır. Oksijen tüketim miktarı her kademede giderek artar. Pik oksijen tüketimine ulaşıldığı ise iş yükü arttırılmasına rağmen oksijen tüketiminde artış görülmez. Pik oksijen tüketiminine ulaşmak için uygulanabilecek çeşitli kardiyopulmoner egzersiz testi protokolleri mevcuttur. Bu protokoller koşu bandında ve bisiklet ergometresinde uygulamak üzere farklılık gösterir. Egzersiz test laboratuvarlarında %82 oranı ile büyük çoğunlukla koşu bandında Bruce ve Modifiye Bruce protokolleri kullanılmaktadır (12).

Pik oksijen tüketimine ulaşma kriterleri

1. Bireyin yaşına göre hesaplanan maksimal hedef nabız hızına ulaşılması
2. Solunumsal değişim oranının (RER) 1.15 veya üzerinde olması
3. Egzersizin şiddeti artmasına rağmen oksijen tüketiminde artış olmaması, plato oluşumunun gözlenmesi
4. Bireyin testi sonlandırmak istemesi, tükenme noktasına ulaşılması

Bruce Protokolü:

Bruce protokolü, bir egzersiz testi sırasında artan bir egzersiz yoğunluğu sağlamak için kullanılan bir standart protokoldür. Bu protokol, belirli bir hızda ve eğimde başlar ve her üç dakikada bir hız ve eğimi artırarak ilerler. Genellikle 9 aşamadan oluşur, ancak bazı durumlarda daha fazla aşama eklenebilir (13).

Aşama	Hız (mph)	Hız (km/sa)	Eğim (%)
1	1.7	~2.7	10
2	2.5	~4.0	12
3	3.4	~5.5	14
4	4.2	~6.8	16
5	5.0	~8.0	18
6	5.5	~8.8	20
7	6.0	~9.7	22
8	6.5	~10.5	24
9	7.0	~11.3	26

Tablo 2.1. Bruce protokolü**Balke Protokolü:**

Balke protokolü, eğim artışı olmadan sadece hız artışı ile devam eder.

Aşama	Hız (mph)	Hız (km/sa)	Eğim (%)
1	3.4	~5.5	0
2	4.2	~6.8	0
3	5.0	~8.0	0
4	5.5	~8.8	0
5	6.0	~9.7	0
6	6.5	~10.5	0
7	7.0	~11.3	0

Tablo 2.2. Blake protokolü

Naughton Protokolü:

Naughton protokolü, daha düşük kondisyon seviyelerine sahip bireyler için tasarlanmıştır. Protokol, daha düşük bir başlangıç hızı ve eğimle başlar ve daha yavaş bir tempo ile ilerler. Naughton protokolü, egzersiz toleransını değerlendirmek için kullanılır ve daha az zorlu bir test yapmak isteyenler için uygun olabilir (15).

Modified Bruce Protokolü:

Modified Bruce protokolü, klasik Bruce protokolüne benzer ancak daha az yoğun bir şekilde başlar. Bu protokol, kardiyovasküler sağlık durumu değerlendirilirken daha az aktif veya daha düşük kondisyon seviyesine sahip bireyler için uygundur.

Ramp Protokolü:

Ramp protokolü, bisiklet ergometresinde kullanılan en yaygın protokollerden biridir. Bu protokolda, egzersiz yoğunluğu sürekli olarak artar, ancak artış oranı diğer protokollere göre daha düzenlidir (14).

Egzersiz yoğunluğu genellikle watt cinsinden belirli bir oranda artar. Ramp protokolü, belirli bir efor seviyesine ulaşana veya birey maksimum kapasitesine ulaşana kadar devam eder.

Constant Work Rate (Sabit Yük) Protokolü:

Bu protokol, belirli bir watt seviyesinde devam eden sabit bir egzersiz yoğunluğunu içerir. Egzersiz yoğunluğu genellikle bireyin submaksimal seviyede egzersiz yapmasını sağlayacak bir düzeyde belirlenir.

Modified Astrand-Rhyming Protokolü:

Bu protokol, bisiklet ergometresinde sabit bir hızda devam eden bir egzersiz yoğunluğunu içerir. Başlangıçta belirli bir watt seviyesi belirlenir ve bu seviyede devam edilir.

Balke Protokolü:

Bu protokol, bisiklet ergometresinde artan bir yük ve sabit bir hızla ilerleyen bir egzersiz yoğunluğunu içerir. Bisikletin direnci belirli aralıklarla artar, ancak hız sabit kalır.

Pik Dakika Ventilasyon Hacmi (VE_{peak})

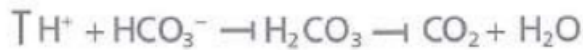
Pik dakika ventilasyon hacmi, yükü kademeli olarak artan egzersizde, ulaşılabilen ve ölçülebilen en yüksek ventilasyon değeridir. Bu değer, soluk hacmi ve solunum frekansının çarpımından elde edilen sekonder bir değişkendir. Tidal Volüm (litre) x Solunum frekansı (1/dak) formülü ile hesaplanır. Ölçü birimi L/dak'dır (16).

Anaerobik Eşik

İş yükü kademeli olarak arttırıldığında kasların enerji açığı giderek artar ve anaerobik metabolik döngü giderek hızlanır. Dolayısıyla kaslarda üretilen ve kana verilen laktat miktarı da artar. Ancak karaciğerin kandan temizleyebileceği laktat miktarının bir üst sınırı vardır. Bu yüzden, belirli bir iş yüküne ulaşıldığında kasların dakikada ürettiği laktat miktarı, karaciğerin dakikada temizleyebileceği laktat miktarından fazla hale gelir. Bu aşamadan sonra iş yükü daha fazla arttırılmasa bile kandaki laktat miktarı artmaya devam edecek ve o sabit iş yükü tolere edilemez hale gelecektir. Bu seviye bireysel farklılık gösterse de ortalama 2-4 mMol/L kan laktat düzeyine karşılık gelir (5).

Solunumsal Değişim Oranı (RER)

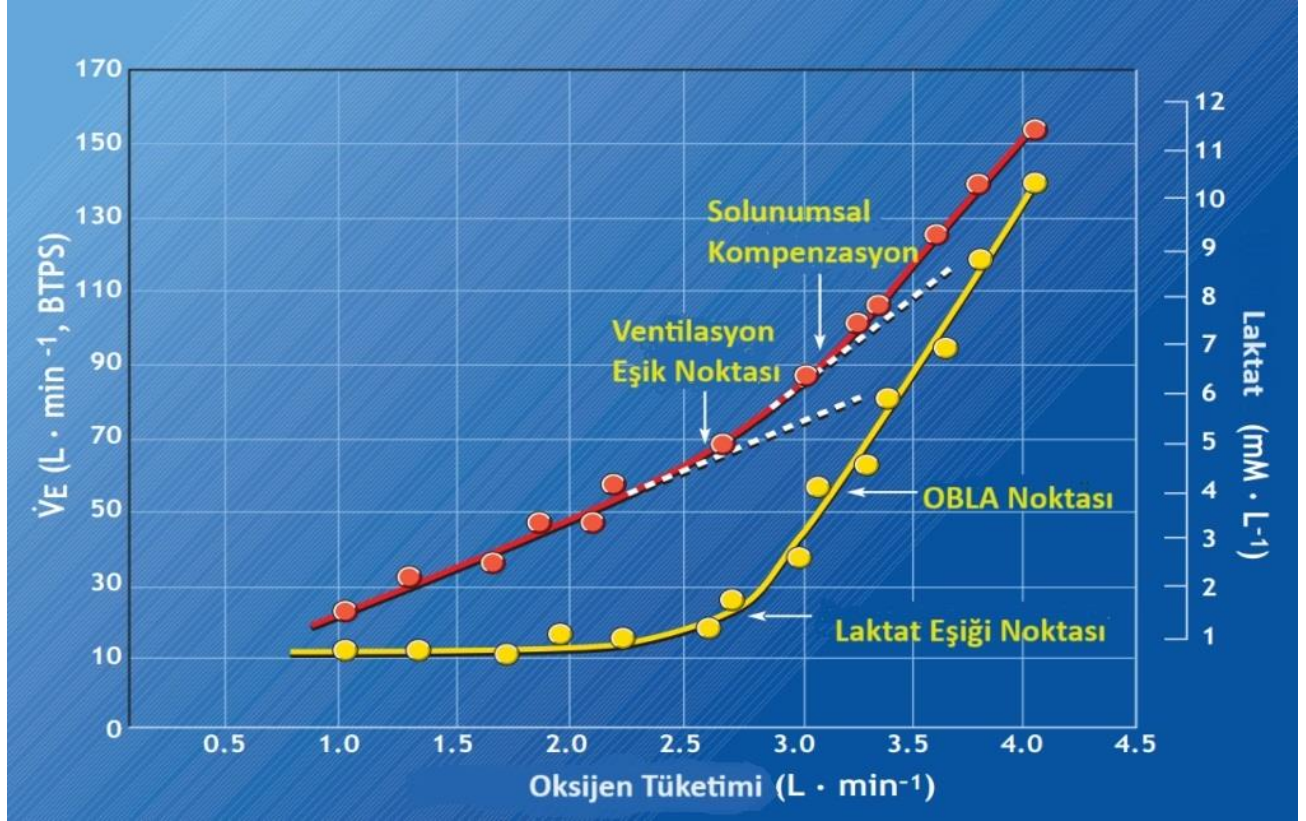
Anaerobik eşğin belirlenmesinde kullanılan bir başka yöntem ise egzersiz sırasında ventilasyon ile ilgili parametrelerde meydana gelen değişimdir. Şiddeti giderek artan egzersizin erken aşamalarında aerobik metabolizma baskın iken egzersizin ilerleyen aşamalarında dokuların oksijen ihtiyacının karşılanamaması sebebiyle anaerobik metabolizma devreye girer. Bunun sonucunda kanda laktik asit birikmeye başlar ve kan pH'ı düşer. Egzersizin erken aşamalarında lineer bir artış gösteren pulmoner ventilasyon, artan laktik asitin tamponlanması ile açığa çıkan karbondioksit nedeniyle oksijen tüketiminin oransal artışından daha fazla oranda artmaya başlar (11).



Şekil 2.5. Laktatın bikarbonat ile tamponlanması sonucu su ve karbondioksit oluşumu (6)

Bu noktaya ventilatuar eşik denir. Egzersizin şiddeti maksimuma giderken tamponlama sistemleri yetersiz kalır ve hiperventilasyon şiddetlenerek solunum ile atılan karbondioksit miktarı arttırılır.

Anaerobik eşiğe ulaşana kadar olan iş yüklerinde oksijen tüketimi ($\dot{V}O_2$), dakika ventilasyon hacmi ($\dot{V}E$) ve karbondioksit üretimi ($\dot{V}CO_2$) doğrusal bir şekilde artarken, anaerobik eşik geçildiğinde $\dot{V}E$ ve $\dot{V}CO_2$ 'de artış miktarı, $\dot{V}O_2$ 'deki artıştan fazla olmaya başlar. Bu durumda istirahatte 0.8 civarında olan solunumsal değişim oranı ($RER = \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$) 1'e doğru yaklaşmış olarak tespit edilir. Bu nokta, egzersiz sırasında tüketilen toplam enerjiye, anaerobik metabolik döngünün oransal katkısının en düşük olduğu noktadır (16).



Şekil 2.6. Kademeli egzersiz sırasında pulmoner ventilasyon, kan laktat konsantrasyonu ve oksijen tüketimi (OBLA: onset of blood lactate accumulation, kanda laktik asit birikiminin başladığı nokta) (5)

2.3. SOLUNUM FONKSİYON TESTLERİ (SPİROMETRİ)

Solunum terimi atmosfer havasının akciğerlere girişinden, akciğerlerde gazların değişimine ve kan yoluyla hücrelere ulaşan gazların kan ile hücreler arasındaki değişimine kadar olan süreçlerin hepsini kapsar. Soluk alıp verme ile akciğer bölümlerine havanın giriş çıkışı ise ventilasyon olarak isimlendirilir. İstirahatte 6 L/dk olan ventilasyon egzersiz sırasında 150 L/dk'ya kadar çıkabilir (17).

Akciğerlere alınabilen hava hacimleri spirometri yöntemi ile ölçülebilir. Spirometri ile ölçülebilen dinamik solunum fonksiyon testi parametreleri şunlardır (18,19,20):

1. FVC
2. FEV₁
3. PEF
4. FEF₂₅₋₇₅
5. IC
6. MMV

FVC:

Maksimum inspirasyondan sonra en zorlu ekspirasyon ile çıkarılabilen toplam hava hacmine Forced Vital Capacity (FVC) denir.

FEV₁:

Maksimum inspirasyondan sonra zorlu ekspirasyonun ilk saniyesinde çıkarılan hava hacmine Forced Expiration Volume (FEV₁) adı verilir.

PEF:

Maksimum inspirasyondan sonra zorlu ekspirasyon esnasında en yüksek hava çıkarma hızına Peak Expiratory Flow (PEF) denir.

FEF₂₅₋₇₅:

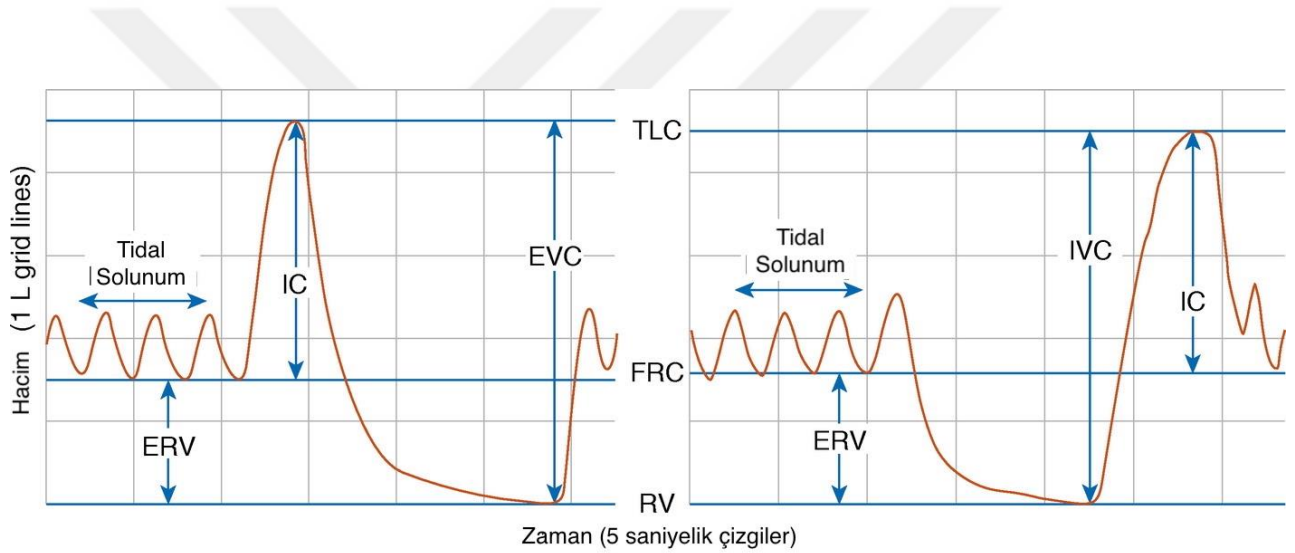
FVC'nin %25'inin ekshale edildiği an ile FVC'nin %75'inin ekshale edildiği an arasında ölçülen akım hızına Forced Expiratory Flow %25-%75 (FEF₂₅₋₇₅) denir.

IC:

Inspiration Capacity (IC) normal soluk verdikten sonra alınabilen maksimum hava hacmini ifade eder.

MMV:

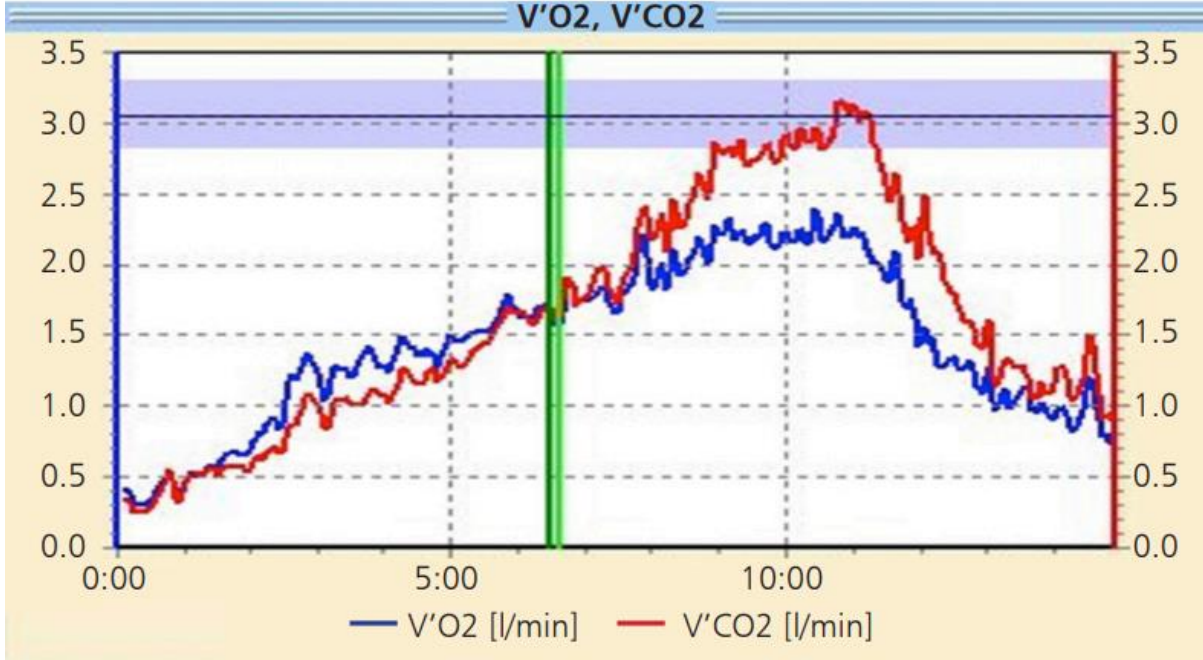
12 saniye boyunca mümkün olan en derin ve hızlı ventilasyon ile alınıp verilebilen hava miktarına Maximal Voluntary Ventilation (MVV) denir. Egzersizde 150 L/dk seviyelerine çıkabilen ventilasyon hacmi 10-12 saniyelik kısa bir periyotta ölçüldüğünde 200 L/dk seviyelerine çıkabilir.



Şekil 2.8. İnspiratuvar ve vital kapasitelerin ölçümleri. ERV: Ekspiratuvar rezerv volüm, IVC: İnspiratuvar kapasite, RV: Rezerv volüm, IC: İnspiratuvar kapasite, FRC: Fonksiyonel rezidüel kapasite, TLC: Total Akciğer kapasitesi (18)

Egzersize Solunumsal Adaptasyon

Egzersiz şiddeti artmaya başladığında egzersizin başından itibaren doğrusal ve birbirine paralel olarak artış gösteren VE , VO_2 ve VCO_2 değerleri artmaya devam eder, ancak solunumsal –anaerobik- eşik adı verilen bölgeye ulaşıldığında VO_2 artışı aynı devam ederken VE ve VCO_2 artışları daha fazla olmaya başlar.



Şekil 2.7. Egzersize VO_2 , VCO_2 yanıtı

Egzersizin başında paralel giden VE/VO_2 eğrisinin VE/VCO_2 eğrisini kestiği bölge veya aralarındaki paralel ilişkinin bozulmasıyla VCO_2 eğrisinin (kırmızı) VO_2 eğrisini (mavi) keserek daha fazla yükseldiği bölge anaerobik eşiği ortaya koyan grafiksel yöntemlerdir.

Bu esnada arteriyel Hb satürasyonunda bir değişiklik olmaz. Bu durum şiddetli egzersiz sırasında dahi dokuların oksijenlenmesi sırasında solunum sisteminden kaynaklanan bir yetersizlik olmadığının göstergesidir (16).

Egzersiz esnasında artan oksijen ihtiyacının karşılanması için soluk hacmi ve solunum frekansında artış meydana gelir. Bu artış karada, hacim olarak 150 L/dk'ya frekans olarak ise dakikada 50-55 soluk sayısına ulaşabilir. Ancak yüzme egzersizi esnasında solunum frekansı kulaç devirlerinin frekansı ile sınırlıdır ve yüzme egzersizinde solunum frekansı 18-22 ile sınırlı kalır. Dolayısıyla her bir soluk hacmi karadakinden daha fazla olmak zorundadır. Bu durum yüzme egzersizi esnasında akciğer gerimini artırır. Artmış olan gerim sağ kalbin basınç yükünü artırır, bu sürecin kronik yanıtı sağ kalp hipertrofisidir.

Soluk verme esnasında karşılaşılan direnci yenme çabası ekspiratuar kasların çalışma performansını artırır. Karada yapılan sporlarda ekstra bir güç harcanmazken yüzme esnasında bu çaba artar. Kronik uyumda inspiratuar ve ekspiratuar kasların güçlenmesi ile sonuçlanır (17).

2.4. VÜCUT KOMPOZİSYON ANALİZİ

Vücut kompozisyon analizi, bir kişinin vücut bileşimini (yani vücuttaki yağ, kas, su ve diğer dokuların dağılımını) ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz, genellikle antropometrik ölçümler, biyoelektrik impedans analizi (BIA), hidrostatik tartım, DEXA taraması (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) veya MRG, BT gibi çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir (22).

Antropometrik Ölçümler (Cilt Kıvrım Kalınlığı Ölçümü):

Antropometrik ölçümler (cilt kıvrım kalınlığı, bel/basen oranı), düşük maliyetli ve yaygın olarak kullanılabilir olmalarıyla öne çıkar. Ancak, operatör hatasına ve ölçüm standartlarına bağlı olarak değişebilirler ve doğrulukları bazı durumlarda sınırlı olabilir. Yalnızca alt gruplar için yağ oranını tahmin ederler, genel yağ oranını ölçmezler..

Hidrostatik Tartı (Su Altı Tartı):

Hidrostatik tartı, yağsız vücut kütlelerini belirleme konusunda doğru sonuçlar sağlar ve vücut yağını ölçmek için duyarlılığı yüksek bir yöntemdir. Ancak, uygulanması karmaşıktır, konforlu olmayabilir ve bazı kişiler için uygun değildir. Ayrıca, pahalı ve zaman alıcıdır (25).

Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA):

DEXA, yağ, kas ve kemik kütlelerini ayrıntılı olarak ölçerken yüksek hassasiyet ve tekrarlanabilirlik sağlar. Ancak, yüksek maliyetlidir ve radyasyon maruziyeti içerebilir (25).

Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Bilgisayarlı Tomografi (MRG ve BT):

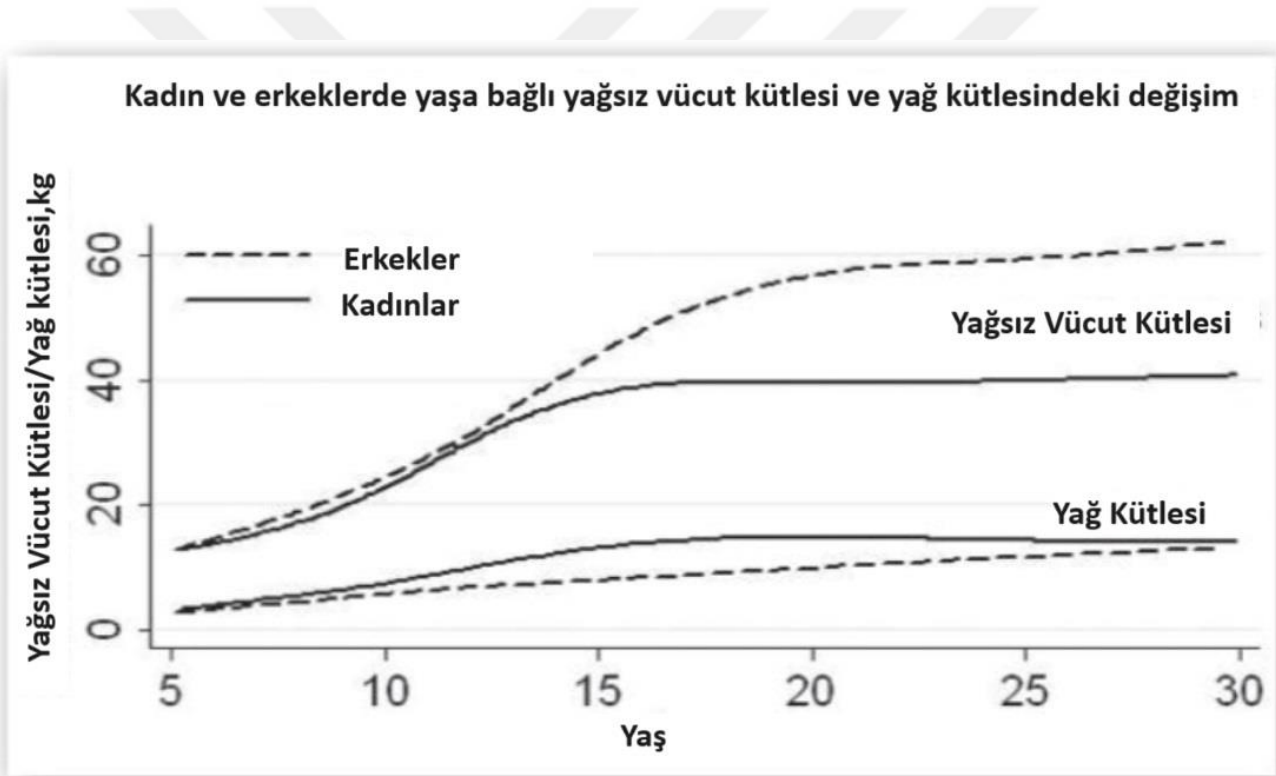
MRG ve BT yağ dokuyu diğer yumuşak dokulardan hassas bir şekilde ayırabildiği için oldukça net sonuçlar verir ve bu iki yöntem yağsız vücut ağırlığı ve yağ dokusu miktarı ölçümlerinde altın standart kabul edilir. Ancak yüksek maliyeti, ekipmanların taşınabilir olmayışı, radyasyon maruziyeti (BT ile) ve eğitimli personel gereksinimi gibi sebepler ile kullanımı yaygın değildir. Bu sebeplerden dolayı klinik pratikte çok kullanılmayıp, araştırma amacıyla kullanılmaktadır (25).

Biyoelektrik İmpedans Analizi (BİA):

Biyoelektrik impedans analizi (BİA), hızlı ve kolay uygulanabilir olmasıyla öne çıkar. Taşınabilir cihazlarla uygulanabilir ve non-invazif bir yöntemdir. Ancak, sonuçlar kişinin hidrasyon durumu, yemek yeme, egzersiz gibi faktörlere bağlı olarak değişebildiğinden düşük hassasiyet ve doğruluk seviyeleri gösterebilir.

BİA ile temel olarak yağ kütlesi ve yağsız vücut kütlesi (FFM) ölçümleri yapılabilmektedir. Dokuların elektrik akımlarını iletme kabiliyetlerindeki farklılıklarından faydalanılarak ölçüm yapar (21).

BİA denklemleri ve cut-off değerleri kullanılan cihaza göre farklılık gösterebilmektedir. Dolayısıyla farklı cihazlar ile yapılan ölçümler arasındaki standardizasyon eksikliği, cihazın güvenilirliği ve kullanım alanlarını kısıtlamaktadır (23).



Şekil 2.9. Kadın ve erkeklerde yaşa bağlı yağsız vücut kütlesi ve yağ kütlesindeki değişim (24)

3-GEREÇ VE YÖNTEM

Hasta Özellikleri

Çalışmamızda, kliniğimize 2007-2022 yılları arasında spora katılım öncesi değerlendirme veya aerobik performans ölçümü için başvurmuş yüzme ve basketbol branşlarında lisanslı sporcuların dosyaları retrospektif olarak tarandı.

Çalışmaya 11-19 yaş aralığında, basketbol branşından 264, yüzme branşından 254 olmak üzere toplam 518 sporcu dahil edildi. Sporcuların 253'ü (%48,84) kadın, 265'u (%51,16) erkekti.

Yeterli veriye ulaşılamayan dosyalar, basketbol ve yüzme branşı dışındaki branş sporcularının dosyaları, rekreasyonel sporcuların dosyaları, tanısal amaçlı kardiyopulmoner egzersiz testi planlanmış olan hastaların dosyaları ve 11-19 yaş grubu dışında kalan sporcuların dosyaları çalışmamıza dahil edilmedi.

Biyoelektrik İmpedans Analizi

Çalışmaya alınan sporcular test öncesi fizik muayene ve anamnez ile değerlendirildi. Boyları ölçüldü ve vücut kompozisyon analizi Tanita TBF-300M ayakta ölçüm yapan vücut analiz cihazı ile yapıldı.

Solunum Fonksiyon Testi

Vücut kompozisyon analizinin ardından istirahat halinde statik ve dinamik solunum fonksiyon testi yapıldı. FVC, FEV₁, PEF, MVV, IC ve FEF₂₅₋₇₅ değerleri yüzde cinsinden kaydedildi.

Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

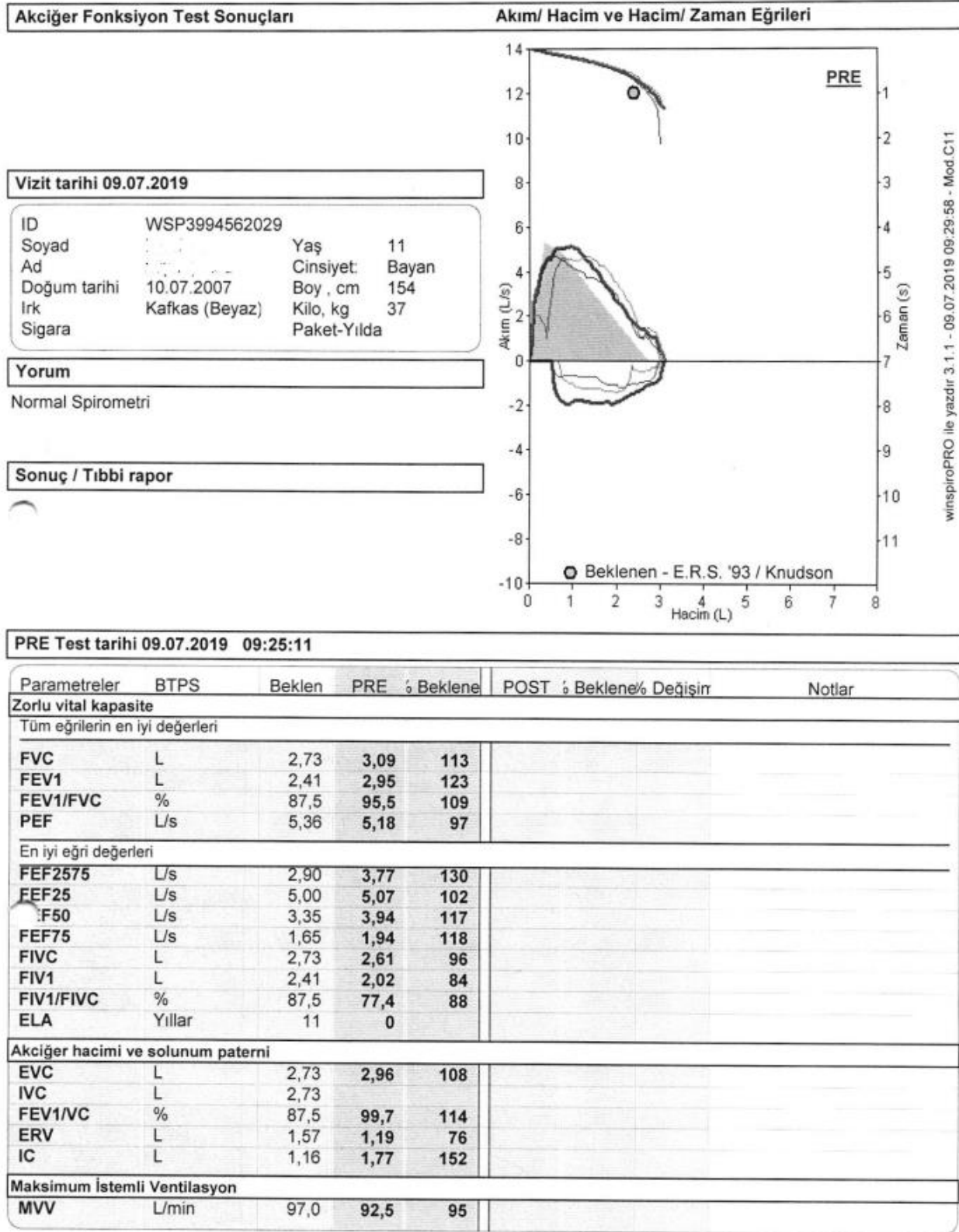
İstirahat elektrokardiyografileri alındıktan sonra maksimal oksijen tüketimleri ve anaerobik eşiklerinin tespit edilmesi için “Quinton 65 treadmill” yürüme bandında “Quinton 500” eforlu test sistemi eşliğinde ve “Cortex Metalyzer 3B” metabolik ölçüm cihazı ve “Metasoft 2.7” software desteğiyle kardiyopulmoner egzersiz testi yapıldı. Bu cihazla “breathe-by-breathe” yöntemi kullanılarak oksijen alımı ve karbondioksit atımları hesaplandı. Katılımcıların metabolik parametrelerinin ölçümü için test sırasında “Rudolph Mask 2 way 7910” marka maske kullanıldı.

Kardiyopulmoner egzersiz testi Bruce protokolüne uygun olarak uygulandı. Test sırasında her evrede, bireylerin kan basınçları ölçüldü ve monitör üzerinden EKG değişiklikleri izlenerek kaydedildi. Yapılan kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında testi durdurmayı gerektirecek herhangi bir patolojik bulgu gelişmemesi kaydıyla, semptom sınırlı olarak test devam ettirildi.

Kardiyopulmoner egzersiz testi sonucunda egzersiz süresi, istirahat ve maksimum kalp hızları, VO_{2peak} , VE ve anaerobik eşik düzeyindeki kalp atım hızı (AT kalp hızı) kaydedildi. Anaerobik eşik değeri V-slope yöntemi kullanılarak belirlendi.

İstatistiksel Yöntem

Çalışmamızda verilerin istatistiksel analizi için SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programının 21.0 versiyonu (IBM, Armonk, NY, USA) kullanıldı. Tanımlayıcı istatistikler kesikli ve sürekli sayısal değişkenler için ortalama $\pm$ standart sapma veya ortanca (minimum – maksimum) biçiminde kategorik değişkenler ise vaka sayısı ve (%) şeklinde ifade edildi. Elde edilen solunum fonksiyon parametreleri, kardiyopulmoner egzersiz test parametreleri, yaş, cinsiyet ve vücut analiz verileri grupların dağılım genişliğinin ortaya konması ve ortalamalarının karşılaştırılması amacıyla yapılacak olan istatistiksel analizlerde verilerin normalliği gösterildi. Kategorik değişikliklerin karşılaştırılmasında çapraz tablo istatistikleri kullanıldı (Ki-Kare, Fisher). Gruplararası karşılaştırılma için independent sample t-test, numerik parametrelerin birbiriyle ilişkisinin ortaya konması amacıyla Pearson korelasyon analizi kullanıldı. Çalışmanın gücünün raporlanması için post-hoc power analiz yapıldı. Sonuçlara göre $p < 0.05$ istatistiksel anlamlılık olarak tanımlandı.



Şekil 3.1. Egzersiz öncesi spirometri ölçümleri

Maximum Oxygen Uptake



Name:

ID: 2877

Weight:

75 kg

Lean Body Weight:

-

Age: 19 years

Height:

180 cm

Sex: female

Physician:

Date: 27.08.2009, 09:36

Workload Protocol:

Duration of Test: 0:14:45

Operator: Spor Hekimliği

CPX-Testing Device: MetaLyzer 3B - R2

Ambient Conditions

Exercise Device: None

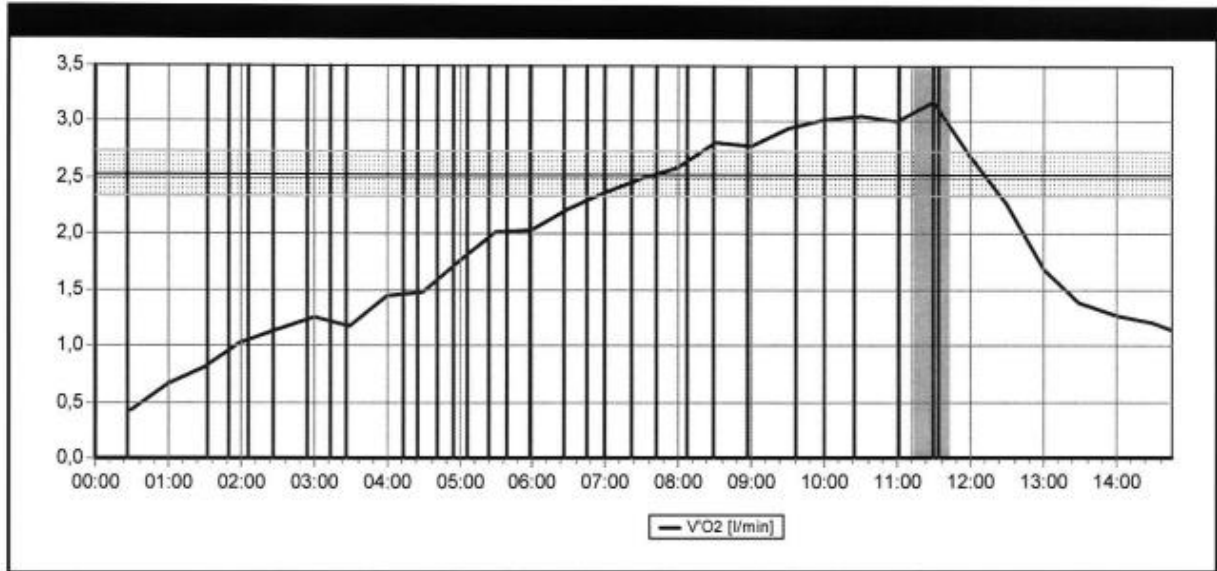
Temperature: 27,0 °C

Pressure: 1012 mbar

Averaging Method: Moving Average (point respective) No. of Breaths

3

Outlier Elimination Method: Online Outlier Elimination

Applied data averaging
Average time intervalMean-Time Average, Time Interval [s] = 30
30 sec

Parameter	Unit	Value
V'O2	l/min	3,09
V'CO2	l/min	3,38
V'E	l/min	99,82
RER		1,09
HR	1/min	0,00
V'O2/WR	ml/min/W	0,00
V'O2/kg	ml/min/kg	41,22
Time	h:mm:ss	0:11:27

Şekil 3.2. Maksimal Oksijen Alım Grafiği



Anaerobic Threshold (AT) - V-Slope Method

Name:

ID: 2877

Age: 19 years

Sex: female

Weight:

75 kg

Lean Body Weight:

-

Height:

180 cm

Physician:

Date: 27.08.2009, 09:36

Workload Protocol:

Duration of Test: 0:14:45

Operator: Spor Hekimliği

CPX-Testing Device: MetaLyzer 3B - R2

Ambient Conditions

Exercise Device: None

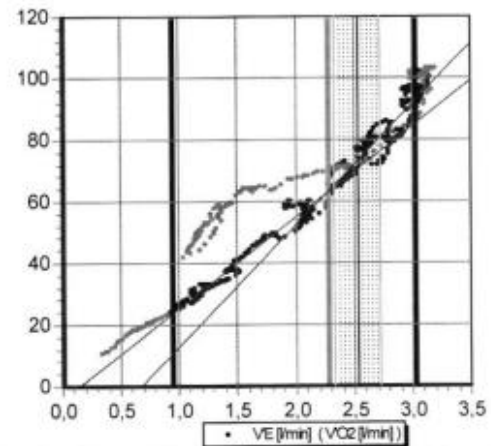
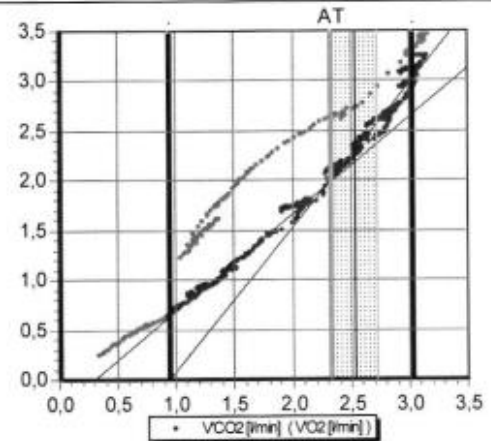
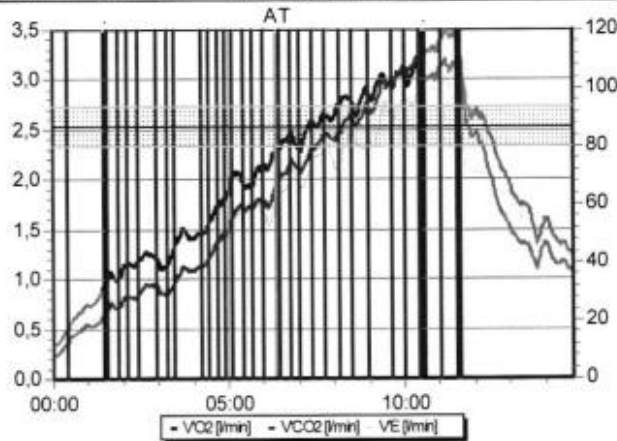
Temperature: 27,0 °C

Pressure: 1012 mbar

Averaging Method: Moving Average (point respective) No. of Breaths

3

Outlier Elimination Method: Online Outlier Elimination



Location		l/min		l/min	
AT Cursor	0:06:20	2,31	1,97	62,64	
Left Cursor	0:01:26	0,93	0,64	24,02	
Right Cursor	0:10:30	3,02	3,24	102,11	
Maximal Values during Exercise:		Unit	Time	Value	
Maximal V̇O2		l/min	0:11:09	3,20	
Maximal RER			0:13:31	1,30	
Maximal V̇E		l/min	0:11:10	103,05	
Reliability Information (V-Slope Method):		Value		Expected Range	
Slope difference between regression lines		0,47		(> 0,1)	
V̇O2(AT)/V̇O2max		73,75		40-60%	

Şekil 3.3. Anaerobik treshold (V-slope methodu)

4-BULGULAR

Olguların cinsiyet ve branşa göre dağılımı Tablo 4.1’de sunulmuştur. Buna göre çalışma grupları arasında cinsiyet branş dağılımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Tablo 4.1).

	Basketbol	Yüzme	Toplam	
Erkek	135	130	265	p=1,000*
Kadın	129	124	253	
Toplam	264	254	518	

Tablo 4.1. Olguların branşa ve cinsiyete göre dağılımı (*Cinsiyetler arası branş dağılımı için Ki-kare sonucu)

		Sayı	Ortalama	Standart Sapma	P değeri*
Yaş	Erkek Basketbol	135	14,38	2,318	
	Erkek Yüzme	130	14,32	2,447	
	Kadın Basketbol	129	14,65	2,539	
	Kadın Yüzme	124	14,22	2,549	
	Total	518	14,39	2,460	0,541
Boy (cm)	Erkek Basketbol	135	178,90	15,545	
	Erkek Yüzme	130	166,25	14,495	
	Kadın Basketbol	129	168,63	15,260	
	Kadın Yüzme	124	160,41	10,010	
	Total	518	168,74	15,546	0,000
Kilo (kg)	Erkek Basketbol	135	70,69	20,106	
	Erkek Yüzme	130	57,22	14,886	
	Kadın Basketbol	129	62,12	16,325	

	Kadın Yüzme	124	52,47	10,467	
	Total	518	60,81	17,261	0,000
BMI (kg/m ²)	Erkek Basketbol	135	21,7073	4,26858	
	Erkek Yüzme	130	20,2692	2,70790	
	Kadın Basketbol	129	21,4539	3,05792	
	Kadın Yüzme	124	20,1839	2,34547	
	Total	518	20,9186	3,26275	0,000
Yağ%	Erkek Basketbol	26	14,027	6,8949	
	Erkek Yüzme	26	12,438	4,8482	
	Kadın Basketbol	15	21,067	7,1622	
	Kadın Yüzme	28	20,893	5,4566	
	Total	95	16,727	7,0968	0,000
FFM (kg)	Erkek Basketbol	26	60,662	14,9818	
	Erkek Yüzme	26	51,081	13,8262	
	Kadın Basketbol	15	56,747	12,2837	
	Kadın Yüzme	28	36,743	6,7520	
	Total	95	50,372	15,4059	0,000

VO _{2peak} (ml/kg/dk)	Erkek Basketbol	135	49,70	7,381	
	Erkek Yüzme	130	54,65	7,504	
	Kadın Basketbol	129	43,82	5,653	
	Kadın Yüzme	124	47,54	6,476	
	Total	518	48,96	7,838	0,000
VE (l/dk)	Erkek Basketbol	12	98,7417	22,17191	
	Erkek Yüzme	16	121,3813	35,41040	
	Kadın Basketbol	27	97,3374	18,13490	
	Kadın Yüzme	12	88,5167	14,22685	
	Total	67	101,7509	25,78909	0,002
AT VO ₂ (ml/kg/dk)	Erkek Basketbol	55	34,338	6,4148	
	Erkek Yüzme	30	39,033	5,7923	
	Kadın Basketbol	36	31,000	6,9693	
	Kadın Yüzme	20	34,350	5,2942	
	Total	141	34,487	6,8070	0,000
AT HR	Erkek Basketbol	119	153,90	9,990	
	Erkek Yüzme	129	162,68	7,884	
	Kadın Basketbol	107	157,83	9,999	
	Kadın Yüzme	122	161,56	7,956	
	Total	477	159,12	9,589	0,000

FVC%	Erkek Basketbol	121	97,88	12,236	
	Erkek Yüzme	116	105,17	12,825	
	Kadın Basketbol	112	101,51	13,802	
	Kadın Yüzme	115	104,52	15,516	
	Total	464	102,23	13,897	0,000
FEV ₁ %	Erkek Basketbol	121	102,07	11,782	
	Erkek Yüzme	116	109,52	12,489	
	Kadın Basketbol	112	104,87	11,966	
	Kadın Yüzme	115	110,98	17,898	
	Total	464	106,81	14,173	0,000
PEF%	Erkek Basketbol	121	94,54	13,942	
	Erkek Yüzme	116	99,86	11,376	
	Kadın Basketbol	112	96,29	14,224	
	Kadın Yüzme	115	102,85	18,079	
	Total	464	98,35	14,897	0,000
FEF ₂₅₋₇₅ %	Erkek Basketbol	121	109,88	19,490	
	Erkek Yüzme	116	115,60	19,194	
	Kadın Basketbol	112	113,23	20,550	
	Kadın Yüzme	115	117,70	21,610	
	Total	464	114,06	20,367	0,022

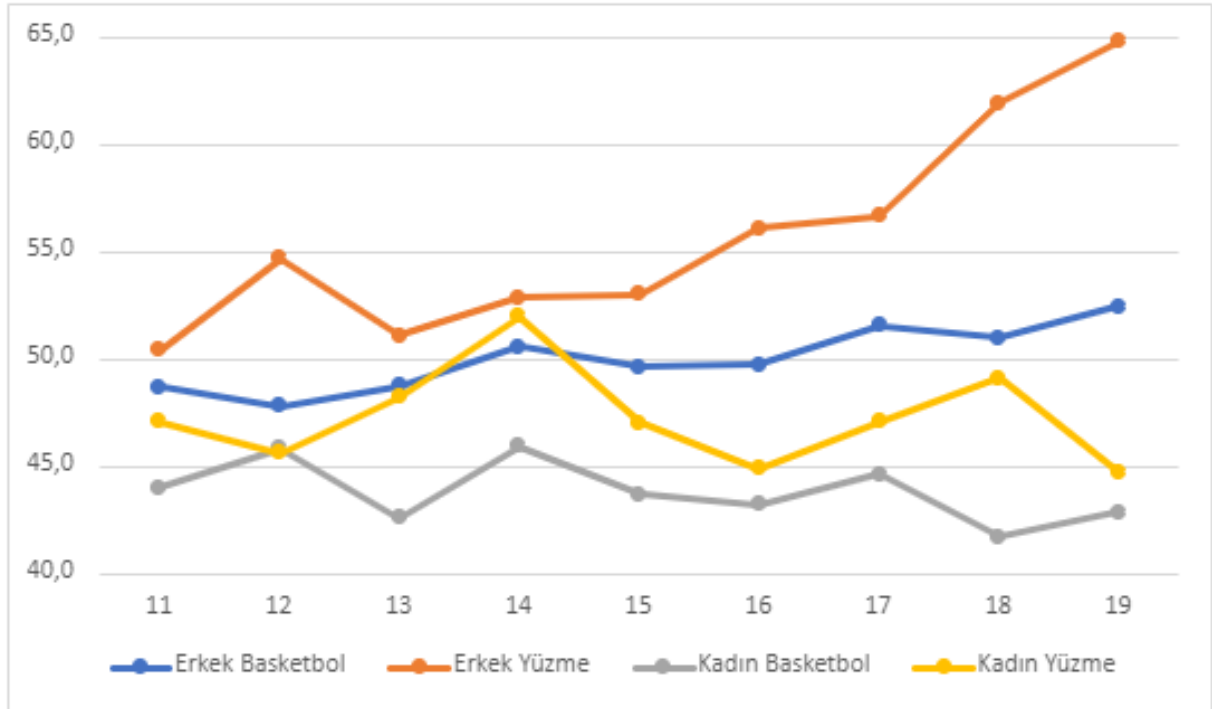
IC (lt)	Erkek Basketbol	113	2,9588	0,78347	
	Erkek Yüzme	116	2,8997	0,90191	
	Kadın Basketbol	111	2,4802	0,55440	
	Kadın Yüzme	115	2,4118	0,53112	
	Total	455	2,6887	0,74991	0,000
MVV%	Erkek Basketbol	117	105,492	17,0569	
	Erkek Yüzme	116	108,353	15,5721	
	Kadın Basketbol	112	100,563	14,7136	
	Kadın Yüzme	115	104,496	15,4320	
	Total	460	104,764	15,9217	0,003

Tablo 4.2. Branş ve cinsiyete göre gruplanan olguların yaş, boy, kilo, BMI (Body mass index, Vücut Kitle İndeksi), Yağ% (Vücut yağ oranı), FFM (Free fat mass, Yağsız vücut kütlesi), VO_{2peak} (Pik oksijen tüketimi), VE (maksimum dakika ventilasyon hacmi), AT VO_2 (anaerobik eşik düzeyindeki oksijen tüketimi), AT HR (anaerobik eşik düzeyindeki kalp atım hızı), FVC% (Forced vital capacity), FEV₁% (Forced Expiration Volume) , PEF% (Peak Expiratory Flow), FEF₂₅₋₇₅% (Forced Expiratory Flow %25-%75), IC (Inspiration Capacity), MVV% (Maximal Voluntary Ventilation) değerlerinin karşılaştırılması.

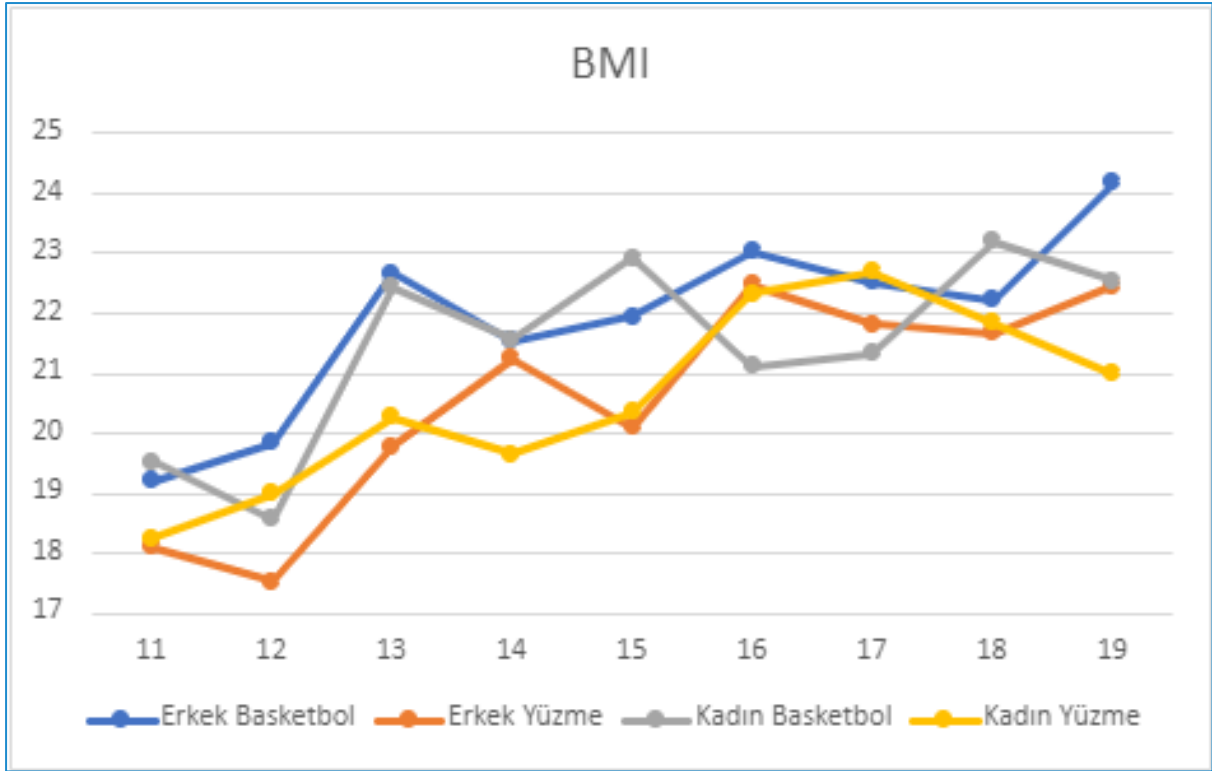
(* = Gruplar arası ortalama boy, kilo, BMI, Yağ%, FFM, VO_{2peak} , VE, AT VO_2 , AT HR, FVC%, FEV₁%, PEF%, FEF₂₅₋₇₅%, IC, MVV% değerleri için ANOVA sonucu)

Branş ve cinsiyete göre gruplanan olgular arasında boy, kilo, BMI, Yağ%, FFM, VO_{2peak} , VE, AT VO_2 , AT HR, FVC%, FEV₁%, PEF%, FEF₂₅₋₇₅%, IC , MVV% (değerleri istatistiksel açıdan anlamlı farklılık görülmüş, gruplar arası yaş değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık saptanmamıştır.

VO_{2peak}



Grafik 4.1. Branş ve cinsiyete göre gruplanan olguların VO_{2peak} değerlerinin yaşa göre değişiminin karşılaştırılması



Grafik 4.2. Branş ve cinsiyete göre gruplanan olguların BMI değerlerinin yaşa göre değişiminin karşılaştırılması

	EB_EY	EB_KB	EB_KY	EY_KB	EY_KY	KB_KY
Yaş	1,000	0,933	0,996	0,310	0,314	0,433
Boy (cm)	0,000	0,000	0,000	0,739	0,001	0,000
Kilo (kg)	0,000	0,001	0,000	0,071	0,021	0,000
BMI (kg/m ²)	0,007	0,994	0,002	0,007	1,000	0,002
Yağ%	0,919	0,028	0,001	0,003	0,000	1,000
FFM (kg)	0,116	0,938	0,000	0,705	0,000	0,000
VO _{2peak} (ml/kg/dk)	0,000	0,000	0,073	0,000	0,000	0,000
VE (l/dk)	0,258	1,000	0,728	0,115	0,017	0,514
ATVO ₂ (ml/kg/dk)	0,006	0,136	1,000	0,000	0,030	0,260
AT HR	0,000	0,021	0,000	0,000	0,838	0,014
FVC%	0,000	0,195	0,002	0,213	1,000	0,546
FEV ₁ %	0,000	0,368	0,000	0,027	0,978	0,016
PEF%	0,009	0,919	0,001	0,208	0,580	0,016
FEF ₂₅₋₇₅ %	0,134	0,746	0,023	0,937	0,968	0,508
IC (lt)	0,996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,921
MVV%	0,701	0,114	0,998	0,001	0,310	0,268

Tablo 4.3. Verilerin gruplar arası Post-Hoc analizi (EB – Erkek Basketbolcular, EY - Erkek Yüzücüler, KB - Kadın Basketbolcular, KY - Kadın Yüzücüler)

Ortalama Fark 0.05 seviyesinin altında anlamlı kabul edilmiştir.

Post-Hoc analizinde gruplar arası yaş değerleri açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılık saptanmadı. Aynı branştan sporcular kendi aralarında karşılaştırıldığında aralarında BMI açısından istatistiksel anlamlı farklılık görülmedi. Basketbolcuların yüzücülere göre daha yüksek BMI değerlerine sahip olduğu görüldü. Cinsiyet ve branşa göre gruplandırılan sporcularda VO_{2peak} değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık gözlemlendi. Erkek sporcular ve kadın sporcular kendi içlerinde karşılaştırıldığında IC değerleri arasında

istatistiksel açıdan anlamlı farklılık görülmedi. Erkek sporcuların daha yüksek IC değerlerine sahip olduğu görüldü. Aynı branştan sporcular kendi aralarında karşılaştırıldığında FEV₁% ve PEF% değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık görülmedi. Yüzücülerin basketbolculara göre daha yüksek FEV₁% ve PEF% değerlerine sahip olduğu görüldü.

		VO _{2peak} (ml/kg/dk)	Yaş	BMI (kg/m ²)	Yağ%	FFM (kg)
VO _{2peak} (ml/kg/dk)	r		0.101*	-0.231**	-0.712**	-0.016
	p		0.022	0.000	0.000	0.876
Yaş	r	0.101*		0.377**	-0.221*	0.686**
	p	0.022		0.000	0.032	0.000
BMI (kg/m ²)	r	-0.231**	0.377**		0.439**	0.708**
	p	0.000	0.000		0.000	0.000
Yağ%	r	-0.712**	-0.221*	0.439**		-0.145
	p	0.000	0.032	0.000		0.162
FFM (kg)	r	-0.016	0.686**	0.708**	-0.145	
	p	0.876	0.000	0.000	0.162	

Tablo 4.4. Yaş, BMI, Yağ%, FFM, VO_{2peak} değerleri ilişkili korelasyon analizleri

* = P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı

** = P<0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı

Korelasyon analizleri incelendiğinde VO_{2peak} ile BMI arasında p<0.01 anlamlılık düzeyinde zayıf bir negatif ilişki, VO_{2peak} ile Yağ% arasında p<0.01 anlamlılık düzeyinde kuvvetli bir negatif ilişki gözlenmiştir. Yaş ile VO_{2peak} arasında p<0.05 anlamlılık düzeyinde zayıf bir pozitif ilişki bulunmuştur. Yaş ile BMI ve FFM arasında p<0.01 anlamlılık düzeyinde orta seviye pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Yaş ile yağ% arasında p<0.05 anlamlılık düzeyinde zayıf bir negatif ilişki bulunmuştur. Yağ% ile BMI arasında p<0.01 anlamlılık düzeyinde orta düzey pozitif korelasyon tespit edilmiş, yağ% ile FFM arasında korelasyon bulunmamıştır. Son olarak FFM ile BMI arasında p<0.01 anlamlılık düzeyinde kuvvetli bir pozitif ilişki görülmüştür.

Dependent Variable: VO _{2peak}	F	p
Yaş	11.221	0.001
BMI (kg/m ²)	52.498	0.000
FVC%	0.703	0.402
FEV ₁ %	1.995	0.159
PEF%	0.513	0.474
FEF ₂₅₋₇₅ %	0.019	0.890
IC (lt)	3.578	0.059
MVV%	0.277	0.599

Tablo 4.5. Yaş, BMI, FVC% FEV₁%, PEF%, FEF₂₅₋₇₅% IC, MVV% değerlerinin gruplar arasındaki VO_{2peak} farklığına etkisi

Yaş ve BMI parametrelerinin VO_{2peak} üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş. FVC% FEV₁%, PEF%, FEF₂₅₋₇₅% IC, MVV% değerlerinin VO_{2peak} üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi tespit edilmemiştir.

Dependent Variable: VO _{2peak}		Ortalama Fark	p
Erkek Basketbol	Erkek Yüzme	-2.540*	0.035
	Kadın Basketbol	6.798*	0.000
	Kadın Yüzme	2.029	0.290
Erkek Yüzme	Erkek Basketbol	2.540*	0.035
	Kadın Basketbol	9.338*	0.000
	Kadın Yüzme	4.569*	0.000
Kadın Basketbol	Erkek Basketbol	-6.798*	0.000
	Erkek Yüzme	-9.338*	0.000
	Kadın Yüzme	-4.769*	0.000
Kadın Yüzme	Erkek Basketbol	-2.029	0.290
	Erkek Yüzme	-4.569*	0.000
	Kadın Basketbol	4.769*	0.000

Tablo 4.6. Cinsiyet ve branşın gruplar arasındaki VO_{2peak} farklığına etkisi

Branş içi VO_{2peak} değerleri karşılaştırıldığında hem basketbolda hem yüzmede erkek sporcuların kadın sporculardan istatistiksel olarak anlamlı daha iyi VO_{2peak} değerlerine sahip olduğu gözlemlendi.

Gruplar arası VO_{2peak} karşılaştırıldığında erkek yüzücülerin erkek basketbolculardan, kadın yüzücülerin kadın basketbolculardan istatistiksel olarak anlamlı daha iyi VO_{2peak} değerlerine sahip olduğu tespit edildi.

Erkek basketbolcuların VO_{2peak} değerleri kadın yüzücülerden daha yüksek tespit edilmiş ancak bu fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır.



5-TARTIŞMA VE SONUÇ

Pik oksijen tüketimi ile yüksek şiddetteki eforu sürdürebilme yeteneği yani aerobik kapasite arasında yakın bir ilişki vardır. Aerobik kapasite üzerine etkili faktörler ile pik oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi aydınlatmak, Türk adolesan sporcularda pik oksijen tüketimi normatif değerlerin ortaya konması amacıyla yaş, cinsiyet, spor branşı, solunum fonksiyon parametreleri, vücut kompozisyonu ile aerobik kapasite arasındaki ilişki incelendi.

Son yıllarda sağlıklı sedanter popülasyonda ve sporcu popülasyonunda pik oksijen tüketimi verilerinin doğru değerlendirilebilmesi için normal verilerin ortaya konması amacıyla çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışmaların derlendiği bir sistematik derlemede konu ile ilgili meta-analiz çalışması yapılmasının zorluğuna değinilmiş ve bunun sebepleri olarak çalışmanın yapıldığı popülasyonun homojen olmaması, iyi tanımlanmamış olması veya hiç tanımlanmamış olması; olguların yaş ve cinsiyet gibi pik oksijen tüketimi verisi üzerine etkili olduğu bilinen değişkenler açısından istatistiksel anlamlı farklılık göstermeyecek şekilde seçilmemiş olması; farklı merkezlerde, farklı tip ergometreler ile farklı protokollerde yapılmış testlerin sonuçlarının kıyaslanabilir olmaması ve çalışmalarda denek sayısının az olması belirtilmiştir (26). Çalışmamız bu handikaplardan kaçınılacak şekilde planlandı.

Toplam 518 sporcunun kardiyopulmoner egzersiz testi verileri incelendi. Ortalama pik oksijen tüketimi $48,96 \pm 7,84$ ml/kg/dk olarak tespit edildi. Sporcular cinsiyet ve branşlarına göre gruplandıklarında ortalama pik oksijen tüketimleri erkek basketbolcularda $49,7 \pm 7,38$ ml/kg/dk, kadın basketbolcularda $43,82 \pm 5,65$ ml/kg/dk, erkek yüzücülerde $54,65 \pm 7,51$ ml/kg/dk, kadın yüzücülerde $47,54 \pm 6,48$ ml/kg/dk olarak tespit edildi (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2).

17-22 yaş arası 25 kadın sporcu ve 25 sedanter kadın katılımcının pik oksijen değerleri ile vücut yağ oranları arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada her iki grupta da yağ oranları ile pik oksijen tüketimleri arasında negatif korelasyon tespit edilmiş ancak istatistiksel anlamlı bulunmamıştır (27). Bunun sebebi bu çalışmada denek sayısının az olması, gruplar arası yaş dağılımının homojen olmaması, hatta gruplar arası yaş ortalamaları arasında istatistiksel anlamlı fark olması olabilir. Bizim çalışmamızda korelasyon analizinde pik oksijen tüketimi ile vücut yağ oranı arasında istatistiksel anlamlı ($p < 0.01$) kuvvetli negatif korelasyon tespit edildi.

Pik oksijen tüketiminin yaşa bağlı değişimi incelendiğinde kadın sporcularda en yüksek VO_{2peak} değerleri 14 yaş grubundaki sporcularda, erkek sporcularda ise en yüksek VO_{2peak} değerleri 19 yaş grubundaki sporcularda gözlemlendi (Grafik 4.1). Kadınlarda puberte sonrası vücut yağ oranının artması ile pik oksijen tüketimi değerlerinde azalma görüldü (28).

Branşa ve cinsiyete göre gruplanan olgularda yaş ortalaması erkek basketbolcularda $14,38 \pm 2,318$, kadın basketbolcularda $14,65 \pm 2,539$, erkek yüzücülerde $14,32 \pm 2,447$, kadın yüzücülerde $14,22 \pm 2,549$ olarak tespit edildi (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Gruplar arasında yaş açısından istatistiksel anlamlı farklılık tespit edilmedi.

BMI değerleri ortalaması erkek basketbolcularda $21,71 \pm 4,27$, kadın basketbolcularda $21,45 \pm 3,06$, erkek yüzücülerde $20,27 \pm 2,71$, kadın yüzücülerde $20,18 \pm 2,35$ olarak tespit edildi (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Gruplar arası karşılaştırmada BMI açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı. Ancak bu farklılığın sebebi kadın ve erkek sporcular arasındaki antropometrik özelliklerin farklılığından ziyade basketbol ve yüzme branş sporcuları arasındaki fiziksel özelliklerin farklılığından kaynaklanmaktadır. Sporcular kendi branşları içinde karşılaştırıldıklarında BMI değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadı.

Pik oksijen tüketimi; yaş, cinsiyet ve BMI değerlerinden etkilendiği için grupların homojen olması çalışmanın sonuçlarının değerlendirilebilmesi açısından önem taşımaktadır (29).

Cinsiyete ve branşa göre gruplanan sporcularda yaş, BMI ve solunum fonksiyon testi parametrelerinin gözlenen pik oksijen tüketimi değerlerindeki farklılığa olan etkisi incelendiğinde yaş ve BMI'nin pik oksijen tüketimi değerleri üzerinde istatistiksel anlamlı etkili olduğu görüldü, solunum fonksiyon testi değerlerinin böyle bir etkisi olmadığı tespit edildi (Tablo 4.5).

Cinsiyet ve branşın, gruplar arası ölçülmüş olan pik oksijen tüketimi farklılıkları üzerindeki etkisi analiz edildiğinde erkek cinsiyetin ve yüzme branşının istatistiksel anlamlı etkili olduğu görüldü (Tablo 4.6).

Literatürde dayanıklılık gerektiren branşların pik oksijen tüketimi üzerine pozitif etki gösterdiğini belirten çalışmalar mevcuttur (30). Ancak hem bizim çalışmamızda, hem de literatürde benzer kesitsel çalışmalarda gözlenen bu sonuç, yüzmenin pik oksijen tüketimini arttırmasından ziyade, pik oksijen tüketim kapasitesi yüksek olan sporcuların yüzme branşını tercih etmesinden kaynaklı olabilir. Norveçli adellsanlarda yapılan boylamsal bir çalışmada dayanıklılık antrenmanı yaptırılan sporcuların pik oksijen tüketimindeki değişimin kontrol grubuna göre anlamlı bir farklılık göstermediği gösterilmiştir (28).

Aynı zamanda göz önünde bulundurulması gereken başka bir durum ise bizim çalışmamıza dahil edilmiş yüzücüler sadece uzun mesafe yüzücülerinden oluşan homojen bir grup değildi. Her stilde ve her mesafede yarışan yüzücüler çalışmaya dahil edildi. Bunun yanında, literatürde yüzmenin pik oksijen tüketimi üzerine etkisini araştıran boylamsal bir çalışmada yüzme sporu yaptırılan prepubertal kadınlarda pik oksijen tüketiminin kontrol grubuna göre istatistiksel anlamlı olarak daha fazla yükseldiği gösterilmiştir (31).

Dolayısıyla bizim çalışmamızda gözlenen yüzmenin bu olumlu etkisi, yüzme egzersizinin solunum fonksiyonlarında sağladığı iyileşme olabilir. Branşlar arası solunum fonksiyon test sonuçları incelendiğinde yüzücülerin basketbolculara göre istatistiksel anlamlı şekilde daha yüksek FEV₁% ve PEF% değerlerine sahip olduğu görüldü. Ancak solunum fonksiyon parametrelerinin branşlar arası VO_{2peak} farklılıkları üzerine etkisi analiz edildiğinde bu farklılığın VO_{2peak} üzerine istatistiksel anlamlı etkisi gösterilemedi.

Sonuç olarak 11-19 yaş aralığındaki sporcularda yapılan retrospektif araştırmamızda pik oksijen tüketimine etki eden faktörler incelendiğinde yaş, erkek cinsiyet, yüzme sporu pik oksijen tüketimini pozitif yönde, vücut yağ oranı ve BMI negatif yönde etkilediği görüldü. Solunum fonksiyon testi sonuçlarının pik oksijen tüketimi üzerinde istatistiksel anlamlı bir etkisi tespit edilmedi.

7-KAYNAKLAR

1. Ranković, Goran, et al. "Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports." *Bosnian journal of basic medical sciences* 10.1 (2010): 44
2. Bassett, David R., and Edward T. Howley. "Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance." *Medicine and science in sports and exercise* 32.1 (2000): 70-84
3. Shete, Anjali N., Smita S. Bute, and P. R. Deshmukh. "A study of VO2 max and body fat percentage in female athletes." *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR* 8.12 (2014): BC01.
4. Sheridan, Sinead, et al. "Maximal oxygen consumption and oxygen uptake efficiency in adolescent males." *Journal of Exercise Science & Fitness* 19.2 (2021): 75-80.
5. McArdle, William D., Frank I. Katch, and Victor L. Katch. *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
6. Hall, J. E. "Guyton ve Hall tıbbi fizyoloji (13. Baskı)." *Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri* (2016).
7. Hall, John E., and Michael E. Hall. *Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book*. Elsevier Health Sciences, 2020
8. Kraemer, William J., Steven J. Fleck, and Michael R. Deschenes. *Exercise physiology: integrating theory and application*. Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
9. Cooper, Christopher B., and Thomas W. Storer. "Egzersiz testleri ve yorumu." *A Kayserilioğlu ve H Çavuşoğlu, Yüce Yayınları, İstanbul* (2003).
10. Akgün, Necati. *Egzersiz ve spor fizyolojisi*. Ege Üniv. Basımevi, 1996.
11. Sönmez, Gül Tiryaki. "Egzersiz ve spor fizyolojisi." *Ata Ofset Matbaacılık, Bolu* 117 (2002).

12. Myers, Jonathan, and Daniel Bellin. "Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing." *Sports Medicine* 30 (2000): 23-29.
13. Albouaini, Khaled, et al. "Cardiopulmonary exercise testing and its application." *Postgraduate medical journal* 83.985 (2007): 675-682.
14. Nelson, Nicole, and Chad A. Asplund. "Exercise testing: who, when, and why?." *PM&R* 8.3 (2016): S16-S23.
15. Handler, C. E., and E. Sowton. "A comparison of the Naughton and modified Bruce treadmill exercise protocols in their ability to detect ischaemic abnormalities six weeks after myocardial infarction." *European heart journal* 5.9 (1984): 752-755.
16. Yakal, Sertaç, and Gökhan Metin. "Sağlıklı Kişide Solunum Sisteminin Egzersize Cevabı." *GÖĞÜS HASTALIKLARI*: 208.
17. Ünal, Mehmet. "Egzersiz fizyolojisi." İstanbul Medikal Sağlık ve Yayıncılık 1.Baskı (2019).
18. Miller, Martin R., et al. "Standardisation of spirometry." *European respiratory journal* 26.2 (2005): 319-338.
19. Barreiro, Timothy J., and Irene Perillo. "An approach to interpreting spirometry." *American family physician* 69.5 (2004): 1107-1115.
20. Jat, Kana Ram. "Spirometry in children." *Primary Care Respiratory Journal* 22.2 (2013): 221-229.
21. Küçükkubaş, Nigar. "Çocuklarda Vücut Kompozisyonunun Belirlenmesi: Biyoelektrik İmpedans Analizi." *Türk Spor Bilimleri Dergisi* 4.1 (2021): 41-50.
22. Kuriyan, Rebecca. "Body composition techniques." *The Indian journal of medical research* 148.5 (2018): 648.
23. Hazır, Tahir, et al. "Yüksek şiddetli egzersizin bioelektrik impedans yöntemi ile ölçülen vücut kompozisyonu üzerine etkisi." *Spor Hekimliği Dergisi* 55.2 (2020): 102-111.

24. Weber, David R., Mary B. Leonard, and Babette S. Zemel. "Body composition analysis in the pediatric population." *Pediatric endocrinology reviews: PER* 10.1 (2012).
25. Ayvaz, Göksun, and Ali Rıza Çimen. "Methods for body composition analysis in adults." *The Open Obesity Journal* 3.1 (2011).
26. Paap, Davy, and Tim Takken. "Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy adults: a systematic review." *Expert review of cardiovascular therapy* 12.12 (2014): 1439-1453.
27. Shete, Anjali N., Smita S. Bute, and P. R. Deshmukh. "A study of VO2 max and body fat percentage in female athletes." *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR* 8.12 (2014): BC01.
28. Landgraff, Hege Wilson, et al. "Longitudinal changes in maximal oxygen uptake in adolescent girls and boys with different training backgrounds." *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 31 (2021): 65-72.
29. Blanchard, Joel, et al. "New reference values for cardiopulmonary exercise testing in children." *Medicine and science in sports and exercise* 50.6 (2018): 1125.
30. Fernhall B, Kohrt W, Burkett LN, Walters S. Relationship between the lactate threshold and cross-country run performance in high school male and female runners. *Pediatr Exerc Sci.* 1996;8(1):37-47.
31. Obert, Philippe, et al. "Effect of long-term intense swimming training on the upper body peak oxygen uptake of prepubertal girls." *European journal of applied physiology and occupational physiology* 73.1 (1996): 136-143.
32. Fleg, Jerome L., et al. "Assessment of functional capacity in clinical and research applications: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association." *Circulation* 102.13 (2000): 1591-1597.