

# Aerobik ve Anaerobik Kapasitenin Anlamı Nedir?

## What is the Meaning of Aerobic and Anaerobic Capacity?

Safnaz A. Yıldız

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Spor Hekimliği AD, İstanbul

### ÖZET

Aerobik kapasite, büyük çizgili kas gruplarının, aerobik metabolizmayla elde edilen enerjiyi kullanarak, işe adapte olabilme kapasitesidir. Aerobik kapasitenin birim zamandaki değerine aerobik güç denir. Tedricen artan egzersiz testi sırasında iskelet kaslarının kullandığı en yüksek oksijen hacim değeri, maksimum oksijen hacmi (VO<sub>2</sub>max) olarak tanımlanır. VO<sub>2</sub>max aerobik kapasitenin iyi bir göstergesidir ve fizyolojik olarak, pulmoner, kardiyovasküler ve nöromusküler fonksiyonların bütünleşmesinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Anaerobik eşik değer ve VO<sub>2</sub>max değerleri kişinin aerobik kondisyonunun değerlendirilmesi, aynı zamanda sporcularda antrenman programlarının düzenlenmesi ve klinikte egzersiz reçetesi yazılmasında egzersiz yoğunluğunun saptanması için önemlidir. Anaerobik kapasite, çok kısa süreli, maksimal ve supra maksimal fiziksel aktivitelerde kasların işe adapte olabilme kapasitesidir. Anaerobik kapasitenin birim zamandaki değerine anaerobik güç denir. Ağırlık kaldırmak, halter, disk atmak, 100 m hız koşusu, basketbol ve futbol gibi oyunlarda hızlı çıkışlar gibi aktiviteler ile sporlarda anaerobik gücü değerlendirmek, anaerobik performansın değerlendirmesi için önemlidir.

**Anahtar kelimeler:** aerobik kapasite, anaerobik kapasite, enerji sistemleri, egzersiz, spor

### ABSTRACT

Aerobic capacity is an index of the adaptive ability of large striated muscles to work by using energy from aerobic metabolism. Aerobic power is the value of aerobic capacity per unit time. Maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max) is the value of the highest oxygen volume of skeletal muscles tested during gradually increasing exercises. VO<sub>2</sub>max is a good indicator of aerobic capacity also indicating integration of physiological, pulmonary, cardiovascular and neuromuscular functions. Anaerobic threshold and VO<sub>2</sub>max values are important in evaluating person's aerobic condition as well as for organizing training programs and writing clinical exercise prescriptions for athletes/patients. Anaerobic capacity is a measure of the capacity of muscles to adapt work in short duration, to maximal and supra maximal physical activities. Anaerobic power is the value of anaerobic capacity per unit time. It is important to assess physiologically the fast sprint-like activities and anaerobic power sports in order to evaluate anaerobic performance in sports such as weight lifting, discus throwing, 100-meter sprint running, basketball and soccer.

**Keywords:** Aerobic capacity, anaerobic capacity, energy systemsexercise, sports

### GİRİŞ

Bir kişinin veya sporcunun fiziksel bir aktiviteyi (egzersiz, antrenman gibi) yerine getirmedeki yeterlilik kapasitesinin derecesi ve çeşitli fiziksel antrenman uygulamalarının etkinlik derecesi, o kişinin "maksimum performansı" olarak değerlendirilir.<sup>1,2</sup> Maksimum performans değerlendirmesinde amaç, fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarında aerobik ve anaerobik metabolizmayla açığa çıkan enerji miktarının değerlendirilmesidir. İskelet kas dokusunda depo halinde bulunan yüksek enerjili fosfat bağlarına sahip bir bileşik olan adenozin tri-fosfat'taki (ATP) son bağın indirgenmesiyle

açığa çıkan enerji, insan hareketlerinin oluşumunda -kas kasılmalarında- kullanılır.

1. ATP → ADP + Pi + ENERJİ (ATP-az enzim aracılığı ile) İskelet kaslarında bulunan yüksek enerjili fosfat bağlarına sahip diğer bir bileşik olan fosfokreatin (PCr) ATP- re-sentezi için kullanılır.
2. PCr + ADP → ATP + CREATİN (kreatin kinaz enzimi aracılığı ile) (ATP-PCr) fosfojen enerji depoları ise aerobik oksidasyon ile yenilenir.

**Yazışma adresi (Address for correspondence):** Dr. Safnaz A. Yıldız, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği AD, Çapa-34390, İstanbul; E-posta: safnyil@istanbul.edu.tr

© 2012 Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği (TÜSAD)

Solunum 2012;14:1-8 (Ek / Supplement)

Solunum Dergisi'ne [www.solunum.org.tr](http://www.solunum.org.tr) adresinden ulaşabilirsiniz.

3. Glikoz veya glikojen + O<sub>2</sub> → ATP + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + ENERJİ  
Yiyecek, substratların oksidasyonu ile 1 mol glikozdan 39 ATP oluşur.
4. Glikoz veya glikojen → Pruvik asit ↔ Laktik asit  
Glikoz ve glikojenin anaerobik oksidasyonu ile ATP oluşur. Bir mol glikozdan 3 mol ATP sentezlenir.<sup>3-6</sup>

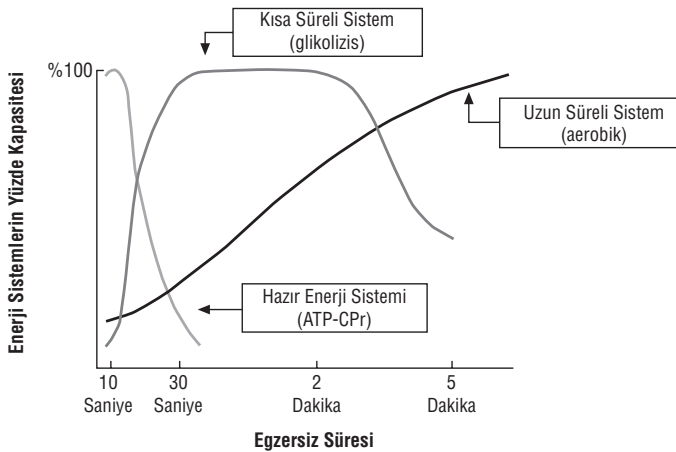
### EGZERSİZ SIRASINDA KULLANILAN ENERJİ SİSTEMLERİ

Egzersiz sırasında iskelet kaslarının kontraksiyonu için gerekli olan ATP miktarı üç ayrı enerji transfer sistemiyle sağlanır (**Şekil 1**). Egzersizin süresi ve yoğunluğu, hangi tip enerji sisteminin transferinin gerektiğini belirler.<sup>4,5</sup>

1. Hazır enerji: ATP-PCr sistemi
2. Kısa süreli enerji: Glikolitik enerji sistemi
3. Uzun süreli enerji: Aerobik enerji sistemi

#### Hazır enerji: ATP- PCr sistemi (Fosfojen sistem)

Kısa süreli yoğun egzersizler sırasında (halter, 100 m kısa mesafe, sprint koşular, 25 m hızlı yüzme, ağırlık kaldırma gibi) hızla, hemen devreye giren enerji transferidir. Kas dokusu içinde bulunan depo ATP ve fosfokreatinden sağlanır.<sup>3</sup> Kas dokusu içinde kilogram başına yaş kas dokusuna 5-7 mMol ATP ve 17-23 mMol PCr olduğu gösterilmiştir. Hazır enerji sistemi, saniyeler içindeki çok hızlı ve yüksek yoğunluklu aktiviteler için kullanılmaktadır. Ağırlık kaldırma, sprint, tenis servisi gibi 4 saniyelik aktivitelerde depo ATP yeterli olurken, geri kalan aktivite süresinde ATP re-sentezi, diğer yüksek enerjili fosfat bileşiği fosfokreatinden sağlanır. Bir kişinin 6-8 saniye koşmasında (ortalama 10,4- 12,8 L/O<sub>2</sub>/dakika harcadığında) total enerji, kaslarda depo olarak bulunan ATP



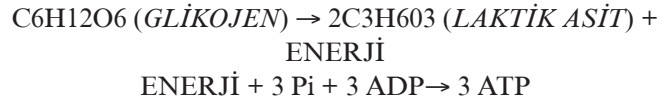
**Şekil 1.** Farklı enerji sistemleri ve onların egzersiz sürecindeki katkılal oranları<sup>4</sup>

ve PCr'den gelir. Dört saniyeyi aşım 8-10 saniyeye kadar devam eden aktivitelerde gerekli ATP re-sentezi fosfokreatinden sağlanır.<sup>1,4</sup>

Tüm sportif aktivitelerde yüksek enerjili fosfatlar kullanılmasına rağmen bazılarında gerçek sportif performans sadece bu enerji sistemine dayanır. Halter, sırkla atlama, basketbol, futbol, buz hokeyinde hızlı çıkışlarda ve topu fırlatma sırasında enerji gereksinimi yüksek enerjili fosfatlardan sağlanır. Bu bakımdan kas içi yüksek enerjili fosfat düzeyi maksimal veya supramaksimal yoğunlukta, kısa süreli aktivitelerde performansı önemli derecede etkiler. Maksimal performansı da fosfat düzeyinin belirlediği düşünülmektedir.

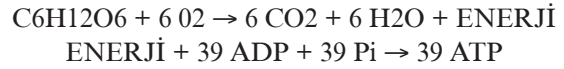
#### Kısa süreli enerji: Glikolitik enerji sistemi

Kısa süreli yoğun egzersizin devamı için yüksek enerjili fosfatın (ATP) yeniden sentezlenmesi gerekir. Adenozin difosfatın (ADP) fosforilize edilmesi, kas dokusundaki glikojenin, pruvik asitten laktik asite kadar yıkılmasını sağlayan anaerobik glikolizis yolu ile yapılır. Glikolizis ile sınırlı sayıda ATP oluşur. Glikolitik enerji sisteminde maksimal enerji transfer hızı yüksek enerjili fosfat sisteminin %45'i kadardır. Yeterli oksijenin bulunmadığı durumlarda enerji ihtiyacı bu yolla sağlanır. Bir bakıma glikolizis ile zaman kazanılır. Glikolizisle elde edilen ATP, rezerv enerji olarak, egzersizin hızlı başlangıcında, 1 mil koşunun son birkaç yüz metresinde veya 400 m'lik hız koşusunda, 100 m'lik hızlı yüzmede ve 200-400 m'lik hızlı yürüme yarışlarında kullanılır. Yapılan fiziksel aktivitenin süresi yaklaşık 2,5-3 dakika olduğunda ağırlıklı olarak bu enerji sistemi devreye girer.



#### Uzun süreli enerji: Aerobik enerji sistemi

Bu enerji sisteminde glikolitik ve krebs döngüsünde ortaya çıkan elektronlar, elektron transfer sistemiyle oksijene iletilir



Aerobik metabolizmayla ATP re-sentezi için pruvik asitin direkt olarak krebs döngüsüne girmesi, yağların β-oksidasyonu ve mitokondri oksijen transferi sistemlerinin devreye girmesi gerekir.<sup>3-6</sup>

Egzersiz/sporun süresi 1-3 dakikanın üzerine çıktığında ve dakikalarca ya da saatlerce devam ettiğinde (uzun süreli aktivite= dayanıklılık) genel olarak transfer edilen enerji sistemi aerobik enerji sistemidir. Dayanıklılık aktivitelerinin yoğunluğuna bağlı olarak, aerobik ve anaerobik metabolizmayla enerji transferinin oranının, aerobik metabolizmayla %50-95 ile anaerobik metabolizmayla %5-50 arasında değiştiği bildirilmiştir.<sup>1</sup> Bir sportif aktivitede bu enerji sistemleri, açılıp-ka-

panma gibi ayrı ayrı değil, aktivite özelliğine (süre ve yoğunluk olarak) göre birbiri içinde kayarak devreye girer.<sup>4,6</sup>

## AEROBİK KAPASİTE

Aerobik kapasite veya aerobik güç, maksimal oksijen transportu ve kas dokusunun oksijen kullanım kapasitesidir. Aerobik güç ayrıca, kardiyovasküler sistem kapasitesinin önemli bir indeksidir. Dayanıklılık sporcularında antrenmanlarla kardiyovasküler sistemin dinamik egzersize uyum geliştirmesi sonucunda (hipertrofik efektif kalp = sporcu kalbi) egzersiz sırasında kalp debisi 5 kat yükselirken, akciğerde ventile edilen hava hacmi 10-12 kat artar. Kalp hızı 2-3 kat yükselir. Kalp atım hacmi ise yaklaşık iki kat olur (120-150 mL). Kalp debisindeki artışa paralel olarak sistolik kan basıncı da yükselir, diyastolik basınç ise ya aynı kalır veya 10 mmHg kadar yükselebilir.<sup>1,4,5</sup>

Aerobik kapasite, egzersiz sırasında gerekli enerjiyi oluşturmak için kullanılacak oksijeni kaslara verebilme kapasitesi olarak da tanımlanabilir. Bu nedenle aerobik kapasite akciğerler, kardiyovasküler ve hematolojik komponentlerin fizyolojik kapasitelerine ve egzersiz sırasında aktif olan kasların oksidatif mekanizmalarının etkinliğine bağlıdır.

Aerobik egzersiz, oksijen varlığında büyük kas gruplarının uzun süreli, ritmik ve devamlı aktivitesidir (yürüme, koşma, kır kayağı, bisiklet gibi). Endurans sporcularında aerobik kapasite, kardiyovasküler ve respiratuar dayanıklılık anlamına gelmekte olup; pulmoner kardiyovasküler ve nöromusküler sistemlerin fonksiyonel bütünleşmesinin bir göstergesi olarak da kabul edilir. Ayrıca kan damarlarının yeterliliği, kan hacmi ve alyuvar sayısı, kanın hemoglobin miktarı, kas hücrelerinin egzersizde oksijenden yararlanma kapasitesi de önemli etkenlerdir.

Aerobik kapasite, önceden belirlenen bir "Egzersiz Test Protokolü" uygulanarak, tedricen artan bir egzersiz testiyle yapılan maksimum bir yüklemde erişilebilen ve ölçülebilen oksijen kullanımının (maksimal oksijen volümü=  $VO_2max$ ) en yüksek değerinin ölçülmesi ile tanımlanır.  $VO_2max$ , aerobik kapasitenin en iyi, kolay uygulanabilir ve güvenilir bir göstergesidir.<sup>4-8</sup> Oksijen *uptake* sisteminin iki komponenti vardır:

1- Santral komponent, kalp debisidir. 2- Periferik komponent, arteriyel kan ile venöz kan oksijen farkı (a-v  $O_2$ ) yani kas dokusuna oksijen difüzyon kapasitesidir. Sonuçta kaslara verilen oksijen ATP re-sentezinde kullanılır.<sup>4,9,10</sup>

Aerobik kapasitenin birim zamandaki değeri aerobik güç olarak tanımlanır. Önceleri değeri  $O_2$  L/ dakika olarak ifade edilse de, kişinin/sporcunun dakikada, bütün vücut ağırlığının kilogramı başına ve mililitre oksijen değeri olarak ifade edilmesinin ( $O_2$  mL/kg/dak) daha hassas bir değerlendirme olduğu kabul edilmektedir.<sup>4</sup> Temelde  $VO_2max$  değerinin doğruluğu kişinin/sporcunun yağsız vücut kitlesi ile orantılıdır. Bu nedenle  $VO_2max$  ölçüm biriminin yağsız vücut kitlesinin

kilogramı başına belirtilmesi daha doğru olacaktır. Maksimal aerobik güç iskelet kaslarının yaptığı iş kapasitesi ile doğru ilişkilidir. Endurans sporlarda iskelet kaslarının kontraksiyonu için harcanan enerji, %100'e yaklaşan oranda aerobik enerji transferiyle gerçekleşmektedir. Maksimal aerobik güç değerinde, akciğerlerden kana oksijen transportu, kandan kas dokusuna oksijen difüzyonu ve iskelet kasları substratlarının oksidasyonu esnasında miyofibrillerin oksijen kullanım hızı/*uptake* iş yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Maksimal aerobik güç değerinin solunum, dolaşım ve metabolik sistemlerin fonksiyonel kapasitelerinin göstergesi olduğunu hatırlarsak, maksimal oksijen *uptake* değeri, pulmoner ve kardiyovasküler sistem fonksiyonlarına ve akciğerlerden kana, kandan dokulara difüzyon fonksiyonlarına ve oksijenin kas hücresi içinde mitokondrilere kadar diğer bir bileşik olan miyoglobin ile taşınma kapasitesine ve mitokondri enzim aktivitelerine bağlıdır (**Şekil 2**). Bu sistemlerin fizyolojik fonksiyon kapasiteleri ne kadar yüksekse  $VO_2max$  da o kadar yüksek olacaktır. Oksijen transportunda sadece kardiyovasküler sistem dikkate alınır, onun tek başına katkısı "Fick Eşitliği"nde özetlenebilir.<sup>1,3-7,9,10</sup>

$$VO_2 = \text{Kalp debisi (Kalp hızı} \times \text{Kalp atım hacmi)} \times \text{a-v } O_2 \text{ farkı}$$

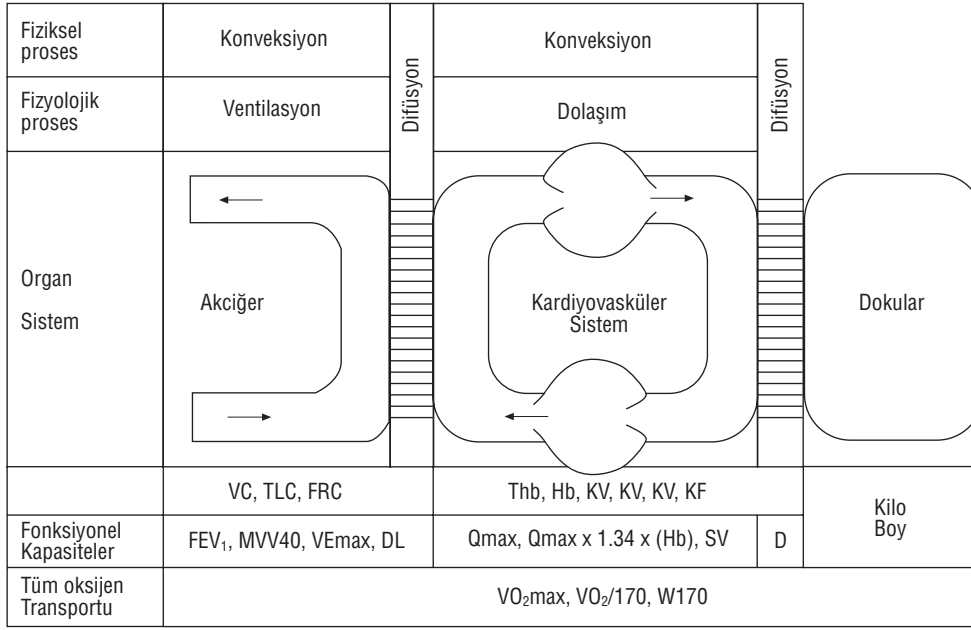
Maksimal aerobik güç ölçümünün,<sup>1,6,8</sup> a) bazı mesleklerde (itfaiyeci, polis, asker vs) çalışanın iş kapasitesinin saptanmasında, b) klinik hastalarında tanı ve ayırıcı tanıda, c) spor veya egzersize başlarken veya devam edilen yıllarda antrenman programlarının düzenlenmesinde, d) yaş ve beslenme alışkanlıkları ile meydana gelen metabolik değişikliklerin test edilmesinde kullanımı çok önemlidir.

Büyük kas gruplarının katıldığı egzersizler sırasında maksimal oksijen *uptake* değerinin santral dolaşım sistemi tarafından sınırlandırıldığı gösterilmiştir.<sup>8,11</sup> Arteriyel kan oksijen konsantrasyonu ile maksimal kalp dakika hacmi arasında yüksek korelasyon olduğu bulunmuştur. Oksijen içeriği yüksek inspirasyon havası veya arteriyel kan hemoglobin konsantrasyonunun yüksek olması sonucu arteriyel kan oksijen konsantrasyonunun ( $CaO_2$ ) yükselmesi, maksimal oksijen *uptake* değerini artıracaktır. Sonuçta mitokondri oksijen transfer potansiyeli, oksijen sağlayan dolaşım sistemi kapasitesini aşacaktır. Yoğun egzersizlerde büyük kas grupları sürece katılınca, vasküler iletkenlik potansiyeli kalbin pompa kapasitesini aşar. Ayrıca kas dokusu oksidatif mekanizmalarının etkinliği de önemlidir. Sonuçta oksijen *uptake* regülasyonunu sınırlayıcı faktörler arasında, santral dolaşım sistemi kadar, oksijen transportu, oksijen *uptake* hızı, oksijen borcu, mitokondri yoğunluğu ve oksidatif mekanizmalar ve belirli egzersiz koşulları ile tiplerinin (step, statik ve dinamik) etkisi hâlâ tartışılmaktadır.<sup>11,12</sup>

İstirahat sırasında, düşük yoğunluklu ve uzun süreli dayanıklılık sporlarında ATP re-sentezi ağırlıklı olarak yağ oksi-



## Aerobic and Anaerobic Capacity



**Şekil 2.** Oksijen transport sistemi: VC-Vital kapasite, TLC-Total akciğer kapasitesi, FRC-Fonksiyonel rezidüel kapasite, THb-Total hemoglobin, Hb-Hemoglobin konsantrasyonu, KV- Kan volümü, KV-Kalp volümü, KF-Kalp frekansı, FEV<sub>1</sub>-Zorlu ekspiratuar volüm 1. saniye, MVV40-maksimal istemli solunum 40 vuru/dak., VEmax- VO<sub>2</sub> tayini sırasında maksimal dakika ventilasyon, D-akciğer diffüzyon kapasitesi, Qmax- maksimal kalp debisi, SV-Kalp atım hacmi, VO<sub>2</sub>max-Maksimal oksijen uptake, VO<sub>2</sub>/170 ve W170- 170 vuru/dakika kalp hızlarındaki oksijen uptake.

dasyonuyla sağlanır. ATP re-sentezi sadece yağ oksidasyonu ile sağlanıyorsa %100 aerobiktir, anaerobik komponenti yoktur. Bu durumda her litre O<sub>2</sub> uptake değerine karşılık gelen ısı oluşumu hafif azalmıştır (1L O<sub>2</sub> =19,6 kJ). 1L O<sub>2</sub> uptake değerinde oluşan ısı 19,6 kJ üzerinde bulunursa, anaerobik glikolitik komponent devreye girmiş demektir.<sup>3</sup>

Egzersizdeki biyolojik etkinliği ve enerji kullanımını değerlendirmek için O<sub>2</sub> uptake ölçümleri yaygın olarak kullanılır. Gerçekte “oksijen” kelimesi aerobik ve anaerobik enerji transferlerinin bütün fazlarını değerlendirmek için kullanılır. Egzersizin başlangıcında çok kısa süre için anaerobik metabolizmaya elde edilen enerji kullanılır. Bu periyotta “oksijen yetersizliği” meydana gelir. Egzersiz süresince, ATP re-sentezi için kullanılan anaerobik metabolizmaya elde edilen enerji miktarı, egzersiz sonrası “oksijen borcu” olarak değerlendirilir. Burada aerobik ve anaerobik metabolizmaya oluşan enerji birlikte, tek bir enerji transferi olarak değerlendirilir, bu da bir litre oksijen için, 1 litre O<sub>2</sub>= 21,1 kJ veya yaklaşık 5 kcal değerinde kabul edilmektedir.<sup>3-7</sup>

### MAKSİMAL OKSİJEN DEĞERİ=VO<sub>2</sub>max ÖLÇÜMÜ

VO<sub>2</sub>max ölçüm testi, kişiye/sporcuya önceden belirlenmiş “egzersiz test protokolleri” kullanılarak yoğunluğu tedricen artan egzersiz testi uygulanarak, ekspire edilen gazların metabolik analiziyle yapılır. VO<sub>2</sub>max ölçümü iki yöntemle yapılır.

1. Direkt yöntemle ölçüm: Laboratuvar koşullarında maksimal yüklemde ekspirasyon havasındaki oksijen-karbon dioksit miktarının oksijen ve karbondioksit gaz

analizörleriyle ölçülmesi prensibine dayanır. Douglas torbaları ve ‘Breath by Breath’ yöntemi kullanılır.

2. Endirekt yöntemle ölçüm: Submaksimal yüklemle kalp hızı, yük, zaman, mesafe vb parametre değişiminden hesaplanır. Bu yöntem önceden hazırlanmış test protokolleriyle saha testlerinde de kullanılabilir.<sup>4-7,9</sup>

Aerobik güç, yaygın olarak *treadmill* (koşu bandı) veya bisiklet ergometresi araçlarıyla, maksimal veya submaksimal egzersiz testi yapılırken, devamlı kesintisiz veya kesintili test uygulamaları sırasında EKG takibi ile ölçülür. *Treadmill* testi belirli test protokolleri kullanılarak (Bruce ve Balke, Modifiye Bruce vb), her biri 3 dakikalık 5 değişik evrede tamamlanır. Kalp hızı, EKG değişiklikleri ve her 3 dakikada bir kan basıncı değişiklikleri takip edilmelidir. İş yükü, kişi maksimal oksijen tüketimine veya maksimal kalp hızına erişinceye kadar tedricen artırılır. Efor derecesi yükselirken, artan iş yüküne lineer olarak O<sub>2</sub> uptake de artar. Bir noktada, yani tükenme noktasında, egzersiz yoğunluğu artırıldığı halde kullanılan oksijen miktarı değişmez, plato çizer. Bu plato O<sub>2</sub> uptake değeri, kişinin VO<sub>2</sub>max değerini verir. Bu seviyede kan laktat düzeyi %70-80 mg ve üzerinde olmalıdır. Solunum değişim oranı (R)= 1,07-1,15 değerine yükselmiş olmalıdır. Kalp hızının da maksimal kalp hızı değerine ulaşmış olması gerekir. Bu test sırasında Rudolph marka maskeden nefes alan kişinin “breath-by-breath” yöntemiyle her nefes alış-verişinde, ekspirasyon havasında, zirkonyum oksijen analizörü kullanılarak ölçüm yapan sensormediks metabolik chart cihazı ile sarfedilen maksimal oksijen hacmi (VO<sub>2</sub>max) ölçülür. Test tekrarlanabilir olmalıdır ve test ortamı (sıcaklığı, nemi vs) ile test edilecek kişinin aktivite durumu, sigara kullanımı, ilaç bağımlılığı ve stresli olup olmadığı belirlenmelidir.<sup>4,5,13-15</sup>

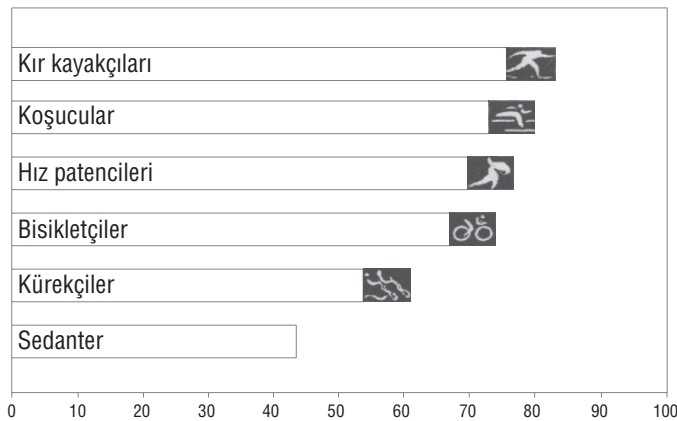


### Maksimal oksijen değeri=VO<sub>2</sub>max değerleri

Erişkinlerde, istirahat, hafif ve orta dereceli = moderate (anaerobik eşik değer ve altındaki oksijen *uptake* değerlerinde yapılan egzersiz yoğunluğu olarak tanımlanır) egzersizlerde, normal çevre sıcaklığında, metabolik ısı oluşumu ile O<sub>2</sub> *uptake* değerinin doğru orantılı olduğu gösterilmiştir. Sedanter bir kişinin VO<sub>2</sub>max değerinin 2,5 L/dak olduğu, bu değer düzenli aerobik egzersiz ile yaklaşık 3 L/dak'a yükseltilebileceği ve submaksimal oksijen *uptake* hızının 2,25 L/dak olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan maksimal aerobik güç değerleri istirahat metabolik hız (MET= 3,5 mL/kg/dak) değerlerinin katları olarak da ifade edilebilir. Sedanter kişilerde 10 kat değerinin (VO<sub>2</sub>max 3,5 × 10= 35 mL/kg/dak) normal kabul edilmesine (28-42 mL/kg/dak) karşılık 12 kat ve üzeri MET değerleri, antrenman derecesi yüksekliğinin göstergesi olarak kabul edilir. Bu değer elit atletlerde 60-80 mL/kg/dak seviyesine çıkabilir. Eğer 20 mL/kg/dak altında ise aerobik güç yetersiz demektir. Erkek kır kayakçılarında ortalama 82 mL/kg/dak bulunmuştur (Şekil 3).<sup>1,4,5,13</sup>

Endurans tipi antrenmanlar maksimal aerobik gücü, yani oksijen *uptake*'ini artırmaktadır.<sup>4,5,8,16-18</sup> Sedanter partnerlerine göre endurans sporcularında dayanıklılık 4-5 kat yükselmektedir. Maksimal oksijen *uptake*'in %20 yükselmesi halinde, mitokondri enzim aktivitelerinin %35 yükseldiği gösterilmiştir.<sup>4-8</sup> *De-training* periyodunda mitokondri enzim aktivitelerindeki azalmanın maksimal aerobik güçteki azalmaya göre çok daha hızlı olduğu bildirilmektedir.<sup>8</sup> Antrenmanlarla glikojen depoları korunurken, iskelet kaslarının serbest yağ asit kullanımı artar ve maksimal aerobik gücün %75'teki performans zamanı uzar. Egzersiz hızı sabit olarak korunur (*steady-rate* egzersiz).

Antrenmanlarla devreye giren kapiller sayısı artar.<sup>8</sup> Buna bağlı olarak da akciğerler ve dokular seviyesinde gaz ile metabolitlerin difüzyon yüzey alanı artar. Oksijen transportunda artış kolaylaşır. Kapiller yoğunluğundaki artışın, kan ile kas hücre içi ve kan ile alveol arasındaki mesafenin kısılmasına ve



Şekil 3. Erkek sporcularda kaydedilen VO<sub>2</sub>max (ml/kg/dak) değerleri

aynı zamanda difüzyon yüzey alanının artmasına neden olduğu gösterilmiştir. Akciğer ve kas doku hacminde daha fazla sayıda kapiller olmasının, birim zamanda vasküler kan akım hızını artırdığı bilinmektedir.<sup>17</sup> Buna karşılık, yüksek kan akım hızlarında, ortalama difüzyon zamanı sağlanmış olup komplet bir değişim oluşmaktadır. Egzersizde prekapiller sfinkterlerin açılması ve lokal vazodilatatörler (K<sup>+</sup>, CO<sub>2</sub> adozin gibi) vasküler direnci düşürmektedir. Lipoprotein lipaz (LPL) enzimin aksiyona girdiği fizyolojik reseptörler kapiller endoteliumun luminal yüzeyinde bulunur. Kapiller yatak yoğunluğunun artması daha fazla LPL bağlanmasına sebep olacaktır. Reseptör etkileşimi ile fazla sayıda LPL aktiflenmesinin trigliseridlerin daha fazla yıkılmasına ve fazla sayıda serbest yağ asidinin kas dokusuna girmesine neden olduğu bildirilmiştir.<sup>8</sup>

### ANAEROBİK EŞİK DEĞER-LAKTİK ASİT BİRİKİM EŞİK DEĞER

Egzersiz yoğunluğu tedricen yükseldiğinde, oksijen yetersizliğinin başladığı noktada, ATP re-sentezi anaerobik metabolizmayla desteklenir. Kas ve kanda laktik asit birikmeye başlar. Tedricen iş yükü artırılarak yapılan egzersiz testinde anaerobik eşik değer noninvazif gaz değişim yöntemleriyle tayin edilirse, "Anaerobik Eşik Değer veya Metabolik Eşik Değer" diye tanımlanır (V- Slope Yöntemi). Laktat değerleri tayin edilerek ölçülürse "Laktat Birikim Eşik Değer" tanımı kullanılır. Anaerobik Eşik Değer ölçümü O<sub>2</sub> *uptake* ile non-lineer pulmoner ventilasyondaki artma prensibine dayanır. Şiddeti tedricen artan egzersiz testlerinde, egzersizin başlangıcında VCO<sub>2</sub>, kasların kullandığı oksijen miktarına VO<sub>2</sub> cevap olarak oluşur. Egzersiz süresi ilerleyince, kasların iş yükü artar ve VCO<sub>2</sub>, oksijen kullanımına cevap olarak değil de, kan laktat tamponlanması sonucu yükselmeye başlar. VCO<sub>2</sub> gittikçe VO<sub>2</sub> eğrisinden uzaklaşır. Bu iki hacim eğrisi dikmelerinin birbirini kestiği noktaya, kırılma noktası "Anaerobik Eşik Değer" denir. Bu noktada laktat birikmeye başlar: "Laktat Birikim Eşik Değer".<sup>4,5,13,19</sup> Laktat seviyesi iş yoğunluğuna paralel olarak yükselmeye devam eder. Solunumsal kompensatuar mekanizma nedeniyle hiperventilasyon meydana gelir.<sup>7</sup> Yoğun egzersizde Tip II kas liflerinin aktiviteye katılımı, sempatik aktivitenin artması, karaciğer, böbrek gibi organlardaki iskemi kan laktat oluşumunun daha da artmasına neden olan faktörlerdir.<sup>19</sup> Kan laktat eşik değerinin 4 mMol/L olarak kabul edilmesine karşılık, çalışmalarda kan laktat eşik değerinde oldukça geniş ölçüde kişisel farklılıklar bulunduğu gösterilmiştir (2,1-12,6 mMol/L).<sup>6,19</sup> Anaerobik eşik değer aerobik kapasite derecesinin önemli göstergesidir. Sporcularda antrenman programlarının düzenlenmesinde antrenman yoğunluğunun belirlenmesi ve sağlıklı yaşamda egzersiz reçetesi yazılmasında egzersiz yoğunluğu göstergesi yani Hedef Kalp Hızı tayini çok önemlidir.<sup>4,5,9,10</sup>

**Aerobik güç oluşumuna etki eden faktörler****Genetik**

Genetiğin VO<sub>2</sub>max üzerine %40 dolayında bir oranda etkisi olduğu bildirilmektedir.<sup>4</sup> Monozigot ikizlerle yapılan çalışmalarda, antrenmanlarla birlikte maksimal aerobik güçte %77'ye yaklaşan oranda artış saptanmış olup, bu değişimlerin genotip özelliklerine bağlı olduğu gösterilmiştir.<sup>8</sup>

**Kondisyon seviyesi**

Düzenli yapılan aerobik egzersizlerin seviyesi, VO<sub>2</sub>max üzerinde önemli etkiler yaratır. Haftada 3 gün, 30-40 dakika yapılan aerobik antrenman programlarının, maksimal aerobik güçte başlangıçta %50 daha sonra da %80 gibi oldukça etkili bir artış sağladığı, bu artışın kalp atım hacmi artışı dolayısıyla kalp dakika hacmi artışı (%15) ile karşılanmakta olduğu gösterilmiştir. Aynı yaş gruplarında, atlet olmayan kişilere göre, atlet olanlarda maksimal oksijen değerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.<sup>6</sup>

**Cinsiyet**

VO<sub>2</sub>max değeri ile yağsız vücut kitlesi arasında anlamlı korelasyon olduğu bilinmektedir. Bu nedenle VO<sub>2</sub>max, erkeklerde kadınlardan daha yüksektir. Kız çocukların vücutlarında çok büyük oranda yağ birikmesi olan puberte dönemine kadar VO<sub>2</sub>max değeri hızla artar. Erişkin bir kadında vücut yağ oranı %26, erkekte %15 civarındadır. VO<sub>2</sub>max değeri sedanter kadında erkeğe göre %15-30 daha düşük bulunmuştur. Antrene kadında antrene erkeğe göre %15-20 daha düşük olduğu bildirilmektedir. Erkeklerde daha yüksek olmasının bir nedeni de hemoglobin miktarının yüksek olmasıdır. Hemoglobin miktarı erkeklerde kadınlardan %10-14 daha fazladır.<sup>1,4-6,16</sup>

**Yaş**

Maksimal oksijen volümü yaşla düşmektedir. Değerlendirme güçlüklerine rağmen, 3 yaşından itibaren çocuklarda VO<sub>2</sub>max değerlendirilebilir. Her iki cinsiyette 6 yaşında VO<sub>2</sub>max 1,0 L/ dakika bulunmuştur. On yaşa kadar iki cinsiyet arasında VO<sub>2</sub>max değerinde fark bulunamamıştır. Daha sonra kızlarda 14-16, erkeklerde 18-20 yaşlarına kadar VO<sub>2</sub>max doruk değere ulaşmaktadır. Erkek çocuklarda 8 yaşından 16 yaşına kadar VO<sub>2</sub>max değerinin tedricen arttığı, özellikle 13-15 yaşlarında artışın çok hızlandığı gösterilmiştir. Kız çocuklarında ise 13 yaşına kadar progresif olarak yükseldiği, 14 yaştan itibaren önemli bir artma olmadığı bildirilmiştir.<sup>4,20,21</sup>

Sedanterlerde 25 yaş sonrası, her yıl VO<sub>2</sub>max değeri %1 azalmaktadır. Kas enine kesit çalışmalarında, maksimal oksijen uptake değerinde yaşlanma ile % 0,5-1,0 O<sub>2</sub> L/dakika/yıl (her dekatta yaklaşık %10) düşme olduğu gösterilmiştir.<sup>6,20,21</sup> Maksimal oksijen uptake değerinde yaşla meydana gelen azalma, fizyolojik parametrelerdeki değişikliklerin etkisiyle açıklanabilir. Yaşla maksimal kalp hızı ve maksimal kalp debisi düşer, akciğer statik ve dinamik kapasiteleri azalır, motor nöron kaybı dolayısıyla kas kitlesi ve motor ünite kaybı artar.

Sonuçta maksimal aerobik güç azalır. Yaşlı kişilerde sedanter yaşam şeklinin getirdiği değişiklikler de bu azalmada etkilidir. Yaşlanma ile VO<sub>2</sub>max değerlerindeki azalmanın düzenli antrenmanlarla yavaşladığı da gösterilmiştir.<sup>16</sup>

**Egzersiz modeli**

Farklı egzersiz formlarında VO<sub>2</sub>max değerindeki değişiklikler, aktive olan kas kitlesi ile değerlendirilir. Sporunun spor tipine uygun bir cihazla ölçüm yapılması gerekmektedir.

**Vücut kompozisyonu**

Aerobik kapasite üzerinde vücut boyutlarının önemli etkisi vardır. VO<sub>2</sub>max ifade edilirken kişinin vücut yüzey alanı, vücut kitlesi ve yağsız vücut kitlesi ile ilişkili olarak değerlendirme yapılmalıdır.

**ANAEROBİK KAPASİTE**

Maksimal ve supramaksimal fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarının anaerobik enerji transfer sistemlerini kullanarak meydana getirdiği iş kapasitesi "anaerobik kapasite" olarak tanımlanmaktadır. Bu işin birim zamandaki değeri ise "anaerobik güç" olarak ifade edilir (kgm/san, kgm/dak, watt). Anaerobik iş, patlayıcı gücün ortaya konması anlamına gelen, anaerobik eşik değer üzerinde bir iş yükü olup, yorgunluk ile kendini gösteren fiziksel aktivite tipidir. Anaerobik aktiviteye uzun süre devam edilemez. Zira iskelet kasları *steady-rate* oksijen metabolizmasının çok üzerinde, anaerobik metabolizmayla çalışmaktadır. Bu durumda kas ve kan laktat seviyesi yükselir. Biriken laktatın tamponlanması akciğerlerden CO<sub>2</sub> atılımını artırır. pH düşmesi (pH=6,4) nedeniyle kaslarda yorgunluk meydana gelir.<sup>19</sup> Ağır kaldırma, durarak sıçrama, yüksek atlama, gülle atma, cirit atma, sürat çıkışları (futbolda, voleybolda, basketbolda), 25 m hızlı yüzme gibi kısa süreli yoğun egzersiz veya sportif aktivitelerde, performansı yükseltmek amacıyla anaerobik güç değerlendirmesi yapmak çok önemlidir. Örneğin, 100 metre sürat koşusunda ilk 8-10 saniye içinde 0,43 mol ATP olmak üzere dakikada 2,5 mol ATP kullanıldığı, bunun tamamının fosfojen sistemden karşılandığı gösterilmiştir. On saniyeden daha kısa süreli maksimal aktivitelerde gerekli enerji fosfojen sistemden sağlanır. Halter, ağır kaldırma ve teniste servis atma gibi 4 saniye içinde yapılan sportif aktivitelerde, kas dokusu, depo ATP kullanılır. Anaerobik enerji oluşumundaki ana biyokimyasal süreçler saniyeler içinde meydana gelir. ATP re-sentezi çok hızlıdır. Kas biyopsi teknikleri ile ATP turnover hızları hesaplanır. Sprinter erkeklerde ATP turnover hızı 2,7 mMol san<sup>-1</sup>/kg kas dokusu, yüksek atlama sporcularında 7 mMol san<sup>-1</sup>/kg kas dokusu, 100 m yarış sporcularında 5 mMol san<sup>-1</sup>/kg kas dokusu gibi, oldukça yüksek değerler bulunmuştur. Aktivitenin süresi 4 ile 8 saniye kadar devam ediyorsa (sprint koşular gibi) fosfokreatin enerji kaynağıdır. Aktivite-

nin süresi 8 saniye ile 3-5 dakika kadar devam ediyorsa (100 m yüzme, 200-400 m hızlı yürüme gibi), glikojenin anaerobik metabolizma ile laktata indirgenmesi, anaerobik glikolizis (laktik asit sistemi) ile elde edilen enerji kullanılır.<sup>4-6</sup>

### Anaerobik güç testleri

Anaerobik gücü direkt olarak, objektif ölçme, özetle tüm anaerobik kapasiteyi ölçebilme şansımız bulunmamaktadır. Anaerobik aktiviteye uzun süreli devam edilemez. Ölçüm, anaerobik gücü kısmen yansıtacak testler ve indirekt yöntemlerle yapılabilir.<sup>4,5</sup>

### Anaerobik saha testleri

1. Sıçrama testleri (Sargent vertikal) (1921)
2. Margaria-Kalamen Merdiven Testi
3. Sprint testi (40-50-60 yard)
4. Sürat koşu testleri
5. Mekik testi (*Shuttle-run* testi)

### Anaerobik laboratuvar testleri

1. Cunnigham Faulkner Treadmill Testi (%20 eğim, 7-8 mil hızda, 30-60 san)
2. Katch testi (ergometrik bisiklet testi)
3. Wingate testi (ergometrik bisiklet testi)

Bu testlerin en sık kullanılanlarından biri, ayakta dik durarak sıçrama testidir (Sargent dikey sıçrama testi). Kişinin sıçrama yüksekliğiyle, vücut ağırlığının mekanik olarak ürettiği güç hesaplanır. Margaria-Kalamen Merdiven güç testinde ise kişinin vücut ağırlığı önemli bir etkidir. Bu testte tek ayak gücü değerlendirilir. Bu iki test ile ATP-PCr (fosfojen) sistem kapasitesi değerlendirilir. Ancak tüm fosfojen sistem kapasitesini yansıtmadığı da bilinmektedir. Testler ile ATP-PCr enerji sistem miktarının tahmin edilmesi, bu sistemin tükenme hızının hesaplanması,  $O_2$  uptake eğrisinden  $O_2$  borcunun hesaplanması, *recovery* alaktik asit kapasitesinin hesaplanması ve ölçümleri ile ATP-PCr tükenme hızı direkt ölçülerek bu enerji sistemiyle anaerobik performans değerlendirilmesi yapılabilir. Testlerin sonucu aşağıdaki formülle değerlendirilmektedir:

$$\text{Anaerobik güç: } P = \frac{FXD}{T} \text{ (Güç=Yük} \times \text{Uzaklık/Zaman)}$$

(kgm/san, kgm/dak, watt)

Anaerobik gücün en önemli göstergelerinden birisi kan laktat seviyesidir. Bu nedenle çalışma öncesi ve sonrası kan laktat seviyesi değerlendirilmelidir.

Glikolitik gücü değerlendirmek için ergometri bisiklet testleri, ağırlık kaldırma testleri, hız koşu testleri, mekik testi gibi testler kullanılır. Wingate testi yüksek güç değerleri elde edilmesi, daha geniş kas gruplarını kapsaması, doğal bir egzersiz olması, kastaki alaktik ve anaerobik glikolizis hızını ölçmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Wingate ergometri bisikletinin kefesine ağırlık direnci oluşturmak üzere kg ba-

şına 75 gr hesabı ile ağırlık yerleştirilir, kişi ısınma egzersizi sonrası, yüke karşı 30 saniye süreyle supramaksimal hızda pedal çevirir. Otuz saniyedeki pedal sayısı ve yükten total iş= anaerobik kapasite (J=Joule) hesaplanır. Total işin matematiksel ortalaması ile ortalama iş= anaerobik güç hesaplanır (W= Watt). Doruk güç: Wingate testi sırasında herhangi bir 5 saniyelik sürede (özellikle ilk saniyeler) ortaya çıkan en yüksek güç değeridir. Doruk güç alaktik asit enerji kapasitesinin göstergesidir. Minimum güç ise, 30 saniye boyunca herhangi bir (genellikle son saniyeler) 5 saniyede ortaya çıkan en düşük güç değeridir. Bu testle Yorgunluk İndeksi hesaplanır (Doruk güç-Minimum güç/doruk güç) X 100 (% yorgunluk indeksi). Test öncesi ve sonrası kanda laktik asit ölçüldüğünde anaerobik kapasite ölçümünün doğruluğu hakkında daha iyi bilgi edinilir. Üç dakika gibi kısa süreli yoğun egzersizlerde, kan laktat seviyesi egzersizle lineer olarak artar ve 100 mL kanda 140 mg'a kadar yükselebilir. Bu test yapılırken kişiyi iyi motive etmek gerekir. Wingate test sonuçları ile kısa mesafe koşucularında ölçülen güç değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Wingate test normlarına göre erişkin ortalama güç değerleri, erkekte 662 watt, kadında 470 watt olarak bildirilmiştir.<sup>4</sup>

### Glikojen kullanımı

Aktif kaslardaki depo glikojenin boşalma hızı ve miktarı egzersiz süresi ve yoğunluğu ile ilgilidir. Ağır egzersizlerde kaslardan daha fazla glikojen boşalır. Glikojen, ATP re-sentezinde önemli bir nutrienttir. Kısa süreli bisiklet ve sprint egzersizlerinde ilk önce hızlı kasılan lifler çalışır ve glikojen depoları hızla boşalır. Alaktik anaerobik metabolizmayı değerlendirmek için, kas biyopsisi teknikleri ve manyetik rezonans görüntüleme tekniği (MRG) de kullanılır.

### Anaerobik güç testlerinde etkili olan faktörler

Anaerobik güç düzenli antrenmanlarla geliştirilir. Erkeklerin maksimal alaktik (ATP-PCr) anaerobik güç değerlerinin kadınlara göre %15-30 daha fazla olduğu gösterilmiştir. Anaerobik güç miktarı kişinin yağsız vücut kütlesi ile orantılıdır. Wingate testi ve motorize olmayan anaerobik *treadmill* testinde sedanter erkeklerde doruk güç ve minimum güç değerlerinin, sedanter kadınlara göre 1,3 kat daha fazla olduğu bulunmuştur.<sup>22</sup> Anaerobik güç yaşla azalır. Altmış yaşında bir erkekte 20 yaşında bir erkeğe göre %20- 25 daha az olduğu bildirilmiştir. Anaerobik güç 11 yaşında bir erkek çocukta 10 mM. kg<sup>-1</sup> yaş kas dokusu iken, erişkin erkekte 20 mM.kg<sup>-1</sup> yaş kas dokusudur.<sup>23</sup> Çocuklarda anaerobik glikolizisin ana enzimi olan fosfofuruktokinaz enziminin düşük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çocuklarda kan laktat seviyesi daha düşüktür.

### Anaerobik güce etki eden faktörler:<sup>4,5,6,17,24,25</sup>

1. Kas lifi içinde ATP *turnover* hızı yüksek olmalıdır.
2. Kişi iyi antrene olmalıdır. Antre kişilerin belirli bir gücü daha az fosfojen ve glikojen kullanarak ve daha düşük lak-

- tik asit üretimiyle oluşturdukları gösterilmiştir. Antrene kişi yüksek kan ve kas laktat seviyesini tolere edebilir.
3. Kişi egzersiz sırasında iyi motive edilmelidir.
  4. Metabolik asitleri (laktik asit gibi) tamponlama kapasitesi yüksek olmalıdır (kan laktat düzeyi 20-26 mM/L.).
  5. Egzersiz başlangıcında kas glikojen depoları dolu olmadır.
  6. Düşük pH seviyesine (pH=6,4-6,8 gibi) tolerans gelişmelidir.
  7. Kişinin aerobik kapasitesi yüksek olmalıdır. *Recovery* (toparlanma) periyodunda oksijen borcunun ödenmesi, laktatın hızla tamponlanması ve ATP-PCr depolarının hızla yeniden doldurulması aerobik kapasitenin yüksekliği ile doğru orantılıdır.<sup>4,5,6,7</sup>
  8. Antrenman programları ile Tip II kas liflerinde selektif hipertrofi geliştirilmelidir.

### KAYNAKLAR

1. Nagle FJ. Physiological Assessment of Maximal Performance. In: Wilmore JH. Edt. Exercise and Sport Sciences Reviews, New York: Academic Press; 1973;313-339.
2. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. J Physiol 2008;1:586:35-44.
3. Scott C. Misconceptions about aerobic and anaerobic energy expenditure. J Int Soc Sports Nutr 2005;2:32-37.
4. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Essentials of Exercise Physiology. 2th ed. Johnson E, Gulliver K, eds. Lippincott Williams and Wilkins 2000;170-205.
5. Foss ML, Keteyian SJ. Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport. 6th ed. WCB/McGraw-Hill; 1998.
6. Åstrand P-O, Rodahl K. Textbook of Work Physiology Physiological Bases of Exercise. 3th ed. McGraw-Hill; 1986.
7. Akgün N. Egzersiz ve Spor Fizyolojisi. 5.Baskı. Cilt 2. İzmir; Ege Üniversitesi Basımevi; 1994.
8. Åstrand P-O. Physical activity and fitness. Am J Clin Nutr 1992; 55:1231-1236.
9. Safran MR, McKeag DB, Van Camp SP. Manual of Sports Medicine. Edt. Danette Knopp. Lippincott-Raven Publ;1988;69-77.
10. Mellion MB. Sports Medicine Secrets, 2th ed. Philadelphia: Hanley and Belfus Inc., 1999;57-61.
11. Linstedt SL, Conley K. Human aerobic performance: too much ado about limits to VO<sub>2</sub>. J Exp Biol 2001;204:3195-3199.
12. Joyner MJ, Coyle EF. Endurans exercise performance: the physiology of champions. J Physiol 2008;1:586:35-44.
13. Cooper CB, Storer TW. Egzersiz testleri ve yorumu. Çeviri Edt: Prof. Dr. Abidin Kayserioğlu, Prof. Dr. Hayrinnisa Çavuşoğlu. Çevri Kurulu: E. Kaşıkçioğlu, S.S. Kurdak, H. Gökbel, S. Yıldız, H.Gür, F. Özyener, Ç. İşleğen. Yüce Yayınları A.Ş. İstanbul; Cambridge University Press. 2003.
14. Thompson J. The repeatability of the measurement of aerobic power in man and factors affecting. Q J Exp Physiol 1977;62:83-97.
15. Koga S, Shiojiri T, Fukuba Y, Fukuoka Y, Kondo N. Pulmoner oxygen uptake kinetics in nonsteady state. Appl Human Sci 1996;15:1-4.
16. Åstrand P-O, Bergh U, Kilbom Å. A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. J Appl Physiol 1997;82:1844-1852.
17. Paavolainen L, Häkkinen K, Hämaläinen I, Numela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. J Appl Physiol 1999;86:1527-1533.
18. Laughlin MH., Roseguini B. Mechanisms for exercise training-induced increases in skeletal muscle blood flow capacity: Differences with interval sprint training versus aerobic endurance training. J Physiol and Pharmacol 2008;59:71-88.
19. Jonathan M, Euan A. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. Chest 1997;111:787-795.
20. Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. J Pediatr 2006;82:406-408.
21. Grisogono V. Children and sport. with contributions from Jane Griffin and Craig Sharp. I.Title. by John Murray (Publishers) Ltd; 1996;32-66.
22. Chia M, Lim JM. Concurrent validity of power output derived from the non-motorised treadmill test in sedantary adults. Ann Acad Med Singapore 2008;37:279-285.
23. Erikson BO. Physical Training. Oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys. Acta Physiol Scand (suppl.384);1972.
24. Beyaz M. İzokinetik Tork Değerleri ve Wingate Test ile Anaerobik Gücün Değerlendirilmesi (Tez). İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 1997.
25. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology. 3th ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1991.