

T.C  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETİMİ  
ANABİLİM DALI

927/1-1

# DEĞİŞİK YÜKLENME YÖNTEMLERİNDE TÜKRÜK LAKTİK ASİD DİNAMİĞİNİN İNCELENMESİ

Hilmi S.KARATOSUN

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 1997

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

927

T.C  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETİMİ  
ANABİLİM DALI

# DEĞİŞİK YÜKLENME YÖNTEMLERİNDE TÜKRÜK LAKTİK ASİD DİNAMİĞİNİN İNCELENMESİ

**Hilmi S.KARATOSUN**

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı

**Prof.Dr.Sedat MURATLI**

"Kaynakça Gösterilerek Tezimden Yararlanılabilir"

Antalya, 1997

## ÖZET

Araştırmamızın amacı; anaerob yüklenmelerde antrenman yönlendirilmesinde invaziv bir yöntem ile elde edilen kan laktatının, noninvaziv elde edilen tükürük laktatı ile karşılaştırılmasıdır. Antrenman yönlendirilmesinde total kan ya da plazma laktat değerleri kullanılmaktadır. Kan laktat ölçümü; psikolojik güçlükler yaratabilir

Araştırmamıza, denek olarak 14 SDÜ Eğitim Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümünde okuyan erkek öğrenciler katılmıştır (yaş:  $22.07 \pm 1.97$ ). Deneklere 48 saat ara ile Wingate ve 400 m. koşu testleri uygulandı. Tüm deneklerin yüklenme öncesi kan ve tükürük örnekleri ile yüklenme sonrası 5 ve 15 dakika kan ve tükürük örnekleri alındı. Laktat düzeyi tükürük ve plazmada enzimatik yöntemle, laktat PAP (Milchsaure) kitleri ile ölçüldü.

Araştırmamızın sonucunda 400m. koşu sonrası plazma ile tükürük laktatı bazalda ( $29.55 \pm 6.77$ ,  $1.33 \pm 0.74$ mg/dl,  $r=0.35$ ,  $P>0.05$ ), beşinci dakikada ( $116.91 \pm 15.49$ ,  $4.25 \pm 3.90$ mg/dl,  $r=0.012$ ,  $P>0.05$ ), onbeşinci dakikada ( $106.2 \pm 21.19$ ,  $7.91 \pm 4.60$ mg/dl,  $t=0.14$ ,  $P>0.05$ ) Ölçümler sonucu değerlerin arasındaki ilişkiler anlamsız bulundu. Wingate protokolünde ise bazal plazma ve tükürük laktatı ( $26.56 \pm 5.32$ ,  $0.88 \pm 0.67$ mg/dl,  $r=0.398$ ,  $P>0.05$ ) ile onbeşinci dakikada plazma ve tükürük laktatı ( $91.79 \pm 20.38$ ,  $3.91 \pm 3.01$ mg/dl,  $r=0.466$ ,  $P>0.05$ ) aralarındaki ilişki anlamsız saptanırken beşinci dakika plazma ve tükürük laktatı ( $112.33 \pm 20.32$ ,  $1.97 \pm 1.51$ mg/dl,  $r=0.528$ ,  $P<0.05$ ) arasındaki ilişkiler anlamlı çıktı. Ayrıca Her iki protokolde de plazma ve tükürük pikleri arasında anlamlı ilişki bulunamadı (400m.  $r=0.109$ , Wingate  $r=0.359$ )

Çalışmamızın sonucunda, tükürük laktatının antrenman yönlendirmesinde kan laktatı kadar belirleyici bir parametre olmadığı sonucuna varılmıştır. Literatürde bazı farklı görüşlerin bulunmasından dolayı bu konuda daha fazla araştırma yapılmalıdır

**Anahtar kelimeler:** Wingate, 400m koşu, plazma kan laktatı, tükürük laktatı, Anaerobik yüklenme

## SUMMARY

The aim of this work to compare plasma blood lactate level obtained non-invasively, in training directions in anaerobic loadings. Total blood or plasma lactate values are used in training directions. Blood lactate measurements may cause psychological difficulties.

14 male student from Sports High School of Faculty of training SDU University, were used as subjects in our study (age  $22.07 \pm 1.97$ ). Wingate and 400 m. run tests were applied to subjects in 48 hours intervals. Blood and saliva samples were taken from all of the applied to subjects before loading and at exactly 5th and 15th minutes after loading. Lactate levels were determined in saliva and plasma by enzymatic method using lactate PAP (milchsäure) kits.

In our study, the results in plasma and saliva lactate after 400 m run, were as follows; in basal ( $29.55 \pm 6.77$ ,  $1.33 \pm 0.74$  mg/dl,  $r=0.35$ ,  $p>0.05$ ), at 5th minute ( $116.91 \pm 15.49$ ,  $4.25 \pm 3.90$  mg/dl,  $r=0.01$ ,  $p>0.05$ ), at 15th minute ( $106.2 \pm 21.19$ ,  $7.91 \pm 4.60$  mg/dl,  $r=0.14$ ,  $p>0.05$ ). There seemed to be no significant correlation amongst the measurements. In Wingate protocol, the relation between plasma and saliva of basal ( $26.56 \pm 5.32$ ,  $0.88 \pm 0.67$  mg/dl,  $r=0.398$ ,  $p>0.05$ ) as well the relation between plasma and saliva lactate of 15th minute ( $91.79 \pm 20.38$ ,  $3.91 \pm 3.01$  mg/dl,  $r=0.466$ ,  $p>0.05$ ) was not significant. However, the relation between plasma and saliva lactate of 5th minute ( $112.33 \pm 20.32$ ,  $1.97 \pm 1.51$  mg/dl,  $r=0.528$ ,  $p<0.05$ ) was found to be significant. On the other hand, in both protocols, no significant relation was found between plasma and saliva peaks (400 m  $r=0.109$ , Wingate  $r=0.359$ ). It is concluded, at the end of this study, that saliva lactate is not as significant a parameter in training directions as blood lactate. As there are conflicting views in literature, more research is needed on this subject.

**Key Words:** Wingate, plasma blood lactate, saliva lactate, anaerobic loading

## İÇİNDEKİLER

OZET	I
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
GİRİŞ VE AMAÇ	1
SPORTİF AKTİVİTELERDE ENERJİ KAYNAKLARI	2
AEROBİK - ANAEROBİK EŞİK KAVRAMI	15
LAKTİK ASİDİN SPORTİF AKTİVİTELERDEKİ ANLAMI	21
DAYANIKLILIĞIN BELİRLENMESİNDE	
PARAMETRE OLARAK LAKTAT	24
MATERYAL VE METOD	26
BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	27
TARTIŞMA	33
KAYNAKLAR	37

## 1- GİRİŞ ve AMAÇ

Sporcuyu yarışmalara en iyi şekilde hazırlamak, antrenman programını düzenlemek, sporcunun performansını istenilen zamanda en üst düzeye ulaştırmak, her antrenörün tek düşüncesidir. Bu amaçla, bilimsel tabana oturmuş antrenman programları yanında, birim antrenmanda yapılacak yüklenmelerde fizyolojik sınırların bilinmesi ve bu çerçevede içerisinde yüklenmelerin yapılması gereklidir. Yarışmalarda değişik şartlar altında güç üretimi için, insan organizmasının anatomik, fizyolojik ve psikolojik sistemlerinin üst düzeyde uyum içerisinde çalışması gereklidir.

Yarışmalarda sporcular için en büyük engel yorgunluktur, sporcunun yorgunluğu yenebilmesi ya da erteleyebilmesi onun o anki başarısını arttıracaktır. Bu durumda tüm antrenörlerin amaçlarından biri de, yorgunluğu yenmektir.

Antrenman yönlendirilmesinde ve antrenman biliminde, sporcuların performans seviyelerinin saptanması ve gelişimlerinin izlenmesi önemli bir yer teşkil etmektedir. Performans seviyesinin saptanmasında, anerobik eşik değerini bulmak önemli bir yol gösterici olmaktadır. Bunun için güvenilir bir parametre olan, kan laktatının ölçülmesi yalnızca acil enerji kaynağı olan glikoliz hakkında bilgi vermez, aynı zamanda anaerobik kapasite hakkında da bilgi verir (1,2). Anaerobik eşik tayini için kullanılan yöntemlerden birisi kan laktat düzeyinin saptanmasıdır (3,4). Laktik asidin kandaki birikim zamanının tayini antrenman yüklenmesinde kullanılan güvenilir bir parametredir. Bunu tespit için sporcunun kan örneklerinden yararlanılmaktadır. Ancak kan laktat düzeyinin ölçümünde, saha koşullarında, bazı dezavantajlar görülmektedir; örneklemin steril koşul gerektirmesi, kan alımı için özel eğitilmiş bir kişiye ihtiyaç duyulması ve acı verici bir girişim olmasından dolayı, duygusal stres, rahatsızlık hissi yaratabilmesi, yöntemin zorluklarındandır. Bu sebepten dolayı antrenman

yönlendirilmesinde alternatif olarak kullanılacak parametreler bulmak için yöntem arayışları surmektedir

Tukruk laktatı, bu alternatif görüşlerden birisini oluşturmaktadır. Tukruğun saha koşullarında kolay toplanabilir olması önemli kolaylık getirmektedir (5-6) Bu konuda çok az sayıda araştırma yapılmış olması, az sayıda denek kullanmış olmaları ve sonuçların çok belirgin bir görüşü ortaya koyamamış olması bu konunun irdelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Araştırmamızıda; anaerob yüklenmelerde, antrenman yönlendirilmesinde, invazif bir yöntem ile elde edilen kan laktatını, noninvazif olarak elde edilen tukruk laktatı ile karşılaştırarak, tukruk laktatının antrenman planlaması ve yönlendirilmesinde kullanılıp kullanılmayacağını araştırmayı amaçladık

## 2. SPORTİF AKTİVİTELERDE ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji ne yaratılabilir ne de yok edilebilir, bu nedenle enerjinin transferinden söz etmek daha doğrudur. Kaslar, enerjinin yavaşça ATP'ye transfer edildiği bir yanma odası olarak düşünülür ve bu reaksiyonlarda organik katalizör olarak görev alan enzimler enerjiyi açığa çıkarırlar ve de transfer ederler. Enzimlerin herbiri çok miktarda protein ve az miktarda koenzim içerirler Her bir enzimin su ve hidrojen tutma ve götürme gibi basit bir görevi vardır İşlevleri esnasında enzimler bir çok faktörden etkilenirler:

-Isı; kaslar ısınınca enzim aktivitesi artar, böylece enzim aktivitesi ısınmadan sonra artar

-Asid; her bir enzim belirli bir asitide düzeyinde optimal çalışır Güçlü egzersizler laktik asid ve H iyonu üretir, bu durumda yükselen pH enzim aktivitesini ve enerji üretimini azaltarak yorgunluğu neden olur (6)

Organizmada, her çeşit hücre aktivitesi gibi kas aktiviteside enerjiye ihtiyaç gösterir Organizma gerekli enerjiyi besinlerden temin eder. Bu besinler; karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir. Ancak sportif faaliyetlerde

karbonhidratlar ve yağlar ön planda yer alırlar, proteinler daha çok aşırı açlık gibi durumlarda enerji kaynağı olarak kullanılır

Egzersiz süresinde, kasların işlevi, elde edebildiği karbonhidrat miktarına bağlıdır ve kaslar karbonhidrat metabolizması için sistemlerini geliştirmiştir. Enerji eldesi için karbonhidratlar önce glukoz (monosakkarit - bir ünite şeker) dönüştürülür ve kan yoluyla tüm vücut dokularına taşınırlar. Dinlenme koşullarında kaslar ve karaciğer tarafından alınır ve kompleks bir şeker molekülüne dönüştürülür -glikojen- glikojen, hücre sitoplazmasında, hücre tarafından ATP formunda kullanılıncaya kadar depo edilir. Glikojen, glukozla dönüştürülmek üzere, karaciğerde de depo edilir, gerektiğinde kan tarafından aktif dokulara taşınır ve orada metabolize edilir (6,7) Kas ve karaciğer glikojen depoları, diyetin özelliğine bağlıdır, şayet diyet yeterli miktarda karbonhidrat içermezse, bu rezervler sınırlıdır. Karbonhidrat rezervlerinin yeniden doldurulması için, nişastalı ve şekerli besinlere ihtiyacımız vardır. karbonhidratlı besinlerin diyetle yetersiz bulunması, kası ve karaciğeri öncelikli enerji kaynağından yoksun bırakacaktır (8,9)

Sportif aktivitelerde, karbonhidratların yanında yağlar da enerji kaynağı olarak kullanılırlar. Vücut, karbonhidratlardan sentezlediği yağın fazlasını depo eder. Vücudun yağ rezervleri karbonhidrattan çok fazladır. Fakat yağlar hücre metabolizması için daha az yararlanılabilir enerji kaynağıdır, çünkü yağların önce kompleks yağ formu olan trigliseritten temel komponentleri olan; gliserol ve serbest yağ asitlerine (FFA) dönüştürülmesi gerekir. Çünkü ATP eldesi yalnızca serbest yağ asitlerinden sağlanabilir (7)

Karbonhidrat ve yağ metabolizması yoluyla meydana gelen organik fosfat bileşikleri, örneğin ATP ve CP kas enerjisinin kaynağıdır. ATP, bütün hücrelerde bulunan labil bir bileşiktir ve kimyasal yapısı; adenin, riboz ve uç fosfat kökunun birleşmesinden oluşur. Normal koşullarda fosfat bağlarının her birinde 7,300 kalori vardır. Enerji gerektiren tüm fizyolojik mekanizmalar enerjilerini ATP'den elde ederler, ATP'nin yenilenmesi için, hücrelerdeki



besinler yavaş yavaş okside edilerek, serbestlenen enerji ile ATP'yi yeniden oluştururlar. Böylece bu maddenin sürekli olarak hazır bulunmasını sağlarlar (8,10) Kasal aktivite esnasında enerji üretim adımlarına bakacak olursak;

-yüksek enerjili CP, ATP nin sentezi için parçalanır,

-glukoz veya glikojen anaerobik parçalanır,

-glukoz, glikojen veya serbest yağ asitleri sistematik olarak parçalanır veya bir seri enzimle okside edilir, ve sonunda  $CO_2$  ve  $H_2O$  elde edilmesi için  $O_2$  ile birleştirilir; ATP oluşturmak için enerji açığa çıkarılır (7).

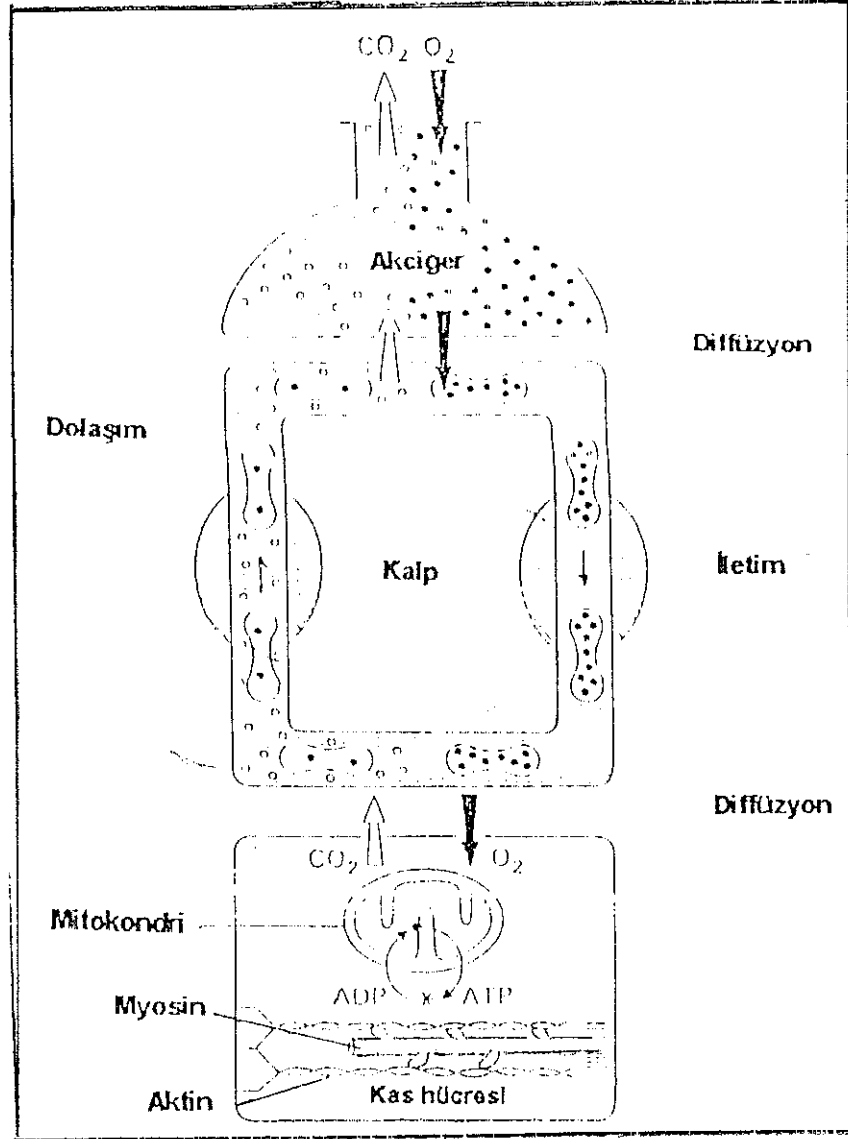
Sonuç olarak egzersiz esnasında kullanılan enerji sistemlerini uç ana başlık altında inceleyebiliriz

## 2.1. Uzun Süreli Enerji Üretimi

Kas hücresi, düşük tempolu çalışmalarda enerji ihtiyacını oksidatif fosforilasyon'dan, bir başka deyişle hücre solunum yolu ile karşılar. Bu işlemde başlıca yakıt maddesi olan karbonhidratlar ve yağlar hücre içerisinde mikroskobik bir organel olan mitokondrilerde yıkılırlar. Bu işlem yakıt maddelerinin kimyasal bağlarında depolanmış enerjinin (bu enerji esasen güneş enerjisidir) %50'lik bir miktarını elde etmeye izin verir. Bu nedenle solunum, hücrenin enerji ihtiyacı sürecinde tekrar kullanabileceği biçimdeki enerjinin oluşturulmasını sağlayan hücre solunumunun bir şekli olarak düşünülebilir. Kullanılmayan veya geriye kalan enerji ısı şeklinde kaybolur ve vücut ısısının korunmasına hizmet eder (10,11)

Solunum suresince tüketilen  $O_2$  miktarı organizmanın güç üretimi işlemiyle doğrudan doğruya orantılıdır. 1W metabolik güç üretimi 3-5 ml/dakika  $O_2$  tüketimini gerektirir. Kişi istirahat halinde 250-300ml/dk  $O_2$  tüketir. Bunun sonucunda yaklaşık 100 W'lık metabolik enerji üretir. İstirahat esnasında temel olarak  $O_2$  tüketen organlar; beyin, kalp, böbrekler ve intestinal organlardır. Kaslar kapladıkları geniş hacime rağmen toplam enerjinin %20'sinden daha az bir miktarını tüketirler. Bu durum aktivite sırasında farklıdır. Aktivite yükünün artmasıyla örneğin; bisiklet

ergometresiyle aerobik performans testi yaparken, verilen bir dış yükte  $O_2$  orantılı bir biçimde artış gösterir. En sonunda  $O_2$  tüketimi belli bir düzeyde sabit kalır ve bunun ötesinde kas için gerekli olan enerji anaerobik glikolizden sağlanmak zorundadır. Bu noktada plazma laktat seviyesinde hızlı bir artış gözlenir (7,10,11)



Şekil 1 Solunum sisteminde gaz değişimi (11)

Performans testi yeterince geniş bir kas kitlesi ile sürdürüldüğünde, oksijen tüketiminde bir plato gözlenir, bunun ötesinde oksijen tüketiminde artış sağlanmaz. Bu plato maksimal oksijen tüketimi veya  $max. VO_2$  olarak

adlandırılır Max  $VO_2$  düzeyinde alınan oksijenin %90'ının iskelet kası mitekondrilerine gider (Astrand & Rodohl,1986). Bu da iskelet kasının diğer organlardan daha ileri durumda olan hucresel solunum işlevi duzeninin geniş dinamik kapsamını sergilemektedir Akciğerlerden iskelet kası mitekondrilerine aktarım safhalarının hangisinin bireydeki aerobik enerji akışını sınırlayıcı safha olduğu uzun bir süredir tartışılmaktadır Her bir aktarım safhasının periferdeki oksijen akışına direnç eklediği gelişen bir düşüncedir. Bununla beraber geniş kas kitlesiyle aktivitedeki normoksia bireyde daha büyük mukavemetli (%80) kardiovasküler oksijen naklinde bulunmaktadır (di Prompero, 1985). Bu nedenle kardiovaskuler oksijen nakli, şiddetli aktivite süresince oksijen aktarımının en önemli basamağı olarak düşünülebilir (11)

Sportif faaliyetlerde, aerobik bir aktiviteye başladığımızda, bu aktivitenin uzun zaman aralığı gerektirdiğini bildiğimizden dolayı kendimizi buna göre ayarlayıp aktivitenin başında çok fazla laktik asid birikmesini önleyebiliriz Buna rağmen solunum sisteminin tam olarak aktif duruma gelene kadar geçen zaman diliminde, glikoliz devrededir. Aktiviteye max. $VO_2$ 'nin %75'i ile başladığımızda plazmadaki laktat seviyesinin başlangıçta yükseldiğini fakat daha sonra oksidatif fosforilasyonun kas hucrelerinde aktif hale gelmesiyle glikolis'in yerini aldığını söyleyebiliriz (11,12)

### **2.1.2. Aerobik Glikoliz**

Aerobik glikoliz; glukoz ya da glikojenin oksijenin var olduğu ortamda enerji üretmesi anlamındadır Aerobik aktivite süresince glikoliz piruvatı oluşturur, bu anda var olan oksijen sayesinde, meydana gelen piruvat mitokondriye giderek, sitrik asid döngüsüne girer Oksidatif dekarboksilasyona uğrayan piruvat, daha sonra hücre mitekondrisinde trikarbosilik asid döngüsüne dahil olan, asetil CoA'ya dönüşür Bu karmaşık degradasyon sürecinde, asetil grupları asetil CoA' dan enzimatik olarak kopar, iki  $CO_2$  molekülü mitokondriyi terk eder, hücre boyunca hareket

ederek kan dolaşımına geçer ve akciğerlere geri taşınır. Dört çift hidrojen atomu diğer bir enzim sistemine (solunum zinciri) NAD ve FAD koenzimleri yolu ile taşınır, büyük bir kısmı ADP'nin ATP'ye fosforilasyonu (oksidatif fosforilasyon) ile depolanmış olan kimyasal enerji serbest kalır (10,13).

Glukoz yahut glikojenin CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O oluşturuncaya kadar geçirdiği metabolik değişimlere aerobik glikoliz denir. Aerobik glikoliz yoluyla bir molekül glikozdan elde edilen enerji ile 40 molekül ATP sentezlenir. Bunlardan ikisi reaksiyonda kullanıldığından net ATP miktarı 38 moleküldür (10,14,15)

### **2.1.3. Serbest Yağ Asidlerinin Oksidasyonu**

İskelet kası, kandan serbest yağ asidlerini alır ve bunları CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O ya kadar okside edebilir. Özellikle aktiviteden sonra dinlenme haline geçince ve kendini yenileme evrelerinde kas enerjisi bu yolla sağlanır. Yağ asidinin oksidasyon enerjisinden elde edilen ATP miktarı, yağ asidinin karbon zinciri uzunluğuna göre değişir. Örneğin; palmitik asidin oksidasyonu sonucu 131 molekül ATP sentezlenir, reaksiyon esnasında 2 ATP kullanıldığından net 129 molekül ATP elde edilir. Sitrik asid döngüsü mitokondri matriksinde, oksidatif fosforilasyon ise mitokondri iç membranında gerçekleşir (8,10,15)

### **2.2. Acil enerji sistemi**

Yüksek enerjili ATP; kasın gerilimini arttırmak için kullanabileceği yegane enerji kaynağıdır. Bununla birlikte kas hücresinde bulunan ATP miktarı (yaklaşık 5 mMol/gr/yaş/ağırlık) yalnızca iki-üç kasılma hareketine ya da büyük bir kas gücü gerektiren hareketlere bir iki saniye yetecek kadardır (16). Kreatin fosfat (CP) yüksek enerjili fosfat bileşiğidir ve ATP'den daha küçük bir molekül olduğundan kas hücresi içerisine difüzyonu daha kolaydır. Bu sistemin ek bir avantajı ise enzim yardımı ile CP'deki enerjinin, ADP'ye yeniden transfer olabilmesidir, ADP'de bu enerjiyi kullanabilir. Kas

hücrede sadece myoflamentler kreatin fosfat havuzuna erişebilir. Bu da CP'nin yığılmasına ve kas hücrede nispeten yüksek konsantrasyonda olmasına olanak sağlar. CP, enerji kaynağı olarak ATP gibi doğrudan doğruya kullanılmaz. Yani, CP'nin kasa enerji sağlamasından önce ATP'nin parçalanması gerekir. CP'nin görevi, kas metabolizması ile parçalanmış ATP'yi tekrar sentezleyerek yerine koymaktır. Enerji doğrudan doğruya indirgenme şeklinde sağlandığından CP sistemi derhal faaliyete geçebilir, fosfatını kolayca ADP'ye aktarabilir ve kısa yoldan ATP yapımını sağlar. İstirahat esnasında glukoz, glikojen ve serbest yağ asidi oksidasyonu sonucu, mitokondride sentezlenen ATP'den alınan fosfokreatin, fosfokinaz aracılığı ile kreatine verilerek CP sentezlenir. CP, organizmanın kısa süreli ve patlayıcı güç üreten enerji kaynağıdır (10,15,16,17)

Kreatin fosfatın konsantrasyonunun 15-20 mMol/gr/yaş/kas miktarı, ATP'nin 3-4 katı olmasına karşın, her ikisi kasların kasılma hareketini yalnızca biraz daha fazla (yaklaşık 6-8 saniye) sürmesini sağlar, bu da atletizmde 100 m. sprint koşusu için bile yetersiz kalır. Azami yükleme esnasında ADP'nin ikinci fosfat grubu da bir diğer ADP molekülüne transfer edilebilir (myokinase yardımıyla) bu süreçte, ATP ve AMP (adenozin monofosfat) oluşur. ATP-CP rezervleri egzersizin başından itibaren kullanılabilir acil enerji kaynaklarını oluştururlar, bu yol ile enerji oluşumunda O<sub>2</sub> varlığı gerekmez ve ortamda laktik asit oluşmaz, fakat kapasiteleri çok zayıftır, submaksimale yakın bir egzersizin 10 saniye süreyle devamına aynı şiddette izin vermez. Kısa süreli maksimal egzersizlerde, 5 saniyede hemen hemen CP'nin %88'i harcanır. Bu tip koşuların uzman sporcular, sprintin başında ATP-CP havuzundan daha fazla enerji çekebilirler, daha fazla mekanik enerji üretebilirler ve daha hızlı koşabilirler. Denilebilir ki, bu sporcular aynı zamanda çok iyi tekniğe, çok iyi kas verimine ve kaslarının elastikiyetlerini çok iyi kullanma özelliklerine sahiptirler. (Hirvonen, 1987) Şayet bütün eforu kullanarak 10 saniyelik bir sprint aktivitesi gerçekleştirilirse, fazlası ile glikoliz olmadan CP seviyesi son derece düşük miktarlara indirgenebilir. Sonunda alaktik oksijen borçlanmasına maruz

kalınır, sonrasında, yeniden yüklenmek amacıyla birkaç dakika beklenirse, daha önce elde edilen güç miktarının aynısı elde edilebilir (6,17)

### 2.3. Kısa süreli enerji sistemi

#### 2.3.1 Anaerobik glikoliz

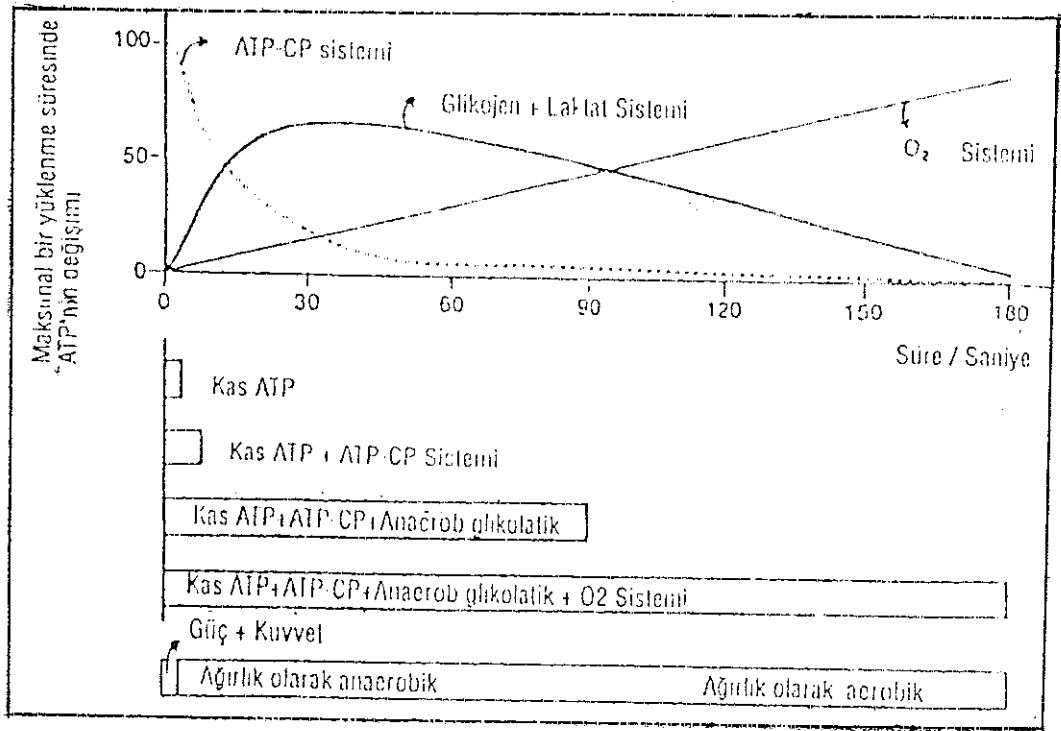
Glukoz, anaerobi glikolizin yakıt maddesidir ve hem kas hücresi glikojeninden hem de kana glukozu bırakan karaciğer glikojeninden kaynaklanır (9) Glikoliz, glikojenin laktik asid oluşturuncaya kadar 12 enzimatik reaksiyonun ard arda olduğu süreçtir. Bu reaksiyonların tümü hücrenin sitoplazmasında gerçekleşir. Bu süreçte her bir mol glikojenin degradasyonu sonucu 3 mol ATP sentezlenir. Şayet glikojen yerine glukoz kullanılırsa net kazanç 2 mol ATP'dir çünkü 1 mol ATP glukozun, glukoz 6-fosfata dönüşümü için harcanır (7,10,15). Glikoliz reaksiyonuna giren maddeler 6 ya da 3 karbonlu ünitelerdir. 6 karbonlu uniteler glukoz ve fruktoz türevleridir, 3 karbonlu uniteler ise, gliserat, pirüvat, gliseraldehid ve dihidroksiaseton türevleridir. Glikolizin tüm ara ürünleri fosforile edilmiş bileşiklerdir. Glikolitik yolda glukoz önce 1,6 difosfata çevrilir. Bu çevriliş üç aşamada gerçekleşir (glukoz 6-fosfat, fruktoz 6-fosfat ve fruktoz 1,6-difosfat) (18).

Glikolizin bundan sonraki reaksiyonlarında fruktoz 1,6 difosfat, 2 adet 3 karbonlu bileşiğe ayrılır, gliseraldehid 3-fosfat ve dihidroksiaseton fosfat. Bu iki bileşik çok hızlı birbirine dönüşebilir. Böylece bir molekül glikozdan iki molekül gliseraldehid 3- fosfat meydana gelir. Bu evrede enerji meydana gelmez ve 2 ATP harcanır. Bundan sonraki reaksiyonlarda ise, ATP sentezlenecektir. İkinci evrede, 3 karbonlu bileşiğin pirüvata dönüşmesi sırasında 2 molekül ATP sentezlenmektedir. Bir molekül glikozun pirüvata dönüşmesi sırasında oksidasyon ve reduksiyon reaksiyonları ile iki ATP harcanmış, 4 ATP meydana gelerek net kazanç 2 ATP elde edilir (5,6,23). Eğer glikoliz mitokondrilerin pirüvat alım kapasiteleri üzerinde bir hızda gerçekleşirse, kas hücreleri içerisinde laktik asid birikimi artar. Laktik asid

hucre içi pH değerini düşürür, şayet aktiviteye devam etmek isteniyorsa laktik asidin kas hucresinden atılması gerekir, bu da nispeten yavaş bir işlemdir (8,11,15,19)

Glikolizin devamı NAD'nin aralıksız okside edilerek,  $NAD^+$  meydana getirilmesi ile mümkündür. Anaerobik ortamda bunun için tek yol NADH'den piruvat'a elektron transferidir. Bu transferle piruvat, laktat'a dönüşür. Aerobik ortamda piruvat sitrik asid döngüsüne girer (14,15)

Sportif faaliyetlerde, 800-1000 metre gibi zorlayıcı koşullarda glikoliz tamamiyle aktif duruma geçer ve plazma laktat seviyesi çok yüksek durumlara erişebilir (antrenmanlı sporcularda 20 mMol/l'nin üzerinde). Bu olay asid-baz dengesini önemli ölçüde bozar ve plazma pH değerini 6,9'a kadar düşürebilir (normal değer 7,4). Daha önemlisi kas hucresinden laktat atılımının çok yavaş olması sebebiyle, hucre içi homeostasis bozulabilir. Bu tür bir aktivitenin tamamlanmasından sonra kas hücrelerinin yeniden eski dengelerine dönebilmeleri saatler sürer.

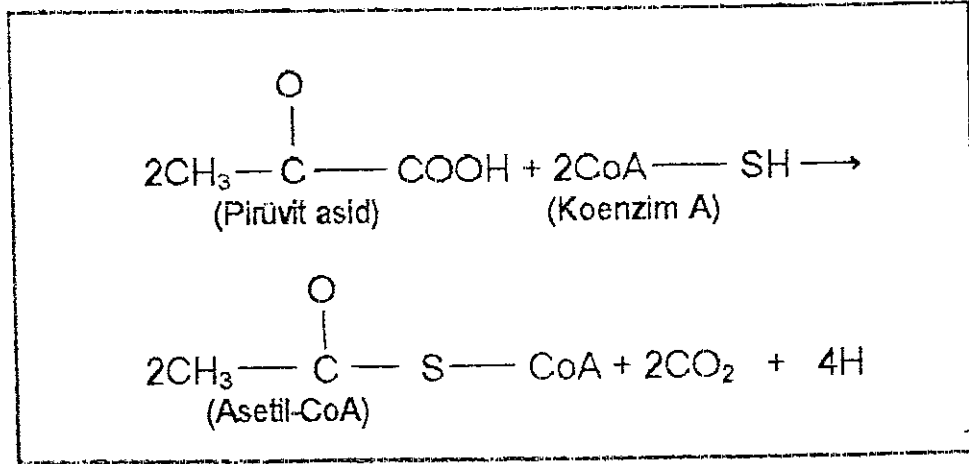


Şekil 2 Uç dakikaya kadar süren maksimal yüklenmelerde ATP oluşumuna yönelik süreçler (11)

CP sisteminin kas hücresi çevresindeki nukleotidleri tamamiyle tüketmeden kullandığı göz önünde tutulmalıdır. Bu olay glikoliz için farklıdır, eğer kas hücresinde laktik asidin birikmesiyle birlikte hemen glikoliz durdurulmazsa, sadece bir kaç dakika içerisinde mevcut glikojenin tamamı yıkılabilir. En iyi koşullarda glikojen depolarının besin kaynakları yolu ile depolanması en azından bir günlük süre gerekir (11)

### 2.3.2. Pirüvik Asidin Asetilkoenzim A'ya Dönüşümü:

Glikoz parçalanmasının bundan sonraki aşamasında (1) iki pirüvik asid molekülünün mitekondri matriksine kolaylaştırılmış transportu ve (2) bunların iki molekül asetil Co A'ya aşağıdaki reaksiyonla dönüşümü yer alır



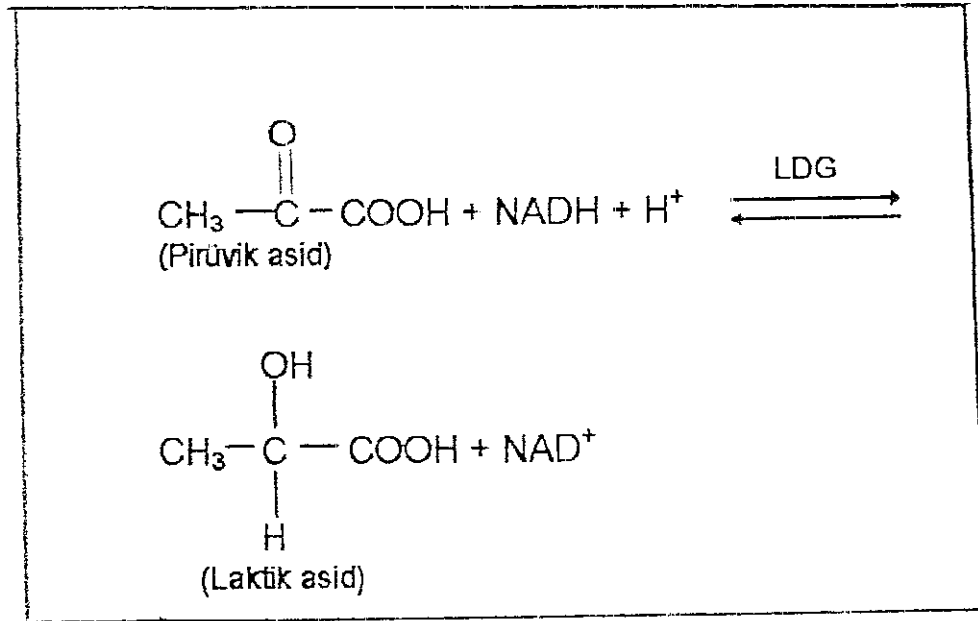
Bu reaksiyona göre; vitamin pantoneik asid türevi olan koenzim A ile iki pirüvik asid molekülünün geri kalan bölümleri iki molekül asetil-CoA oluşturmak üzere birleşirken, iki karbondioksit molekülü ve dört hidrojen atomu serbestlenir. Bu çevrilmede ATP oluşmaz, ancak daha sonraki aşamalarda 4 hidrojen atomunun oksitlenmesi sırasında 6 molekül ATP oluşur (7,11,15)

Bazen O<sub>2</sub> sağlanmadığı yada yetersiz olduğu koşullarda oksidatif fosforilasyon (hidrojenin oksidasyonu ile ATP oluşumu) gerçekleşemez. Bu koşullarda bile küçük miktarda enerji elde edilebilir. Çünkü glikolitik yıkımda glikozu pirüvik aside parçalayan kimyasal reaksiyonlar oksijen gerektirmez



ama bu süreç glikozun israfına yol açar. Bu yoldan tüketilen her glikoz molekülünden elde edilen enerji, glikoz molekülündeki toplam enerjinin % 3'ünden biraz fazlasıdır. Bununla beraber, hücrelerde serbestlenen ve anaerobik enerji denilen bu glikolitik enerji, oksijen bulunmadığı zaman bir iki dakika için hayat kurtarıcı değer taşımaktadır (10,15).

Kitlelerin etkisi yasasına göre, bir kimyasal reaksiyonun son ürünleri ortamda biriktiği zaman reaksiyonun hızı sifıra yaklaşır. Glikolitik reaksiyonların son ürünleri  $H^+$  ve  $NADH^+$  tır. Bunların birikmesi sonucu, glikolitik süreç durarak, ATP oluşumu önlenir. Son ürün miktarı çok artınca, bunlar aşağıdaki reaksiyona göre laktik asid oluştururlar (10).

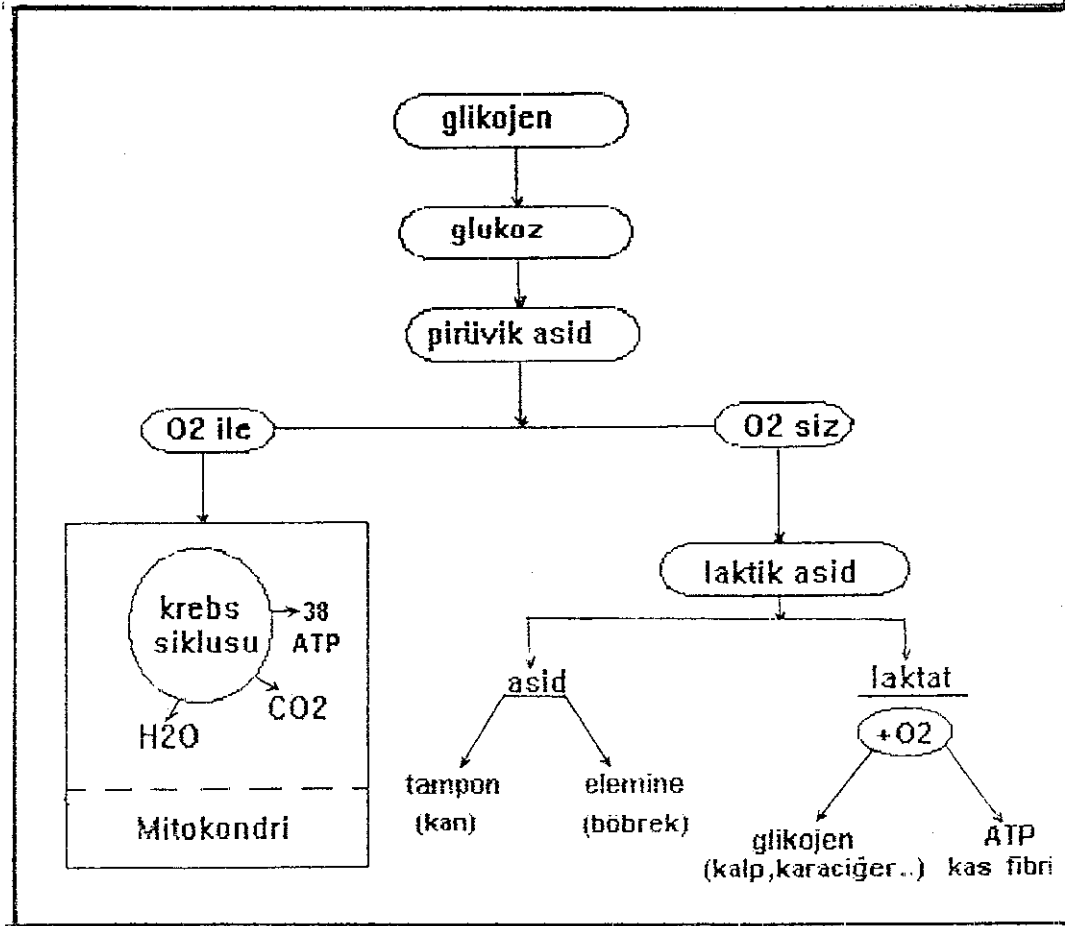


Anaerobik koşullarda, pirüvik asidin büyük bir bölümü, laktik aside dönüşür. Pirüvik asid ekstrasellüler sıvılara, hatta aktiviteleri az olan diğer hücrelerin intrasellüler sıvılarına kolayca diffüzyona uğrar. Bu nedenle laktik asid, glikolitik son ürünleri ortadan kaldıran bir çeşit "lavabo deliği" gibidir. Böylece pirüvik asid ve hidrojen, ortamdaki uzaklaştırılarak glikoliz devamı sağlanmış olur. Eğer bu çevrilme olmasaydı, glikoliz ancak birkaç saniye

daha devam edebilirdi Halbuki oksijensiz ortamda bile bu yolla dakikalarca önemli miktarda ATP sağlanabilir (8,11,13)

### 2.3.2.1. laktik asid - laktat

Anaerobik glikolizin son ürünü olan pirüvik asid, anaerobik ortamda, hidrojen ve  $\text{NADH}^+$  laktatdehidrogenaz enzimi aracılığı ile, laktik aside dönüştürülür. Laktik asid ve laktat aynı molekül değildir. Laktik asid,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  kimyasal formül ile bilinen yapıdır. Laktat, laktik asidin herhangi bir tuzudur. Laktik asid bir  $\text{H}^+$  salıverdiği zaman, kalıntı  $\text{Na}^+$  veya  $\text{K}^+$  ile tuz formunda birleşir. Anaerobik glikoliz laktik asid üretir, fakat o hızla tuz-laktat formuna döner. Bu nedenle, iki terim karşılıklı olarak aynı anlamda kullanılır (5,15).



Şekil.2 Laktik asid oluşumu ile elemine edilmesi, tamponlanması ve yeniden ATP oluşumunun şematik açıklaması (9).

Egzersiz şartlarına ve dinlenme durumuna göre, kas hücresinin ürettiği LA, farklı biçimlerde elemine edilir LA, hücre membranını aşar ve dolaşım ile;

-diğer kaslara

-kalbe

-Böbreğe (üriner sistemde elemine edilir).

-Karaciğere (önce pirüvata daha sonra glikojene dönüşür) taşınır (9,17)

Kalp kası aerobik olarak çalışır fakat farklı enerji maddeleri kullanır. İstirahat halinde; %65 yağ asitleri, %16 laktat, %10 glukoz, %10 amin asitlerini enerji maddesi olarak kullanır. Efor esnasında; laktat %65, yağ asitleri %25, glukoz %10, laktatın kullanımı artar, yağ asitlerinin tüketimi azalır (20).

Laktik asid, hem bir enerji taşıyıcısı ve hem de, yoğun eforun ürettiği, artan yorgunluğu gösteren bir işarettir. Güç harcamanın oksidatif yolları kullanıp gerekli enerjiyi üretme yeteneğini aştığı durumlarda; LA, O<sub>2</sub> açığının kapatılmasına katılır. Laktik asidin, " Asid " bölümü, homeostazis için tehlike oluşturur, bu durumda laktik asid, tamponlanmak ve elemine edilmek zorundadır. Laktat, hem ATP, hemde glikojen olarak yeniden kullanılabilir

1-Asit bölümü; kan plazması içeriğindeki tampon maddeleri tarafından absorbe edilir ve nötralize edilir. Bu tamponlama olayı (kurutma kağıtının yaptığı gibi), kan asidozunun çok hızlı yükselmesini engeller ve kan pH sınını mümkün olduğunca uzun bir süre dengelemeye çalışır.

2-Laktat bölümü, (şekerlerin molekuler yapısı gibidir ; glukoz; C<sub>6</sub> H<sub>12</sub> O<sub>6</sub>, laktat ; C<sub>3</sub> H<sub>6</sub> O<sub>3</sub>), myokard yakıtı olarak kullanılır, glikojen formunda karaciğerde depo edilir O<sub>2</sub>' nin varlığında ATP' nin resentezinde kullanılır (9)

Egzersiz esnasında laktat bir fibrilde üretilebilir ve diğer fibriller için enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Oksijen yetersizliği laktat artımındaki tek

faktör değildir. Laktat oluşumu glikoliz, LDH ve mitokondrial kinetiklere ilişkilidir. Organizmada bir çok faktör laktat oluşumunda etkilidir, bu da laktat metabolizmasının karmaşıklığını gösterir (7,21)

### 2.3.3. Laktik Asidin O<sub>2</sub> varlığında Glikoza Dönüşümü

Eğer bir kişi, anaerobik metabolizma sonrası tekrar O<sub>2</sub> solumaya başlarsa, laktik asid tekrar hızla pirüvik asid, NADH<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> ne dönüşür. Daha sonra bu maddeler hızla, büyük miktarda ATP oluşturmak üzere oksidasyona uğrarlar. Bu fazla miktardaki ATP, pirüvik asidin yaklaşık dörtte üçünün tekrar glikoza dönüşümüne yol açar. Böylece oksijen sağlandığında anaerobik glikoliz sırasında oluşan büyük miktardaki laktik asid vücuttan kaybedilmez, ya tekrar glikoza dönüştürülür, ya da doğrudan enerji için kullanılır. Bu dönüşümün büyük bölümü karaciğerde, küçük bir bölümü de diğer dokularda gerçekleşir.

Aerobik glikoliz daha çok enerji ürettiği halde, anaerobik glikolizin de avantajı; hücrenin sağladığı oksijenden bağımsız olarak tam kapasite ile ve hiç zaman kaybetmeden başlayabilmesidir. Anaerobik enerji üretim hızı da oldukça yüksektir. Bu, birim zamanda anaerobik yolda, aerobik yola göre daha büyük miktarda enerji sağlandığı anlamına gelir (6,12,18,22)

### 3. AEROBİK - ANAEROBİK EŞİK KAVRAMI

Anaerobik eşik kavramının gelişimi 1907 yılında Fletcher ve Hopkins'in "istirahat halindeki kasın çok az laktik asid ihtiva ettiğini, fakat anaerobik şartlarda laktik asid üretiminin arttığını" göstermeleri ile başlamıştır. Şiddeti giderek artan bir egzersiz esnasında gerekli enerji, belirli bir noktaya kadar aerobik mekanizmalar ile temin edilir. Ancak, bu noktadan sonra aerobik mekanizmalar yetersiz kalır ve anaerobik mekanizmalar da devreye girer. Anaerobik mekanizmaların enerji teminine katılmaya başladığı bu noktaya anaerobik eşik denir (laktat eşiği). Anaerobik eşik sedanter kişilerde maksimal oksijen kullanımının % 40-60'ı

arasında iken, elit sporcularda maksimal oksijen kullanımının % 75-85'i arasındadır. Anaerobik eşiğin üstündeki egzersiz süresi laktat üretiminin artmasından dolayı oluşan metabolik asidoz nedeniyle kısadır (12,21,22).

Temelde benzer olmakla beraber, anaerobik eşiğin birkaç değişik tanımı yapılmıştır. Bunlardan bazıları; "efor için gerekli toplam enerjide anaerobik süreçlerin katkısının belirgin bir şekilde artmaya başladığı efor düzeyidir (13)", "kas egzersizlerinin O<sub>2</sub> ihtiyacını karşılayamadığı nokta", "uzun süren egzersiz esnasındaki laktat konsantrasyonunun dengede olduğu en yüksek metabolik hız", "kan laktat konsantrasyonu ve laktat/piruvat oranında devamlı bir artış olmaksızın, bireyin ulaşabildiği en yüksek O<sub>2</sub> kullanım değeri", "laktat yapımını takiben metabolik asidozun meydana geldiği nokta" gibi tanımlar yapılmıştır (13,21,23).

Stegmann ve çalışma arkadaşları "Bireysel anaerobik eşik noktasını" laktatın maksimal atılma hızı ve difüzyon hızının dengede olduğu zaman olarak tanımlarlar. Deneysel kanıtlar ve teorik değerlendirmeler, 4 mMol laktat/lit bölgesini dayanıklılık egzersizinde anaerobik eşik için, geçiş noktası olarak saptanmıştır.

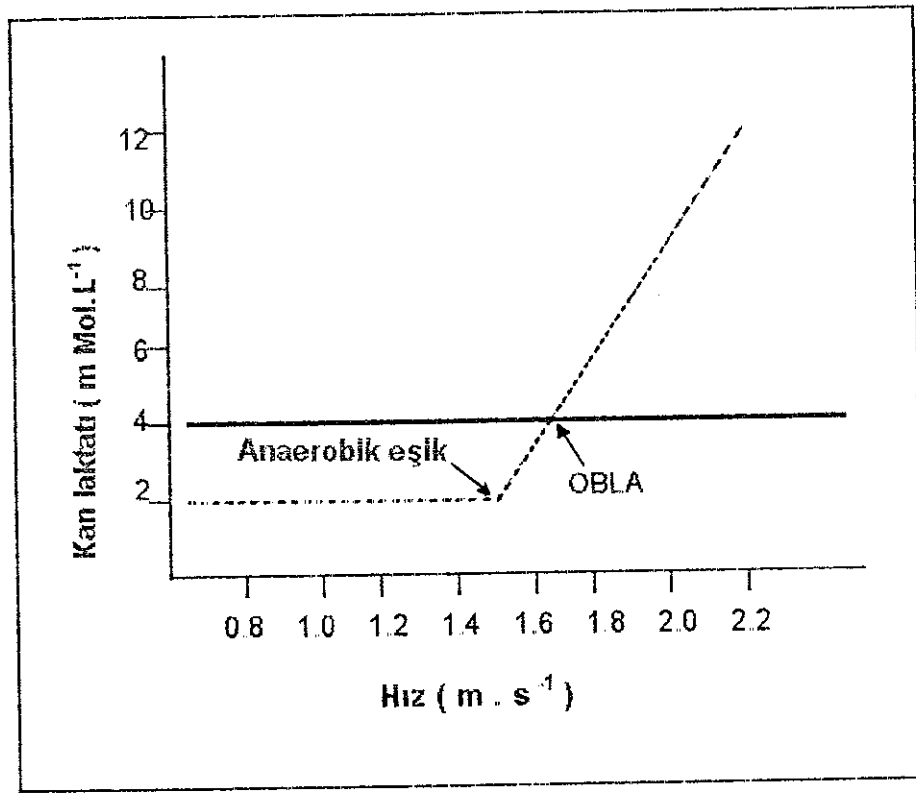
Eğer yüklenme artarken laktat konsantrasyonunda değişmelerin gözleendiği ergometrik çalışmalar (koşu bantı, ergo bisiklet gibi) yapılırsa, karakteristik bir davranış modeli gözlenir; çalışmanın başındaki kısa bir yükselmeden sonra laktat düzeyi, çalışma süresince yüklenmelere karşı sabit kalır. Daha yüksek bir yüklenmede ise daha yüksek bir laktat düzeyi tesbit edilir. Bu durum, sabit durum olarak bilinir ve laktat oluşumu ve eliminasyonu arasındaki denge ile karakterize edilir. Eğer egzersizin uzaması esnasında laktat oluşumu, maximum atılma hızını aşarsa laktik asid organizmada birikmeye başlar, bu iki durum arasında laktat oluşumu ve atılmasının hala dengede olduğu bir maksimal vardır. Bu yüklenme, literatürde "maksimal laktat sabit durumu" olarak bilinir. Ancak bu efor düzeyine gelinceye kadar kastan kana laktat geçişi eforla linear bir şekilde artar ve submaksimal eforda laktat düzeyinde bir plato kendini gösterir. Bu

düzyey 4-5 mMol/l olup kana geçen laktat ve kandan uzaklaştırılan laktat arasındaki dengeyi oluşturur. Diğer bir deyişle; laktatın kana geçiş hızı kandan eliminasyon hızına eşit ise, kan laktat konsantrasyonu değişmez, dolayısıyla laktat Steady-State'i oluşur. Bu değere denk gelen yük'e "bireysel anaerobik eşit" denir. Yükleme, kademeli olarak arttıa kasta artan laktat birikimi ile kana geçiş hızı artacak ve bunu takiben yeni Steady-State'ler oluşacaktır. Böylece bireysel maksimal laktat Steady-State düzeylerine ulaşılacaktır (4,12,13,21).

Bazı araştırmacılar anaerobik eşitini tanımlamak için, kesin kan laktat düzeyinde 2 mMol/l ve 4 mMol/l'yi kullanılır. Bu görüş, solunum eşitinin (ventilatory anaerobik eşit) 2 mMol/l veya 4 mMol/l kesin sabit laktat konsantrasyonu olduğunu bulan Davis ve arkadaşları tarafından açıklanmıştır. Yoshida ve arkadaşları, 1982, Heck ve arkadaşları 1985, 4 mMol/l laktat birikimindeki iş şiddetini anaerobik eşit olarak sınırlandırdılar. Diğer alışmalar, anaerobik eşitini, ister gaz değişimi ister kesin kan laktat konsantrasyonu ile ölçülen, aynı O<sub>2</sub> uptake'inde oluştuğunu göstermiştir. Bu buluş, kan örneğine olan ihtiyacı (uygun laktat analizi) elemine etmek için düşünüldü ve standart olarak arttırılan egzersiz testleri sırasında anaerobik eşitini noninvaziv tespitine olanak sağladı.

Brooks, anaerobik eşit görüşünün, daha çok ATP üretimi üzerindeki O<sub>2</sub> kısıtlanmasından dolayı kasılan kaslarda laktat üretimi meydana geldiğini belirledi. O, bazı araştırmacıların, dakika akciğer ventilasyonunun, kan laktat konsantrasyonundaki değişiklikleri daima izlemediğini gösteren sonuçlarına dikkatlerini çekti. Son bilgiler, serum laktat seviyesinin artışının aşamalı egzersizden hemen sonra başladığını ve fiziksel yüklenmeler boyunca devam ettiğini gösterir. Bu gözlem gösterdiği, kas seviyesindeki laktatın üretimiyle aşılın, vücuttan laktat klirensinin bulunduğu noktada, kan laktat seviyesinde akut artışın genellikle var olduğunu ortaya koyar ve o, hipoxia ve anaerobik metabolizmanın, serumdaki laktik asidin birikiminden uzun zaman önce, hücre seviyesinde başladığını belirtir (13,14,24).

Yukarıda açıklanmaya çalışıldığı gibi anaerobik eşiğin tanımı tamamen açık değildir, bu yüzden çeşitli araştırmacıların karşılaştırmaları yetersizdir. Bazılarına göre anaerobik eşik, öncelikle egzersiz yapan kasın enerji desteği olarak anaerobik metabolizmayı kullanmaya başladığı nokta olarak belirtilir. Diğer bir kısım araştırmacıya göre ise, anaerobik eşik noktası, serumdaki laktat konsantrasyonunun aniden yükseldiği nokta olarak tanımlar (OBLA). Hala bir kısım araştırmacı, serumda laktat üretiminin laktat klirensini aştığı nokta olarak, anaerobik eşiği tanımlıyorlar (7,25)



Şekil 3. Egzersiz şiddeti (yüzme hızı) ve kan laktat birikimi arasındaki ilişki

### 3.1. Anaerobik Eşik Tespit Metotları

Anaerobik eşik başlıca iki yöntemle belirlenmektedir; invazif ve noninvazif yöntem.

### 3.1.1. İnvazif Yöntem

Anaerobik eşik, invazif olarak egzersiz sırasında alınan kan örneklerindeki laktat konsantrasyonu tayininden belirlenir. Bu yöntemde; egzersiz şiddeti veya oksijen tüketimi arttıkça, kan laktat seviyesi de sistematik bir şekilde artmaya başlar. Bu noktadan itibaren belirli aralıklarla alınan kan örneklerinde laktat konsantrasyonunun belirlenmesi ile tayin edilir. Anaerobik eşğin tayini, ekseriyetle, şiddeti kesikli olarak artan (incremental) egzersizle veya şiddeti devamlı olarak artan egzersizle (ramp protokolu) yapılmaktadır. Çünkü bu her iki protokol test süresini önemli oranda kısaltmaktadır ve hassastırlar Wasserman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bir ve dört dakikalık yük artış protokolleri uygulamışlar ve anaerobik eşğin belirlenmesinde bir dakikalık aralıklarla yük arttırmanın daha uygun olduğu sonucuna varmışlardır (22).

### 3.1.2. Noninvazif yöntem

Ekonomik nedenler ve çalışma güçlüklerinden dolayı bu yöntem benimsenir. Bu yöntem ile anaerobik eşik tespiti için, ventilasyon, ventilatuar eşik, solunum frekansı, solunum katsayısı ve nabız gibi parametrelerden yararlanılır (13).

#### 3.1.2.1. Anaerobik Solunum Eşği (VAT)

Eğer solunum kemoreseptörleri tam ise artan karbondioksit üretimi kan laktat düzeyindeki artışla birlikte ve bikarbonattaki azalma solunumdaki artışla sonuçlanır. Solunumun arttığı nokta, Wasserman ve McIlroy (1964) tarafından anaerobik eşik olarak tanımlandı. Anaerobik eşğin yukarısında çalışma oranlarında ventilasyonun,  $VO_2$  ( $O_2$  tüketimi) ile orantısız olarak artar ve ventilasyondaki artışın, tidal volumde bir değişme olmaksızın solunum frekansında bir artış ile kendini gösterir. Wasserman ve McIlroy tarafından tanımlanan anaerobik eşik şimdi VAT olarak



adlandırılıyor VAT düzeyi üzerindeki iş performansları, artan bir oksijen borçlanmasını da beraberinde getirmektedir.

Bu eşiğin kişilerde tekrarlanabilirliği, antrenmanlarda kullanılabilirliği ve sportif performansı belirlemede kullanılabileceği ifade edilmektedir Genel olarak bu eşiğin yetişkinlerde 4 mMol/l laktat birikiminde başladığı belirtilmektedir

Sürekli egzersiz esnasında VE (ventilasyon),  $VO_2$  (oksijen tüketimi) ile doğrusal olarak artar.  $O_2$  için ekivalan solunum ( $VE/VO_2$ ) ve  $CO_2$  için ekivalan solunum ( $VE/CO_2$ ) zamana karşı kaydedilirken, burada  $VE/CO_2$ 'de bir değişim olmaksızın  $VE/VO_2$ 'nin yükseldiği bir nokta oluşur. Bu Wasserman - McIlroy tarafından tanımlanan VAT'tır. VAT, solunum gaz oranları değişimindeki ani sistematik artışla,  $CO_2$  üretimindeki doğrusal olmayan artışla ve solunum gaz değişimi oranında beklenmedik sistematik artışla tanımlanmıştır. Ciozzo ve arkadaşları, bu gaz değişimi indeksinin bir kaçını karşılaştırdılar ve VAT'ın noninvaziv tanımlanmasında  $VE/VO_2$  oranını onayladılar (13,18,27)

### 3.1.2. 2. Kalp Atım Hızı

Nabız sayısı, saha koşullarında yüklenme şiddetinin tayininde kullanılan uygulaması kolay bir parametredir. Yüklenme yoğunluğuna paralel olarak, nabızdaki artış bir süre linear olarak artar yani yüklenme yoğunluğu arttıkça nabız sayısında artmaktadır. Bu, ATP üretimi için, vücudun gereksinimi olan oksijeni kas dokusuna taşımak amacıyla kardiyovasküler sistemin hızlanarak kan atım hacmini egzersize uyarlamaya çalışmasıdır. Ancak yüklenme yoğunluğu arttıkça, belli bir düzeyden sonra nabız artışı linear iken, bu nabız artışının hiçbir amaca hizmet etmediği yani nabız artsa dahi gerekli  $O_2$  temini konusunda yetersizlik ortaya çıkmaktadır ve bundan sonra bir sapma, durgunlaşma meydana gelmektedir Fیزیolojik olarak bu değişime "dönüşüm noktası" denir. Bu nokta kritik bir noktadır, antrenman uygulamalarında belirli parametrelerin sinyali olarak görülür ya

da öyle kabul edilir. Bu nokta, sporcunun antrenman ve performans düzeyine göre değişik nabız değerlerinde ortaya çıkar (26).

Nabız eşiğinin belirlenmesi, ventilatuar eşik ve laktat eşiğinin belirlenmesi gibi karmaşık ve pahalı değildir. Ayrıca laktat tespitinin aksine, test sırasında kasta ne kadar glikojen depolanmış olduğundan bağımsızdır. Conconi ve arkadaşları, anaerobik eşiğin tahmini için noninvaziv metod olan kalp atış hızını önerirler. Onların görüşlerine göre, egzersiz esnasındaki değişik bir noktada, kalp atış hızı eğrisinde artış oldukça azalır. Bu azalma noktası, kalb hızının boşalma noktası olarak ifade edilmektedir. Bu boşalma noktasının OBLA ile aynı zamana rastladığı düşünülür. Gaisl ve Wiespeiner, 11 yaş gurubu çocuklarda noninvaziv tekniği önermiştir. Onların verilerine göre solunum teknikleri kullanarak belirlenen kalp atış oranı ve OBLA'yı kullanarak belirlenen kalp atış oranları benzerdir. Bu veriler, çocuklarda kalp atış hızı boşalma noktasının kullanımını gösterir (13,18). Bununla beraber bu yöntemin geçerliliği halen tartışılmaktadır. Laktat eşiği ve ventilatuar eşik hemen hemen herkeste tespit edilebilirken, nabız eşiği bir çok kişide tespit edilememektedir. Laktat eşiği ve ventilatuar eşik kavramlarının fizyolojik temelleri ve birbirleriyle ilişkisi kolayca izah edilebilmektedir. Nabız artış hızındaki kırılmanın sebebi ise henüz bilinmemektedir (26).

#### 4. LAKTİK ASİDİN SPORTİF AKTİVİTELERDEKİ ANLAMI

Laktat dehidrogenaz (LDH) piruvatı, laktata redükte eder. Piruvat +NADH<sup>+</sup> + H<sup>+</sup>  $\xrightarrow{LDH}$  Laktat +NAD reaksiyonu bir çok koşulda dengede bulunur. İskelet kasında, yüksek LDH aktivitesi ile diğer glikolitik enzimler karşılaştırıldığında bu reaksiyonun dengede olduğu görülür. laktatdaki artış; piruvat, H<sup>+</sup>, sitozolik NADH arttığı koşullarda olur.

Fizyolojik yorgunluğun nedenlerinden biri olarak laktik asid sorumlu tutulmaktadır. Fiziksel egzersiz esnasında çalışan kasların hücrelerinde ve kanda laktat konsantrasyonu yükselir. Laktik asid, glukoz metabolizmasının

ara urundur ve kanın normal pH derecesinde ( $7,4 \pm 0,03$ ) anyon (laktat) olarak bulunur (5,21).

Laktik asidin kanda belirli bir oranda yükselmesi anaerobik glikolizi sınırlar, kas hücrelerinde biriken laktik asid sonucu hücre ortamını asidleşir ve pH derecesi düşer. Belirli bir asitide derecesinde, glikoz enzimleri katalitik etkilerini kaybederler, fonksiyonlarını azaltarak glikojenin yıkımını yavaşlatır veya durdurur, üstelik kas fibrillerinin  $Ca^{++}$  bağlanma kapasitesini, dolayısıyla kasların kasılmasını engeller ve sporcunun yorulmasına, hareketlerin istenilen düzeyde yapılmasına engel oluşturur.

Antrenman yüklenmesi, iskelet kaslarındaki aerobik metabolizmanın, enerji gereksinimi karşılayamayacağı kadar artarsa kandaki laktat seviyesi, kas hücrelerindeki laktat üretimi nedeniyle, artma gösterir. Dinlenme sırasında ve 120 Wat'a kadar düşük egzersiz düzeylerinde arterial ve venöz kanda laktat konsantrasyonları eşittir. Daha yüksek egzersiz düzeylerinde arterial laktat konsantrasyonu, venöz laktat konsantrasyonuna göre yükselir, çünkü arterial olarak taşınan laktik asid, egzersize katılmayan kaslarda metebolize olur (6,10,13).

Laktik asid, organizmada zararlı bir ürün olarak görülmemelidir. Kalp kası laktik asidi pirüvik aside çevirerek enerji için kullanma yeteneğine sahiptir. Bu olay büyük ölçüde ağır egzersiz esnasında, iskelet kaslarından kana büyük miktarda laktik asid serbestlendiği zaman gerçekleşir (6). İstirahat halinde aerobi sistem söz konusudur, bu durumda kanda çok az miktarda laktik asid birikimi vardır (100 ml'de 10 mg), kısa süreli yoğun egzersizde laktik asidin kandaki oranı yüksek seviyeye ulaşır, yoğunluk ve yüksek laktat konsantrasyonu egzersizin yavaşlamasına ve ya durmasına neden olur. Laktat konsantrasyonu, 5 dakika veya daha uzun süreli orta şiddetteki egzersiz esnasında, dinlenme düzeyinin ancak 2-3 katı artar (100 ml'de 20-30 mg), o halde yalnız başına laktat artışı yorgunluk olayından sorumlu tutulmamalıdır, glisemi azlığı ve su kaybını da araştırmak gerekir.

(28). Sportif uygulamalarda arterial laktat ölçümü (antrenman yönlendirilmesinde) daha doğru olacaktır

#### 4.1. Egzersiz Sırasında Laktat Üretiminin Düzenlenmesi

Çalışmalar laktat oluşumunun; maksimal ve submaksimal egzersizde NADH'ın ve O<sub>2</sub> kullanımının azalması ile ilgili olduğunu göstermektedir. Düşük şiddetli egzersizde (VO<sub>2</sub> max.%40) kaslarda NADH azalır, yoğun egzersizde (VO<sub>2</sub> max. %75-100) artar, bu solunum zinciri tarafından O<sub>2</sub> kullanımı ile sınırlıdır. Kan ve kasdaki laktat birikimi NADH ile birlikte olur (13,29)

Egzersizin şiddeti, aerobi gücün altında olduğu zaman laktatemi artışını gözlemek olasıdır. O halde LA egzersizin başında, aerobi kaynakların enerji ihtiyacını destekleyemediği zaman üretilmektedir. Bu durumda şayet egzersiz devam ederse laktatemi daha fazla artmaz, azalabilir, bu laktatın oksidasyon yolu ile yeniden kullanmak anlamına gelmektedir. Böylece, yüksek laktat konsantrasyonu sabit bir egzersiz esnasında anaerobi metabolizmanın katılımının belirtisi değildir, fakat sadece egzersizin başında bir miktar anaerobi enerji üretimidir.

Dolayısıyla, teorik olarak O<sub>2</sub>'den yararlanma azalmasıyla laktat üretimi artar, bu iki mekanizma ile olur :

1. Glikoliz hızı artışına bağlı piruvat konsantrasyonunun artması,
2. Sitozolik NADH konsantrasyonunun artması (hipoksiye bağlı mitokondrial NADH'ın artması sekonder olarak gelişir)

Piruvat oluşumu ile eş olarak NADH oluşur. Düşük iş yükünde piruvat oluşumu aynı miktarda piruvatın oksidasyonu ile dengededir. Mitokondrial sistemlerin membranları NADH'a geçirgen değildir, böylece eş miktar döngü sistemlerine nakledilir (13,18)

Egzersizde, kaslardaki laktat/piruvat oranı laktat oluşumunun arttığı durumlarda artar bu da sitozolik NADH konsantrasyonunun arttığını gösterir

Sitozolik NADH ve laktat oluşumunun artması mitokondriye NADH'ın yetersiz taşınmasıyla ortaya çıkar. İzometrik kasılmada NADH, 5 saniyede 2 kat artar. Bu O<sub>2</sub> depolarının hızla tükendiğini gösterir. Kasılma kas yorgunluğuna dek sürerse (laktat artmışsa) sitozolik NADH artmıştır. İnsan kası, değişik metabolik özellikleri gösteren lifler içerir. Kas lif tipine göre NADH durumu da değişebilir. Düşük şiddetli egzersizde (VO<sub>2</sub> max % 40) NADH yalnızca Tip I liflerde artarken, yüksek şiddetli egzersizde ise (% 75-100 VO<sub>2</sub> max) NADH Tip II liflerinde artar, bu O<sub>2</sub> tedarikinin liflere yetmediğini gösterir (12,13,29)

## 5. DAYANIKLILIĞIN BELİRLENMESİNDE, PARAMETRE OLARAK LAKTAT

Laktat tesbiti, anaerobik eşik noktasının saptanması ve dayanıklılık antrenmanının değerlendirilmesine (aerob ve anaerob yüklenmelerin yoğunluğunu belirleme, dolayısıyla de yüklenmeleri yönlendirmeye) olarak sağladığı için önemlidir.

“Dayanıklılık” terimi belirli bir yüklemeye rağmen uzunca bir süre aktiviteyi sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanır. Dayanıklılık, laktat düzeyinde, metabolik adaptasyon (uyum sağlama) süreçlerinin yapısı dahilinde meydana gelen ATP formasyonunun hala yalnızca oksidatif forforilasyon (aerobik degradasyon yöntemi) ile sağlandığı yüklemeye ile karakterize edilir. Bir başka şekilde, aerobik enerjiden kısmi olarak anaerobik enerjiye geçiş olarak bilinir. Daha önce açıklandığı gibi, anaerobik dayanıklılık ise bu laktat konsantrasyonun, 4 mMol/lit' yi aştığı durumdaki yüklemeye şeklinde tanımlanmıştır. Spor hekimliğinde, şu anda, kandaki laktatın optimal antrenman yüklemesini hesaplamasında ya da yönlendirilmesinde kullanılabilecek bir yöntem olduğu konusunda önemli kanıtlar vardır (13,29) Bir başka deyişle, fiziksel egzersiz esnasında, kandaki laktat ne kadar geç yükselirse, enerji temin edici süreçler tarafından aerobik glikoliz o kadar büyük oranda kullanılır. Bu nedenle, dayanıklılık antrenmanının önemli etkilerinden biri de mitokondri sayısı ve

buyukluğunde meydana gelen artıştır Bununla birlikte, performansta istenen, antrenman sporcuyla anaerobik eşik noktası bölgesine ulaştırılacak düzeyde olduğu zaman, gelişme daha etkilidir Bu bölgenin üstünde ya da altında bir antrenman, optimal aerobik adaptasyona ulaşılmasını engeller

Dayanıklılık antrenmanının önemli fizyolojik etkilerinden biri de kardiyovasküler sistem üzerine olmaktadır Kalp, önemli ölçüde, boyutsal ve hacimsel değişikliklere uğramakta ve koroner arterlerin sayısında artma olmaktadır(10) Bu değişiklikler sonucu, bu sistemin çalışma kapasitesinde, üst seviyede bir sporcu ile normal bir kişi arasındaki büyük farklılık ortaya çıkmaktadır Ağır egzersizde, üst düzeydeki sporcunun kalbi dakikada 30-40 lt kan pompalayabilirken, sedanter bir insanın kalbi ise bu durumda ancak dakikada 20 lt kan pompalar İkinci olarak; üst seviyedeki bir sporcu, iskelet kas gücünün yüksek değerdeki aerobik kapasitesini kullanabilir Bu üstünlük, kapillerlerin kas kümesi ve mitokondrinin ortalamasının üstündeki büyüklük ve sayısı ile ilişkilidir (6,7,13)

## MATERYAL ve METOD

Çalışmamıza denek olarak, SDU Eğitim fakultesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümünde okuyan, 14 erkek öğrenci katıldı. Deneklerin yaşları 19-24 arasındaydı (22.07±1.97 yıl). Deneklerin yapılacak işlemler için rızaları alındıktan sonra, alınan anamnez ve yapılan fiziksel muayenelerinde sağlıklı oldukları onaylanarak araştırma protokolleri uygulandı. Denekler elit düzeyde sporcu olmayıp ilgilendikleri spor dalları şu şekilde idi; yedi kişi güreşçi, dört kişi futbolcu, bir kişi atlet, bir kişi hentbolcu, bir kişi tae kwon doçu idi. Araştırma protokollerimiz deneklere uygulanmadan önce önemli kas aktivitelerinden kaçınmaları ve protokol öncesi gecesi iyi bir şekilde dinlenmeleri tavsiye edildi. Deneklere 48 saat ara ile "Wingate anaerobik güç ve kapasite testi"(30) ile "400 m. koşu testi" uygulandı. Denekler her iki testten iki saat önce standart menu içeren hafif bir kahvaltı yaptılar.

Wingate anaerobik güç testi; Monark 814 E marka ergo bisiklette yapılmıştır. Test sırasında deneklere 75 gr/kg'lık bir yük uygulandı. Denek test başlangıcında 60 RPM'de ve 30 Wattlık bir direnç ile 3 dakika ısıtılmıştır. Isınmanın sonunda 75 gr/kg'lık direncin uygulanması ile birlikte test başlamış ve 30 sn süresince deneklerden pedalı olabildiğince hızlı çevirmesi istendi. Bisikletin ön tekerleğine kazandırılan RPM'i (dakikadaki tur sayısı) ölçmek için ışığa duyarlı fotoselli bir takometre kullanıldı. Bisikletin ön tekerleğine bir birinden uzaklığı ¼ birim olan 4 adet reflektör yapıştırıldı. Takometre reflektörlerin hizasına sabitlendi. Bisikletin tekerleği bir tur döndüğünde takometre 4 uyarı alıyor ve aldığı uyarılar arasındaki zamanı ölçerek dakikadaki tur sayısını belirliyordu. Daha sonra elde edilen değerler bir formül yardımı ile kg/Watt cinsinden standart veri haline getirildi.

400 m koşu testinde, deneklerden 400 metre mesafeyi olabildiğince hızlı koşmaları istenmiştir. 400 metre koşu testinden önce tüm denekler 10 dakika süre ile ısıtıldılar ve 4'er kişilik, raslantısal gruplar halinde, 400 metre

testine alındılar Testi uygulayan deneklere sırası ile "yerlerinize, hazır, çık" komutları verilerek test başlatıldı 400 metre koşu mesafeleri el kronometresi ile ölçüldü, sonuçlar saniye ve milisaniye olarak kaydedildi.

Her iki yuklenme protokolünden önce kan ve tükruk numunelerinin tam zamanında alınabilmesi için tüpler hazırlandı Kan örnekleri önceden heparinlenmiş tüpler içine, antekubital venden steril şartlarda alınırken, tükrukler bir küçük cam huni aracılığı ile 5 ml'lik plastik tüplere alındı Kan numunelerinin 10 dakika süreyle, 2000 g'de santrifujlenerek plazmaları ayrıldı. Plazma ve tükruk numuneleri alındıktan kısa bir süre sonra derin dondurucuya konularak, bakılıncaya kadar -65 derecede saklandı

Her iki protokolden önce, denekler dinlenme halinde iken bazal örneklemeleri alındı. Hemen sonra uygulanan yuklenme protokollerinin bitiminin 5 ve 15 dakikalarda ikinci ve üçüncü örneklemeler alındı. Plazma ve tükruklerdeki laktat düzeylerini saptamak için, Laktat PAP enzimatik kitleri (Milchsauvre marka) ile spektrofotometrede (Phlipss UV-nea red marka), 505 nm dalga boyunda köre karşı absorbansları okundu. Standart absorbans ile oranlanarak numunelerin laktat düzeyleri saptanarak, mg/dl şeklinde ifade edildi

Çalışmamızın istatistiksel analizinde, tekrarlayan değerler için Varyans analizi sonrası, eşleştirilmiş t testi, istatistik yöntem olarak seçildi  $P < 0.05$  ve daha küçük değerleri anlamlılık seviyesinde kriter olarak alınarak sonuçlar, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak ifade edildi. Tükruk ve plazma laktatı arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelendi.

## BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

### 1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Araştırmamızda yer alan deneklerin, antrenmen yılları iki ile üç yıl arasında değişen ve değişik spor branşları ile ilgilenen öğrenci gurubundan oluşmuştur. Denekler, düzenli olmayan bir şekilde haftada iki yada üç kez,



doksan dakikayı geçmeyen antrenmanlar yapmaktadırlar. Deneklerin fiziksel özellikleri ve antropometrik ölçüm sonuçları, tablo 1' de gösterilmiştir

## 2. Wingate, Protokol Sonuçları

Wingate protokolu uygulamasından elde edilen RPM' lerin Mc Ardle - Katch formülünde yerine konması sonucu (31), hesaplanan ortalama güç değeri  $8.28 \pm 0.37$ , peak güç değeri  $9.78 \pm 0.95$  kg/Watt bulunmuştur

### 2.1. Wingate, Plazma Laktat Sonuçları

Yapılan ölçümler sonucu, plazma laktat değerleri; bazal  $26.56 \pm 5.32$  mg/dl, yüklenmenin 5 dakikasında  $112.33 \pm 20.32$ , yüklenmenin 15 dakikasında ise  $91.79 \pm 20.38$  olarak bulunmuştur

Plazma laktatının istatistiksel analizinde, bazalden 5 dakikaya ( $p < 0.0001$ ), bazalden 15 dakikaya ( $p < 0.0001$ ) artmış, 5 dakikadan 15 dakikaya doğru ( $p < 0.0001$ ) azalma görülmüştür.

Tablo 1. Deneklerin fiziksel özellikleri ve antropometrik ölçümleri

n= 14	AO	SS	Minumum	Maximum
Yaş	21.714	2.199	18	25
Boy	1.69	0.06	1.62	1.82
Ağırlık	67.57	4.40	59.5	77.5
BMI	23.49	1.91	20.53	26.81
LBW	61.44	3.10	55.35	66.76
% Yağ	8.92	1.85	6.85	13.36

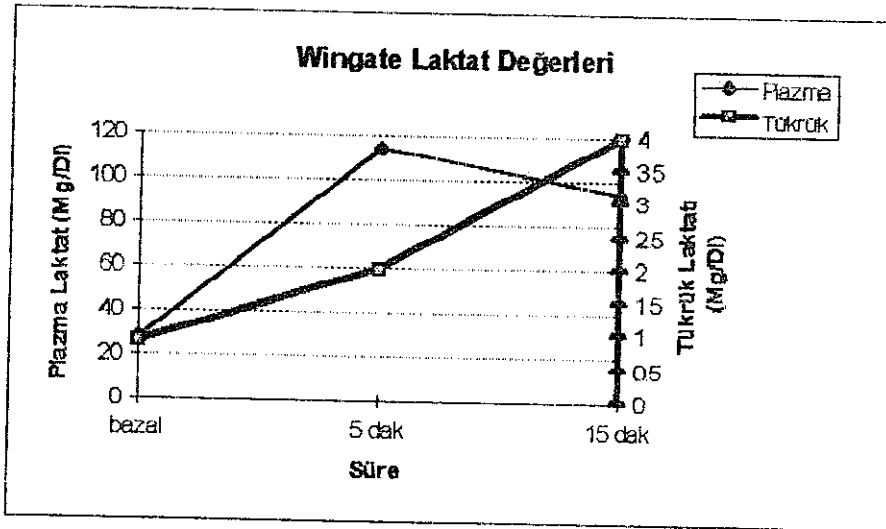
## 2.2. Wingate, Tükürük Laktat Sonuçları

Tükürük laktatı sonuçlarını incelediğimizde; bazal değer  $0.88 \pm 0.67$  mg/dl, yüklenmenin 5. dakikasında  $1.97 \pm 1.51$  mg/dl, yüklenmenin 15 dakikasında  $3.91 \pm 3.01$  mg/dl olarak bulunmuştur.

Wingate, tükürük laktatının istatistiksel analizinde; bazalden 5 dakikaya ( $p < 0.05$ ), bazalden 15 dakikaya ( $p < 0.01$ ) ve 5 dakikadan 15 dakikaya ( $p < 0.05$ ) anlamlı artışlar görülmüştür.

## 2.3. Wingate, Plazma ve Tükürük Karşılaştırılması

Wingate testinde, plazma ve tükürük değerlerini karşılaştırdığımızda; plazma bazal ile tükürük bazal ( $r = 0.39$ ), plazma 15 dakika ile tükürük 15 dakika ( $r = 0.41$ ) arasında anlamlı bir ilişki olmamasına karşı, plazma 5 dakika ile tükürük 5 dakika arasında ( $r = 0.52$ )  $p < 0.05$  orta derecede anlamlı bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.



## 2.4. Ortalama Güç ve Peak Gücü ile Plazma ve Laktat Değerlerinin Karşılaştırılması

Ortalama güç ile, tükürük 5 dakika ( $r = 0.354$ ) ve tükürük 15 dakika ( $r = 0.21$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki

bulunamazken, ortalama güç ile plazma laktatı (5 dakika,  $r=0.643$ ,  $p<0.05$ ), (15 dakika,  $r=0.638$ ,  $p<0.05$ ) arasındaki ilişki anlamlı idi

Benzer şekilde, peak güç değeri ile tükrük 5 dakika ( $r=0.12$ ) ve tükrük 15 dakika ( $r=0.12$ ) değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmamasına karşılık, peak güç değeri ile, plazma 5 dakika ( $r=0.641$ ,  $p<0.05$ ), plazma 15 dakika ( $r=0.65$ ,  $p<0.05$ ) seviyesinde anlamlı bir ilişkinin olduğu saptanmıştır

### 3. 400 m. Koşu Protokol Sonuçları

#### 3.1. 400 m. Koşu Sonuçları

Minimum 61 saniye, maximum 74 saniye koşu süreleri olan deneklerin ( $n=14$ ), 400 m. koşusunda, ortalama koşu süreleri  $66.5 \pm 3.46$  saniye olmuştur

#### 3.2. 400 metre, Plazma Laktat Sonuçları

400 m. koşu testinde; plazma bazal  $29.55 \pm 6.77$  mg/dl, yüklenmenin 5 dakikasında  $116.91 \pm 15.49$  mg/dl, yüklenmenin 15 dakikasında  $106.2 \pm 21.19$  mg/dl değerleri bulunmuştur

Bu testte, plazma laktat değerleri, bazalden 5 dakikaya ( $p<0.01$ ), bazalden 15 dakikaya ( $p<0.01$ ) artış göstermiş, 5 dan 15 dakikaya ( $p<0.03$ ) doğru anlamlı bir azalma görülmüştür

	<u>N=14</u>	<u>Bazal</u>	<u>5.dak.</u>	<u>15.dak.</u>
PLAZMA	400 m.	$29.51 \pm 6.79$	$116.95 \pm 15.44$	$105.94 \pm 20.85$
	Wingate	$26.9 \pm 5.12$	$113.46 \pm 19.79$	$93.8 \pm 21.47$

### 3.3. 400 metre, Tükürük Laktatı Sonuçları

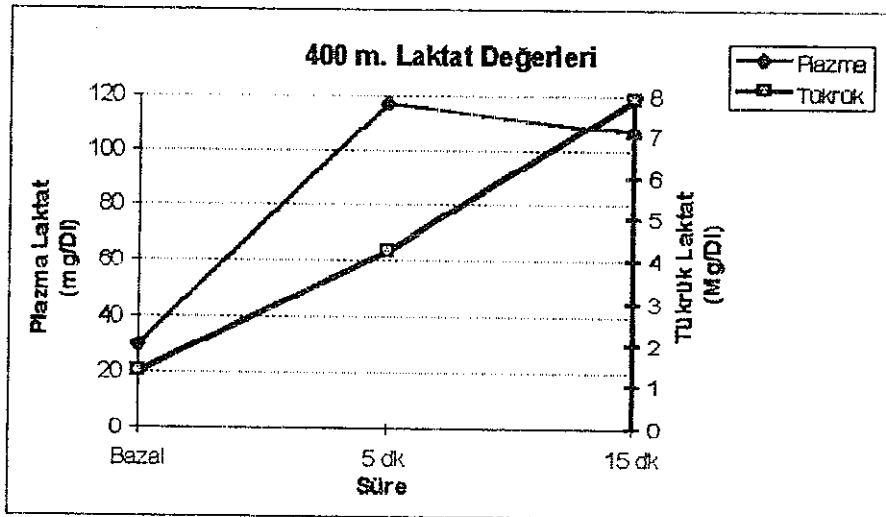
Tükürük laktatı sonuçlarında ise; bazalde  $1.33 \pm 0.75$  mg/dl, yüklenmenin 5. dakikasında  $4.25 \pm 3.90$ , yüklenmenin 15. dakikasında  $7.91 \pm 4.60$  mg/dl değerleri bulunmuştur.

Tükürük laktatı değerleri, bazalden 5. dakikaya ( $p < 0.05$ ), bazalden 15 dakikaya ( $p < 0.01$ ) ve 5 dakikadan 15. dakikaya ( $p < 0.01$ ) anlamlı olarak artış göstermiştir.

	n=14	Bazal	5. dak.	15. dak.
<b>TÜKRÜK Wingate</b>		$0.85 \pm 0.68$	$1.98 \pm 1.51$	$3.98 \pm 3.08$
<b>400 m</b>		$1.33 \pm 0.74$	$4.25 \pm 3.91$	$7.90 \pm 4.61$

### 3.4. 400 m. Koşu Testinde, Plazma - Tükürük Karşılaştırılması

400 m koşu testinde, plazma bazal ile tükürük bazal ( $r=0.35$ ), plazma 5 dakika ile tükürük 5. dakika ( $r=0.012$ ), plazma 15. dakika ile tükürük 15. dakika ( $r=0.14$ ) arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



### 3.5. 400 m. Koşu Sonuçları ile Plazma ve Tükruk Laktat Değerlerinin İlişkisi

Deneklerin, 400 m. koşu sonuçları ile, 5. ve 15. tükruk laktat değerleri arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır ( $r=0.091$ ,  $r=0.021$ ), bunun yanında, plazma laktatları ile anlamlı ilişkiye rastlanmıştır (5. dakikada  $r=0.635$ ,  $p<0.05$ ; 15. dakikada  $r=0.559$ ,  $p<0.05$ ).

## TARTIŞMA

Antrenman biliminde, antrenmanların yönlendirilmesi ve sporcuların performans düzeylerinin saptanması ve gelişimlerinin izlenmesi önemli bir yer teşkil etmektedir. Bunun için, sporcuların, anaerobik eşik değerini tayin etmek yol gösterici olmaktadır. Anaerobik eşik ya da laktat eşiği; artan şiddette egzersiz esnasında, kan laktat birikiminin, dinlenme seviyesinin üzerinde birikmeye başladığı nokta olarak tanımlanır. Anaerobik eşik tayininde, uzun yıllardır yerleşmiş ve güvenilir bir yöntem olarak kan örneklerinden yararlanılır. Ancak bazı araştırmacılar, anaerobik eşiğin biyokimyasal yorumunun kesin olmadığını bu nedenle VAT'ın, max VO<sub>2</sub> ile direkt ilişkisinin olmasından dolayı, egzersizde anaerobik eşik tayini için kullanılmasının daha uygun olacağını savunmaktadırlar.

Yinede, en çok kullanılan , kan laktat ölçümü ile anaerobik eşik tayini, oturmuş ve güvenilir bir yöntemdir. Bu yöntem her ne kadar güvenilir olsa da , travmatik bir girişim olması, sporcuda stres yaratabilmesi, girişimin her sporcu tarafından kolayca kabul görmemesi, örnekleme için steril koşulları gerektirmesi, ekonomik olmayışı, girişim için özel eğitilmiş bir kişinin gerekliliği, zaman kaybettirici olması, işlemin zorluklarından (4). Bununla beraber taşınabilir ölçüm cihazlarıyla bu yöntemin saha sporlarında da uygulanabilirliği gittikçe artmıştır (1,2,5).

Kan laktatına alternatif, daha kolay yöntemlerin arayışı, toplanması kolay olan tükürükteki laktat ölçümünü akla getirmektedir. Tükürük kişinin biyokimyasal, metabolik ve fonksiyonel durumu hakkında bilgi vermesi bakımından güvenilir bir araçtır. Tükürükten alınan örnekte, laktat konsantrasyonunda değişikliklere neden olabilecek kan hücrelerinin bulunmamasından dolayı, örnekler toplandıktan sonra, tükürükteki hücre ve diğer solid yapıların sıvı kısımdan ayrılması, alınan örnekteki laktat düzeyi, bu işlemden 40 gün sonrasına kadar pratik olarak sabit kabul edilir (4,5) Tükük laktat konsantrasyonu, plazmaya göre birkaç kat daha düşüktür, bu değer kulak memesinden alınan değere göre % 15 düşük olarak tespit

edilmiştir. Bununla beraber yüklenmede iş yükünün artmasıyla laktat düzeyindeki artış oranı plazma ile paralellik gösterir, eş zamanda alınan plazma ve tükruk laktat konsantrasyonları arasında iyi bir korrelasyon görülmektedir (4)

Ohkuwa T. ve arkadaşları 9 sprintere bir hafta ara ile iki kere 400 metre koşu testi ve 3000 metre koşu testi uyguladılar, onlar çalışmalarını sonucunda, 3000 metre koşusunda kan ve tükruk laktatı arasında bir ilişki bulamadılar. Çünkü egzersizin şiddeti ve süresi kan ve tükruk laktatını etkilemektedir. Aerobik ortamdaki bir koşu esnasında, laktat üretimi kalp, iskelet kası, karaciğer ve tükruk bezleri tarafından egzersiz esnasında elemine edilmektedir. Kan ve tükruk laktatı, 400 metre koşu sonrasında daha yüksek çıkması, koşucuların ortalama hızlarının yüksek olmasına ve laktik anaerobik kapasitelerini daha fazla kullanması ile ilgilidir. Ayrıca sprinterlerde hızlı kasılan kas liflerinin fazla olmasıyla da ilgilidir, çünkü bu lifler kan laktat düzeyi ile daha yakın ilişki gösterirler ve ağır egzersiz sonrasında glikojeni daha fazla tüketirler, dolayısıyla laktat birikimi daha fazladır(3).

Segura R ve arkadaşları ergobisiklette, üçer dakika aralar ile 9 denek üzerinde, 25 wat'tan 300 wat'a kadar yaptıkları yüklenmeler sonucunda, benzer şekilde sonuçlar buldular (4)

Bu konuda yalnızca iki çalışma yapılmış olması ve bize göre yetersiz kalmaları, bizi bu konuda çalışmaya yönelten neden olmuştur. Her iki grup araştırmacı, çalışmalarını sonucunda, tükruk laktat konsantrasyonunun anaerobik egzersizde sporcuların yüksek laktat üretimini göstermesi açısından güvenilir bir gösterge olduğunu ileri sürmektedirler

Biz, çalışmamızda deneklerimizi anaerobik laktasit ortama sokmak için iki yüklenme protokolu uyguladık, her iki yüklenme protokolünde tükruk ve plazma laktat düzeylerini ölçtük. Wingate, plazma laktat sonuçlarını; bazalde  $26.56 \pm 5.32$  mg/dl, 5. dakikada  $112.33 \pm 20.32$  mg/dl, 15. dakikada

da ise  $91.79 \pm 20.38$  mg/dl olarak bulduk. Wingate, tükürük laktat sonuçlarını ise; bazalde  $0.88 \pm 0.67$  mg/dl, 5 dakikada  $1.97 \pm 1.51$  mg/dl, 15 dakikada  $3.91 \pm 3.01$  mg/dl olarak bulduk. 400 metre koşu testinde; plazma bazalde  $29.55 \pm 6.77$  mg/dl, 5 dakikada  $116.91 \pm 15.49$  mg/dl, 15 dakikada  $106.2 \pm 21.19$  mg/dl olarak tespit ettik. Ohkuwa ve arkadaşları yaptıkları benzer çalışmada, 400 metre plazma laktat zirve noktasını 5 dakikada  $17.26 \pm 1.9$  mMol/l, tükürük laktat zirve noktasını 10-15 dakikada,  $1.58 \pm 0.38$  mMol/l olarak bulmuşlardır (3,4). Biz de çalışmamızda plazma laktat zirve noktasını aynı şekilde 5 dakikada,  $116.91 \pm 15.49$  mg/dl ( $12.9$  mMol), tükürük laktat zirve noktasını 15 dakikada  $7.91 \pm 4.60$  mg/dl ( $0.88$  mMol) olarak bulduk. Yüklenmeler sonrası deneklerimizin plazma laktatları, 5 dakikada, bazal değerlerine göre önemli ölçüde artışlar gösterdi. Anaerobik yüklenmeler sonrası 15 dakikadaki artışların, yine bazal değerlere göre önemli ölçüde yüksek saptanmasına rağmen, 15 dakikada plazma laktat düzeyinin 5 dakikaya göre düştüğü ve bu aradaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiş olması bireylerin toparlanma döneminde olduğunu göstermektedir. Plazma laktat sonuçlarımız deneklerimizde etkin bir anaerobik yüklenme yaptığımızı göstermektedir.

Yaptığımız yüklenmelerde, kan alınmasına eş zamanlı olarak aldığımız tükürük numunelerinden, yaptığımız laktat ölçümü sonucunda, bazale göre 5. ve 15 dakikalarda anlamlı artışlar bulduk. Fakat tükürük laktatında, kan laktatına ters olarak 15 dakikada, 5 dakikaya göre anlamlı yükselme saptadık. Bu durum bize tükürük laktatının zirve noktasının kandan daha sonra görüldüğünü göstermesi bakımından önemli idi.

Tükürük laktatının yüklenmelerle artmasından ziyade, kan laktatı gibi, anaerobik eşik değer hakkında fikir verebilmesi için, kan laktatı ile arasında ilişki olması gereklidir (1,2). Bunu saptamak için kan ve tükürük laktatı arasında ilişkilerin analizini yaptığımızda, bunların Wingate protokolu 5 dakika kan ve tükürük değerlerinde görülen anlamlılık haricinde ( $r=0.528$ ,  $p<0.05$ ), her iki protokolde de bazal, 5 dakika, 15 dakikada anlamlı



olmadığını gördük. Yine her iki protokolde zirve değerleri arasındaki (kan için 5 dakika, tükruk için 15 dakika) ilişkide istatistiksel olarak anlamlı değildi.

Tükruk laktatını anaerobik eşik değer göstergesi olarak kullanılabileceğini ileri süren, diğer iki çalışma (3,4) bizim bulgularımıza ters olarak, kan ve tükruk laktatları arasında anlamlı ilişki olduğunu ifade etmekte ve bu parametrenin anaerobik eşik değer göstergesi olarak kullanılabileceğini iddia etmektedirler. Fakat bizim çalışmamızın daha geniş bir toplulukta yapılmasının yanı sıra, aynı kişilere 48 saat ara ile iki ayrı anaerobik yüklenme yapılması, sonuçlarımızın daha güvenilir olduğu fikrini uyandırmaktadır.

Sonuç olarak, tükruk laktatı ile plazma laktatı anaerobik yüklenmelerde artış göstermelerine karşın, aralarında doğrusal bir ilişki bulunmamasından dolayı, tükruk laktat düzeyini kullanarak kan laktat düzeyine yaklaşım yapmak, bizim bulgularımıza göre, şüphelidir.

## KAYNAKLAR

- 1-Astrand PO, Rodahl K: Textbook of Work Physiology, Physiological Bases of Exercise, McGraw-Hill Company, Third edition, 1986.
- 2- Bishop PA, Smith JF, Kime JC, Mayo JM, Tin YH: Comparison of a manual and an automated enzymatic technique for determining blood lactate concentrations Int J Sports Med., 13(1):36-39, 1991
- 3-Ohkuwa T, Itoh H, Yamazaki Y, Sato Y: Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. Scand J Sci Sports, 5:285-290, 1995.
- 4-Segura R, Javierre C, Ventura JL, Lizarraga MA, Campos B, Gorrido E :A new approach to the assessment of anaerobic metabolism ; measurement of laktate in saliva
- 5-Oroc C.J., Hungson RL , Green HJ., Thomsdn JA; Blood lactate responses in increamental exercise as predictors of constant load performance Eur. J.Appl. Physiol. 59:262-267, 1989
- 6-Monod H., Flandrois R: Physiologie du Sport, Bases physiologiques des activites physiques et sportives, 3 Edition. Mason,1994
- 7-Jack H.Wilmore PhD-David L Costil, PhD: Physiology of Sport and Exercise, 1994
- 8-Brook G A , Brauner , K E & Cassens R G (1973). Glycogen synthesis and metabolism of lactic acid after exercise. American Jurnal of physiology, 224 1162-1166.
- 9-Ferre J , Leroux P.H , Preparation aux Brevets d'Etat d'Educateur Sportif. Tome 1. 1996

10-Guyton A , Hall J E , Medical Physiology, 9 Edition, W B Saunders Company

11-Kom V , PAAVO, Strength and Power in Sport: Billeter R , Hoppeler H. "Muscular Basis of Strength", Volum III of the encyclopoedia of Sports medecine Anloc Meddical Commission Publication in Collaboration With the International Federation

12-Costil, D L & Fox E L(1969). Energetics of Marathon Running Medecine and Science in Sports

13- Reginald L Washington M D , Anaerobic Threshold in Children, 1989, Pediatric Exercise Science, 1(3), pp 244-256

14-Ganon W F: Review of Mediceal Physiology 12 th Edition-Lang Medical Publications, Los Altos, California (1985)

15-Yaşamda ve Hekimlikte Fiziyojji, Noyan A , 8 Baskı, Ocak 1993 Ankara

16-Akgün N , Egzersiz Fiziyojisi, 4. Baskı, T.C. Başbakanlık, Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü Yayını N: 113, 1992

17- Memento de l'Edueateur Sportif (2. Degre), Coordonne par Albertini P , Realisation du Service de Documatation de L'I N S E P. 1986

18-Katz A & Sahlin K , (1990). Rol of oxigen in regulation of glycolysis and lactate production in human skeletal muscle

19-Davis, J A (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research, Medicine and Science in Sports and Exercise 17 6-18

20- Harichaux P , Risbourg B , Freville M , Mauigourd Y: Ancylopedie l'enfant et le sport, Tome 1. 1986 Paris

- 21-Astrand, P.O. (1991). Influence of Scandinavian scientists in exercise physiology. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 1, 3-9.
- 22-Wasserman K, Beaver W L, Davis J A, Pu J, Heber D, Wipp B J  
Lactate/pyruvate ratio during exercise and recovery *J Appy Physiol*  
1985;59;935-40
- 23-Cometti G, Petit G, Micel P Brevet d'Etat d'Educateur Sportif. 1. Et 2.  
Degre: Vigot, 23, rue de l'ecole medecine-75006. Paris 1991.
- 24-Thayson J H., Thon N.A, Schwartz I L., Excretion of sodium, potasium,  
chloroid and carbondioxide in human parotid saliva *Am J Physiol*  
1954;178:155-9
- 25-Muratlı S, Yüksek Lisans Ders Notları. Akdeniz Universitesi Beden  
Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu. 1996
- 26- Kara M, Gökbel H., Anaerobik eşik ve önemi *Spor Hekimliği Dergisi*,  
Cilt: 29, S 161-175, 1994.
- 27-Edington, D.W, & Edgerton, W R (1976) *The Biology of Physical  
activity* Boston: Houghton Mifflin
- 28-Turpin B, *Preparation et entrainement du footballeur*, Edition Amphora  
S.A, 1990
- 29-Harrison, M.H. Effects of thermal stress and exercise on blood volume in  
humens *Physiol Rev.* 65:149, 1985.
- 30-MacDougall J D, Wenger H.A, Green H J: *Physiological Testing of the  
Elite Athlete*, Canada 1982, s:65-66
- 31-Özer K, *Antropometri, Sporda Morfolojik Planlama* İstanbul 1993.