

38082

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KISA SÜRELİ EGZERSİZDE LAKTİK ASİT  
METABOLİZMASI VE TESTOSTERON  
SEVİYELERİ İLE İLİŞKİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Uz.Biyolog Çiğdem KAVUN (DÖLEK)**

**TIP FAKÜLTESİ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

38082

**Danışman  
Doç.Dr. Hakkı GÖKBEL**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**KONYA-1994**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

İÇİNDEKİLER.....	I
KISALTMALAR.....	III
1. GİRİŞ.....	1
2- LİTERATÜR BİLGİ .....	2
2.1. EGZERSİZ .....	2
2.2. EGZERSİZDE ENERJİ METABOLİZMASI .....	2
2.2.1. ENERJİ SİSTEMLERİ.....	3
2.2.2. ANAEROBİK METABOLİZMA.....	7
2.2.2.1. LAKTİK ASİT .....	7
2.2.2.2. EGZERSİZ ESNASINDA LAKTİK ASİT ÜRETİMİNİN DÜZENLENMESİ .....	8
2.2.3. AEROBİK METABOLİZMA .....	10
2.3. EGZERSİZDE HORMONAL DEĞİŞİKLİKLER .....	10
2.3.1. TİROİD HORMONU .....	11
2.3.2. BÜYÜME HORMONU (hGH).....	12
2.3.3. İNSÜLİN VE GLUKAGON .....	12
2.3.4. GLUKOKORTİKOİDLER .....	13
2.3.5. EPİNEFRİN VE NOREPİNEFRİN.....	13
2.3.6. RENİN, ANGIOTENSİN, ALDOSTERON VE ADH (Antidiüretik hormon).....	14
2.3.7. OVER HORMONLARI.....	14
2.3.8. TESTOSTERON .....	14
2.4. ANAEROBİK GÜCÜN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	15
2.4.1. WİNGATE TESTİ.....	16
2.4.2. MARGARİA - KALAMEN TESTİ .....	18
2.4.3. ALAN TESTİ .....	19
2.4.4. DURARAK DİK SIÇRAMA (SARGEANT SIÇRAMA) TESTİ.....	19

3. MATERYAL VE METOT .....	20
3.1. MATERYAL .....	20
3.2. BOY .....	21
3.3. AĞIRLIK .....	21
3.4. KAN BASINCI.....	21
3.5. NABIZ.....	21
3.6. WİNGATE TESTİ.....	21
3.7. BİYOKİMYASAL YÖNTEMLER.....	23
3.7.1. KAN ÖRNEKLERİNİN ALINMASI .....	23
3.7.2. KULLANILAN SOLÜSYON.....	23
3.7.3. CİHAZ VE MALZEMELER .....	23
3.7.4. LAKTİK ASİT TAYİNİ .....	24
3.7.5. TOTAL TESTOSTERON TAYİNİ .....	24
3.8. İSTATİSTİK.....	24
4. BULGULAR .....	26
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	32
5.1. WİNGATE TESTİ SONUÇLARININ TARTIŞILMASI .....	32
5.2. LAKTİK ASİT DEĞERLERİNİN TARTIŞILMASI .....	35
5.3. TESTOSTERON DÜZEYLERİNİN TARTIŞILMASI.....	38
5.4. TESTOSTERONUN ANAEROBİK METABOLİZMA ÜZERİNE ETKİLERİNİN TARTIŞILMASI.....	39
6. ÖZET.....	42
7. SUMMARY .....	43
8. LİTERATÜR.....	44
9. ÖZGEÇMİŞ .....	51
10. TEŞEKKÜR.....	52

**KISALTMALAR**

ADP	: Adenozin difosfat
AMP	: Adenozin monofosfat
ATP	: Adenozin trifosfat
FI	: Yorgunluk indeksi
İDB	: İstirahatte diastolik basıncı
İKH	: İstirahatte kalp hızı
İLA	: İstirahatte laktik asit
İSB	: İstirahatte sistolik basınç
İT	: İstirahatte testosteron
KH	: Kalp hızı
LA	: Laktik asit
MP	: Ortalama güç
PP	: Pik güç
RIA	: Radio immunoassay
T	: Testosteron
TCA	: Trikarboksilik asit
VO <sub>2max</sub>	: Maksimum oksijen tüketimi
WKH	: Wingate sonu kalp hızı
WT	: Wingate testi

## 1. GİRİŞ

Egzersiz ve sporun yararları çok eski zamanlardan beri bilinmektedir. Bugün hala bu konu üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. İnsan sağlığının gelişmesinde çocukluktan puberteye, puberteden gençliğe, gençlikten yaşlılığa kadar düzenli egzersizin önemi büyüktür. Düzenli olarak yapılan egzersiz, bazı hastalıkları önlediği gibi, vücut ağırlığını muhafaza etmede de yararlıdır.

Anaerobik gücün belirli sportif aktivitelerde önemi büyüktür. Kısa sürede büyük miktarlarda enerji serbestleşmesine ihtiyaç gösteren kısa mesafe koşuları, basketbol, futbol ve tenis gibi sporlarda anaerobik yoldan elde edilen enerjiye ihtiyaç vardır.

Bu tip aktivitelerde önemli olan anaerobik kabiliyetleri tayin etmek için kan laktik asit seviyesi, kan pH değişimi, kas lifi tipi ve anaerobik enzim aktivitelerinin tayini gibi çeşitli inzavif tetkikler geliştirilmektedir. Bununla birlikte bu tetkikler kompleks ve pahalı cihazlar gerektiren laboratuvar analizlerine ihtiyaç duyarlar ve pratikteki uygulamaları sınırlıdır. Bu yüzden araştırmacılar laboratuvar ve saha koşullarında uygulanması kolay bir anaerobik test geliştirmeye çalışmaktadırlar.

Günümüzde Wingate anaerobik bisiklet ergometre testi (WT), kişinin maksimal anaerobik güç ve kapasitesini kullanmasını ölçen en güvenilir, uygulaması kolay ve fazla cihaza ihtiyaç duymayan bir testtir.

Testosteronun hayvanlarda kas anaerobik metabolizmasını direkt olarak etkilediği ve maksimal egzersiz sonrası kas laktik asit düzeyleri ile testosteron miktarı arasında ilişki olduğu ileri sürülmektedir.

Bu çalışmanın amacı 13-17 yaşları arasındaki erkek öğrencilerde testosteron düzeyleri ile Wingate testi sonrasındaki kan laktik asit düzeyleri arasında ilişki olup olmadığını araştırmak ve pubertede yüksek testosteronun anaerobik glikoliz ve laktik asit üretiminde artmaya yol açıp açmadığını hakkında bilgi edinmektir.

## 2- LİTERATÜR BİLGİ

### 2.1. EGZERSİZ

Canlı organizmanın en belirgin özelliklerinden birisi olan hareket yeteneği açısından insanoğlu, başka canlılara göre genellikle daha geridedir. Ancak üretken zekası, insanın başarıyı elde etmesini sağlamıştır (1).

Fiziksel egzersiz hayat boyunca yapılabilecek bir aktivitedir. Fiziksel egzersiz esnasında metabolik fonksiyonlarda, sinir, kas, dolaşım ve solunum sistemlerinde uyum meydana gelir. Egzersize adaptasyonda ortam şartları, stres, antrenman, yorgunluk ve sigara, alkol gibi kötü alışkanlıklar önemli rol oynar.

Egzersiz zevk vermekten başka, çevikliğin, uyanıklığın, psişik ve fizik sağlık halinin korunmasına yardım eder. Egzersiz önemli sosyal ve psikolojik etkilere sahiptir, egzersiz eksikliği şişmanlıkta ve bazı hastalıkların (özellikle hipertansiyon, kalp ve damar sistemi bozuklukları) ortaya çıkışında rol oynayabilir (55).

Egzersiz endojen yakıtları büyük miktarlarda harekete geçirmektedir. Egzersiz yapan kas tarafından kullanılan en azından 3 ayrı yakıt vardır: plazma glikozu, yağ asitleri ve kasın endojen glikojeni. Egzersizin erken safhasında (5-10 dakikaya kadar) sarfedilen başlıca yakıt kas glikojenidir. Sonraki yaklaşık 30 dakikada ise artmış kan akımı ile kasa getirilen yakıtlar (plazma glikozu ve yağ asitleri) daha fazla kullanılır. Daha sonra ise glikoz kullanımı azalır ve yağ asitlerinin rolü artar (76).

### 2.2. EGZERSİZDE ENERJİ METABOLİZMASI

İstirahatte vücudun enerji ihtiyacı ATPnin (Adenozin Trifosfat) parçalanmasıyla karşılanır. ATP enerji verici maddelerin oksidasyonu (aerobik metabolizma) ile devamlı olarak yenilenir. Egzersiz esnasında enerji ihtiyacı istirahatte olduğu gibi, ATPden karşılanır. Eğer egzersiz yoğun değilse ATP aerobik metabolizma ile elde edilir ve oksijen kullanımında artma söz konusudur. Aerobik yoldan yeterli miktarda ATP sentezlenemezse gerekli enerjinin bir kısmı anaerobik metabolizma ile temin edilir. Bu durumda anaerobik metabolizma sonucu

teşekkül eden pirüvik asit, laktik aside dönüşür. Bu tip egzersizde oksijen kullanımını egzersizin sonunda yavaş yavaş normale döner (55).

### 2.2.1. ENERJİ SİSTEMLERİ

Organizmada enerji üretimi ile ilgili maddelerden ATPnin sentezlenmesi için devreye giren metabolik olayların temelini enerji sistemleri oluşturmaktadır (18).

İki dakika süren yoğun egzersizde enerjinin yarısı ATP, kreatin fosfat ve laktik asit sistemlerinden gelirken, kalanı aerobik reaksiyonlardan sağlanır. Bu koşullarda, hem aerobik hem de anaerobik metabolizmanın kapasitesinin yüksek olması istenir (49).

#### ATP

İnsan organizmasında yaşam fonksiyonlarının (sinir sistemi fonksiyonları, salgılama, kas kasılması, vb.) oluşabilmesi için, enerji açığa çıkaran kimyasal reaksiyonlara ihtiyaç vardır. Tüm vücut hücrelerinde enerji oluşumu ATP molekülü vasıtasıyla sağlanmaktadır. Hücre içerisinde depo halde bulunan ATP miktarı sınırlı olup bu madde, kişinin günlük aktivitelerinin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak devamlı bir şekilde yenilenmektedir (18). ATP adenin, riboz ve 3 fosfat kökünün birleşmesinden oluşmaktadır. Son 2 fosfat kökü molekülün geri kalan kısmına "yüksek enerji bağları" adı verilen bağlarla birleşmektedir (29). Bu bağ kimyasal olarak parçalandığında ortaya çıkan enerji, açığa çıktığı hücrenin özelliğine göre yaşam fonksiyonlarının yerine getirilmesini sağlamaktadır (18). Bir mol ATP parçalandığında 12 Kcal enerji açığa çıkar. Bir fosfat kökünün ayrılışı ile adenzin difosfat (ADP), ikinci kökün de ayrılışı ile adenzin monofosfat (AMP) oluşur.

ATP bütün hücrelerin sitoplazma ve nükleoplazmasında bulunur ve bütün fizyolojik reaksiyonlar enerjilerini direkt olarak ATPden sağlarlar. ATP ve kreatin fosfat enerjiden zengin fosfojenlerdir ve kaslarda mevcudiyetleri sınırlıdır. Kasal efor esnasında kullanılan ATPnin tekrar oluşumu en iyi aerobik ortamda olur (2).

Bir kg kas kitlesi içinde yaklaşık 5 mmol ATP ve 15 mmol kreatin fosfat depolanır. 70 kg ağırlığında, 30 kg'lık kas kitlesine sahip bir insanda depolanan yüksek enerjili fosfat miktarı 570-690 mmol arasındadır. Egzersiz sırasında 20 kg'lık bir kas kitlesinin aktive olduğunu varsayılırsa depolanan fosfat miktarının 20-30 saniyelik kros koşusu veya 6 saniyelik supramaksimal bir egzersiz için yeterli olduğu görülür (49).

Fosfojenler diğer enerji kaynaklarına oranla organizmada çok az bulunmalarına rağmen çok süratli enerji verirler. Bu yüzden ATP ve kreatin fosfata acil enerji fosfatları adı da verilir. Magnezyum ve kalsiyum iyonlarının varlığında miyozin başı ATPaz özelliği gösterir. Bu enzim ATPnin ADPye yıkılmasında katalizör olarak etki eder ve enerji açığa çıkar. Bu enerji birbirlerine karşı duran aktin ve miyozin filamanları arasında bağlantı kurulmasını sağlar. Bu reaksiyon sonucunda filamanlar birbiri üzerinde kayar ve böylece kas kontraksiyonu meydana gelir. Depolanmış ATPnin tamamı yarım saniyeden kısa zamanda tükenebilir (70).

Kas kreatin fosfat depoları antrenmanla artar. Bazen kasılmada gerekli iyonların konsantrasyonlarında (magnezyum, kalsiyum) da antrenmanla artma görülmektedir (71).

Margaria ve arkadaşları (37) maksimal faaliyetin ilk 8 saniyesinde bütün fosfojenlerin parçalandığını, kullanılan fosfojenlerin yerine konulması için ise 22 saniyeye ihtiyaç olduğunu tesbit etmişlerdir.

Enerji sistemlerinin maksimal güç ve kapasiteleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

TABLO 1-Enerji sistemlerinin maksimal güç ve kapasiteleri (2)

SİSTEM	Maksimal güç (1.dak'da meydana gelen mol ATP)	Maksimal kapasite (mevcut total ATP mol'ü)
Fosfojenler	3.6	0.7
Anaerobik glikoliz	1.6	1.2
Aerobik (sadece glikojenden)	1.0	90.0



## GLİKOJEN

Glikojen, oksijene ihtiyaç göstermeden 2 molekül pirüvik aside kadar parçalanır ve meydana gelen enerji ile 4 molekül ATP sentezlenir. Bunlardan biri aktivasyon enerjisi olarak reaksiyonda kullanılır. Yani sentezlenen net ATP miktarı 3 moleküldür.

Ortamda yeteri kadar oksijen yok ise pirüvik asit trikarboksilik asit döngüsüne girmez ve laktik aside dönüşür. Glikojenin oksijensiz ortamda bu şekilde yıkılarak enerji açığa çıkmasına anaerobik yol denir. Eğer ortamda yeteri kadar oksijen mevcut ise, pirüvik asit trikarboksilik asit döngüsüne girer ve CO<sub>2</sub> ve suya kadar parçalanır. Glikojenin bu tür kullanımına aerobik yol adı verilir. Aerobik yolda bir molekül glikozdan elde edilen enerji ile 40 molekül ATP sentezlenir. Bunlardan biri reaksiyonda kullanıldığından elde edilen net ATP miktarı 39 moleküldür (58).

## OKSİJEN

Enerji veren maddelerin bir kısmının kullanımı oksijene ihtiyaç duymamasına rağmen, yeterli miktarda oksijen gelmediği takdirde kısa bir süre sonra enerji fiziksel aktiviteyi destekleyemez hale gelir. Oksijen kullanımını ile yapılan iş arasındaki ilişki lineerdir.

Bir şahsın çalışma kapasitesini sınırlayan en önemli faktör çalışan kaslara O<sub>2</sub> teminidir ve maksimal oksijen kullanımı (VO<sub>2max</sub>) aerobik gücün en iyi göstergesidir (55).

Egzersiz başında organizmaya giren oksijen miktarı ihtiyacın altındadır. Egzersizin başında görülen bu oksijen eksikliğine oksijen açığı denir. Bunun nedeni egzersizin başında solunum ve dolaşım sistemlerinin egzersizin gerektirdiği ihtiyaca uyum gösterememeleridir. Egzersiz sona erdiği zaman, O<sub>2</sub> alınımı efordan evvelki istirahat düzeyine hemen geri dönmez ve bir süre daha organizmaya ihtiyacın üstünde O<sub>2</sub> alınır. Fazla alınan oksijen miktarına oksijen borcu denir. Eğer şahıs mutedil bir egzersiz yaparsa O<sub>2</sub> açığı görülmeyebilir ve alınan O<sub>2</sub> ihtiyacı karşılar. Eforun tamamen anaerobik yapıldığı egzersizlerde oksijen borcu, oksijen

açığının iki misli kadar olur. Birçok günlük aktivite oksijen borcu meydana getirebilir. Vücut birden harekete geçirildiğinde, bir otobüse yetişmek için hızlı koşulduğunda, merdivenler acele çıkıldığında oksijen borcuna girilir (2).

Özellikle çok şiddetli egzersizden sonra toparlanma eğrileri O<sub>2</sub> borcunun iki önemli özelliğini yansıtır:

1- Eğer önceki egzersiz primer olarak aerobik ise O<sub>2</sub> borcunun yaklaşık yarısı toparlanma döneminin ilk 30 saniyede geri ödenir. Birkaç dakika içinde de toparlanma tamamlanır.

2- Şiddetli egzersizden sonraki toparlanmada laktik asit ve vücut ısısı çok artmıştır. Bu durumda toparlamadaki O<sub>2</sub> tüketiminin hızlı komponentine ek olarak bir de yavaş faz görülür. Egzersiz şiddetine ve süresine bağlı olarak, toparlanmanın bu fazı birkaç saat ile bir gün sürebilir.

O<sub>2</sub> borcu terimi ilk defa Nobel ödülü sahibi Hill tarafından 1922'de ortaya kondu. Hill diğer araştırmacılar gibi egzersiz sırasındaki ve toparlanmadaki enerji metabolizmasını parasal hesap terimleri ile tartıştı. Vücudun karbonhidrat depoları enerji kredilerine benzetildi. O<sub>2</sub> borcunun iki amaca hizmet ettiğine inanılmaktadır:

1- Orijinal karbonhidrat depolarını yeniden kurmak. Bunun için laktik asidin %80'i karaciğerde tekrar glikojene çevrilir.

2- Geri kalan laktik asidi Krebs döngüsü yolunda katabolize etmek.

**ALAKTASİT BORÇ:** Egzersiz sırasında tüketilen yüksek enerjili fosfatlar olan ATP ve kreatin fosfatın yenilenmesi ile ilgilidir. Bu yenilenme için gerekli enerji, toparlanma sırasında besinlerin aerobik yıkılımı ile elde edilir. Toparlanmada oksijenin küçük bir kısmı da miyoglobini doldurmak için kullanılır. Alaktasitten laktasit O<sub>2</sub> borcuna geçme düzeyi şahıstan şahsa, fizyolojik kondisyon düzeyine bağlı olarak değişir. Anaerobik alaktasit kapasite daha ziyade kas kitlesine bağlıdır. Antrenmanla kas kitlesi artırılırsa alaktasit kapasite de artar.

**LAKTASİT BORÇ:** Laktasit oksijen borcunun büyük kısmı karaciğerde laktik asidin glikojene çevrilmesiyle ilgilidir. Kondisyonu yüksek şahıslar daha geç

laktasit oksijen borcuna girerler. Laktasit kapasite yalnız kas kitlesine değil, kasın glikojen içeriğine de bağlıdır (49).

### 2.2.2. ANAEROBİK METABOLİZMA

Yürüme gibi daha uzun bir zaman periyodunda yapılan faaliyetler, enerji üretimi için başlıca oksijen kullanıldığından, aerobik olarak düşünülür. Basketbol, futbol, tenis ve kısa mesafe koşuları gibi faaliyetlerde ise fosfojenleri (ATP ve CP) içine alan anaerobik enerji yolları önemli yer tutar (33). Anaerobik yolla enerji oluşurken, glikozun parçalanması sonucu laktik asit meydana gelmektedir. Bu madde belirli bir süre sonra, anaerobik yolla enerji oluşumunu kimyasal reaksiyonları yavaşlatarak engellemektedir (1). Bu tip aktivitelerde önemli olan anaerobik kabiliyetleri tayin etmek için kan laktik asit seviyesi, kan pH değişimi, kas lifi tipi ve anaerobik enzim aktivitelerinin tayini gibi çeşitli inzavif tetkikler geliştirilmektedir. Bununla birlikte bu tetkikler kompleks ve pahalı cihazlar gerektiren laboratuvar analizlerine ihtiyaç duyarlar ve pratikteki uygulamaları sınırlıdır (74).

#### 2.2.2.1. LAKTİK ASİT

Birçok hastalıkta olduğu gibi sağlam şahıslarda da egzersiz esnasında belirli bir metabolik yüke ulaşıldığı zaman, kasılan kaslarda laktik asidin toplanmaya başladığı görülmüştür. Bunun moleküler oksijenin yokluğuna bağlı olduğu gösterilmiştir. Laktik asit (LA) kolayca diffüze olabilen bir madde olmamasına rağmen, kandaki konsantrasyonu vücudun total laktat muhtevası hakkında bilgi verebilmektedir (39).

Kanda laktik asidin belirlenmesi için kullanılan ilk yöntem 1914 yılında uygulanmıştır (15). Ancak enzimatik yaklaşımların bulunmasına kadar kullanılan yöntemlerin çoğu spesifite ve duyarlılığa sahip değildir (33).

Laktik asidoz güçlü kas egzersizine tipik bir cevaptır (26) ve laktatın metabolik rolüne ilaveten hem kalbe hem de iskelet kasının performansı üzerine etkilerinden dolayı önemlidir. Laktik asidoz dolaşım yetmezliği, şeker hastalığı, karaciğer ve böbrek rahatsızlığı, phenformin ve ethanol gibi ilaçlar ve

toksinlerin kullanımını neticesi görülebilmektedir. Klinik laktik asidozda ölüm oranı %50'den fazladır. Son zamanlarda üzerinde durulan laktik asidoza sebep olan faktör tiamin eksikliğidir. Tiamin eksikliğinin laktik asidozda rol oynadığı, laktik asidozlu hastaların glikoz, NaCl ve B vitamini ihtiva eden sıvı tedavisine hızla cevap vermesinden anlaşılır (33).

Laktik asit vücut sıvılarında doğrudan doğruya laktat şeklinde görülür. Laktik asit 3.7'lik bir pK'a sahiptir ki, yorgun kastan kana geçtiği zaman karşılaştığı sınır olan 6.7 - 7.4'lik pH değerinde %99.5'den daha fazlası ayrılmış demektir (26).

Pinto Riberio ve arkadaşları (66) yaptıkları çalışmalar sonucunda laktik asidin vücuttaki metabolizmasını şöyle anlatmaktadırlar:

1-Şayet vücutta laktat üretimi ve uzaklaştırılması eşit bir hızda ilerlerse LA konsantrasyonu sabit kalır.

2-LA konsantrasyonu istirahat durumundakinden daha yüksek ve sabit olduğu zaman, hem üretimi hem de uzaklaştırılması aynı hızla artmaktadır.

3-Laktat, terle atılan küçük bir miktar dışında, vücuttan pek fazla atılamamaktadır. Bundan dolayı;

4-Laktatın uzaklaştırılması hemen sadece laktatın CO<sub>2</sub> ve suya oksitlenmesine veya laktatın tekrar glikojene dönüşebilmesine bağlıdır.

5-Uzun süren egzersizde glikojenin tekrar senteziyle ilgili en önemli organ olan karaciğere gelen kan miktarı azalmaktadır.

6-Laktatın uzaklaştırılmasının hemen tamamıyla kalpte, iskelet kaslarında, beyin ve böbrekte oluşan komple oksitlenmeye bağlı olduğu düşünülmektedir (66).

#### **2.2.2.2. EGZERSİZ ESNASINDA LAKTİK ASİT ÜRETİMİNİN DÜZENLENMESİ**

Kan laktat düzeyinin artmaya başladığı noktaya anaerobik eşik veya laktat eşiği adı verilir. Anaerobik eşik maksimum oksijen kullanımının % 50-70'ine VO<sub>2max</sub>'a karşılık gelir.Kasın bir bölümü yeterli O<sub>2</sub> alamamakta ve böylece enerji

ihtiyacının bir kısmı anaerobik yoldan karşılanırken laktat üretimi olmaktadır. İzometrik kasılma esnasında kas anoksik olduğu zaman laktat üretiminin ATP oluşumuna katkısı %60 olarak hesaplanmıştır (59).

Laktik asit üretiminin düzenlenmesi birkaç yıldır egzersiz fizyologları ve biyokimyacılar için bir ilgili alanı olmuştur. Bu ilginin bir kısmı laktat birikmesi ile kas yorgunluğu arasındaki yakın ilişkiden kaynaklanır. Uzun süre glikolizin bir indeksi olarak laktat birikimi üzerinde durulmuştur. Mesela, maksimal  $O_2$  kullanımının %40 'ında enerji ihtiyacı glikojenoliz ile karşılanır. Halbuki ne kasılan kasta laktat artışı ne de kastan laktat akışında bir artış meydana gelmektedir. Yani glikoliz hızında artma laktatta artış olmadan meydana gelir; çünkü aynı anda pirüvat oksitlenmesi de eşit hızda artmaktadır (40).

Laktat, glikoz ve glikojen ile metabolik uç ürünleri ( $CO_2$  ve  $H_2O$ ) arasında bir ara üründür. Laktat, doku kompartmanları arasında süratli bir şekilde değişim yapar. Düşük moleküler ağırlıkta olan laktat taşınmak için insüline ihtiyaç göstermez ve kolaylaştırılmış transportla hücre zarından geçer (12).

Sağlıklı ve antrenmansız kişilerde  $VO_{2max}$ 'ın % 55'inden itibaren LA birikimi başlar. Bu birikme LA üretiminin Krebs döngüsünde oksidasyon ve glikoz sentezi ile uzaklaştırılan LA miktarını aşması ile olur. LA birikimi, egzersizin şiddeti arttıkça artar ve kas hücreleri bu ilave enerji ihtiyacını aerobik yolla karşılayamaz olur. Mekanizma antrenmanlı kişilerde de aynıdır, ancak antrenmanlı kişilerde laktat eşiği sporcunun  $VO_{2max}$ 'ının daha yüksek yüzdesindedir. Bu, dayanıklılık sporcusunun genetik yapısına ( kas lifi tipine ) veya antrenmanlarla kazanılan spesifik adaptasyonlara bağlı olabilir.

Laktik asidin egzersiz sırasında ve sonrasında uzaklaştırılma hızı kişiden kişiye farklılık göstermesine rağmen, toparlanmanın belirli zamanında ölçülen kan laktatı kişinin anaerobik kapasitesi hakkında bilgi verir. Kas içi glikojen depolarının antrenman düzeyine bağlı olarak artmış olması anaerobik glikolizin enerji oluşumuna katkısını artırır(49).

### 2.2.3. AEROBİK METABOLİZMA

Aerobik metabolizma, oksijen ortamda bulunduğunda karbonhidrat ve yağların CO<sub>2</sub>'e kadar parçalanmasıyla enerji elde edilmesini sağlamaktadır (4). İstirahatte ve çeşitli egzersizlerde vücudun ihtiyacı olan enerji aerobik metabolizma ile temin edilir. Aerobik metabolizmada glikoz veya glikojen, glikoliz adını alan reaksiyon zinciri ile pirüvik aside çevrilirken, herbir molekül glikoz molekülü için 2 molekül ATP teşekkül eder. Glikoliz sitoplazmada meydana gelir (55). Yeterli oksijen mevcut olduğunda pirüvik asit Asetil CoA'ya dönüşür. Asetil CoA Krebs siklusuna girer ve mitokondride meydana gelen olaylarla asetil CoA, CO<sub>2</sub> ve 2O'ya okside edilir. Başlıca giriş asetil CoA olmasına rağmen, pirüvat da CO<sub>2</sub> alıp oksaloasetat meydana getirerek sıklusa girebilir. TCA (Trikarboksilik asit) siklusu, sitrik asit siklusu adları da verilebilen Krebs siklusu, karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerin oksidatif yıkılımında ortak bir yoldur. Herbir glikoz molekülü için TCA siklusuna iki asetil CoA ve 6H<sub>2</sub>O molekülü girer, bunlar CO<sub>2</sub>, 2CoA molekülü ve 16 H<sup>+</sup> atomuna yıkılır.

Glikozun oksidatif yıkılımında glikoliz sırasında 4, pirüvik asitten CoA oluşumu sırasında 4, TCA siklusunda 16 tane olmak üzere toplam 24 H<sup>+</sup> atomu meydana gelir. Bunlar ikişerli paketler halinde salınırlar. 2OH<sup>+</sup> atomu NAD<sup>+</sup> ile birleşerek solunum zincirine girer ve her 2 H<sup>+</sup> iyonu için 3 molekül ATP meydana gelir. Kalan 4 H<sup>+</sup> atomu NAD<sup>+</sup> ile birleşmeksizin oksidatif süreçlere girer ve 4 ATP elde edilir. Pirüvik aside kadar 2, her dönüşünde 1 olmak üzere TCA siklusunda toplam 2 ATP elde edildiği için, aerobik metabolizmada bir mol glikozdan  $30 + 4 + 2 + 2 = 38$  mol ATP elde edilir. Başlangıç maddesi glikojen ise elde edilen ATP sayısı 39'dur. Aerobik yoldan bir mol palmitik asitin yıkımıyla ise 130 mol ATP elde edilmektedir (58).

### 2.3. EGZERSİZDE HORMONAL DEĞİŞİKLİKLER

Hormonlar endokrin organlar tarafından vücut sıvılarına salınan ve organlarda spesifik etkiler gösteren kimyasal maddelerdir. Endokrin bezlerden

hormon salınımı negatif feed-back mekanizmalarla düzenlenir. Hormonlar değişik mekanizmalarla etki gösterebilmektedirler.

Egzersiz ve yoğun antrenman gibi çeşitli stres durumları hormonal salınımı etkilemekte; artma ya da azalma meydana getirmektedir. Hormonların kan konsantrasyonundaki bu değişiklikler endokrin bezin sekresyon hızının veya klirens hızının değişmesine, ya da hemokonsantrasyona bağlıdır. Örneğin egzersiz esnasında ya da egzersiz sonrasında herhangi bir hormonun plazma konsantrasyonunda artış gözlenirse, bu artışın;

- 1- Sekresyon hızındaki artıştan,
- 2- Hormonun döngü hızının ya da klirensinin azalmasından,
- 3- Egzersiz sırasında vücut sıvısının terle kaybedilmesine bağlı olarak plazma hacmi azalırken relatif olarak hormon konsantrasyonunun artmasından,
- 4- Ya da bu faktörlerin birden fazla kombinasyonundan kaynaklanabileceği düşünülebilir (30).

### 2.3.1. TİROİD HORMONU

Tiroid hormonları beyin, dalak, testis ve akciğer dışında vücudun tüm dokularında metabolik aktiviteyi artırır (30). Tiroid hormonları enerji metabolizmasına, lipid metabolizmasına, protein sentezine, büyümeye, gelişmeye etkili oldukları ve diğer hormonlara sinerjik etkilerde buldukları için fiziksel aktivite ile tiroid fonksiyonları arasındaki ilişki birçok araştırmaya konu olmuştur. Tiroid hormonları bazal metabolizmaya etkilidir (1). Egzersizle dokuların metabolizması arttığı ve tiroid hormonlarında artma da aynı etkiyi gösterdiği için, antrenmanların tiroid fonksiyonlarına, dolayısıyla bazal metabolizmaya etkisinin olup olmadığı araştırılmış ve antrenmanlarla istirahat metabolizmasının değişmediği bulunmuştur. Atletlerde egzersizle T4 (tiroksin) katabolizmasının ve aynı zamanda sekresyonunun arttığı gösterilmiştir. Yani egzersizde hem T4 kullanımı, hem de salgılanması artar (2). Fiziksel antrenman programlarına katılan kişilerde bulunan tiroid hormonu salgılama hızındaki artış, egzersizin TSH (Tiroid stimule edici hormon) seviyelerini artırması ile açıklanabilir (25).

### 2.3.2. BÜYÜME HORMONU (hGH)

Egzersiz şiddeti arttıkça adenohipofizden salgılanan büyüme hormonunun arttığı tespit edilmiştir. Kan büyüme hormonu seviyesinin düzenli yapılan egzersizlerle arttığı ve büyüme hormonundaki bu artışın serbest yağ asit mobilizasyonu ve metabolizmasında önemli rol oynadığı bilinmektedir (30).

Egzersiz büyüme hormonu salınımını artırmaktadır (37). Fakat bazı araştırmacılar büyüme hormonundaki bu artışa egzersizin değil, artan vücut sıcaklığının neden olduğunu belirtmektedirler. Yapılan bir çalışmada egzersizin başlangıcında vücut sıcaklığının artışına paralel olarak büyüme hormonunun konsantrasyonunda da artış olduğu saptanmış, ancak egzersizin sonraki aşamalarında vücut sıcaklığı artmasına rağmen, büyüme hormon konsantrasyonunun azaldığı gözlenmiştir.

Egzersize büyüme hormonu cevabı kişinin antrenman durumuyla yakından ilgilidir:

1- Antrenmanlı kişide büyüme hormonu artışı antrenmansızdakine oranla daha azdır.

2- Yorucu bir egzersizden sonra antrenmanlı kişide büyüme hormon konsantrasyonundaki azalma antrenmansız kişiye oranla daha hızlıdır.

### 2.3.3. İNSÜLİN VE GLUKAGON

Glikoz kana karaciğerden glikojenoliz ve glukoneojenez yolları ile verilir, böylece kasların artan enerji ihtiyacı karşılanır. Karaciğerden kana glikoz verilmesi yetersiz olduğu zaman, egzersizin devam ettirilemediği görülmüştür. Egzersiz esnasında kas kandan glikoz çekip kullandıkça, orantılı bir şekilde karaciğerden kana glikoz geçmeli ve kan glikoz düzeyi düşürülmemelidir. İnsülin ve glukagon karbonhidrat metabolizmasında rol oynayan belli başlı hormonlardır. Egzersiz sırasında hem glikoz, hem de serbest yağ asitleri gereklidir. Bu nedenle insülin seviyesi azalırken glukagon seviyesi yükselir. Kanda insülin azalmasının nedeni alfa-adrenerjik stimülasyona bağlı insülin sekresyonundaki azalmadır (2).



### 2.3.4. GLUKOKORTİKÖİDLER

Böbrek üstü bezinin korteks kısmından salgılanan kortizol, hidrokortizon ve kortikosteron gibi glukokortikoidler, karbonhidrat, lipid ve protein metabolizması ile ilgili hormonlardır.

Egzersizde adrenal korteks cevabı egzersiz tipi ve şiddetine göre değişiklik göstermektedir. Hafif şiddetteki egzersizlerde kan glukokortikoid düzeyi anlamlı bir şekilde değişmez. Eforun şiddeti arttıkça kan glukokortikoid düzeyi artarak karaciğerde glukoneojenez yolu ile glikojen depolarını, lipolizi artırır ve antienflamatuvar etkide bulunur. Glukokortikoid yetersizliği kassal performansı bozar (2).

### 2.3.5. EPİNEFRİN VE NOREPİNEFRİN

Adrenal medulladan salgılanan katekolaminler sempatik sinir sistemine etkileri nedeniyle egzersizde önemli rol oynarlar. Egzersiz şiddeti arttıkça kandaki katekolamin konsantrasyonunda da artış meydana gelir. Egzersiz sırasındaki bu artış erkek ve kadınlarda aynıdır ve sekresyon hızının artmasına bağlıdır. Katekolamin artışı egzersiz performansında önemlidir. Katekolaminler kardiovasküler sistem ve metabolik sistemlere pozitif etkilerde bulunurlar.

Antrenmanlı kişilerde çeşitli şiddetteki egzersizlerde norepinefrin ve epinefrinin daha az arttığı görülmüştür. Antrenmanlı kişilerde submaksimal egzersizde kalp atım sayısının daha az oluşu bunun bir kanıtıdır.

Bisiklet yarışçıları ile sedanter yaşayan kişiler üzerinde bisiklet ergometresiyle yapılan bir çalışmada  $VO_{2max}$ 'ın % 30, 45, 60, 75'inde dört ayrı yük uygulanmıştır. Bu yüklerde gerek epinefrin gerek norepinefrin değerleri, kondisyonları farklı iki şahısta benzer bulunmuştur. Fakat egzersizden özellikle 5 dakika sonra antrenmanlı kişide katekolamin artışının daha az olduğu tesbit edilmiştir (2).

### **2.3.6. RENİN, ANGIOTENSİN, ALDOSTERON VE ADH (Antidiüretik hormon)**

Egzersiz ile adrenal bez korteksinden aldosteron hormonu salınımı ve kan renin aktivitesi artar. Renin aktivitesindeki artma egzersiz şiddeti ile orantılıdır. Hafif egzersizle reninde ya hiç artma olmaz ya da az bir artma görülür. Egzersizde renin-angiotensin-aldosteron sisteminin aktivitesindeki artma homeostazis ile ilgilidir. Nörohipofizden salgılanan ADH da egzersizle artmaktadır. Yani egzersiz vücuttan sodyum ve su atılışını azaltan ve vücut sıvıları dinamiği yönünden homeostazise yardımcı olan hormonların artmasına neden olmaktadır (2).

### **2.3.7. OVER HORMONLARI**

Ovaryumdan salgılanan progesteron ve östrojen egzersiz boyunca artmaktadır. Egzersiz çok şiddetli ise artma daha fazla olur. Yüksek enerji harcayan yüzücü ve koşucularda ilk menstruasyon, sporcu olmayanlara oranla daha geç başlar. Dünya çapındaki jimnastikçilerde puberte başlangıcı genellikle birkaç yıl geç olmaktadır. Menstruasyon yaşındaki gecikmenin egzersiz sırasında artan prolaktin hormonun overlerin olgulaşmasını önlemesine bağlı olduğu savunulmaktadır (30).

### **2.3.8. TESTOSTERON**

Erkeklerde testisler tarafından erkeklik hormonu olarak testosteron ve androstenedion salgılanır. Bunlardan testosteron androstenediona oranla 5 misli daha etkilidir. Testosteronun çoğu karaciğer tarafından inaktif 17- ketosteroidlere dönüştürülür ve idrarla atılır. Androjenler eritropoezi uyarır ve puberte esnasında kanda testosteronun artmasına paralel olarak gerek hemoglobinde, gerek hemotokritte bir artma meydana gelir. Androjenler genellikle anabolik etkilidirler (2).

İnsülin, glukokortikoidler ve testosteron iskelet kası üzerine etkili hormonlardır. Testosteronun en çok göze çarpan etkisi levator ani kası glikojen konsantrasyonundaki artıştır. Diğer kaslarda aynı etkinin daha az olduğu görülmüştür. Gerçekten levator ani kasında testosteron glikojen sentezini doğrudan doğruya uyarırken, diğer iskelet kasları üzerindeki etkisini dolaylı olarak göstermektedir. Her iki durumda da testosteron glikoz fosforilasyonu ve glikojen

sentezinden sorumlu enzimlerin aktivitesini artırarak glikojen içeriğinde artışa neden olmaktadır. Öte yandan kronik iskemi sırasında testosteron Krebs döngüsündeki dehidrogenazların (Örneğin malat dehidrogenaz, süksinat dehidrogenaz gibi) aktivitelerinin azalmasını önler. Ratların gastroknemius ve quadriceps kaslarında testosteronun hem sarkoplazmik hem de miyofibriler protein sentezini ve nukleus RNA polimeraz aktivitesini artırdığı gözlenmiştir.

Androjenler RNA üzerinde etkili olarak protein sentezinin düzenlenmesinde belirgin rol oynarlar. Bu androjenik düzenleme nukleus seviyesinde olur. Diğer yandan testosteronun, enerji sağlayan mekanizmaların substratları ve metabolitleri üzerindeki etkileri yeteri kadar aydınlatılamamıştır. Testosteronun bazı glikolitik ve Krebs döngüsü metabolitlerine, bunlara bağlı aminoasitler ve enerji mediatörlerine olan etkileri incelenmeye başlanmıştır (61).

Birçok çalışma dolaşımdaki testosteron kısa süreli yoğun egzersizle ve daha uzun süreli submaksimal egzersizle arttığını göstermiştir. Özgül seks hormonu bağlayıcı globulinde herhangi bir değişme olmaksızın serbest testosteron konsantrasyonlarının arttığını gösterilmiştir. Testosteron hepatik ve ekstrahepatik mekanizmalar sayesinde kandan uzaklaştırılmaktadır. Egzersizde testosteronun artışı gonadotropin stimülasyonu olmaksızın testikuler üretimin artışına bağlıdır (16). Testosteron artışının adale hipertrofisini kolaylaştırdığı bilinmektedir (78).

#### **2.4. ANAEROBİK GÜCÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**ANAEROBİK GÜÇ:** Bireyin kısa süreli çok şiddetli egzersizlerde kullandığı enerjinin önemli kısmı anaerobik süreçlerden kaynaklanır. Anaerobik güç kısa süreli sürat koşularında, ani hızlanmalarda, uzun bir yarışın bitiminde önemli rol oynar. Anaerobik gücü artıran antrenmanlarda fizyolojik prensip kısa süreli maksimal eforların (10-20 saniye civarında koşulan 100-200 metre koşuları) yapılmasıdır. Anaerobik antrenman, aerobik antrenmana oranla daha yorucu bir antrenman şeklidir (2).

## ANAEROBİK GÜÇ TESTLERİ :

Anaerobik güç, birim zamanda anaerobik yoldan meydana getirilebilen iştir. Anaerobik güç çeşitli spor dallarında zaman zaman kullanılır ve sportif performansta önemlidir. Bireyin ağırlığı anaerobik gücün ölçülmesinde önemli bir faktördür ve testlerde dikkate alınır (2).

Aerobik güç ölçümünden farklı olarak anaerobik güç ve kapasite ölçümünde kullanılan yaygın tek bir anaerobik güç testi bulunmamaktadır (47). Bununla birlikte kişinin maksimum anaerobik gücünü kısmen yansıtan testler vardır (6). Değerli, güvenilir, objektif ve pratik olduğu gösterildiğinden (9,36) Wingate anaerobik bisiklet ergometre testi (WT), anaerobik gücün tayini için kabul gören ve yaygın olarak kullanılan bir teknik olmuştur (7).

Ergometrede mekanik etkinliğin sabit olması şartıyla, enerji ihtiyacı ekstrapolasyonla tahmin edilebilir.  $VO_2$  devamlı şekilde ölçülerek  $O_2$  açığı hesaplanabilir ve anaerobik enerji eldesinin ölçüsü olarak kullanılabilir. Problem, çoğu egzersiz tipinde toplam enerji ihtiyacının yeterli doğrulukta hesaplanamamasıdır. Kas veya kan LA konsantrasyonunun artışı toplam LA üretimi hakkında kantitatif bilgi vermez, zira laktatın dağıldığı toplam vücut sıvısı hacmi bilinemez. Bu, anaerobik gücün en etkin şekilde nasıl antrene edilebileceği düşünüldüğünde, anaerobik güç objektif olarak ölçülemediği için, bir handikaptır.

Bununla birlikte, kişinin maksimal anaerobik gücünü kısmen yansıtan WT, Margaria - Kalamen testi, alan testi, durarak dik sıçrama (Sargeant sıçrama) testi gibi testler bulunmaktadır (6).

### 2.4.1. WİNGATE TESTİ

Günümüzde anaerobik gücü ölçmek için daha çok bisiklet ergometresinde uygulanan testler kullanılmaktadır (77). En yaygın ergometre testi ilk defa 1970 yılında İsrail'de Wingate enstitüsünde geliştirilen Wingate testidir (41). Bu test hem anaerobik performansın ölçülmesinde hem de supramaksimal egzersize cevapların incelenmesinde standart olarak kullanılmaktadır. Bu test Cumming testinin modifiye

edilmiş şeklidir ve şahsın vücut ağırlığına göre tesbit edilmiş bir dirence karşı 30 saniyelik bir supramaksimal bisiklete binme egzersizinden ibarettir (56).

WT, uygulaması basit, ucuz, kolay edinilebilir aletlerle yapılabilen, populasyonun hemen her kesimine uygulanabilen bir testtir. WT alt ekstremitelere olduğu gibi üst ekstremitelere de uygulanabilir.

WT sabit bir yüke karşı 30 saniye süreyle maksimal hızda pedal çevirmeye dayanır (41). Bu kuvvet yüksek bir supramaksimal mekanik güç sağlamak için önceden belirlenmiştir (8).

Bu testin sonucunda üç değer elde edilir.

a) PİK GÜÇ (PP): Test sırasında elde edilen en yüksek mekanik güçtür. Birinci veya ikinci 5 saniyede görülür.

b) ORTALAMA GÜÇ (MP): 30 saniye boyunca sürdürülen ortalama güçtür.

c) YORGUNLUK İNDEKSİ (FI): Test sırasındaki güç azalmasının derecesidir.

Pik gücün alaktik (fosfojen) anaerobik süreçleri; ortalama gücün ise kastaki anaerobik glikolizi gösterdiği kabul edilmektedir. Ayrıca pik güç ekstremiteler kaslarının kısa sürede yüksek mekanik güç üretme yeteneğini, ortalama güç ise bu kasların dayanıklılığını ve yüksek güç çıkışını sürdürebilme yeteneğini gösterir.

En basit şekliyle, WT sadece bir mekanik ergometre ve kronometre ile uygulanabilir ve pedal sayıları gözle sayılabilir. Fakat son yıllarda bazı laboratuvarlar seçtikleri ergometreler ve geliştirdikleri kayıt teknikleri ile testin detaylarını arttırmışlardır. Pedallerin üzerinde üzengilerin olması önemli bir özelliktir. Üzengi varlığında pedal üzerine bütün tur boyunca itme ve çekme kuvvetleri daha kolay uygulanabilmektedir. Üzengi kullanılmadığı takdirde WT'de elde edilen değerler daha düşük çıkmaktadır (44).

Bu testte her denek için, en yüksek PP ve MP değerlerine ulaşabilecekleri yükü ayarlamak çok önemlidir. Genellikle kullanılan direnç 4.41 Joule/ pedal devri/ vücut ağırlığı (kg) veya Monark ve Bodyguard bisiklet ergometreleri için 75 gr/kg vücut ağırlığıdır (24,34,35,41,56,62,64). Bu yükün seçimi genç ve antrenmansız

kişilerden oluşan küçük bir grupta yapılan bir çalışmaya dayanmaktadır. Ancak bu yükün pek çok yetişkin için düşük olduğu görülmüş ve uygulanan yük son yıllarda arttırılmıştır. 86 gr/kg (7), 88 gr/kg (10), 90 gr/kg (14), 95 gr/kg (31), 5.5 kg (34) gibi yükler çeşitli çalışmalarda kullanılmaktadır.

WT nin süresi, Cumming (56) tarafından tanımlanan 30 saniyelik bisiklet ergometre testine dayanmaktadır. Ancak 30 saniyelik sürenin seçiminde asıl belirleyici olan, 30, 45, 60 saniyelik protokollerle yapılan ön gözlemlerin karşılaştırılması olmuştur. Bütün denekler 30 saniye boyunca tüm güçleriyle çalışmışlar, ancak daha uzun testlerde testi tamamlayamama kaygısıyla bütün güçlerini ortaya koymamışlardır. Bu yüzden en uygun test süresinin 30 saniye olduğu kararlaştırılmıştır (8).

WT güvenilir ve geçerli bir test olarak tanımlanmış ve birçok laboratuvar da anaerobik gücün ölçüsü olarak benimsenmiştir. Bu test için gereken toplam enerji sarfiyatının %70-85'i anaerobik kaynaklardan üretilir (56).

#### 2.4.2. MARGARİA - KALAMEN TESTİ

Anaerobik gücü ölçmek için 20 yıldan uzun süredir kullanılan Margaria testi takriben 15 m yükseklikte ve %50 eğimde bir merdivene süratlice tırmanmaya dayanır.

Birey merdiven basamaklarının 6 metre önünde durur. 3. ve 9. basamaklarda bir zaman ölçüsünü harekete geçiren ve durduran plakalar vardır. Birey süratle gelerek 3. basamağa basar. Bu basamaktaki bağlantı yolu ile zaman ölçüsü çalışmaya başlar, kişi daha sonra 9. basamağa sıçrar ve 9. basamakta plaka altındaki bağlantı yolu ile zaman ölçüsü durur. 3. ve 9. basamaklar arasındaki sıçrama zamanı saniye cinsinden bulunur. 3. ve 9. basamaklar arasındaki dik mesafe metre cinsinden bulunur, bireyin ağırlığı da kg cinsinden saptanarak  $P = \text{Ağırlık} \times \text{mesafe} / \text{zaman}$  formülü ile anaerobik güç kgm/saniye cinsinden elde edilir (2).

### 2.4.3. ALAN TESTİ

Şayet Wingate testi veya Margaria-Kalamen testi için gerekli malzeme yok ise, anaerobik güç ölçümü bir şahsın belirli zamanda ulaşacağı mesafeyi ölçerek veya 50 yardalık kısa bir mesafe koşturarak elde edilir (2).

### 2.4.4. DURARAK DİK SIÇRAMA (SARGEANT SIÇRAMA) TESTİ

Yıllarca Sargeant atlama ve ulaşma testi gibi atlama testleri veya durarak uzun atlama, anaerobik gücü ölçmekte kullanılan alan testlerinin müşterek elemanları idi. Çömelmiş pozisyonda iken sıçrayarak alınan yatay mesafeden anaerobik güç hesaplanıyordu. Gücü tam olarak tayin edemedikleri için, bu testler tenkid edilmiştir (2).

Bu anaerobik güç testlerinin fertlerin performansı ölçüleceği zaman güvenilir netice verdiği görülmektedir. Burada 3 sınırlama mevcuttur:

- 1- Bu testler yüksek yoğunlukta egzersizleri kullanır ve bu egzersizleri maksimal gayretle yapmak şahsın motivasyonuna bağlıdır.
- 2- Genellikle bacak kasları kullanılır ve düşük kas gücü değerleri tayin edilir.
- 3- Bu testler özürlü fertlere uygulanamamaktadır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. MATERYAL

Bu çalışma S.Ü. Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvarında gerçekleştirildi. Çalışmada yer alan denek grubu Kaymakamlıklardan ve okul müdürlerinden izin alınarak Konya il merkezindeki okullarda okuyan 13-17 yaşları arasındaki 36 erkek öğrenciden oluşturuldu. Bu öğrenciler fizik muayeneleri normal, hiçbir rahatsızlığı olmayan ve bisiklete binmesini bilen kişilerden seçildi.

Deneklere çalışma hakkında bilgi verildi. Test aşağıdaki kriterlere uyularak uygulandı:

1- Çalışmanın yapılacağı günün bir gün öncesinde yemeklerde (mümkün olduğunca) az değişiklik yapıldı ve testle arası enaz 2,5-3 saat olan hafif ve karbonhidrattan zengin bir yemeğe izin verildi.

2- Testten önceki gün kişi zorlu mental ve fizik egzersizlerden uzak tutuldu, test günü efora başlamadan önce hafif fiziksel veya diğer stresler de ekarte edildi.

3- Test programı kişiye açıklandı. Gürültü, hava cereyanı, sıkışık cadde trafiği manzarası, gereksiz kişilerin varlığı gibi dış uyaranlardan mümkün olduğu kadar kaçınıldı.

4- Teste başlamadan önce kişi enaz 10 dakika oturarak veya yatarak dinlendirildi.

5- Oda ısısı mümkün olduğu kadar 18 ila 22°C arasında tutuldu.

6- Test sırasında kişinin üzerinde mümkün olduğunca az giysi bırakıldı.

7- Test gününde ilaç kullanımından ve kahve, çay gibi uyarıcılardan kaçınıldı (52).

Program katılan bütün denekler için ekte gösterilen protokol kullanılmıştır.



### 3.2. BOY

Boy ölçümü denek ayakta iken tabanlar, kalça ve sırt duvara değecek şekilde çıplak ayakla yapıldı. Duvara çelik metre kullanılarak çizilen milimetrik ölçüm cetveli ile ölçümler gerçekleştirildi.

### 3.3. AĞIRLIK

Ağırlık ölçümünde standart elde taşınabilen baskül kullanıldı. Deneklerin ölçümleri çıplak ayakla ve asgari giysi ile yapıldı. Baskülün yeri sabit tutuldu.

### 3.4. KAN BASINCI

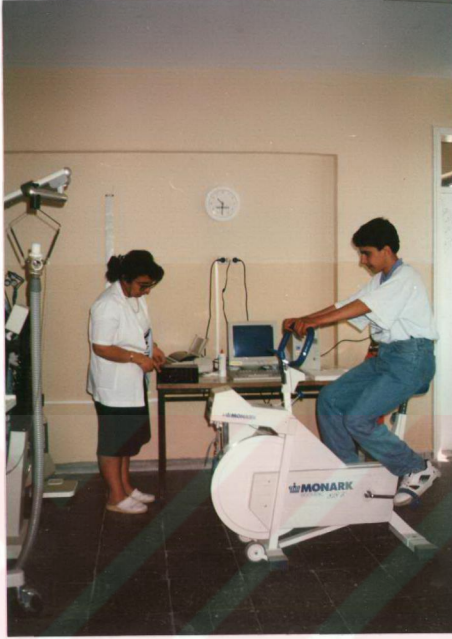
Denekler 10 dakika istirahatten sonra rahat bir durumda sandalyeye oturtuldu. Ölçümler Sensormedics firmasına ait Ergometrics 900 Computer-Ergometer cihazının digital tansiyon aleti ile yapıldı. Sonuçlar sfigmomanometre ve steteskop aracılığı ile yapılan ölçümlerle karşılaştırıldı. Ölçümler bütün şahısların sağ kolundan yapıldı.

### 3.5. NABIZ

Sport tester PE 3000 heart rate meter ile istirahatte ve egzersiz sonrası 1.,3.,5.,10. dakikalarda ölçümler yapıldı.

### 3.6. WİNGATE TESTİ

WT, bir pendulumlu Monark 818 E bisiklet ergometresinde yapıldı. Deneklere 75 gr/kg yük 30 saniye süre ile uygulandı. Pedal hızı özel olarak yaptırılan elektronik bir cihaz aracılığı ile sayıldı. 6 adet üç haneli sayıcı ünitesi bulunan cihaz, test sonunda her bir 5 saniyedeki pedal çevrim sayısını gösteriyordu ve rezolüsyonu 1/12 devir idi. Herbir tam pedal çevrimi ile ergometre tekerleğinin aldığı mesafe 6 metreydi.



*Fotoğrafta Wingate testinin laboratuvarında uygulanışı gösterilmektedir*

75 W yükte 2 dakika ısındırıldıktan sonra deneklerden mümkün olduğu kadar hızlı pedal çevirmeleri istendi ve bu sağlanınca çalışma yükü uygulandı. 30 saniye süresince cihaz aracılığı ile her 5 saniyede çevrilen pedal sayısı kaydedildi ve bu pedal çevrim sayılarından aşağıdaki değerler hesaplandı:

**Pik güç:** 5 saniyelik periyotlardan birinde sağlanan en yüksek güç (W). Bu 5 saniyedeki pedal çevrim sayısını dakikaya çevirmek için, 12 ile, mesafeyle (6 m) ve yükü çarpılır. Elde edilen değer (kpm/dak) 6.12'ye bölünerek watt'a çevrilir.

**Ortalama güç:** 30 saniye süresince oluşturulan ortalama güç (W) = Toplam pedal çevrim sayısı x 2 x 6 x yük / 6.12

**Yorgunluk indeksi:** Pik güçle 5 saniyelik periyotlardan irinde oluşturulan en düşük güç arasındaki farkın pik güce oranı (%).

### **3.7. BİYOKİMYASAL YÖNTEMLER**

#### **3.7.1. KAN ÖRNEKLERİNİN ALINMASI**

Deneklerin antecubital veninden istirahatte ve egzersiz sonrası 1.,3.,5.,10. dakikalarda 3er ml kan alındı. Alınan kanın 2 ml'si total testosteron tayini için düz tüplere kondu. 3000 g'de 10 dakika santrifüj edilerek serumu ayrıldı ve deep freze kondu. Laktik asit tayini için ayrılan 1 ml total kan sodyum fluorür-potasyum okzalatlı tüpe konularak 10 dakika 2000 g'de santrifüj edildi. Plazması bekletilmeden ayrılarak temiz propilenli bir tüpe aktarıldı ve bekletilmeden çalışıldı. Bu plazma -20°C'de 1 ay,2-8°C'de 48 saat stabildir. Numunenin sodyum fluorür-potasyum okzalatlı tüpe aktarılmasındaki amaç fluorürle glikolizi inhibe ederek laktik asit miktarının kan alımından sonra artmasını önlemektir (3,39).

#### **3.7.2. KULLANILAN SOLÜSYON**

Sodyum fluorür-Potasyum okzalat solüsyonu:

10 gr potasyum okzalat ve 10 gr sodyum florür hassas terazide tartılıp distile su ile 100 ml'ye tamamlandı.Bu karışımdan her deney tübüne 100 µl konup 45°C 'de etüvde kurutuldu.Oluşan kristaller spatül ucu ile toz haline getirildi.

#### **3.7.3. CİHAZ VE MALZEMELER**

1-Santrifüj: Medifüj Heraeus Christ marka, Almanya

2-Vorteks: Nüvemiks (Nüve, Türk Malı)

3-Gemstar otoanalizör, Seri no:4156, (Electro Nucleonics International) Fairfield, New Jersey, ABD.

4-Ayarlanabilir otomatik pipetler

5-Delta pipetleme cihazı

6-Gama Sayacı: DPC Gambyte CR, Seri no:95-3/1035, ABD.

7-Termostatlı Su Banyosu: Nüve, Türk Malı

### 3.7.4. LAKTİK ASİT TAYİNİ

Enzimatik metodla çalışılan ticari kit kullanıldı (45).

Prensibi: Laktik asit laktat oksidaz tarafından piruvat ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'e dönüştürülür. Peroksidaz varlığında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kromojen maddelerle reaksiyona girerek renkli bir kompleks oluşturur. Oluşan ürünün renk şiddeti 540 nm'de okunur. 540 nm'deki absorbans artışı laktik asit konsantrasyonu ile doğru orantılıdır.

Laktik asit tayini için 10 µl plazma üzerine 1 ml laktat reaktifi konulup, 37°C'de 10 dakika inkübe edilerek 540 nm'de köre karşı absorbansı okundu.

Hesaplanması: Laktik asit (mg/dl)=NA/SA x 40

Laktik asit (mmol/L)=(NA/SA x 40) x 0.111

(NA=Numunenin absorbansı, SA=Stardartın absorbansı)

### 3.7.5. TOTAL TESTOSTERON TAYİNİ

Ticari kit kullanılarak nükleer biyokimya laboratuvarında RIA metoduyla yapıldı (75).

### 3.8. İSTATİSTİK

Sonuçların istatistiksel analizi Excel 4.0 ve SPSS 5.0 for Windows programları kullanılarak yapıldı. Ortalamalar ve standart sapmalar hesaplandı. Regresyon analizi yapıldı.

**WINGATE TESTİ SONRASINDA LAKTAT VE TESTOSTERON DEĞERLERİ**

Adı soyadı: Tarih:  
 Cinsiyeti: Okulu ve sınıfı: Doğum Tarihi:  
 Spor yapıyorsa türü: Sıklığı (haftada):  
 Yoğunluğu (dakika): Süresi:  
 Sigara içiyorsa sıklığı: Süresi:

Boy (cm)		Ağırlık (kg):
İstirahatte	Nabız:	TA:
	Laktik asit:	Testosteron:
Egzersiz sonrası 1. dak: LA:	Testosteron:	Nabız:
Egzersiz sonrası 3. dak: LA:	Testosteron:	Nabız:
Egzersiz sonrası 5. dak: LA:	Testosteron:	Nabız:
Egzersiz sonrası 10. dak: LA:	Testosteron:	Nabız:

<b><u>WINGATE TESTİ:</u></b>	Uygulanan yük:	Pedal çevrim sayısı:
1. beş saniyede:	2. beş saniyede:	3. beş saniyede:
4. beş saniyede:	5. beş saniyede:	6. beş saniyede:
<b><u>Pik anaerobik güç:</u></b>		
<b><u>Ortalama anaerobik güç:</u></b>		
<b><u>Yorgunluk indeksi:</u></b>		

#### 4. BULGULAR

Bütün deneklere ait değerler tablo 2'de sunulmuştur. Deneklerin fiziksel özellikleri ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde tablo 3'de gösterilmektedir. Çalışmaya katılan deneklerin yaşları  $15.7 \pm 1.3$ , boyları  $167.6 \pm 10.0$  cm ağırlıkları  $56.8 \pm 12.8$  kg, idi. İstirahatteki sistolik basınç değerleri  $117.3 \pm 14.7$  mmHg, diastolik basınç değerleri  $70.8 \pm 13.1$  mmHg, nabız  $83.0 \pm 14.2$  / dakika idi.

WTnden elde edilen güç değerlerinin ve metabolik ölçümlerin sonuçları tablo 4'de sunulmuştur.

LA ve testosteron değerleri tablo 5'de gösterilmiştir. LA değerlerinin egzersizin 3. ve 5. dakikalarında pik yaptığı görülmektedir (sırasıyla  $77.6 \pm 23.1$  mg/dl ve  $77.3 \pm 21.8$  mg/dl) (Şekil 1). Total testosteron ise WT sonrası 1. dakikada en yüksek değere ( $565.6 \pm 151.8$  ng/dl ) sahip idi (Şekil 2).

LA-testosteron değerleri ve WTnde ölçülen değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları tablo 6'da gösterilmiştir. MP ve PP değerleri ile 3. dakikadaki testosteron arasındaki korelasyon katsayısı değerleri sırasıyla 0.37 ve 0.36, 5. dakikadaki testosteron arasındaki korelasyon katsayısı değeri her ikisi için 0.41 bulundu (hepsi için  $p < 0.05$ ). MP ve PP ile 10. dakikadaki testosteron arasındaki korelasyon katsayısı değeri ise 0.45 idi ( $p < 0.01$ ).

1. ve 5.dakikadaki testosteron ile 10. dakikadaki LA arasındaki korelasyon katsayısı değerleri sırasıyla 0.38 ve 0.42 bulundu (her ikisi için  $p < 0.05$ ). 10. dakikadaki testosteron ile 3., 5. ve 10. dakikalardaki LA değerleri arasındaki korelasyon katsayısı değerleri sırasıyla 0.37, 0.35 ve 0.44 bulundu (ilk ikisi için  $p < 0.05$ , 3. için  $p < 0.01$ ).

Kalp hızının istirahat döneminde normal seviyede seyrederken ( $83.0 \pm 14.2$  / dakika), WTnin sonunda  $177.6 \pm 12.8$ 'e çıktığı, daha sonra azalarak egzersizden sonraki 10. dakikada  $107.8 \pm 167$  /dakikaya kadar düştüğü tesbit edilmiştir (Şekil 3).

Tablo 2: 75 gr/kg Yük Uygulanarak Yapılan Wingate Testi Sonucunda Alınan Toplu Sonuçlar

Ad	Yaş	Boy	Ağ	KH	ISB	IDB	ILA	IT	1LA	1T	1KH	3LA	3T	3KH	5LA	5T	5KH	10LA	10T	10KH	Yük	PP	MP	MP/kg	PP/kg	FI	WKH
ese	17.7	174	60	65	144	85	16.8	442.5	78.6	591.7	149	98.8	622.7	140	76.0	618.5	134	93.3	600.0	118	4.5	494.1	427.9	7.1	8.2	19.6	166
mha	17.1	172	72	70	152	90	13.8	565.9	65.5	654.3	152	93.8	620.9	125	99.9	579.5	120	88.0	557.2	105	5.5	577.0	535.6	7.4	8.0	8.4	187
mö	16.8	175	62	80	132	72	17.6	558.2	73.5	587.5	170	108.9	747.6	130	90.0	556.4	120	93.7	569.1	116	4.5	604.4	498.5	8.0	9.7	30.7	184
nt	16.5	183	64	73	131	85	13.4	676.7	85.2	685.2	180	115.0	688.9	146	148.4	815.6	138	152.5	744.9	120	5.0	632.4	490.2	7.7	9.9	41.1	192
hk	16.3	171	50	93	93	63	22.5	426.7	58.6	522.5	144	69.0	430.5	125	81.3	393.9	115	47.8	361.3	112	4.0	470.6	379.1	7.6	9.4	38.3	171
ss	16.1	177	74	82	105	70	18.4	3-3.1	73.9	410.8	169	89.2	379.2	124	119.9	426.2	99	113.2	444.1	101	5.5	588.5	503.3	6.8	8.0	33.3	188
sç	17.0	174	60	62	99	43	11.4	575.9	61.3	622.1	126	63.3	548.8	75	68.8	576.2	66	65.4	557.4	71	4.5	463.2	402.9	6.7	7.7	25.7	145
sgg	16.7	180	58	67	113	64	4.3	552.9	15.6	497.7	118	51.1	506.6	73	68.7	558.2	62	55.6	542.0	85	4.5	489.7	400.0	6.9	8.4	50.5	142
mks	17.8	178	67	78	113	81	5.9	656.5	45.2	700.1	152	105.6	682.1	140	92.2	686.5	123	90.0	710.0	104	5.0	637.3	534.3	8.0	9.5	33.8	180
ma	16.8	180	69	68	97	56	17.2	678.0	59.3	747.2	156	97.8	673.9	114	109.5	707.9	104	87.5	697.6	85	5.0	549.0	489.4	7.1	8.0	25.9	187
sk	15.1	165	65	71	124	70	7.7	497.4	67.0	536.7	172	97.7	593.2	143	93.2	529.1	127	87.9	584.2	112	5.0	568.6	512.3	7.9	8.7	30.2	179
hc	16.1	187	96	82	129	84	13.6	320.3	56.7	411.3	140	85.6	378.9	110	90.2	369.3	110	89.6	297.1	104	7.0	569.6	483.8	5.0	5.9	45.8	163
muo	14.6	164	54	76	119	58	15.9	434.0	47.9	510.8	144	69.1	450.3	115	63.8	474.1	113	55.0	491.1	105	4.0	376.5	342.5	6.3	7.0	27.1	189
ag	17.7	161	49	97	118	55	11.4	643.7	54.6	681.7	184	87.1	640.3	153	75.8	685.1	143	69.0	680.7	141	3.5	404.9	366.6	7.5	8.3	19.5	197
aç	15.0	166	56	87	124	58	7.5	723.1	59.7	726.4	122	131.0	692.4	116	86.2	711.1	108	83.9	693.1	110	4.0	505.9	431.4	7.7	9.0	28.7	186
mo	16.3	175	55	97	105	65	3.5	733.7	25.1	770.1	148	40.2	715.8	109	51.6	740.2	111	53.5	613.6	98	4.0	462.8	382.4	7.0	8.4	39.8	159
yb	16.7	161	45	78	125	76	6.2	553.2	70.0	627.4	121	61.4	550.6	105	54.6	513.0	104	51.3	497.7	101	3.5	556.9	319.7	7.1	12.4	23.1	171
oe	16.1	165	54	67	128	67	6.3	716.9	43.7	726.8	150	70.1	747.9	127	74.4	715.4	121	59.5	415.3	124	4.0	423.4	371.2	6.9	7.8	29.4	183
va	15.3	164	64	77	119	91	20.4	504.9	113.6	448.6	163	116.2	436.1	133	99.5	470.9	123	92.4	390.9	117	5.0	602.9	486.9	7.6	9.4	39.0	168
mb	13.8	160	45	94	121	84	13.9	560.6	53.1	517.9	163	76.2	515.8	133	60.2	539.2	128	58.4	506.4	94	3.5	346.6	290.0	6.4	7.7	30.7	168
ms	17.1	150	37	119	111	59	10.2	393.3	55.0	419.7	184	70.7	367.9	147	69.6	435.7	125	62.4	425.9	135	3.0	282.4	233.3	6.3	7.6	33.3	201
öb	13.8	164	51	93	133	86	16.4	357.5	39.6	399.8	155	50.7	419.3	128	51.8	440.4	131	56.9	408.6	124	4.0	380.4	300.7	5.9	7.5	35.1	171
it	16.2	171	53	76	101	52	4.0	492.9	53.5	568.9	154	74.0	545.3	103	59.2	518.2	95	58.2	589.8	83	4.0	450.1	363.4	6.9	8.5	48.7	169
tk	14.0	157	43	107	110	80	5.2	337.7	33.8	425.2	174	51.3	403.3	146	64.3	379.9	138	59.8	377.6	128	3.0	297.1	263.7	6.1	6.9	24.8	180
ha	14.0	139	30	75	129	58	8.4	251.2	35.4	241.8	133	42.8	258.7	114	45.7	250.9	105	38.2	248.7	118	2.0	196.1	180.4	6.0	6.5	23.0	172
as	14.0	160	46	98	116	72	15.8	604.1	64.2	694.0	172	66.8	626.9	114	67.3	580.3	143	63.6	676.6	139	3.5	374.0	332.8	7.2	8.1	25.7	188
as	14.0	166	53	64	99	83	13.0	350.9	61.8	312.5	141	64.7	320.7	105	70.7	323.5	112	62.8	274.4	113	4.0	372.5	318.3	6.0	7.0	27.4	177
rs	14.0	170	50	86	113	76	12.3	621.4	46.1	716.0	163	64.4	798.9	145	71.5	720.1	112	77.8	655.9	113	4.0	435.3	381.7	7.6	8.7	30.6	181
ake	16.0	166	50	100	139	88	10.3	362.7	51.8	400.8	165	62.9	403.9	129	70.8	379.0	110	60.9	458.3	116	4.0	380.4	335.3	6.7	7.6	21.6	181
sh	15.7	178	69	75	110	63	11.8	707.8	65.7	681.9	165	67.2	646.9	133	91.2	739.4	83	87.2	685.6	78	5.0	691.2	526.1	7.6	10.0	44.0	175
ays	16.5	174	66	65	119	50	15.8	526.0	83.4	540.7	143	110.1	435.9	125	97.0	521.4	110	86.3	418.3	89	5.0	593.1	517.2	7.8	9.0	30.6	180
oc	15.0	169	49	101	120	61	12.3	492.1	55.6	430.2	137	63.9	452.5	126	78.1	444.5	97	59.1	435.3	106	3.5	411.8	359.2	7.3	8.4	30.8	174
mç	15.8	163	80	94	117	95	6.7	602.6	62.4	544.8	135	68.7	687.7	117	54.9	590.4	89	50.7	362.7	107	6.0	400.0	349.0	4.4	5.0	23.5	178
rü	14.6	159	44	75	93	68	13.2	419.3	71.2	403.6	167	68.7	687.7	117	54.9	590.4	89	50.7	362.7	107	6.0	400.0	349.0	4.4	5.0	23.5	178
mb	13.8	148	42	90	90	72	8.1	861.2	36.2	889.9	132	42.6	687.2	94	39.3	656.5	95	42.6	687.2	84	3.0	270.6	242.6	5.8	6.4	26.1	172
Ort.	15.7	167.8	56.8	83.0	117.3	70.8	11.7	528.4	58.6	565.6	153.3	77.6	543.8	122.6	77.3	547.5	112.4	73.5	510.9	107.8	4.3	465.6	391.4	6.9	8.2	30.9	177.6
SS	1.3	10.0	12.8	14.2	14.7	13.1	4.9	141.5	18.7	151.6	16.2	23.1	140.1	18.4	21.8	138.5	18.9	22.1	134.1	16.7	1.0	115.9	94.0	0.8	1.4	4.0	12.8
min	13.8	139	30	62	90	43	3.5	251.2	15.6	241.8	118	40.2	258.7	73	39.3	250.9	62	38.2	248.7	71	2.0	196.1	180.4	4.4	5.0	8.4	142
max	17.8	187	96	119	152	95	22.5	681.2	113.6	889.9	184	116.2	798.9	153	148.4	815.6	143	132.5	744.9	141	7.0	691.2	535.6	8.0	12.4	50.5	201

**Tablo 3: Deneklerin Fiziksel Özellikleri (n = 36)**

	Yaş (yıl)	Boy (cm)	Ağırlık (kg)
Ortalama	15.7	167.8	56.8
Standart sapma	1.3	10.0	12.8

**Tablo 4: Wingate Testi Sonuçları (n = 36)**

	PP		MP		Yük (kg)	FI	WKH (dakikada)
	W	W/kg	W	W/kg			
Ortalama	465.6	8.2	391.4	6.9	4.3	30.9	177.6
Standart sapma	115.9	1.4	94.0	0.8	1.0	9.0	12.8

**Tablo 5: İstirahatte ve Wingate Testi Sonrasında Laktik Asit, Testosteron ve Kalp Hızı Değerleri (n = 36)**

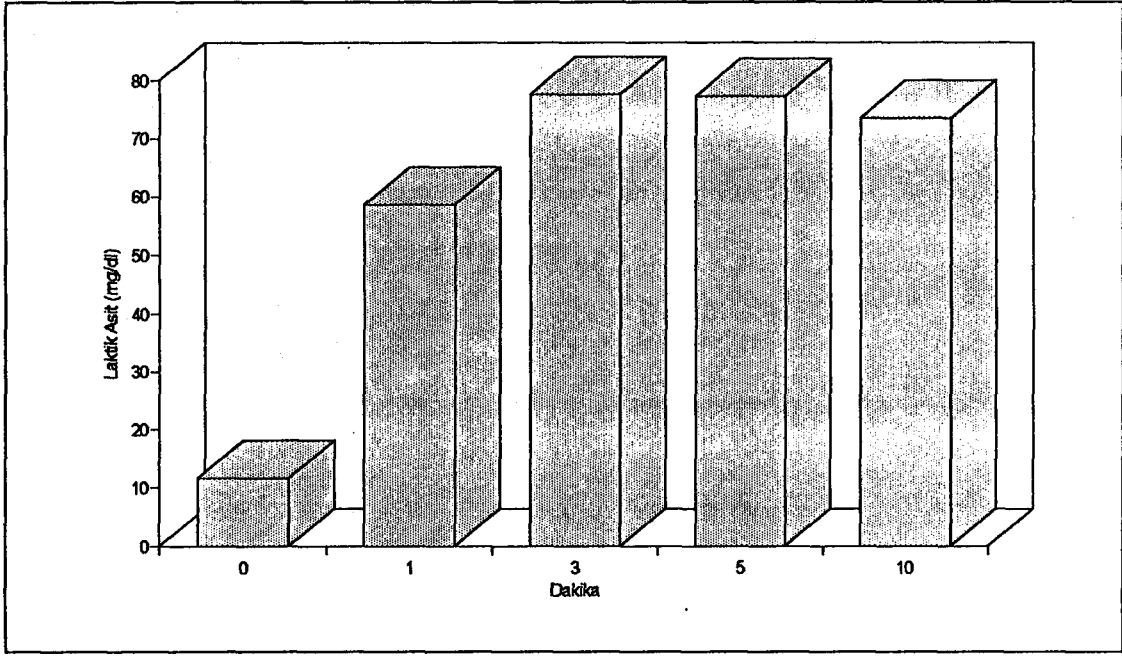
	Laktik Asit (mg/dl)	Total Testosteron (ng/dl)	Kalp Hızı (dakikada)
İstirahatte	11.7±4.9	528.4±141.5	83.0±14.2
1. dakikada	58.6±18.7	565.6±151.8	153.8±18.2
3. dakikada	77.6±23.1	543.8±140.1	122.6±18.4
5. dakikada	77.3±21.8	547.5±138.5	112.4±18.9
10. dakikada	73.5±22.1	510.9±134.1	107.8±16.7



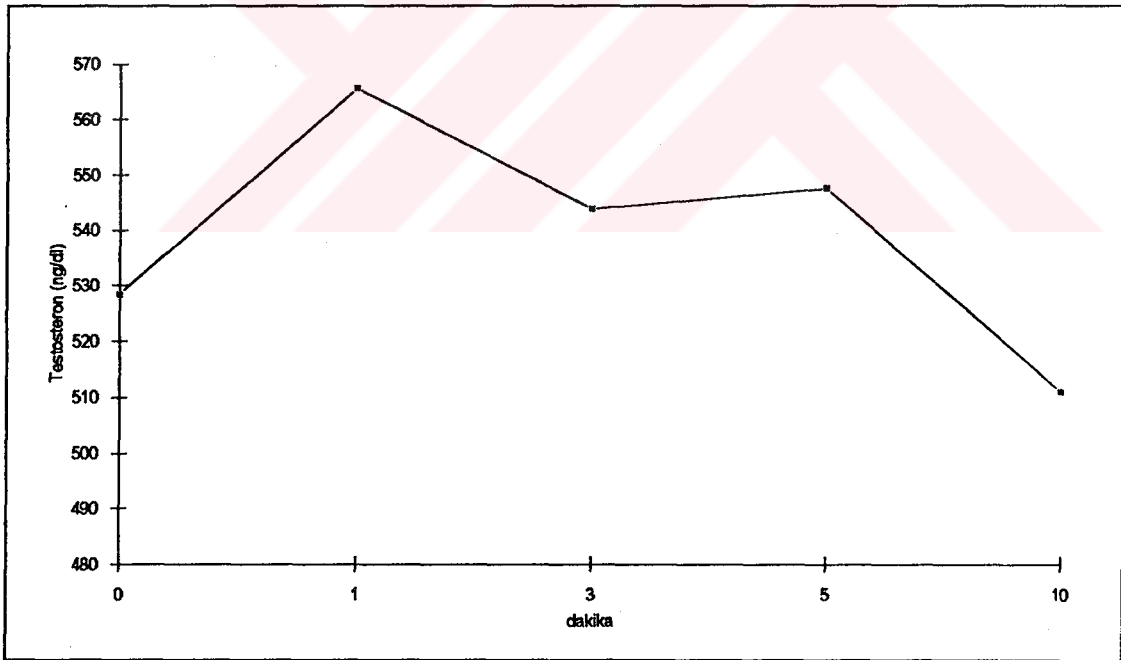
Tablo 6: Laktik asit, testosteron ve Wingate testinde ölçülen değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları

	İLA	İT	İLA	İT	3LA	3T	5LA	5T	10LA	10T	PP	MP	FI	WKH
İLA	1.00													
İT	-0.27	1.00												
1LA	0.58***	-0.07	1.00											
1T	-0.18	0.92***	-0.02	1.00										
3LA	0.36*	0.17	0.71***	0.22	1.00									
3T	-0.19	0.86***	-0.24	0.90***	0.26	1.00								
5LA	0.43**	0.08	0.58***	0.20	0.75***	0.17	1.00							
5T	-0.21	0.90***	0.01	0.92***	0.29	0.92***	0.27	1.00						
10LA	0.34*	0.27	0.60**	0.38*	0.75***	0.33	0.91***	0.42*	1.00					
10T	-0.11	0.76***	0.03	0.84***	0.37*	0.83***	0.35*	0.85***	0.44**	1.00				
PP	0.24	0.27	0.52***	0.32	0.66***	0.36*	0.74*	0.41*	0.71***	0.45**	1.00			
MP	0.28	0.26	0.49**	0.32	0.72***	0.37*	0.79***	0.41*	0.74***	0.45**	0.94***	1.00		
FI	-0.07	-0.01	-0.09	-0.07	-0.03	-0.05	0.14	0.08	0.12	0.02	0.28	0.15	1.00	
WKH	0.26	0.01	0.44**	0.09	0.44**	0.09	0.37*	0.09	0.34*	0.14	-0.01	-0.06	0.35*	1.00

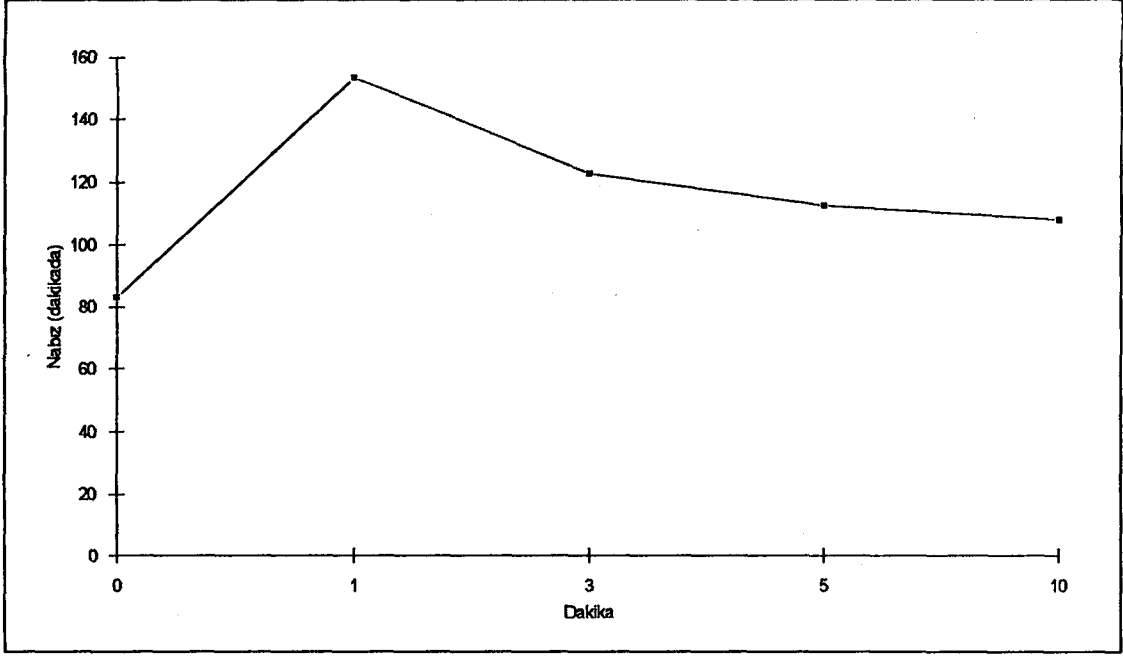
\* P&lt;0.05, \*\* P&lt;0.01, \*\*\* P&lt;0.001 (n=36)



Şekil 1: İstirahatte ve Wingate Testi Sonrasında Laktik Asit Değerleri



Şekil 2: İstirahatte ve Wingate Testi Sonrasında Testosteron Düzeyleri



Şekil 3: İstirahatte ve Wingate Testi Sonrasında Nabız Değerleri

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. WINGATE TESTİ SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

WT için orijinal olarak ileri sürülen yük, vücut ağırlığının kg.ı başına 75 gr.dır. Bu yük antrenmansız gençlerden oluşan küçük bir grup üzerinde yapılan bir çalışmaya dayanılarak tesbit edilmiştir (8). Bu çalışmada da deneklere 75 gr/kg yük uygulanmıştır.

Bu çalışmada Wingate testi sonucunda PP  $465.6 \pm 115.9$  W ( $8.2 \pm 1.4$  W/kg), MP  $391.4 \pm 94.0$  W ( $6.9 \pm 0.8$  W/kg), FI %  $30.9 \pm 9.0$  bulunmuştur.

Tharp ve arkadaşları (74) 10-15 yaşlarındaki 56 erkek çocukta 75 gr/kg yük kullanarak yaptıkları çalışmada PP<sub>1</sub>  $448.6 \pm 143.3$  W ( $9.1 \pm 1.2$  W/kg), MP<sub>1</sub>  $379.6 \pm 113.2$  W ( $7.7 \pm 1.0$  W/kg) bulmuşlardır.

Horswill ve arkadaşları (35) 14-18 yaşlarındaki 18 erkek nonelit güreşçide 75 gr/kg yük kullanarak yaptıkları çalışmada MP<sub>1</sub>  $467.1 \pm 28.6$  W ( $7.4 \pm 0.3$  W/kg), PP<sub>1</sub>  $569.4 \pm 39.8$  W ( $16.8 \pm 1.1$  W/kg), FIni %  $32.5 \pm 2.6$  bulmuşlardır. Deneklerinin yaşı Horswill ve arkadaşlarının çalışmasındaki deneklerin yaşları ile aynı olan bu çalışmada bulunan MP ve PP değerleri daha düşüktür. Aradaki fark kısmen Horswill ve arkadaşlarının deneklerinin sporcu olmasına bağlanabilir.

Patton ve Duggan (63) 13 sağlıklı askere (  $25.3 \pm 4.6$  yaş ) 75 gr/kg yük uyguladıkları çalışmalarında PP<sub>1</sub>  $800 \pm 73$  W ( $10.3 \pm 0.9$  W/kg), MP<sub>1</sub>  $622 \pm 53$  ( $7.9 \pm 0.7$  W/kg), FInin %  $13.2 \pm 2.9$  olduğunu bulmuşlardır.

Goslin ve Graham (27) 9 erkek ve 5 kadına 75 gr/kg yük uygulayarak yaptıkları çalışma sonucunda PP<sub>1</sub>  $653 \pm 40$  W ( $9.1 \pm 0.3$  W/kg), MP<sub>1</sub>  $543 \pm 32$  ( $7.5 \pm 0.3$  W/kg), FInı %  $34 \pm 2$  bulmuşlardır.

Meshil ve arkadaşları (54) 19 kişiye ( $26.1 \pm 5.9$  yaş) 100 gr/kg yük uygulayarak yaptıkları WT<sub>i</sub> sonunda PP<sub>1</sub>  $897 \pm 2.1$  W olarak saptamışlardır.

Baltzopoulos ve arkadaşları (7) 8 sağlıklı aktif erkekte ( $20.8 \pm 1.8$  yaş ) 86 gr/kg yük uygulayarak PP<sub>1</sub>  $957.0 \pm 111.8$  W ( $12.9 \pm 0.9$  W/kg), Hackney ve arkadaşları (31) 18-28 yaşlarındaki 62 Amerikalı denizcide 95 gr/kg yükte MP<sub>1</sub>

8.6±0.2 W/kg, PP<sub>1</sub> 11.8±0.2 W/kg bulmuşlar, askeri operasyonlardan sonra bu değerlerin azaldığını ve bu azalmanın soğukta daha belirgin olduğunu göstermişlerdir. Fİnde ise azalma meydana gelmemiştir.

Scott ve arkadaşları (69) 4 gönüllü üzerinde (yaş 24.3±2.8) 90 gr/kg yük kullanarak yaptıkları çalışmada PP<sub>1</sub> 13.3±1.1 W/kg bulmuşlardır.

Bedu ve arkadaşları (11) 27.9±3.4 yaşlarındaki 12 gönüllüye 75 gr/kg yük uygulayarak yaptıkları çalışmada ortalama PP değerini 10.8±1.1 W/kg, MP değerini 6.7±0.9 W/kg bulmuşlardır.

Gökbel ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada (28) 20.3±1.2 yaşlarındaki 35 gönüllüde 75 gr/kg yükte PP<sub>1</sub> 550.8±100.0 W (7.9±1.2 W/kg), MP<sub>1</sub> 465.7±76.2 W (6.7±0.9 W/kg), Fİ'nin % 31.0±11.2 olduğu bulunmuştur. Bu çalışma ile Gökbel ve arkadaşlarının çalışmasındaki Fİ, vücut ağırlığına göre hesaplanan PP ve MP değerleri oldukça yakındır.

Maud ve Shultz (48) 18-28 yaşlarındaki 60 erkekte 75 gr/kg yük kullanarak yaptıkları çalışmada MP<sub>1</sub> 562.7±66.7 W (7.3±0.9 W/kg), PP<sub>1</sub> 699.5±94.7 W (9.2±1.4 W/kg), Fİnin %37.7±9.9 olduğunu göstermişlerdir.

Murphy ve arkadaşları (56) 25.1±8.8 yaşlarındaki 19 erkek üzerinde 75 gr/kg yük kullanarak yaptıkları çalışmada PP<sub>1</sub> 770±94 W (10.3±1.1 W/kg), MP<sub>1</sub> 555±89 W (7.3±0.9 W/kg), Fİ'nin %16.3±3.4 olduğunu göstermişlerdir.

Foster ve arkadaşları (23) 25.8±5.4 yaşlarındaki antrenmanlı kişilere 95 gr/kg yük uyguladıklarında MP<sub>1</sub> 9.0±1.4 W/kg bulmuşlardır.

Rodgers ve arkadaşları (68) ısınma protokolunun MP, PP ve Fİni etkilemediğini göstermişlerdir.

Nebelcisk-Gullet ve arkadaşları (57) fiziksel açıdan aktif 25 kadına (19-20 yaş) 75 gr/kg yük uygulayarak MP<sub>1</sub> 438±61 W (7.2±0.7 W/kg) bulmuşlardır.

Tablo 7: Değişik çalışmalarda erkeklerde elde edilen WT değerleri

n	Özellik	Yük (gr/kg)	PP (W)	PP/kg (W/kg)	MP (W)	MP/kg (W/kg)	FI (%)	Kaynak
12	aktif genç	EQ	859±92		667±53		41.5±7.7	24
8	aktif gönüllü	86	957±112	12.9±0.9				7
14	genç sporcu	75	653±40	9.1±0.3	543±32	7.5±0.3	34.0±2.0	27
62	denizci	95	898±42	11.8±0.2	652±30	8.6±0.2		31
18	14-18 yaş elit güreşçi	75	673±31		540±27	8.6±0.2	36.7±2.5	35
18	14-18 yaş non-elit güreşçi	75	569±40	16.8±1.1	467±29	7.4±0.3	32.5±2.6	35
19	aktif gönüllü	75	770±94	10.3±1.1	555±89	7.3±0.9		56
19	aktif gönüllü	95	888±114	11.8±1.4	627±87	8.4±0.9		56
13	aktif asker	75	800±73	10.3±0.9	622±53	7.9±0.7	13.2±2.9	63
10	biatloncu	75	782±50	11.3±0.8	651±74	9.2±0.3		63
14	asker	75	783±85	10.3±0.9	611±57	8.0±0.7	39.5±7.6	62
13	genç hokeyci	75	950±40	11.5±4.0	678±54	8.9±0.3		72
9	aktif sporcu	100				9.8±0.8		77
12	aktif gönüllü	75		10.6±0.6		8.2±0.4		50
60	aktif gönüllü	75	700±95	9.2±1.4	563±67	7.3±0.9	37.7±9.9	48
35	sedanter öğrenci	75	551±100	7.9±1.2	466±76	6.7±0.9	31.0±11.2	28
56	10-15 yaşlarında gönüllü	75	448.6±143.3	9.1±1.2	379.6±113.2	7.77±10		74
19	gönüllü	100	897±2.1					54
4	gönüllü	90		13.3±1.1				69
12	gönüllü	75		10.8±1.1		6.7±0.9		11
10	antrenmanlı kişi	95				9.0±1.4		23
36	13-17 yaş sağlıklı öğrenci	75	465.6±115.9	8.2±1.4	391.4±94.0	6.9±0.8	30.9±9.0	bu çalışma

EQ: Evans-Quinney formülüne göre hesaplanmış yük.

Görüldüğü gibi yaş ve vücut ağırlığı faktörleri dikkate alındığında bile, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, yurtdışı çalışmalarda elde edilenlere göre daha düşüktür. Fakat WT değerlerinin aynı özelliklere sahip yabancılara göre düşük oluşu sadece bu çalışma için değil, Gökbel ve arkadaşlarının çalışması (28) gibi ülkemizde yapılan diğer çalışmalar için de geçerlidir.

Bar-Or'un (8) belirttiğine göre en yüksek ortalama gücü sağlayan pedal hızı dakikada 100-110' dur. Bu çalışmada elde edilen pedal çevrim sayıları (75 gr/kg yükte  $90.6 \pm 10.8$ , 96 gr/kg yükte  $77.4 \pm 10.8$ ) belirtilen ideal pedal hızına göre daha azdır.

## 5.2. LAKTİK ASİT DEĞERLERİNİN TARTIŞILMASI

Bu çalışmada kan laktik asit ölçümleri istirahatte ( $11.7 \pm 4.9$  mg/dl) ve egzersizden 1 dakika ( $58.6 \pm 18.7$  mg/dl), 3 dakika ( $77.6 \pm 23.1$  mg/dl), 5 dakika ( $77.3 \pm 21.8$  mg/dl) ve 10 dakika ( $73.5 \pm 22.1$  mg/dl) sonra yapılmıştır. İstirahat döneminde normal sınırlarda olan laktik asit değerinin 3. ve 5. dakikalarda pik yaptığı, daha sonra yavaş yavaş düşmeye başladığı görülmektedir.

Mero (53), yaşları  $12.6 \pm 0.8$  ve  $11.9 \pm 0.3$  olan 19 antrenmanlı, 6 antrenmansız çocuğa bisiklet ergometresi ile kısa süreli egzersiz yaptırdığında her iki grupta 15 saniye ve 60 saniye sonunda LA seviyelerinin yükseldiğini göstermiştir. Antrenmanlı çocuklar antrenmansızlara göre daha düşük LA düzeylerine sahiptiler. 8-12 yaşları arasındaki çocukların yetişkinlere göre WT sonundaki LA seviyeleri daha düşük idi. Bu farkın muhtemel nedeni çocuklarda yetişkinlere göre glikolitik enzim fosfofruktokinazın konsantrasyonu ve aktivitesinin daha düşük olmasıdır.

McLellan ve arkadaşları (50) yaşları  $27.9 \pm 3.4$  olan 12 erkek üzerine yaptıkları çalışmada hipoksinin WT performansı üzerine etkisinin olmadığını, kas LA'nin hipokside daha fazla artmasına rağmen, pik LA değerinin hipokside ( $75.9 \pm 25.9$  mg/dl), normoksiye ( $82.4 \pm 27.5$  mg/dl) göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır.

Meshil ve arkadaşları (54) yaşları  $26.1 \pm 5.9$  arasında olan deneklerin LA değerlerini WTnden 3. dakika sonra  $10.4 \pm 2.5$  mmol/L ( $93.5 \pm 22.5$  mg/dl) bulmuşlardır.

Perez ve arkadaşları (65) ortalama 25.7 yaşlarındaki 10 kişi üzerinde yaptıkları çalışmada WTnin 3. dakikasında kan laktat değerini  $118.9 \pm 27.0$  mg/dl bulurken, PPın 747.0 W olduğunu tesbit etmişlerdir. Bu çalışmadaki deneklerin yaş

ortalaması Perez (65) ve Meshil'in (54) deneklerinin yaş ortalaması ile uyumlu olmamasına rağmen, LA değerindeki pik aynı şekilde WTnden 3 dakika sonra meydana gelmiştir.

Tamayo ve arkadaşları (73) 14 ABD'li erkek milli voleybolcu (yaşları ortalama 25.6) üzerine yaptıkları çalışma sonucunda 4. ve 5. dakikalarda kan laktat seviyesini 9.5 mmol/L (85.9 mg/dl) bulurken, bu dakikalardaki kan laktatı ile MP arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır ( $r=0.55$ ). Bu çalışmada MP'nin 3. dakika LA ile korelasyonu  $r=0.72$ , 5 dakika LA'ı ile korelasyonu  $r=0.79$  olup her iki ilişki de anlamlıdır ( $p < 0.001$ ).

Medbo ve Tabata (51) yaşları  $25 \pm 1$  olan 16 sağlıklı ve gönüllü erkek grubu üzerine yaptıkları çalışmada WTnden sonra laktatın  $4.7 \pm 0.5$  dakikada pik yaptığını ve  $10.2 \pm 0.5$  mmol/L'ye ( $91.8 \pm 4.5$  mg/dl) ulaştığını bulmuşlardır.

Lehmann ve arkadaşları (46) yaşları ortalama  $28 \pm 3$  olan 6 kişi üzerinde yaptıkları çalışmada uyguladıkları iki ayrı egzersiz protokolünün 30. dakikalarında LA düzeyinde artma meydana gelmesine rağmen, iş yükü daha fazla olan ikinci testin sonunda LA'nın birinci testtekinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Oyono ve arkadaşları (60) yaşları  $22.5 \pm 2.9$  olan 17 erkekte yaptıkları çalışmada kısa süreli egzersizden 15 dakika sonra arter ve ven kanında LA'nın en yüksek değere eriştiğini göstermişlerdir.

Son yıllarda Jenkins ve Quigley yaptıkları çalışmada (38) 8 erkekte LA seviyesinin egzersiz başladıktan 10 dakika sonra en yüksek olduğunu ( $80.1 \pm 14.4$  mg/dl), egzersizin 20. dakikasında hafifçe azaldığını, egzersizin 30. dakikasında yeniden 10 dakika süre ile yükseldiğini gözlemişlerdir.

Astrand ve arkadaşları (5) 5 erkek üzerinde yaptıkları çalışmada LA seviyesinin WTnden 5 dakika sonra  $108.9 \pm 36$  mg/dl'ye artmış olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada da LA pikinin 3. ve 5. dakikalar arasında bulunmuş olması, Astrand ve arkadaşlarının çalışması ile uyumludur.



Scott ve arkadaşları (69) 24.3±2.8 yaşlarında 12 atlette 90 gr/kg yük uygulanarak yapılan WTnden 5 dakika sonra laktik asit düzeyinin 14.0±3.7 mmol/L (126.0±33.3 mg/dl) olduğunu tesbit etmişlerdir.

Rieu ve arkadaşları (67) antrenmanlı 8 kişiye treadmill egzersiz testi uygulamış ve çalışma yükü fazla olmayan kişilerde 12. dakikadaki LA düzeyi 4. dakikadaki LA düzeyinden düşük iken, çalışma yükü ağır olan kişilerde (VO<sub>2max</sub>ın yaklaşık % 80'den fazla ) 12. dakikadaki LA düzeyini 4. dakikadakinden yüksek bulmuşlardır.

Baltzopoulos ve arkadaşları (7) 20.8±1.8 yaşlarında 8 erkek üzerinde yaptıkları araştırmada WTnden 5 dakika sonra LAin en yüksek seviyeye ulaşarak 10.0±1.9 mmol/L'ye (90.2±16.7 mg/dl) çıktığını bulmuşlardır.

Bedu ve arkadaşları (11) 7-15 yaşları arasındaki erkek çocuklarda LAin WTnden sonra 2.-4. dakikalar arasında ilk yaptığını göstermişlerdir. Ayrıca 14-15 yaşlarındaki çocuklarda WT sonrası pik LAin yüksekte yaşayanlarda 7.5±2.0 mmol/L (67.5±18.0 mg/dl) iken, 330 metrede yaşayanlarda 8.2±1.3 mmol/L (73.8±11.7 mg/dl) olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmanın yaş ortalaması Bedu ve arkadaşlarının grubunun yaş ortalamasına benzer özellikteydi. Her iki çalışmada da WTnden sonraki 3. ve 5. dakikalar arasında LA değerleri en yüksek bulunmuştur.

Ayrıca Froese ve Houston (24) yaptığı çalışma sonucunda 12 erkekte (22.4±2.4 yaş) LAin WTnden 5 dakika sonra 13.5±2.4 mmol/L'ye (121.5±21.6 mg/dl) pik yaptığını bulmuşlardır.

Kraemer ve arkadaşları (43) 24.7±4.3 yaşlarında sağlıklı 9 erkeğe 2 seri halinde ağır egzersiz uygulamış ve egzersiz başında, ortasında ve sonunda LA seviyelerine bakmışlardır. 2 seri egzersizde de egzersiz ortasında ve sonunda LA seviyesinin 5.9±1.2 mmol/L'ye (53.1±10.8 mg/dl) yükselerek pik yaptığını ve egzersiz sonunda 5, 15, 30, 60, 90 ve 120. dakikalarda ölçülen LA seviyesinin istirahat dönemindeki LA seviyesiyle aynı olduğunu tesbit etmişlerdir.

Jacobs ve arkadaşları (37) yaptıkları çalışmada 10 saniyelik supramaksimal bir egzersiz sırasında bile LAde belirgin bir artma görmüşlerdir. Fakat buna zıt

olarak Margaria ve arkadaşları ise 10-15 saniyelik supramaksimal egzersiz sonrası 3. ve 5. dakikalarda kan laktat düzeyinde sadece çok az bir artma görmüşler ve bunun nedeninin bu kadar kısa egzersizlerde enerji ihtiyacının endojen enerjiden zengin fosfojenlerin (ATP, kreatin fosfat depoları) kullanılması ile sağlanması, dolayısıyla anaerobik glikolize fazla başvurulmaması olduğunu belirtmişlerdir.

Kraemer ve arkadaşları (42) ağır direnç egzersizinden sonra erkeklerde kan laktat seviyelerinin egzersiz ortasına doğru arttığını ve 3.1 mmol/L'ye (28.1 mg/dl) çıktığını, egzersiz biter bitmez en yüksek değer olan 4.4 mmol/L'ye (39.5 mg/dl) ulaştığını, egzersiz sonrasında azalarak 60. dakika sonunda istirahat dönemindeki LA seviyesine döndüğünü bulmuşlardır.

Yukarıda verilen literatürden genellikle kan laktatının WTnden 3-5 dakika sonra en yüksek değere ulaştığı ve bu pik değerinin yaklaşık 70-120 mg/dl olduğu görülmektedir. Bu çalışmada WT sonrası pik laktat değerine 3-5. dakikalarda ulaşılması literatürle uyumludur. WT sonrası pik laktat değerinin çocuklarda daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni çocuklarda mutlak MP değerinin daha düşük oluşu olabilir. MP ile 3. ve 5. dakikalardaki LA seviyeleri arasında ilişki bulunuşu (sırasıyla  $r=0.72$ ,  $r=0.79$ ) da bunu doğrulamaktadır.

### 5.3. TESTOSTERON DÜZEYLERİNİN TARTIŞILMASI

Bu çalışmada testosteron seviyeleri istirahatte  $528.4 \pm 141.5$  ng/dl, egzersizin 1. dakikasında  $565.6 \pm 151.8$  g/dl, 3. dakikasında  $543.8 \pm 140.1$  ng/dl, 5. dakikasında  $547.5 \pm 138.5$  ng/dl, 10. dakikasında  $510.9 \pm 134.1$  ng/dl bulunmuştur. Egzersizin 1. dakikasında testosteron seviyesinin en yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

Weiss ve arkadaşları (78) erkeklerde testosteron değerlerinin ağırlık kaldırma egzersizinden hemen sonra en yüksek, egzersizin 30. dakikasında istirahat seviyesi ile aynı, 1 ve 2 saat sonrasında istirahat seviyesinin de altında olduğunu bulmuşlardır.

Cumming ve arkadaşları (16) testosteronun kısa süreli egzersizlerde arttığını, daha uzun süreli submaksimal egzersizlerde ise azaldığını bulmuşlardır. Yaşları  $25 \pm 1$  olan 5 antrenmansız erkekte 30 dakika süreli egzersizde her 5 dakikada bir

testosteron seviyelerine baktıklarında en yüksek seviyeyi 20 dakikada elde etmişler ve egzersizde testosteron artışını gonadotropin stimülasyonu olmaksızın artan testiküler üretime bağlamışlardır.

Kraemer ve arkadaşları (42) ağır direnç egzersizi sırasında ve sonraki 15. dakikaya kadar serum testosteron konsantrasyonunun arttığını ve artmanın kullanılan kas kitlesi ile orantılı olduğunu göstermişlerdir.

Cadoux-Hudson ve arkadaşları (13)  $20.9 \pm 1.3$  yaşlarındaki antrenmanlı 4 erkekte 50 dakikalık yoğun egzersizde testosteronda meydana gelen ortalama %27'lik artışın başlıca sebebinin testosteronun plazmadan uzaklaştırılma hızının azalması olduğunu göstermişlerdir.

Galbo ve arkadaşları (25) 8 sağlıklı erkekte (20-28 yaş) testosteron seviyesinde kısa süreli egzersizlerde hafif, uzun süreli egzersizlerde (40 dakika) belirgin bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Hakkinen ve arkadaşları (32)  $28.9 \pm 4.8$  yaşlarında 10 kadında ağır antrenmanlarla ortalama serum testosteron ve serbest testosteron konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik olmadığını göstermişlerdir.

Flynn ve arkadaşları (22) yoğun antrenmanın 5 ve 11. günlerinde total ve serbest testosteron değerlerinin önemli ölçüde azaldığını göstermişlerdir.

Görüldüğü gibi yapılan araştırmalarda genellikle egzersiz sonrası testosteron düzeylerinin arttığı tesbit edilmiştir. Bu, kısa süreli anaerobik egzersizler için de geçerlidir. Gerçekten de bu çalışmada WTnden sonraki ilk 5 dakikada %7 ye varan artışlar tesbit edilmiş ve 10. dakikada total testosteron konsantrasyonu istirahat düzeyinin altına düşmüştür.

#### **5.4. TESTOSTERONUN ANAEROBİK METABOLİZMA ÜZERİNE ETKİLERİNİN TARTIŞILMASI**

Mero (53) 19 antrenmanlı ve 6 antrenmansız puberte öncesi dönemdeki erkek çocukta 15 ve 60 saniyelik testlerden sonraki LA üretimi ile serum testosteronu arasında anlamlı bir ilişki bulmuş ( $r=0.45$ ,  $p<0.05$ ) ve bu ilişkiyi genç

erkek çocuklarda gelişme ve antrenmanın anaerobik enerji üretimindeki rolüne bağlamıştır. Mero ayrıca LA üretimi ile istirahatteki serum testosteron konsantrasyonu arasında ilişki olduğunu göstermiştir ( $r=0.45$ ,  $p<0.05$ ). Bu, hayvanlarda yapılan çalışmalarda elde edilen laktat üretim hızının dolaşımdaki testosteron seviyesine bağlı olabileceği gözlemini doğrulamaktadır (53).

Bedu ve arkadaşları (11) testosteronun hayvanlarda kas anaerobik metabolizmasını direkt olarak etkilediğini göstermişlerdir.

Eriksson ve arkadaşları (19) yaşları 12-13 arasında olan erkek çocuklarda maksimal egzersiz sonrası kas laktik asit düzeyleri ile testosteron değeri arasında önemli bir ilişki olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde Fellman ve arkadaşları (21) 12-14 yaşlarındaki erkek çocuklarda maksimal egzersizden 1-2 dakika sonra LA ile tükrük testosteronu arasında önemli bir ilişki saptamışlardır ( $r=0.39$ ,  $p<0.05$ ). Bu, gonadal olgunlaşmanın anaerobik metabolizmayı güçlendirebildiğini göstermektedir.

Falgairrette ve arkadaşları (20) 6-15 yaşlarındaki 144 erkek çocukta WTnden 2 dakika sonraki kan laktat konsantrasyonu ile tükrük testosteron konsantrasyonu arasında önemli ilişki ( $r=0.38$ ,  $p<0.001$ ) bulmuşlardır. Bu, cinsel olgunlaşmanın anaerobik metabolizmanın gelişmesinde önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir.

Genç dişi ratlara bir sentetik testosteron preparatı olan nandrolone phenylpropinat'ın (Durabolin) verilmesi sadece diafragmada glikolitik kapasiteyi artırmış, diğer çizgili kasların glikolitik metabolizmasını etkilememiştir (17). Pastoris ve arkadaşları (61) ise ratlarda testosteronun intramüsküler verilmesinin glikolitik substratlarda değişiklik meydana getirmediğini göstermişlerdir.

Yukarıda da görülebileceği gibi, bazı çalışmalarda testosteron ile egzersiz testi sonrası LA düzeyi arasında ilişki bulunmuştur. Bu çalışmada istirahat testosteronu ile egzersiz testi sonrası LA düzeyi arasında aynı ilişki gösterilememiş olmasına rağmen, egzersiz testinden sonraki testosteron seviyeleri ile LA seviyeleri arasında ilişki bulunduğu görülmektedir. Bu ilişkinin testosteronun LA üretimi

üzerine etkisinden çok, egzersizin hem testosteronun hem LAin artmasına neden olmasına bağlanması daha uygun olacaktır.

Testosteronun anaerobik metabolizma üzerine etkilerini ortaya koymak için puberte öncesi dönemde ve pubertede bulunan erkek çocuklar üzerinde longitudinal çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarla testosteronun anaerobik metabolizmayı nasıl etkilediği ortaya konabilecektir.



## 6. ÖZET

Anaerobik metabolizmanın sportif performanstaki rolü üzerine ilgi gittikçe artmaktadır. Wingate testi (WT), non-invaziv olması, fazla beceri gerektirmemesi ve güvenilirliğinin yüksek olması nedeniyle birçok laboratuvarında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yaşları 13-17 arasında olan 36 sağlıklı erkek öğrenciye 75 gr/kg yük kullanılarak WT uygulandı. İstirahatte ve test sonrasında 1., 3., 5. ve 10. dakikalarda serum LA ve testosteron düzeylerine bakıldı. Pik güç, ortalama güç ve yorgunluk indeksi değerleri sırasıyla  $465.6 \pm 115.9$  W ( $8.2 \pm 1.4$  W/kg),  $391.4 \pm 94.0$  W ( $6.9 \pm 0.8$  W/kg) ve  $\%30.9 \pm 9.0$  bulundu. LA konsantrasyonu istirahatte  $11.7 \pm 4.9$  mg/dl iken egzersizden sonraki 3. ( $77.6 \pm 23.1$  mg/dl) ve 5 dakikalarda ( $77.3 \pm 21.8$  mg/dl) pik yaptı. Total testosteron ise istirahatteki düzeyinden ( $528.4 \pm 141.5$  ng/dl) egzersizin 1. dakikasında  $565.5 \pm 151.8$  ng/dl'ye çıktı ve sonra azalarak egzersizin 10. dakikasında istirahat düzeyinin de altına indi ( $510.9 \pm 134.1$  ng/dl).

İstirahat testosteronu ile istirahatteki ve egzersiz sonrasındaki LA seviyeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmadı. Egzersizden 1 ve 5 dakika sonraki testosteron düzeyleri 10 dakikadaki LA ile (her ikisi için  $p < 0.05$ ), 10.dakikadaki testosteron 3., 5. ve 10 dakikalardaki LA ile (sırasıyla  $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) ilişkili bulundu.

Bu ilişkiler egzersizin hem testosteron hem LA'in seviyelerini artırmasına bağlandı.

Bu çalışmada testosteronun erkek çocuklarda WT sonrası LA düzeylerine etkili olduğuna dair delil elde edilememesine rağmen, longitudinal çalışmalarla ve değişik egzersiz protokolleri ile bu etkinin araştırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

## 7. SUMMARY

The interest about the role of anaerobic metabolism on sportive performance has increased in recent years. Wingate test (WT) has been used to evaluate anaerobic metabolism in most laboratory since it is non-invasive, reliable and needs not high skill.

In this study, 36 healthy and sedantary male student (aged 13-17) performed WT at 75 g/kg load. Serum lactic acid (LA) and testosterone levels were analyzed preexercise and at 1,3,5, and 10 min postexercise. Peak power, mean power and fatigue index values were  $465.6 \pm 115.9$  W ( $8.2 \pm 1.4$  W/kg),  $391.4 \pm 94.0$  ( $6.9 \pm 0.8$  W/kg) and  $30.9 \pm 9.0$  %, respectively. LA concentrations increased from preexercise level ( $11.7 \pm 4.9$  mg/dl) to  $77.6 \pm 23.1$  and  $77.3 \pm 21.8$  mg/dl at 3 and 5 min postexercise. Total testosterone also increased from preexercise level ( $528.4 \pm 141.5$  ng/dl) to  $565.5 \pm 151.8$  ng/dl at 1 min postexercise, then decreased to  $510.9 \pm 134.1$  ng/dl at 10 min postexercise.

There was no significant correlation between preexercise testosterone concentration and pre-and postexercise LA levels. Significant correlations were found between testosterone levels at 1 and 5 min postexercise and LA levels at 10 min postexercise ( $p$  less than 0.05). There were also significant correlations between testosterone level 10 min postexercise and LA concentrations 3,5,10 min postexercise ( $p$  less than 0.05,0.05,0.01, respectively). These relations were attributed to the fact that exercise increased both testosterone and LA.

In this study, no evidence showing that testosterone has effect on LA levels at boys after WT was obtained, but it was concluded that this hypothetical effect should also be studied by longitudinal studies and different exercise protocols.

## 8. LİTERATÜR

- 1- Açıkkada, C. ve Ergen, E. (1990) Bilim ve Spor, Büro Tek Ofset Matbaacılık, Ankara.
- 2- Akgün, N.(1989) Egzersiz Fizyolojisi, 1. cilt, 3.baskı, Gökçe Ofset Matbaacılık, Ankara.
- 3- Aras, K. ve Ersen, G.(1989) Klinik Biyokimya (Klinik Laboratuvar Metodları, Teşhis ve Klinik Anlamları), 5.Baskı, Hacettepe TAŞ Kitapçılık Ltd. Şti., Ankara.
- 4- Astrand, P.O.(1981) Aerobic and anaerobic energy sources in exercise. Medicine Sport. 13, 22-37.
- 5- Astrand, P.O., Hultman, E., Juhlin-Dannfelt, A. and Renolds, G. (1986) Disposal of lactate during and after strenuous exercise in humans. J. Appl. Physiol. 61, 1, 338-343.
- 6- Astrand, P.O. and Rodahl, K.(1986) Textbook of Work Physiology, 2<sup>nd</sup> Ed., Mc.Graw-Hill, Singapore.
- 7- Baltzopoulos, V., Eston, R.G.and Maclaren, D.(1988) A comparison of power outputs on the Wingate test and on a test using an isokinetic device. Ergonomics 31,11,1693-1699
- 8- Bar-Or, O.(1987) The Wingate anaerobic test: An update on methodology, reliability and validity. Sports Med. 4, 381-394
- 9- Bar-Or, O., Dotan, R. and Inbar, O.(1977) A 30-sec all out ergometric test: its reliability and validity for anaerobic capacity. Israil J.Med. Sci. 13, 326-327
- 10-Bassett, D.R.(1988) Correcting the Wingate test for changes in kinetic energy of the ergometer flywheel; Int.J.Sports.Med. 10, 6, 446-449
- 11-Bedu, M., Fellmann, N., Spielvogel, H., Falgairette, G., Van - Praagh, E. and Coudert, J.(1991) Force-velocity and 30s Wingate tests in boys at high and low altitudes. J.Appl.Physiol. 70,3,1031-1037



- 12-Brooks, G.A.(1991) Current concepts in lactate exchange. Med.Sci.Sports Exerc. 23,8,895-906
- 13-Cadoux-Hudson, T.A., Few, J.D. and Imms, F.J.(1985) The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young men. Eur.J.Appl.Physiol. 54, 321-325
- 14-Christopher, B., Scott, F.B., Robytimothy, G.L. and Bunt, J.C. (1988) The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. J.Appl.Physiol. 64,50-60
- 15-Controni, G., Rodrigues, W.J. and Hicks, J.M.(1977) Cerebrospinal fluid lactic acid level in meningitis. Pediatrics 91, 379-381
- 16-Cumming, D.C., Brunsting, L.A., Strich, G., ies, A.L.and Rebar, R.W.(1986) Reproductive hormone increases in response to acute exercise in man. Med.Sci.Sports Exerc. 18, 2, 369-373
- 17-Egginton, S.(1987) Effects of an anabolic hormone on striated muscle growth and performance. Pflügers Arch. 410, 349-355
- 18-Ergen, E.(1991) Egzersizde Enerji Metabolizması. In "Spor Hekimliği Ders Notları" Ed. E.Ergen, 11-21, TTB Merkez Konseyi, Ankara.
- 19-Eriksson, B.O., Gollnick, P. and Saltin, B.(1973) Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. Acta Physiol. Scand. 87, 485-497
- 20-Falgairrette, G., Bedu, M., Fellmann, N., Van-Praagh, E. and Coudert, J.(1991) Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. Eur.J.Appl.Physiol. 62, 151-156
- 21-Fellman, N., Bedu, M., Spielvogel,H., Falgairrette, G., Van Praagh, E., Jarrige, J.F. and Coudert, J.(1988) Anaerobic metabolism during pubertal development at high altitude. J.Appl.Physiol. 64, 4, 1382-1386
- 22-Flynn, M.G., Pizza, F.X., Brolinson, P.G., Starling, R.D., Nauerth, M.J. and Davenport, R.(1992) Hormonal responses to excessive training influence of cross training. Med.Sci.Sports Exerc. 24, 5,S101

- 23-Foster, C., Snyder, A.C., Thompson, N.N. and Kuettel, K.(1988) Normalization of the blood lactate profile in athletes. Int. J.Sports Med. 9, 3, 198-200
- 24-Froese, E.A. and Houston, M.E.(1987) Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. Int.J.Sports Med. 8, 1, 35-39
- 25-Galbo, H., Hummer, L., Petersen, I.B., Christensen, N.J. and Bie, N.(1977) Thyroid and testicular hormone responses to graded and prolonged exercise in man. J.Appl.Physiol. 36, 101-106
- 26-Gladden, L.B.(1989) Lactate uptake by skeletal muscle. In: "Exercise and Sport Science Review". Ed. K.B.Pandolf 115-155, Williams-Wilkins, Baltimore.
- 27-Goslin, B.R. and Graham, T.E.(1985) A comparison of anaerobic components of O<sub>2</sub> debt and Wingate test. Can. Appl.Spt.Sci. 10, 3, 134-140
- 28-Gökbel, H., Çalışkan, S., Özbay, Y. ve Bediz, C.Ş. (1993) Farklı yüklerle yapılan Wingate testlerinde anaerobik güç değerleri. Spor Bil. Derg. 4, 4, 10-16
- 29-Guyton, A.C. (1991) Textbook of Work Physiology, 8th Ed., Saunders, Philadelphia.
- 30-Güner, R.(1992) Egzersiz ve Endokrin Sistem. In "Spor Hekimliği Ders Notları" Ed. E.Ergen, 38-44, TTB Merkez Konseyi, Ankara.
- 31-Hackney, A.C., Shaw, J.M., Hodgdon, J.A., Coyne, J.T. and Kelleher, D.L. (1991) Cold exposure during military operations: effects on anaerobic performance. J.Appl.Physiol. 71, 1, 125-130
- 32-Hakkinen, K., Pakarinen, A. and Kallinen, M.(1992) Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short-term intensive strength training. Eur.J.Appl.Physiol. 64, 106-111
- 33-Henry, R.J.(1968) Clinical Chemistry: Principles and Technics. Harper and Row, New-York.
- 34-Hill, D.W. and Smith, J.C.(1991) Effect of time of day on the relationship between mood state. Percept; and Motor Skills 72, 83-87

- 35-Horswill, C.A., Scolt, J.R. and Galea, P.(1989) Comparison of maximum aerobic power, maximum anaerobic power and skinfold thickness of elite and nonelite junior wrestlers. Int.J.Sports Med. 10, 3, 165-168
- 36-Inbar, O., Ayalon, A. and Bar-Or, O.(1974) Relationship between tests of anaerobic capacity and power. Israel J.Med.Sci. 10, 290-191
- 37-Jacobs, I., Tesch, P.A., Bar-Or, O., Karlsson, J. and Dotan, R. (1983) Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30s of supramaximal exercise. J.Appl.Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol. 55, 2, 365-367
- 38-Jenkins, D.G. and Quigley, B.N. (1990) Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. Eur.J.Appl Physiol. 61, 278-283
- 39-Karlsson, J.(1986) Muscle exercise, energy metabolism and blood lactate. Adv.Cardiol. 35, 35-46
- 40-Katz, A., and Sahlin, K.(1988) Regulation of lactic acid production during exercise. J.Appl.Physiol 65, 2, 509-518
- 41-Kennon, F. (1987) Methods of anaerobic power assessment (A statistical program for the IBM PC ). Phys. Ther. 67, 2, 270-275
- 42-Kraemer, W.J., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Marchitelli, L.J., Mello, R., Dziados, J.E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C. and Fry, A.C. (1991) Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. Int.J.Sports Med. 12, 2, 228-235
- 43-Kraemer, W.J., Marchitelli, L., Gordon, S.E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., Frykman, P., Mc Curry, D. and Fleck, S.J.(1990) Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. J.Appl.Physiol. 69, 4, 1442-1450
- 44-La Voie, V., Dallaire, J., Brayne, S. and Barrett, D. (1984) Anaerobic testing using the Wingate and Evans-Quinney protocols with and without toe stirrups. Can.J.Appl.Spt.Sci. 9, 1, 1-5
- 45-Lactate Quantitative, enzymatic-UV method (1993). Sigma Diagnostics. USA.

- 46-Lehmann, M., Schmid, P. and Keul, J.(1985) Plasma catecholamine and blood lactate cumulation during incremental exhaustive exercise. Int.J.Sports Med. 6, 78-81
- 47-Manning, J.N., Dooly-Manning, C. and Perrin, D.H.(1988) Factor analysis of various anaerobic power tests. J.Sports Med. 28, 136-144
- 48-Maud, P.J. and Shultz, B.B.(1989) Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. Res. Exerc. and Sport. 60, 2, 144-151
- 49-Mc Ardle, W.D., Katch, F.I. and Katch.V.L.(1986) Exercise Physiology. Energy, Nutrition and Human Performance. 2<sup>nd</sup> Ed. Lea and Febiger, Philadelphia.
- 50-McLennan, T.M., Kavanagh, M.F. and Jacobs, I.(1990) The effect of hypoxia on performance during 30s or 45s of supramaximal exercise. Eur.J.Appl.Physiol. 60, 155-161
- 51-Medbo, J.I. and Tabata, T.(1993) Anaerobic energy release in working muscle during 30 to 3 min of exhausting bicycling. J.Appl.Physiol. 75, 4, 1654-1660
- 52-Mellerowicz, H.(1983) Ergometri standardizasyon çalışmaları (Çeviren Durusoy, F.) Spor Hek. Derg. 18, 29-30
- 53-Mero, A. (1988) Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. Eur.J.Appl.Physiol. 57, 660-666
- 54-Meshil, J., Wygand, J., Otto, R.M. and Bideaux, A. (1992) Anaerobic power output employing the Cybex met 100 cycle ergometer. Med. Sci. Sports Exerc. 24, S599
- 55-Morehouse, E. and Miller, T. (1973) Egzersiz Fiziyojisi (Çeviren Akgün, N.) 6.Baskı, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova.
- 56-Murphy, B.A., Patton, J.F. and Frederick, F.A.(1986) Comparative anaerobic power of men and women. Aviat. Space Environ. Med. 57, 636-641
- 57-Nebelsick-Gullett, L.J., Housh, T.J., Johnson, G.D. and Bauge, S.M.(1988) A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. Ergonomics 31, 10, 1413-1419

- 58-Noyan, A. (1989) Fizyoloji Ders Kitabı, 6.Baskı, Meteksan A.Ş., İstanbul.
- 59-Olbrecht, J., Madsen, Q., Mader, A., Liesen, H. and Hollman, W. (1985) Relationship between swimming velocity and lactic acid concentration during continuous and intermittent training exercise. Int. J.Sports Med. 6, 74-77
- 60-Oyono-Enguelle, S., Gartner, M., Marbach, J., Heitz, A., Ott, C. and Freund, H.(1989) Comparison of arteriol and venous blood lactate kinetics after short exercise. Int.J.Sports.Med. 10, 1, 16-24
- 61-Pastoris, O., Dossena, M., Fulle, D., Taglietti, M. and Benzi, G.(1983) Action of testosterone on some biochemical parameters related to the energy metabolism of skeletal muscle. Arch. Int. Pharmacodyn. 263, 129-138
- 62-Patton, J.F.and Duggan, A.(1987) An evaluation of tests of anaerobic power. Aviat Space Environ Med. 58, 237-242
- 63-Patton, J.F. and Duggan, A.(1987) Upper and lower body anaerobic power, comparison between biathletes and control subjects. Int.J.Sports Med. 8, 94-98
- 64-Patton, J.F., Murphy, M.M. and Frederick,F.A.(1985) Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. Int. J.Sports Med. 6, 2, 82-85
- 65-Perez, H.R., Wygand, J.W., Kowalski, A., Smith, T.K. and Otto, R.M.(1986) A comparison of the Wingate power test to bicycle time trial performance. Med.Sci.Sports Exerc. 18, S1
- 66-Prampero, P.E.(1986) The anaerobic threshold concept: A critical evaluation. Adv.Cardiol. 35, 24-34
- 67-Rieu, M., Miladi, J., Ferry, A. and Duvallet, A.(1989) Blood lactate during submaximal exercises. Eur.J.Appl Physiol. 59, 73-79
- 68-Rodgers, C.D., Vanlleest, J.L. and Piche, M.A. (1992) Effects of different warmup protocols on performance of and recovery from the Wingate test of anaerobic power. Med. Sci. Sports Exerc. 24, 5, 598
- 69-Scott, C.B., Roby, F.B., Lohman, T.G. and Bunt, J.C. (1991) The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. Med.Sci.Sports Exerc. 23, 5, 618-624

- 70-Shephard, R.J.(1971) Kas ve iskelet kası enerji kaynakları ( Çeviren Durusoy, F.) Spor Hek.Derg. 7, 8, 83-93
- 71-Shephard, R.J. (1971) Fiziksel faaliyete metabolik adaptasyon (Çeviren Durusoy, F.) Spor Hek. Derg. 8, 2, 25-35
- 72-Stevens, G.H.J. and Wilson, B.W.(1986) Aerobic contribution to the Wingate test. Med.Sci.Sports Exerc. 18, S2
- 73-Tamayo, M., Sucec, A., Phillips, W., Buono, M., Laubach, L. and Frey, M. ( 1984) The Wingate anaerobic power test, peak blood lactate and maximal oxygen debt in elite volleyball players: A validation study. Med. Sci. Sports Exerc. 18, 126
- 74-Tharp, G.A., Newhouse, R.K., Uffelman, L., Thorland, W.G. and Johnson, G.O.(1985) Comparison of sprint and run time with performance on the Wingate anaerobic test. Res. Q. Exerc.Sport. 56, 73-76
- 75-Total testosterone 125 I RIA kiti (1992). Diagnostic Products Corporation, Los Angeles.
- 76-Vander, A.J., Sherman, J.H. and Luciano, D.S. (1990) Human Physiology: The Mechanisms of Body Function, 5th edition, Mc Graw-Hill Publishing Company, USA.
- 77-Vandewalle, H., Maton, B., Bozec, S.L.E. and Guerenbourg, G. (1991) An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. Arch. Int. Physiol. Biochim. 99, 89- 93
- 78-Weiss, L.M., Cureton, K.J. and Thompson, F.N.(1983) Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. Eur.J.Appl. Physiol. 50, 413-419

## 9. ÖZGEÇMİŞ

1959 yılında Erzincan'da doğdum. İlkokul tahsilimi Babaeski'de, orta tahsilimi Konya'da tamamladıktan sonra 1979'da Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümüne kaydoldum. Aynı okuldan 1982 yılında mezun oldum. 1982-1984 yılları arasında Konya Süt Fabrikasında Biyolog olarak çalıştım. 1986 yılında Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı'nda (Tıp Fakültesi) yüksek lisansa başlayıp 1988'de Fizyoloji Bilim Uzmanı oldum. Aynı bölümde 1989'da Doktora'ya başladım. Halen Selçuk Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastahanesi Biyokimya Laboratuvarında Biyolog olarak görev yapmaktayım. Evli ve bir çocuk annesiyim.



**10. TEŞEKKÜR**

Çalıőmamda yardımlarını ve büyük emeklerini esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Hakkı GÖKBEL'e, yetiőmemde emekleri olan Fizyoloji Anabilim Dalı Baőkanımız sayın Prof. Dr. Neyhan ERGENE'ye, Yrd. Doç. Dr. Yıldız DIVANLI'ya, diğer hocalarıma ve bütün arkadaşlarıma teőekkürü bir borç bilirim.

Uzm.Bio.ÇİĞDEM KAVUN (DÖLEK)



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ