

## **SOLUNUMSAL EŞİK VE SOLUNUMSAL EŞİKTEN SONRAKİ TÜKENME ZAMANI İLE AEOROBİK VE ANAEROBİK KAPASİTE ARASINDAKİ İLİŞKİ**

Soner AKKURT \*, Yavuz YILDIZ \*, Ümit GENÇ \*, Handan YAĞMUR \*,  
Hakan DEMİR \*, Tunç Alp KALYON \*

### **ÖZET**

Çeşitli araştırmacılar tarafından, solunumsal eşığın anaerobik enerji sistemlerinin baskın hale geldiği egzersiz eşığı olduğu ve solunumsal eşikten sonra anaerobik enerjinin yoğun olarak kullanıldığı belirtilmektedir. Bunun yanında solunumsal eşığın aerobik kapasitenin değerlendirme yöntemlerinden biri olduğu da ileri sürülmektedir. Biz de bu çalışmayla solunumsal eşikten sonraki egzersizi devam ettirebilme süresi ile anaerobik kapasite arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçladık. Aynı zamanda maksimal oksijen tüketimi ile solunumsal eşik değeri arasındaki ilişkiyi bir kez daha irdeledik. Çalışmaya ortalama yaşları  $22.6 \pm 2.5$  yıl, boyları  $174.1 \pm 6.3$  cm, kiloları  $71.4 \pm 8.0$  kg olan dokuz güreşçi, on futbolcu toplam 19 sporcu gönüllü olarak katıldı. Deneklere testler hakkında gerekli bilgiler verildikten ve yazılı rızaları alındıktan sonra SensorMedics 2900c metabolik ölçüm aleti ve bisiklet ergometresinde maksimal oksijen tüketim testi ile iki gün dinlenmeyi takiben Wingate anaerobik güç testi yapıldı. Elde edilen sonuçlardan maksimal oksijen tüketimi ( $\text{Max VO}_2$ ), otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi ve solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ( $\text{VO}_2\text{SE}_1$ ,  $t\text{VO}_2\text{SE}_1$ ), manüel yöntemlerle hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen

---

\* GATA Spor Hekimliği Anabilim Dahı, Ankara

tüketimi ve solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ( $VO_2SE_2$ ,  $tVO_2SE_2$ ),  $VO_2R$  değeri, otomatik olarak hesaplanan ve manüel olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketiminin  $Max VO_2$  'den farkı ( $\Delta VO_2SE_1$  ve  $\Delta VO_2SE_2$ ), zirve güç/kg (PP/kg) ve ortalama güç/kg (AP/kg) değerleri alındı.  $VO_2SE_1$ ,  $VO_2SE_2$ ,  $VO_2R$ ,  $tVO_2SE_1$ ,  $tVO_2SE_2$ ,  $\Delta VO_2SE_1$ ,  $\Delta VO_2SE_2$  ile PP/kg, AP/kg,  $Max VO_2$  değerleri arasındaki ilişki için korrelasyon analizi yapıldı. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda  $VO_2SE_2$  ile  $Max VO_2$  değeri arasında anlamlı ilişki saptanırken diğer parametreler arasında ilişki bulunamadı. Elde ettiğimiz değerlere göre, solunumsal eşikteki oksijen tüketimi ve solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ile anaerobik kapasite arasında ilişkinin olmadığını, buna karşın  $VO_2SE_2$  ile  $Max VO_2$  arasında bir ilişki olduğunu söyleyebiliriz. Bu bağlamda, konunun açıklığa kavuşturulması için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar sözcükler:** Solunumsal eşik, aerobik kapasite, anaerobik kapasite, tükenme zamanı.

## SUMMARY

### RELATIONSHIPS OF THE VENTILATORY THRESHOLD AND POST-VENTILATORY THRESHOLD EXHAUSTION TIME WITH AEROBIC AND ANAEROBIC CAPACITIES

Ventilatory threshold is considered by several researchers as an exercising threshold where anaerobic energy systems are dominant and these systems continue to be involved considerably following the ventilatory threshold. In addition, the determination of ventilatory threshold is supposed to be one of the best methods in the assessment of aerobic capacity. In this study we aimed to investigate the correlation between the post-ventilatory threshold exhaustion time and the anaerobic capacity. We also studied the relationship between  $Max VO_2$  and ventilatory threshold values. Nineteen volunteer sportsmen (nine wrestlers, ten soccer players) aged  $22.6 \pm 2.5$  years old, measuring  $174.1 \pm 6.3$  cm in height and  $71.4 \pm 8.0$  kg in body weight participated in the study. Subjects were informed about the study and their written consent was obtained. They were tested for  $Max VO_2$  using a bicycle ergometer and the SensorMedics 2900c metabolic measurement system. Two days later, Wingate anaerobic power test was also applied.  $Max VO_2$ , auto- and

*manually calculated O<sub>2</sub> consumptions at the ventilatory threshold and post-ventilatory threshold exhaustion times (VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>, VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>, tVO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>, tVO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>), the VO<sub>2</sub> R value, the differences between Max VO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> consumption at the ventilatory threshold ( $\Delta$ VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub> and  $\Delta$ VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>), peak power/kg (PP/kg) and average power/kg (AP/kg). Correlation analyses were made among VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>, VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub>R, tVO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>, tVO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>,  $\Delta$ VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>,  $\Delta$ VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub> and PP/kg, AP/kg, Max VO<sub>2</sub> were determined. Statistically significant relationship was found between VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub> and Max VO<sub>2</sub>, while there were no meaningful relationships among other parameters. In conclusion, we suggest that there is no correlation between O<sub>2</sub> consumption at the ventilatory threshold or post-ventilatory threshold exhaustion time and the anaerobic capacity, while a correlation can be considered between VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub> and Max VO<sub>2</sub>. Further studies are necessary to define the relationships among other parameters of metabolic measurement.*

**Key words:** Ventilatory threshold, aerobic capacity, anaerobic capacity, exhaustion time.

## GİRİŞ

Solunumsal eşik, şiddeti artan bir egzersiz sırasında ekspire edilen hava miktarı (VE) ile tüketilen O<sub>2</sub> miktarı arasındaki dengenin bozulduğu nokta olarak tanımlanmaktadır (1, 2, 7, 11,19, 21). Egzersiz sırasında aerobik enerji kaynaklarının yetersizliği sonucu anaerobik glikolizde artış, laktat artışına neden olmakta ve laktik asidoz gelişmektedir. Oluşan laktik asidozun tamponlanması için CO<sub>2</sub> atılımı artmakta ve CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> dengesi bozulmaktadır (1, 2, 7, 11,19, 21). Pekçok araştırmada laktat artışı sonucu solunumsal eşiğin saptanmış olmasına karşın bazı çalışmalarda laktat artışı olmadan da solunumsal eşiğin olduğu bildirilmektedir (1, 7). Bu da nöroendokrin mekanizmalarla açıklanmaktadır (19).

Yapılan çalışmalarda solunumsal eşik ile serum laktatının 4.0 mmol/l olduğu egzersiz eşiği arasında önemli oranda korrelasyon bulunmuştur (1, 5, 11, 15, 19, 21). Birçok yazar, laktat eşiği ve solunumsal eşiği "anaerobik eşik" olarak adlandırmaktadır (1, 7, 11, 19, 21). Solunumsal eşikte anaerobik enerji sistemleri baskın olarak kullanılmaya başlanmakta ve egzersiz şiddeti arttıkça bu oran artmaktadır.

Biz de anaerobik enerjinin kullanımında artışın olduğu bu eşikten sonra egzersizi devam ettirebilmenin büyük oranda anaerobik kapasite ile ilişkili olabileceğini düşünerek, solunumsal eşikten sonraki egzersizi devam ettirebilme süresi ile anaerobik kapasite arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçladık. Bunun yanında çeşitli araştırmacılar tarafından ileri sürülen solunumsal eşikteki oksijen tüketimi ile maksimal oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi de bir kez daha ortaya koymaya çalıştık (4, 6, 21).

## **GEREÇ VE YÖNTEM**

Çalışmaya dokuzu güreşçi, onu futbolcu toplam 19 sporcu gönüllü olarak katıldı. Deneklere gerekli bilgiler verildikten ve yazılı olarak rızaları alındıktan sonra testler yapıldı. Sporcuların boyları ve vücut ağırlıkları şortlu olarak ölçüldü. Vücut yağ oranı hesabı; biceps, triseps, pektoral, abdominal, suprailiak, subskapular ve uyluk bölgesinden skinfold kaliper (Holtain, UK) ile üçer kez deri katlanmaları ölçülüp ortalama değeri bulunarak Yohasz formülüne göre yapıldı.

### **Maksimal oksijen tüketim testi**

Test öncesinde deneklere gerekli bilgiler verildi. Ergometrede oturma yüksekleri ayarlandıktan sonra çift yollu ağız-yüz maskesi takılarak bir hortum aracılığı ile denekler metabolik ölçüm aletine bağlandı. Kalp vurum sayısını ölçmek için ise göğüs üzerine bağlanan bir telemetre kullanıldı (Polar, Finland). İlk olarak, bisiklet (SensorMedics ergometrics 900, USA) üzerinde 5 dk boyunca istiraharat oksijen tüketim değeri ölçüldü. Daha sonra, 0 W.dk<sup>-1</sup> güçte 3 dk bisiklete adaptasyonları ve ısınmaları sağlandı. Teste 50 W.dk<sup>-1</sup> güçte pedal hızı dakikada 50 olacak şekilde başlandı ve 3 dk'da bir 50 W artan yüklerle deneğin maksimale kadar gitmesi istendi. Bu sırada deneğin her ekspirasyonda verdiği hava çift yollu ağız-yüz maskesi ile zirkonyum karbondiyoksit analizörü kullanan SensorMedics 2900c metabolik ölçüm aletinde breath by breath yöntemiyle analiz edildi (SensorMedics 2900c, USA). Testler öncesinde metabolik ölçüm aletinin kalibrasyonu yapıldı. Ölçülen sonuçlar otomatik olarak hesaplanarak bilgisayara kaydedildi. Testi sonlandırma kriterleri olarak deneğin maksimal kalp hızına ulaşması, testi devam ettirememesi ve pedal hızının 50 rpm'in altına düşmesi alındı.

### Wingate anaerobik güç testi

Maksimal oksijen tüketim testinden iki gün sonra yapıldı. Deneklerin bisiklette ısınmaları kendi istekleri doğrultusunda sağlanıp ergometreye (Monark 834E, Sweden) test standartlarına uygun olarak oturtuldular. Deneklerin boy ve kilosuna göre bilgisayar tarafından otomatik olarak hesaplanan ağırlıklar bisikletin kefesine yüklenip ağırlıksız olarak maksimal hızda pedal çevirmeleri istendi. Maksimal pedal hızına ulaşıldığında kefedeki ağırlık serbest bırakılarak denekten 30 sn süresince maksimal hızla pedal çevirmesi istendi ve test süresince sözlü olarak teşvikte bulunuldu.

Bilgisayardan elde edilen verilerden; otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşik için ( $VO_2SE_1$ ) VE ile  $VO_2$  eğrisinden bilgisayar tarafından tespit edilen kırılma noktasındaki oksijen tüketim değeri, manüel olarak hesaplanan solunumsal eşik için ( $VO_2SE_2$ ) ise VE ile  $VO_2$  arasındaki eğriden gözle bulunan kırılma noktasındaki oksijen tüketim değeri alındı. Bunlarla birlikte, maksimal oksijen tüketimi ( $Max VO_2$ ), solunumsal eşiklerin  $Max VO_2$ 'ye oranları ( $\%SE_1$ ,  $\%SE_2$ ) ve solunum oranının 1.0 olduğu oksijen tüketim değeri ( $VO_2R$ ) hesaplandı.

Ayrıca  $VO_2$  max'tan  $VO_2SE_1$  çıkartılarak otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşikten sonraki oksijen tüketimi ( $\Delta VO_2SE_1$ );  $VO_2SE_2$  çıkartılarak da manüel olarak hesaplanan solunumsal eşikten sonraki oksijen tüketimi ( $\Delta VO_2SE_2$ );  $VO_2R$  çıkartılarak R değerinden sonraki oksijen tüketimi ( $\Delta VO_2R$ ) hesaplandı. Maksimal oksijen tüketim testinde tükenme süresinden otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşiğe ulaşma süresi çıkartılarak otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ( $tVO_2SE_1$ ); manüel olarak hesaplanan solunumsal eşiğe ulaşma süresi çıkartılarak manüel olarak hesaplanan solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ( $tVO_2SE_2$ ), R değerine ulaşma zamanı çıkarılarak da R değerinden sonraki tükenme zamanı ( $tVO_2R$ ) değerleri bulundu. Wingate test sonuçlarından ise zirve güç power (PP), zirve gücün vücut ağırlığına oranı (PP/kg), ortalama güç (AP), ortalama gücün vücut ağırlığına oranı (AP/kg), minimum güç (MP) ve minimum gücün vücut ağırlığına oranı (MP/kg) bulundu.

SPSS istatistik programında ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandıktan sonra  $VO_2SE_1$ ,  $VO_2SE_2$ ,  $VO_2R$ ,  $tVO_2SE_1$ ,  $tVO_2SE_2$ ,  $\Delta VO_2SE_1$ ,  $\Delta VO_2SE_2$  ile PP/kg, AP/kg ve  $Max VO_2$  değerleri arasındaki ilişkiler için korrelasyon analizleri yapıldı.

**BULGULAR**

Deneklerin fiziksel özellikleri Tablo 1'de; aerobik özellikleri olarak solunum parametreleri ortalamaları Tablo 2'de; anaerobik özellikleri olarak değişik güç değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Solunumsal eşik, solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ve solunumsal eşikten sonraki oksijen tüketim farkı ile anaerobik kapasite arasındaki ilişkiler Tablo 4'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi bu parametreler arasında anlamlı ilişki yoktur. Solunumsal eşik ile aerobik kapasite arasındaki ilişki Tablo 5'de verilmiştir. Buna göre  $VO_2SE_1$  ile Max  $VO_2$  arasında  $r = 0.34$ 'lük anlamlı olmayan bir ilişki bulunurken,  $VO_2SE_2$  ile  $VO_2$  max arasında  $r = 0.76$  oranında anlamlı ( $p < 0.05$ ) bir ilişki vardır.

Tablo 1. Deneklerin fiziksel özellikleri.

n = 19	Ortalama $\pm$ SS (min - max)
Yaş, yıl	22.6 $\pm$ 2.5 (20 - 31)
Boy, cm	174.1 $\pm$ 6.3 (162.0 - 182.0)
Vücut ağırlığı, kg	71.4 $\pm$ 8.0 (57.0 - 93.0)
VYO, %	11.1 $\pm$ 1.3 (9.2 - 14.0)

Tablo 2. Deneklerin aerobik özellikleri.

n = 19	Ortalama $\pm$ SS	(min - max)
Max $VO_2$ (ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> )	54.1 $\pm$ 5.0	(45.0 - 2.0)
$VO_2 SE_1$ (ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> )	28.8 $\pm$ 8.6	(15.9 - 43.8)
$VO_2 SE_2$ (ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> )	43.2 $\pm$ 4.2	(34.2 - 50.0)
% $SE_1$	54.0 $\pm$ 14.8	(32.0 - 73.0)
% $SE_2$	79.4 $\pm$ 3.4	(68.0 - 73.0)
$VO_2 R$ (ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> )	44.0 $\pm$ 5.8	(29.9 - 51.7)

$VO_2SE_1$  : Otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi,

$VO_2SE_2$  : Manüel olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi,

$VO_2 R$  : R 1.0 olduğunda oksijen tüketimi,

% $SE_1$  : Otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşik değerinin max  $VO_2$  'ye oranı,

% $SE_2$  : Manüel olarak hesaplanan solunumsal eşik değerinin Max  $VO_2$  'ye oranı.

Solunumsal Eşik ve Tükenme Zamanı ile Aerobik ve Anaerobik Kapasite İlişkileri

Tablo 3. Deneklerin anaerobik özellikleri.

n = 19	Ortalama ± SS	(min - max)
PP, W	666.4 ± 63.0	(500.4 - 805.9)
PP/kg, W/kg	9.1 ± 1.0	(7.7 - 10.8)
MP, W	429.4 ± 58.8	(314.9 - 552.9)
MP/kg, W/kg	6.3 ± 0.6	(5.5 - 6.8)
AP, W	540.2 ± 55.9	(444.4 - 666.4)
AP/kg, W/kg	7.6 ± 0.7	(6.8 - 8.3)

PP: Zirve güç, PP/kg: zirve güç/kg, MP: minimum güç, MP/kg: minimum güç/kg, AP: ortalama güç, AP/kg: ortalama güç/kg.

Tablo 4. Solunumsal eşik, solunumsal eşik sonrası tükenme zamanı ve O<sub>2</sub> tüketim farkı ile anaerobik kapasite arasındaki ilişkiler (r).

n = 19	PP/kg	AP/kg
Max VO <sub>2</sub>	0.24	0.49
VO <sub>2</sub> SE <sub>1</sub>	0.55	0.47
VO <sub>2</sub> SE <sub>2</sub>	0.49	0.54
VO <sub>2</sub> R	0.02	0.18
ΔVO <sub>2</sub> SE <sub>1</sub>	-0.27	0.03
ΔVO <sub>2</sub> SE <sub>2</sub>	0.10	0.22
ΔVO <sub>2</sub> R	0.41	0.44
t VO <sub>2</sub> SE <sub>1</sub>	-0.36	0.11
t VO <sub>2</sub> SE <sub>2</sub>	-18.0	0.06
tVO <sub>2</sub> R	0.15	0.23

VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub> : Otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi,  
 VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub> : Manüel olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi,  
 VO<sub>2</sub> R : R 1.0 olduğunda O<sub>2</sub> tüketimi,  
 ΔVO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub> = Max VO<sub>2</sub> - VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>, ΔVO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub> = Max VO<sub>2</sub> - VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>,  
 tVO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub> : Toplam test zamanı - VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>'e ulaşma zamanı,  
 tVO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub> : Toplam test zamanı - VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>'ye ulaşma zamanı,  
 tVO<sub>2</sub>R : Toplam test zamanı - R 1.0 olma zamanı.

Tablo 5. Solunumsal eşik ve aerobik kapasite arasındaki ilişkiler (r).

n = 19	Max VO <sub>2</sub>
VO <sub>2</sub> SE <sub>1</sub>	0.34
VO <sub>2</sub> SE <sub>2</sub>	0.76 (p< 0.05)

VO<sub>2</sub>SE<sub>1</sub>: Otomatik olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi,  
 VO<sub>2</sub>SE<sub>2</sub>: Manüel olarak hesaplanan solunumsal eşikteki oksijen tüketimi.

## TARTIŞMA

Antropometrik özellikler açısından, bulduğumuz değerler aynı grup ve antrenman düzeyindeki sporcularla benzerlik göstermektedir (12). Deneklerin aerobik özelliklerinin ortalamaları da aynı gruptaki diğer sporcularla benzer özellikler göstermektedir (12, 17).  $VO_2SE_1$  ve  $\%SE_1$  değerleri literatür verilerine göre daha düşük olmakla birlikte bilgisayar tarafından otomatik olarak hesaplanan verilerdir. Bu düşük değerler bilgisayarın hesaplama şekli ile ilişkili bazı hatalardan kaynaklanıyor olabilir.  $VO_2SE_2$  ve  $\%SE_2$  değerleri ise literatürde verilen değerlere yakındır (13). Değerler arasında karşılaştırma yapmak için deneklerin aerobik ve anaerobik özelliklerinin baskın olmadığı görülmektedir. Deneklerin anaerobik özellikleri de literatürdeki verilere yakındır (12).

Solunumsal eşik ve oksijen tüketim farkı değerleri  $ml.kg^{-1}.dk^{-1}$  olarak alındığından karşılaştırma için anaerobik özelliklerden sadece PP/kg ve AP/kg değerleri alınmıştır. Zaten bizim üzerinde durduğumuz ve anlamlı ilişki çıkmasını beklediğimiz parametre de AP/kg'dir. PP/kg alaktik anaerobik kapasitenin ölçümü olduğundan herhangi bir ilişkinin çıkmasını beklememiz doğru olmaz. Solunumsal eşiğin anaerobik enerji sistemlerinin baskın hale geldiği oksijen tüketimi olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (1, 7, 11, 19, 21). Solunumsal eşiğe girdikten sonra anaerobik enerji sistemlerinin kullanılması her ne kadar aerobik sistemlerle beraber ise de, anaerobik kapasitesi iyi olanların solunumsal eşikten sonraki egzersizi devam ettirebilme süresinin daha uzun olması beklenir. Bu konuda yapılan bir çalışmada, öğleden sonraki egzersizlerde egzersizi devam ettirebilme süresinin sabaha oranla uzun olduğu, ancak Max  $VO_2$ 'de fark olmadığı belirtilmektedir (16). Bunun nedeninin egzersizi daha fazla devam ettiren grupta anaerobik enerji sisteminin kullanılmasına bağlı olduğu ileri sürülmektedir.

Solunumsal eşik değeri yüksek olanların aerobik özelliklerinin de yüksek olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (6, 21). Ancak anaerobik özellikleri yüksek olan sporcularda solunumsal eşiğin yüksek olduğunu belirten yayınlara rastlayamadık. Biz de elde ettiğimiz verilerden  $VO_2SE_1$  ve  $VO_2SE_2$  ile PP/kg ve AP/kg arasında anlamlı bir ilişki bulamadık. Esasen bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü anaerobik kapasitesi yüksek olanların solunumsal eşiğe geç girmeleri değil, solunumsal eşiğe girdikten sonra egzersizi devam ettirebilme sürelerinin fazla olması



beklenir. Ancak aerobik ve anaerobik kapasiteleri yüksek olanlarda solunumsal eşiğin de yüksek çıkması normal karşılanabilir ve deneklerin yaptıkları anaerobik ya da aerobik antrenman şekliyle ilişkili olabilir. Aynı şekilde  $VO_2R$  değeriyle PP/kg ve AP/kg arasında da anlamlı ilişki bulunmaması, solunumsal eşik değerindeki nedenlerle benzer şekilde açıklanabilir.

İlk 5 sn'deki PP/kg alaktik anaerobik kapasitenin bir göstergesi olduğundan,  $tVO_2SE_1$  ve  $tVO_2SE_2$  ile herhangi bir ilişki çıkmasını beklemiyorduk. Ancak 30 sn'deki AP/kg ile  $tVO_2SE_1$  arasında sadece  $r=0.11$  oranında,  $tVO_2SE_2$  arasında ise  $r=0.06$  oranında korrelasyon vardı. Aradaki ilişkinin düşük çıkması şu dört nedene bağlı olabilir:

1. Solunumsal eşik gerçekten anaerobik enerji sistemlerinin baskın hale geldiği bir yer değildir. Bu konuda yapılan çok az sayıda çalışmada laktik asit yükselmeden de solunumsal eşiğin ortaya çıktığı, dolayısı ile solunumsal eşiğin anaerobik enerji sistemlerindeki kullanım artışı ile bağlantılı olmadığı belirtilmektedir (1, 7, 19). Solunumsal eşiğin solunumsal parametrelere ve bazı nöroendokrin etkenlere bağlı olarak ortaya çıktığı belirtilmektedir (19). Ancak çalışmaların çoğunda laktat eşiği ile solunumsal eşik arasında yüksek oranda korrelasyon olduğu dolayısıyla solunumsal eşiğin oluşmasıyla anaerobik enerji kullanımında artış olduğu, belirtilmektedir (1, 3, 5, 11, 15, 19, 21). Bunu açıklığa kavuşturmak için anaerobik kapasiteyle laktat eşiğinden sonraki tükenme zamanı arasındaki ilişkiye bakmak daha anlamlı olacaktır.
2. Anaerobik güç ölçümü gerçekten anaerobik kapasitenin doğru bir ölçüm yöntemi değildir. Yapılan çalışmalar, Wingate testinin anaerobik kapasitenin tam bir göstergesi olarak alınamayacağını belirtmektedir (10, 18, 20). Çünkü test sırasında sağlanan enerjinin bir kısmının aerobik yolla sağlandığı belirtilmektedir (10, 18, 20).
3. Testlere bağlı hatalar olabilir. Bu konuda gerekli standardizasyonlar yapılmış ve hatalar mümkün olan en aza indirilmiştir.
4. Solunumsal eşikten sonraki test süresi ve kullanılan enerji sistemlerinin oranının, Wingate anaerobik güç testindeki oranlardan farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Bizim sonuçlarımıza göre bu son olasılık daha akla yakındır. Solunumsal eşikten sonraki sürede tam olarak anaerobik enerji sistemleri

kullanılmamaktadır. Zira çalışmalar anaerobik enerjinin yaklaşık olarak 2 dk süreyle yetebileceğini göstermektedir (9, 14). Buna karşın elde ettiğimiz verilerde bu değerin üstünde olan birçok sonuç vardır. Maksimal oksijen tüketim testinde kişinin o andaki psikolojik durumu ve performansı etkileyen diğer faktörler, testi devam ettirebilme süresinde rol oynayabilir. Her ne kadar Wingate testinde anaerobik sistemler tam olarak kullanılsa da, kullanılan enerjinin büyük çoğunluğu anaerobik enerji kaynaklarından sağlanmaktadır (10, 18, 20).

Aynı şekilde R değeri egzersiz sırasında kullanılan karbondioksit ve yağ oranlarının miktarını gösteren bir parametredir. R değerinin artması karbonhidratların kullanımındaki artışı gösterir (8). Dolayısı ile R değerindeki artış anaerobik enerji kullanımını göstermektedir (8).  $R = 1.0$  olması karbonhidratların yoğun olarak kullanıldığının göstergesidir (8). Bu aşamadan sonra anaerobik enerji yolu daha fazla kullanılmaya başlanmaktadır. Dolayısı ile R değerinin 1.0 olmasından sonra egzersizi devam ettirebilme süresi kişinin anaerobik kapasitesi ile ilişkili olabilir. Ancak bizim elde ettiğimiz sonuçlara göre, 30 sn'lik ortalama güç ile (AP/kg)  $R=1.0$  olduktan sonraki tükenme zamanı arasında  $r = 0.23$  lik bir ilişki bulunmaktadır. Bu da bizim teorimizi açıklamamaktadır. Bunun da nedeni yine R değerinin 1.0 olduktan sonraki aşamasında kullanılan enerjinin bir kısmının aerobik kaynaklardan da sağlanmasıyla açıklanabilir. Bir kısım motivasyonel faktörlerin bunda etkili olduğu belirtilmektedir. Aynı şekilde zirve güç ile de  $r= 0.15$  oranında bir ilişki vardır. PP ile  $R=1.0$ 'den sonraki tükenme zamanı arasında ilişkinin çıkmaması zaten beklenen bir sonuçtur.

Yine  $\Delta VO_2R$ ,  $\Delta VO_2SE_1$  ve  $\Delta VO_2SE_2$  değerleri ile PP/kg arasında bir ilişki beklenmeyebilir. Çünkü 5 sn'lik PP/kg'de alaktik enerji sistemleri kullanılmaktadır. Fakat 30 sn'lik AP/kg ile  $\Delta VO_2R$ ,  $\Delta VO_2SE_1$  veya  $\Delta VO_2SE_2$  değerlerinin negatif korrelasyon göstermesi beklenirdi. Çünkü solunumsal eşiğe girdikten sonra anaerobik enerji sistemlerinin kullanılmasındaki artışa bağlı olarak  $VO_2$ 'deki artışın daha az olması gerekir. Çeşitli yayınlarda solunumsal eşik sonrasında oksijen tüketim kinetiğininde yavaşlama olduğu belirtilmektedir (13, 22). Bu da solunumsal eşikten sonra oksijen tüketiminde azalma olacağını gösterir. Ancak elde ettiğimiz sonuçların bir kısmında anlamlı bir korrelasyon tespit edemedik. Yine aynı şekilde  $\Delta VO_2R'$  in AP/kg ile negatif korrelasyon

göstermesi beklendiği halde sonuçlar aksi yönde çıkmıştır. Bu da yukarıda açıklanan dört maddeyle ilişkili olabilir.

Yapılan çalışmalarda aerobik kapasitesi yüksek olanlarda solunumsal eşik değerinin de yüksek olduğu belirtilmektedir (4, 6, 21). Kişi solunumsal eşığe ne kadar geç girerse aerobik enerji sistemlerini o kadar fazla kullanır. Dolayısı ile anaerobik enerjisini daha ekonomik olarak kullanma imkanı doğar. Bizim verilerimize göre de  $VO_2SE_1$  ile  $VO_2$  max arasında  $r = 0.34$  oranında korrelasyon varken  $VO_2SE_2$  Max  $VO_2$  arasında  $r = 0.76$  ( $p < 0.05$ ) oranında ilişki vardı.  $VO_2SE_1$ 'de ilişkinin düşük çıkması bilgisayar tarafından hesaplanan SE değerindeki hatalardan kaynaklanıyor olabilir. Manüel olarak hesaplanan değerlerde ise bu tür hatalar ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Sonuçta, bizim verilerimizde de literatürdeki bulgulara uygun olarak aerobik kapasitesi yüksek olanların solunumsal eşik değerleri de yüksek çıkmaktadır (6, 21).

Sonuç olarak bu veriler ışığı altında, solunumsal eşikle aerobik kapasite arasında anlamlı ilişkinin olduğunu, ancak solunumsal eşikteki oksijen tüketimi, solunumsal eşikten sonraki tükenme zamanı ve oksijen tüketim farkı ile anaerobik kapasite arasında anlamlı ilişki olmadığını söyleyebiliriz.

### KAYNAKLAR

1. Astrand PO: *Textbook of Work Physiology*, London, McGraw-Hill, 3rd ed, 1983, pp. 314-31.
2. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ: A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* **60**: 2020-7, 1986.
3. Burke J, Thayer R, Belcamino M: Comparison of effects of two interval-training programs on lactate and ventilatory thresholds. *Br J Sports Med* **28**: 18-21, 1994.
4. Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, Azus JL, Vandagriff R, Prietto CA, McMaster WC: A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol* **53**: 1184-9, 1982.
5. Christopher ER, Loat X, Rhodes EC: Relationship between the lactate and ventilatory threshold during prolonged exercise. *Sports Med* **15**: 104-15, 1993.
6. di Prampero PE: The anaerobic threshold concept: A critical evaluation. *Adv Cardiol* **35**: 24-34, 1986.
7. Farrell SW, Ivy JL: Lactate acidosis and increase in  $VE/VO_2$  during incremental exercise. *J Appl Physiol* **62**: 1551-5, 1987.

8. Fox E, Bowers R, Foss M: *The Physiological Basis for Exercise and Sports*. 5th edition, USA, C. Brown Co. Inc., 1993, pp. 65-91.
9. Green S, Dawson B: Measurement of anaerobic capacities in humans: definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med* **15**: 312-7, 1993.
10. Hill DW, Smith JC: Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution. *Br J Sports Med* **27**: 45-8, 1993.
11. Hollmann W: Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *Int J Sports Med* **6**: 109-16, 1985.
12. Horswill CA, Scott J, Galea P, Park SH: Physiological profile of elite junior wrestlers. *Res Q* **59**: 257-61, 1988.
13. Kara M, Gökbel H: Anaerobik eşik ve önemi. *Spor Hekimliği Dergisi* **29**: 161-175, 1994.
14. Medbo JI, Burgers S: Effect of training on anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc* **22**: 501-7, 1990.
15. Posner JD, Gorman KM, Klein HS, Cline CJ: Ventilatory threshold: measurement and variation with age. *J Appl Physiol* **63**: 1519-25, 1987.
16. Reily T: Human circadian rhythms and exercise. *Biomed Eng* **18**: 165-80, 1990.
17. Saltin B, Astrand PO: Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* **23**: 353-8, 1967.
18. Serresse O, Simoneau C, Boulay MR: Aerobic and anaerobic energy contribution during maximal work output in 90 s determined with various ergocycle workloads. *Int J Sports Med* **12**: 543-7, 1991.
19. Shephard RJ: Muscular endurance and blood lactate. In: *Endurance in Sports*. RJ Shepard, PO Astrand, Eds., Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1992, pp. 215-23.
20. Smith JC, Hill DW: Contribution of energy systems during a Wingate power test. *Br J Sports Med* **25**: 196-9, 1991.
21. Tanaka K, Matsuura Y, Kumagai S, Matsuzaka A, Hirakoba K, Asano K: Relationships of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation with endurance performance. *Eur J Appl Physiol* **52**: 51-6, 1983.
22. Wasserman K: The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. *Adv Cardiol* **35**: 1-23, 1986.