

DEĞİŞİK PEDAL HIZLARI VE ÇALIŞMA YÜKLERİNİN FİZYOLOJİK PARAMETRELER VE MEKANİK VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİSİ

.....
AŞÇI, A*, AÇIKADA, C*, ERGEN, E**
.....

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, farklı pedal hızları (40, 50, 60 ve 90 d/dk.) ve çalışma yüklerinin (75, 125, 175 ve 225 watt) fizyolojik parametreler (kalp atım hızı, oksijen tüketimi, pulmonar ventilasyon, ventilatuar verimlilik) ve mekanik verimlilik (MV) üzerine etkisinin belirlenmesidir. Bu amaçla yaş ortalamaları 22.73 ± 2.48 olan 19 Spor Bilimleri ve Teknolojisi öğrencisi denek olarak kullanılmıştır. Denekler Bisiklet ergometresinde 40, 50, 60 ve 90 d/dk pedal hızlarında arttırmalı aerobik egzersize katılmışlardır. Egzersiz sırasında kalp atım hızı (KAH), oksijen tüketimi (VO_2), pulmonar ventilasyon (VE) ve ventilatuar verimlilik (VV) Benchmark Breath - by - Breath Exercise Test aracından her nefeste devamlı olarak izlenmiştir. Oksijen nabızı ve mekanik verimlilik (MV) tüketilen oksijen yola çıkılarak hesaplanmıştır.

Tüm çalışma yüklerinde VO_2 , VE, VV, ve MV'nin pedal hızları arasında anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p < .05$). Buna ek olarak, oksijen nabzının 125, 175 ve 225 w çalışma yüklerindeki pedal hızları arasında anlamlı farklılık gösterdiği bulunurken

(*) Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu,

(**) Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı

($p<.05$), 75 w çalışma yükünde anlamlı farklılık bulunamamıştır. Buna karşılık, KAH, VO₂, VV, oksijen nabızı ve MV, tüm pedal hızlarındaki çalışma yükleri arasında anlamlı bir farklılık göstermiştir ($p<.05$). En verimli pedal hızının 40 d/dk ve en verimli çalışma yükünün de 225 w çalışma yükü olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak, fizyolojik parametreler ve mekanik verimlilik, pedal hızı ve çalışma yükü ile etkilenmektedir. Dolayısıyla mekanik verimlilik, düşük pedal hızı (40 d/dk) yüksek çalışma yükünün (225 w); yüksek pedal hızı (90 d/dk) düşük çalışma yüküne (75 w) oranla en verimli şekilde belirlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mekanik verimlilik, pedal hızı, oksijen tüketimi.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects of different pedal rate (40, 50, 60, &90 rpm) and work load (75, 125, 175 & 225 watt) on physiological parameters and mechanical efficiency. For this purpose, 19 male (mean age=22.73±2.48) School of Sport Science and Technology students were selected as a subject. Subjects participated to progressive aerobic exercise on bicycle ergometer at different pedal rate (40, 50, 60 &90 rpm). Initial work load was 75 watt for all pedal rate and then it was increased by 50 watt for each three minutes. Heart rate (HR), Oxygen consumption (VO₂), pulmonary ventilation (VE), ventilatory efficiency (VE/VO₂) and oxygen pulse (VO₂/HR) were continuously determined by Benchmark Breath-by-Breath Exercise Test during exercise. In addition to that, mechanical efficiency (ME) was calculated from VO₂.

There were significant differences on VO₂, VE, VV and ME at all work load among pedal rates. Although there was a significant difference in HR on 75, 125, 175 w work loads among pedal rates ($p<.05$), there was no significant difference in HR among pedal rates on 225 w work load. In addition to that, significant difference was obtained in oxygen pulse among pedal rates on 125, 175 and 225 w work loads ($p<.05$), but not 75 w work load. Whereas, there were significant differences on HR, VE, VE/VO₂, VO₂/HR and ME at all pedal rates among the work loads ($p<.05$).

It can be concluded that, physiological parameters and mechanical efficiency were effected by pedal rates and work loads. Therefore ME was better determined by high work load (225 w) and low pedal rate (40 rpm) rather than high pedal rate (90 rpm) and low load (75 w).

Key Words: Mechanical efficiency, pedal rate, oxygen consumption.

GİRİŞ:

Mekanik verimlilik (MV) kavramı, egzersiz fiziolojisinde çeşitli konular içerisinde tartışılmakta ve verili miktarda yüklenme yapmak için kullanılan enerjiyi tanımlamaktadır. MV değeri, çalışmadaki oksijen kullanımı (VO_2) bunun tahmini kalorik eş değeri ve yapılan fiziksel çalışmanın miktarından elde edilmektedir (Whipp ve Wasserman, 1969). Egzersiz sırasında MV, yapılan işin kullanılan enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır.

Egzersizde verimliliğin hesaplanması, açık-devreli indirek kalorimetri üzerine kurulmuştur ve enerji gereksiniminin solunum yoluyla alınan oksijenle besinlerin yakılması sonucu karşılandığı varsayılmaktadır (Gaesser ve Brooks, 1975). Bu yöntemle, esas - miktar çıkarımlarının da enerji kullanımı ve MV tahminini değiştirebildiği gözönünde bulundurularak, çalışma sırasında elde edilen MV değeri, gross, net, çalışma ve delta verimlilik olarak ayrı ayrı açıklanabilmektedir (Suzuki, 1979).

Bisiklet ergometresinde, verili bir güç çıktısında çalışma hızları ve yük değişimleri gibi faktörler egzersizlere olan metabolik cevapları etkilemektedir (Patterson ve ark, 1983). Sabit güç çıktısı elde edilmesinde, pedal hızı ile pedal direnci arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle çalışma sırasında dış güç gereksiniminin karşılanması için, nispeten yüksek pedal direnci ile yavaş pedal hızı, düşük pedal direnci ile yüksek pedal frekansını veya orta seviyede bunların herhangi bir kombinasyonu seçilmektedir. Sabit dış iş'deki VO_2 ve enerji kullanımı nispeten düşük ve yüksek pedal frekanslarında arttığında bu durum, verimliliğin maksimal olduğu yerde bir pedal hızının bulunduğunu göstermektedir. Bu pedal hızının bilinmesi, bisikletçiler için bir performans arttırımının araştırılmasında bir avantaj haline gelmektedir (Widrick, 1992). Bisiklet ergometresinde, çeşitli pedal hızlarındaki egzersiz verimliliği günümüze kadar hem bisikletçiler hem de diğer sporcular üzerinde araştırılmıştır. Bu araştırmalar, en verimli pedal hızının bisikletçiler için 80-90 d/dk'lık pedal hızları arasında, diğer sporcular için ise bu pedal hızının 30 d/dk olduğunu göstermiştir (Hagberg ve ark., 1981).

Bazı araştırmalar, en ekonomik pedal hızının 40-70 d/dk arasında olduğunu ve bunun artan güç çıktısı ile birlikte bir artma eğiliminde olduğunu belirtmektedir (Patterson ve Moreno, 1990). Hagberg ve ark. (181) ise en verimli pedal hızının 91 d/dk olduğunu belirtmektedirler. Literatürde, 40 ile 100 d/dk arasındaki pedal hızlarında verimliliğin %19.6 ile %28.8 arasında olduğu belirtilmektedir (Faria ve ark., 1982). Bu durum, yavaş ve süratli pedal hızları, yüksek ve düşük güç çıktıları ve optimal pedal arasındaki ilişkilerin ve bu kombinasyonlara karşı fizyolojik cevapların sistematik bir araştırmasını beraberinde getirmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, farklı

pedal hızlarının ve bu pedal hızlarındaki yük değişimlerinin fizyolojik cevaplar ve mekanik verimlilik üzerine olan etkisini araştırmaktır.

YÖNTEM

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulunda okuyan gönüllü 19 erkek (yaş (yıl)= 22.73 ± 2.42 ; boy (cm)= 175.73 ± 6.81 ; ağırlık (kg)= 70.68 ± 11.73) öğrenci üzerinde yapılmıştır.

Çalışma yapılmadan önce deney protokolü her deneğe açıklanmış ve tüm deneklerden testleri kabul kağıdı alınmıştır. Tüm denekler Monark 814 E bisiklet ergometresinde 40, 50, 60 ve 90 d/dk pedal hızlarında rastgele seçilmiş olarak test edilmiştir. Başlangıç yükü 75 watt olarak belirlenmiş ve her üç dakikada bir 50 watt artırılmıştır (Perez ve ark., 1987). Tüm denekler değişik pedal hızlarında 275 w çalışma yüküne kadar test edilmişlerdir. Bu dört test protokolü zaman içerisinde rastgele olarak uygulanmıştır. Denekler yaklaşık olarak günün aynı saatlerinde, aynı çevre koşullarında ve 24 saat ara ile test edilmişlerdir (Carnavale ve ark. 1991; Croisant ve ark., 1984).

VO_2 , V_E , V_V , gibi solunum değişkenleri her solunum havasından ölçüm alan oksijen analizörü (Benchmark-Morgan Exercise Test System) ile yapılmıştır. Testlere başlamadan önce analizör %99 saflıktaki azot gazı ile sıfırlandıktan sonra, ortamın sıcaklığı, bağıl nem ve basıncına göre önce ortam havası, daha sonra da içerisindeki gaz karışımı önceden saptanmış olan kalibrasyon gazı (oksijen %16; karbondioksit % 4.1; Balans azot % 79.9) ile ikinci kez kalibre edilmiştir. Kalibrasyon işlemi her test öncesinde tekrarlanmıştır. Cihaz bir zirkonyum hücresi yardımı ile ortam havasındaki oksijen ve her ekspirasyon havasındaki oksijen farkını otomatik olarak hesaplayarak her soluktaki oksijen tüketimini ortam sıcaklığı, bağıl nem ve basıncına göre STPD (Standart Temperature, Pressure, Dry Air) olarak bilgisayara (Dell SX80386) kayıt etmiştir. Test boyunca oksijen tüketimi zamana karşı sürekli olarak bilgisayarın monitöründen grafik şeklinde ve KAH da kardiyak monitörden izlenerek anormal metabolik cevap durumlarında, VO_2 ve KAH'daki ani iniş ve çıkışlarda testlere son verilmiştir. Oksijen tüketimi değerleri her 5 ekspirasyon havasının ortalaması alınacak şekilde bilgisayarın yazıcısından çıkarılmıştır. KAH, test süresince yüzeyel elektrotlar yardımıyla monitörden izlenmiş ve sistem tarafından bilgisayara kayıt edilmiştir. Pedal hızı istenilen ritmin altına düşer düşmez, deneklerin pedal hızlarını arttırabilmeleri için denekler sözlü olarak uyarılmış veya teşvik edilmişlerdir. -5 pedal hızı altına düşürüldüğünde testler sona erdirilmiştir. Her test öncesi sele yüksekliği, deneğin bisiklete ayakkabıları ile binmesi ve pedal aşağıda ayak tabanının orta-

sında iken dizini hafif bükmesi ile ayarlanmıştır. Gidon yüksekliği, gergin kollarla gövdenin öne doğru hafif eğilmesine imkan verecek şekilde ayarlanmıştır (Şıpal, 1989).

Mekanik verimlilik, yapılan iş çıktısının enerji kullanımına oranı olarak tanımlanan gross verimlilik şeklinde aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\text{Gross Verimlilik} = W / E * 100$$

W= Dış işin kalorik eşitliği,
E = Gross kalorik çıktı
(Widrick ve ark., 1992).

Verilerin Analizi:

Tüm pedal hızları ve çalışma yükleri arasında fizyolojik parametreler ve mekanik verimlilik farkları Tekrarlı Ölçümlerde Varyans analizi (Repeated Measure ANOVA; REANOVA) istatistiksel metodu ile değerlendirilmiştir (Ferguson ve Takane, 1989).

BULGULAR:

Tablo-1 çalışma yüklerinde ve değişik pedal hızlarında KAH, VO₂, V_E, VO₂/KAH, VV ve MV ortalamaları ve standart sapmalarını göstermektedir. En yüksek KAH 90 d/dk pedal hızında ve 225 w çalışma yükünde (181.00±4.71 v/dk) bulunmuştur. Buna karşılık en yüksek VO₂ 50 d/dk pedal hızında ve 225 w çalışma yükünde (32.80±5.55 ml/kg/dk), en düşük VO₂ ise KAH'na benzer olarak 40 d/dk pedal hızı ve 75 w çalışma yükünde elde edilmiştir. KAH bulgularına benzer olarak en yüksek V_E ve VV 90 d/dk pedal hızı ve 225 w çalışma yükünde (sırasıyla, 97.30±17.17; 54.72±16.83), en yüksek VO₂/KAH 60 d/dk pedal hızı ve 175 w çalışma yükünde (13.39±2.61), en düşük VO₂/KAH ise 90 d/dk pedal hızı ve 225 w çalışma yükünde (10.44±2.73) bulunurken; en yüksek MV 90 d/dk pedal hızı ve 225 w çalışma yükünde (34.81±6.06), en düşük MV ise 90 d/dk pedal hızı ve 75 w çalışma yükünde (17.88±2.99) bulunmuştur.

Tablo-2 çalışma yüklerinde MV ve fizyolojik parametrelerin pedal hızları arasındaki REANOVA sonuçlarını göstermektedir. 75, 125 ve 225 w çalışma yüklerinde KAH,, pedal hızları arasında anlamlı farklılık göstermesine rağmen (p<.05), 225 w çalışma yükünde pedal hızları arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşılık, VO₂, V_E, VV ve MV değerleri tüm çalışma yüklerinde pedal hızları arasında anlamlı farklılık göstermişlerdir (p<.05). Ancak Scheffe testi sonucunda tüm çalışma yüklerinde 50 ve 60 d/dk pedal hızları arasında V_E'nin farklılık göstermediği bulunmuştur. VO₂, /KAH 125, 175 ve 225 w çalışma yüklerinde pedal hızları arasında anlamlı farklılık ortaya koyarken (p<.05), 75 w çalışma yükünde anlamlı farklılık göstermemiştir.

Tablo 1: Çalışma yüklerinde pedal hızlarında fizyolojik parametrelere ait ortalama ve standart sapmaları (n=19).

Fizyolojik Parametreler	75 watt	125 watt	175 watt	225 watt	
KAH (v/dk)	40 d/dk	88.00±4.71	105.15±8.17	131.78±12.26	171.78±21.39
	50 d/dk	94.57±8.23	114.78±8.31	141.78±14.20	178.10±16.58
	60 d/dk	95.26±8.35	112.57±11.38	140.00±16.97	175.52±19.03
	90 d/dk	99.42±7.63	118.63±10.81	146.05±14.38	181.00±13.84
VO ₂ (ml/kg/dk)	40 d/dk	14.37±3.14	19.66±3.65	24.52±4.45	27.07±4.94
	50 d/dk	16.88±3.87	23.28±3.65	28.90±5.46	32.80±5.55
	60 d/dk	16.44±3.81	20.51±4.74	26.94±6.22	29.07±6.08
	90 d/dk	17.37±4.50	21.77±5.45	25.13±6.30	26.96±6.54
V _E (l/dk)	40 d/dk	24.46±3.93	37.16±6.14	56.00±10.09	84.36±19.90
	50 d/dk	29.67±6.59	44.55±6.36	64.87±10.78	92.35±17.05
	60 d/dk	30.56±6.35	43.25±8.54	63.60±14.09	94.87±21.64
	90 d/dk	35.18±10.67	47.58±8.23	67.28±11.21	97.30±17.17
VV	40 d/dk	25.12±5.27	27.81±6.57	33.35±6.68	45.95±13.81
	50 d/dk	25.62±4.84	28.15±6.01	32.89±6.56	41.41±10.50
	60 d/dk	27.33±6.01	31.23±7.48	34.71±7.22	48.58±13.83
	90 d/dk	29.87±8.68	33.19±7.92	40.13±11.25	54.72±16.83
VO ₂ /KAH	40 d/dk	11.33±2.08	13.08±2.32	13.04±2.41	11.18±2.64
	50 d/dk	12.40±2.26	14.21±2.63	14.31±2.75	13.05±3.03
	60 d/dk	11.99±2.32	12.65±2.30	13.39±2.61	11.70±3.11
	90 d/dk	12.03±2.00	12.46±2.36	12.08±2.74	10.44±2.73
MV	40 d/dk	21.96±4.81	26.48±4.89	29.70±5.67	34.81±6.06
	50 d/dk	18.74±4.10	22.24±4.18	25.03±4.33	28.13±6.21
	60 d/dk	19.25±4.38	25.24±4.65	27.51±6.06	32.19±7.24
	90 d/dk	17.88±2.99	24.19±4.02	28.59±5.00	34.02±5.94

Tablo -2: Çalışma yüklerinde fizyolojik parametrelerin değişik pedal hızları arasındaki REANOVA sonuçları (n=19).

Fizyolojik Parametreler	75 watt	125 watt	175 watt	225 watt
KAH (v/dk)	7.961 *	8.323 *	7.533 *	2.595
VO ₂ (ml/kg/dk)	3.558 *	3.367 *	3.041 *	5.343 *
V _E (l/dk)	6.440 *	8.060 *	7.586 *	3.823 *
VV	2.998 *	4.100 *	5.532 *	6.925 *
VO ₂ /KAH	1.236	2.801 *	3.624 *	5.438 *
MV	4.129 *	3.728 *	3.082 *	5.257 *

Tablo-3: Pedal hızlarında MV ve fizyolojik parametrelerin çalışma yükleri arasındaki REANOVA sonuçlarını göstermektedir. Tabloda görüldüğü gibi pedal hızlarının tümünde KAH, VO₂, V_E, VV, MV ve VO₂/KAH çalışma yükleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir (p<.05).

Tablo-3: Pedal hızlarında fizyolojik parametrelerin farklı çalışma yükleri arasındaki REANOVA sonuçları (n=19).

Fizyolojik Parametreler	75 watt	125 watt	175 watt	225 watt
KAH (v/dk)	214.615 *	223.239 *	270.861 *	389.109 *
VO ₂ (ml/kg/dk)	179.464 *	119.419 *	83.508 *	58.599 *
V _E (l/dk)	149.134 *	172.356 *	137.121 *	170.236 *
VV	39.502 *	32.728 *	39.712 *	44.979 *
VO ₂ /KAH	15.916 *	8.881 *	5.227 *	11.440 *
MV	89.012 *	30.618 *	59.115 *	124.360 *

* (p < 0.05)

TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, farklı pedal hızlarının ve bu pedal hızlarındaki yük değişimlerinin fizyolojik parametreler ve mekanik verimlilik üzerine etkisini araştırmaktır.

Bu çalışmada KAH'nın en düşük değeri 40 d/dk pedal hızının ve 75 w çalışma yükünde elde edilirken, en yüksek KAH ise 90 d/dk pedal hızında ve 225 w çalışma yükünde elde edilmiştir. Tüm pedal hızlarında çalışma yükü arttıkça KAH'nın da doğrusal olarak bir artış gösterdiği bulunmuştur. Bu bulgu, Naimark ve ark., (1964), Scranc ve ark., (1970), Kamon ve Pandolf (1972), Astrand ve Rodahl (1977), Perez ve ark., (1987) ve Begeman-Meijer ve Binkhorst'un (1989) sonuçları ile benzerlik taşımaktadır. Ancak, doğrusal bir artışa rağmen Pivarnik ve ark. (1988) ve cranc ve ark. (1970) 50 d/dk pedal hızında, Naimark ve ark. (1964) ve Perez ve ark. (1987), 60 ve 90 pedal hızlarındaki çalışma yüklerinde elde ettikleri KAH değerleri bu çalışmadaki KAH değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Bu farklılığın nedeni, arttırmalı test uygulanması nedeniyle farklı çalışma yüklerinde KAH'nın kısa sürede artması ve alt uzuv kaslarında oluşan erken yorgunluktan kaynaklanmaktadır (Miyamura ve HOna, 1972). Dolayısıyla çalışma yükü farklılıkları bu benzeşme-zliğin bir nedeni olarak düşünülebilir. Bununla birlikte, 225 w hariç diğer çalışma yüklerinde KAH pedal hızları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu bulgu, McKay ve Banister (1976), Jordan ve Meriill (1979) ve Bolonchuk ve Lukaski'nin (1992) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada, VO₂'nin en düşük değeri 40 d/dk pedal hızı 70 w çalışma yükünde elde edilirken, yüksek değeri 50 d/dk pedal hızı ve 225 w çalışma yükünde bulunmuştur. Buna ek olarak tüm pedal hızlarında çalışma yükü arttıkça VO₂'nin de doğrusal olarak arttığı bulunmuştur. Bu bulguya benzer olarak, Whipp ve Wasserman, (1972), Kamon (1972), Fairshter ve ark. (1983), Armstrong ve Costill (1985),

Simon ve ark. (1986), Well ve ark. (1986) ve Begeman-Meijer ve Binkhorst (1989) çalışma yükündeki artmanın VO_2 'de bir artış meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Buna ek olarak, tüm pedal hızlarında, VO_2 'nin çalışma yükleri arasında anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0.5$). Croisant ve Boileau (1984) çalışma yükünün artması ile VO_2 'nin arttığını belirtmişler ve 39.2, 58.8, ve 78.4 w çalışma yükleri arasında VO_2 'de anlamlı bir fark bulmuşlardır. Buna benzer bir çalışmada Seabury ve ark. (1977), 20, 40, 60, 80 ve 100 d/dk pedal hızlarında 81.7, 163.4 ve 196.1 w çalışma yükleri arasında anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Bu bağlamda bulgular, bu çalışma bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, farklı çalışma yüklerinde VO_2 'nin tüm pedal hızları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir ($p<0.5$). Benzer diğer çalışmalarda VO_2 'nin McKay ve Banister (1976) 60, 80, 100 ve 120 d/dk; Croisant ve Boileau (1984) 20, 40, 60 ve 80 d/dk; Carnevale ve Gaesser (1991) 60 ve 100 d/dk; Ryschon ve Stray-Gundersen (1991) 60 ve 80 d/dk pedal hızları arasında anlamlı bir farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir ($p<0.5$).

Bir dakika içerisinde akciğerlere alınan veya akciğerlerden verilen hava miktarı olarak tanımlanan pulmonar ventilasyon (V_E), tüm pedal hızlarında çalışma yükünün artırılması ile birlikte doğrusal olarak bir artış göstermiştir. Armstrong ve Costill (1985), Hagerman ve ark. (1988), Hill ve ark. (1989) ve Begeman-Meijer ve Binkhorst (1989) bu bulguya benzer olarak çalışma yükündeki artışın V_E 'de de artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak tüm çalışma yüklerinde V_E pedal hızları arasında anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.5$). Bu bulguya paralel olarak, Hughes ve ark. (1982) 50 ve 90 d/dk pedal hızları arasında; Hagberg ve ark. (1981) ve Golstein ve ark (1987) 100 d/dk pedal hızının altındaki pedal hızlarında V_E 'nin istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Ancak Scheffe testi sonucunda tüm çalışma yüklerinde 50 ve 60 d/dk pedal hızları arasında V_E 'nin farklılık göstermediği bulunmuştur. Bu bulgu, Hermansen ve Saltin'in (1969) bulguları ile paralellik taşımaktadır. Ancak bu bulguların tersine, Christensen ve Ruhling (1983) V_E 'nin 50 ve 60 d/dk pedal hızlarında anlamlı bir farklılık gösterdiği belirtmiştir. Bu iki araştırma ve bu çalışma bulgusu arasındaki farklılığın nedenlerinden bir tanesi metodoloji farklılığından kaynaklanabilmektedir.

Bir litre oksijen tüketimi için gerekli olan ventilasyon miktarı olarak tanımlanan ventilatuar verimlilik (VV), çalışma yükündeki bir artış ile sistematik olarak bir artma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Gaesser ve Poole (1986) ve Poole ve ark.'nın (1988) bulguları bu sonuçla paralellik taşımaktadır. Buna karşılık kalbin bir atımda

perifere gönderdiği oksijen miktarı olarak tanımlanan oksijen nabzi (VO_2/KAH) ise tüm pedal hızlarında 75, 125 ve 175w çalışma yüklerinde doğrusal bir artış göstermiş ancak 225 w çalışma yükünde hızlı bir azalma gösterdiği bulunmuştur. Benzer bir çalışmada Kamon ve Pandolf (1972), 60 d/dk pedal hızında VO_2/KAH 'nı aktif deneklerde 21.1 ± 4.2 , VV'nin 32.9 ± 3.9 olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmanın tersine Moritani ve ark. (1981) VV'nin süre ile birlikte giderek azalan bir tablo çizdiğini belirtmişlerdir. Bu bulgulardaki uyumsuzluğun nedeni metoddaki farklılaşmadan kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmada MV, %17.88-34.81 arasında elde edilirken literatürde %19.6-28.8 arasında olduğu belirtilmektedir (Reilly ve ark., 1990). Croisant ve Boileau (1984), Sebaury ve ark.'nın (1977) çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmada da, çalışma yükü arttıkça MV de artmıştır. Bunun nedeni, çalışma yükü arttığında istirahattaki metabolizma ile katılanan toplam metabolizma oranının küçülmesi ve bundan dolayı toplam metabolizmanın daha kuramsal çalışmayı yansıtması olarak düşünülebilir (Seabury ve ark., 1977). Tüm çalışma yüklerinde en verimli pedal hızı 40 d/dk olarak bulunurken, en verimsiz pedal hızının 50 d/dk olduğu bulunmuştur. Bu bulgu Gaesser ve Brooks (1975) ve Seabury ve ark.'nın (1977) bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmadaki yüksek çalışma yüklerinde 40 d/dk pedal hızından sonraki pedal hızlarında MV'nin daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu bağlamda, bu bulgu da Seabury ve ark.'nın (1977) bulguları ile benzerlik göstermektedir. Birçok araştırmacı optimal pedal hızının 40-70 d/dk arasında olduğunu belirtmişlerdir (Patterson ve Moreno, 1990). Örneğin Widrick ve ark. (1992) 49 w çalışma yükünde optimal pedal hızının 36 d/dk 98 w çalışma yükünde 35 d/dk 146 w çalışma yükünde de 57 d/dk olduğunu belirtmektedirler. Ancak, bu çalışmada optimal pedal hızı, çalışma yükü arttıkça değişmemiştir. Bu bulgu, Seabury ve ark. (1977) ve Coast ve Welch (1985) tarafından desteklenmektedir. Buna karşılık 225 w çalışma yükünde MV'nin 40 d/dk ile 90 d/dk arasında anlamlı bir fark göstermemesi bu çalışma yükünde 90 d/dk pedal hızının optimal pedal hızı olabileceğini de göstermektedir.

Sonuç olarak, fizyolojik parametreler ve mekanik verimlilik, pedal hızı ve çalışma yükü ile etkilenebilmektedir. Mekanik verimliliğin, düşük pedal hızı yüksek çalışma yükünde, yüksek pedal hızı düşük çalışma yüküne oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu da 40 d/dk pedal hızının ve bu pedal hızındaki 225 w çalışma yükünün en verimli pedal hızı-çalışma yükü kombinasyonu olduğu göstermektedir. Ancak, bir sonraki çalışmalarda daha yüksek pedal hızları ve çalışma yükleri kombinasyonlarının da araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA:

- Armstrong, L.E. ve D.L. Costill, (1985). "D.L. Costill, (1985). "Variability of respiration and Metabolism: Responses to Submaximal Cycling and Running", **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 56:93-96
- Astrand, P.O. ve K. Rodahl, (1977). **Textbook of Work Physiology**, St. Louis: McGraw-Hill Book Company.
- Begeman-Meijer. M.J.T. ve R.A. Binkhorst, (1989) "The Effects of Posture on the Responses to Cycle Ergometer Exercise". **Ergonomics**, 32, 6, 639-643.
- Bolonchuk, W.W. H.C. Lukaski, W.A. Siders, (1992). "Physiological Responses to Different Pedaling Rates at Constant Power Output on a Cycle Ergometer", **Medicine and Science in Sports and Exercise (supplement)**, March.
- Carnevale, T.J. ve G.A. Gaesser, (1991) "Effects of Pedaling Speed on The Power-Duration Relationship for High-Intensity Exercise", **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 23, 2, 442-446.
- Croissant, P.T. ve R.A. Boileau, (1984) "Effects of Pedal Rate, Brake Load and Power on Metabolic Responses to Bicycle Ergometer Work", **Ergonomics**, 27, 6, 691-700.
- Fairshter, R.D., J. Walters, K. Salness, M. Fox, V. Minh ve A.F. Wilson, (1983). "A Comparison of Incremental Exercise Test During Cycle and Treadmill Exercise", **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 15, 6, 549-554.
- Ferguson, G.A. ve Y. Takane, (1989). **Statistical Analysis in Psychology and Education**, New York: Sixth edition, McGraw-Hill Book Company.
- Gaesser, G.A. ve G.A. Brooks, (1975). "Muscular Efficiency During Steady Rate Exercise: Effects of Speed and Work Rate". **Journal of Applied Physiology**, 38, 1132-1139.
- Gaesser, G.A. ve D.C. Poole, (1986) "Lactate and Ventilatory Threshold: Disparity in Time Course of Adaptations to Training", **Journal of Applied Physiology**, 61, 999-1004.
- Hagberg, J.M. J.P. Mullin, M.D. Giese, E. Spitznagel, (1981). "Effects of Pedalling Rate on Submaximal Exercise Responses of Competitive Cyclists". **Journal of Applied Physiology**, 51, 447-451.
- Hagermen, F.C. R.A. Lawrence, M.C. Mansfield, (1988). "A Comparison of Energy Expenditure During Rowing and Bicycling Ergometry", **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 20, 5, 479-488.
- Hermanses, L. ve B. Saltin, (1969). "Oxygen Uptake During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise", **Journal of Applied Physiology**, 26, 31-37.
- Hill, D.V., K. J. Cureton, M.a. Collins (1989). "Effects of Time of Day on Perceived Exertion at Work Rates Above and Below The Ventilatory Threshold", **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 60, 2, 127-133.
- Hughes, E.F. S.C. Turner, G.A. Brooks (1982) "Effects of Glycogen Depletion and Pedalling Speed on Anaerobic Threshold", **Journal of Applied Physiology**, 52, 1598-1607.
- Jordan, L. ve E.G. Merrill, (1979). "Relative Efficiency as a Function of Pedalling Rate for racing Cycling" **Journal of Physiology**, 296, 49-50.
- Kamon, E., (1972) . "Cardiopulmonary Responses of Male and female subjects to Maximal Work on Laddermill and Cycle ergometer", **Ergonomics**, 15, 1, 25-32.
- Kamon, E. ve K.B. Pandolf, (1972) . "Maximal Aerobic Power During Laddermill Climbing, uphill Running and Cycling" **Journal of Applied Physiology**, 32, 467-473.
- McKay, G.A. ve E.W. Banister. (1976), "A Comparison of Maximum Oxygen uptake Determination by Bicycle Ergometer at Various Pedalling Frequencies and by Treadmill Running at Various Speeds", **European Journal of Applied Physiology**, 35, 191-200.

Miyamura, M. ve Y. Honda, (1972). "Oxygen Intake and Cardiac Output During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise" **Journal of Applied Physiology**, 32, 2, 185-188.

Moritani, T.A. Nagata H.A. De Vires, M. Muro, (1981). "Critical Power as a Measure of Physical Work capacity and Anaerobic Threshold", **Ergonomics**, 24, 339-350.

Naimark, A. K. Wasserman, M.B. McLroy, (1964) "Continuous measurement of Ventilatory Exchange ratio During Exercise", **Journal of Applied Physiology**, 19, 4, 644-652.

Patterson, R.P. J.L. Pearson, S.V. Fisher, (1983), "The Influence of Flywheel Weight and Pedalling Frequency on the Biomechanics and Physiological Responses to Bicycle Exercise". **Ergonomics**, 26, 7, 659-668.

Patterson, R.P ve M.L. Moreno (1990). "Bicycle pedalling Forces as a Function of Pedalling Rate and Power Output", **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 22,512-516.

Peres, G.H. Vandewalle, P. Havette, (1987). "Heart Rate, Maximal Heart Rate and Pedalling Rate". **Journal of Sports Medicine**, 27, 205-210

Pivarnik, J.M. S.J. Montain, J.E. Graves. M.L. Pollock, (1988) "Effects of Pedal Speed During Incremental Cycle Ergometer Exercise", **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 59, 1, 73-77.

Poole D.C. S.a. Ward, G.W. Gardner, B. J. Whipp, (1988). "A Metabolic and Respiratory Profile of the Upper Limit for Prolonged Exercise in Man", **Ergonomics**, 31, 1265-1279.

Reilly, T.N. Secher, P. Snell, C. Williams, (1990) "**Physiology of Sports**". London: First edition, E. & F.N. Spon.

Ryschon, T.W. ve J. Stray-Gundersen, (1991). "The Effects of Body Position on the Energy Coast of Cycling", **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 23, 8, 949-953.

Seabury, J.J. W.C. Adams, M.R. Ramey, (1977). "Influence of Pedalling Rate and POWER Output on Energy Expenditure During Bicycle Ergometer", **Ergonomics**, 20, 5, 491-498.

Simon, L. ve ark. (1986). "Plasma Lactate nad Ventilation Thersholds in Trained and Untrained Cyclists", **Journal of Applied Physiology**, 60, 777-781.

Skranc, O., V. Havel, K. Bartak, (1970). "A Comparison of Work Capacity Measured by graded Step-Test and on a Bicycle Ergometer". "**Ergonomics**, 13, 6, 675-683.

Suzuki, Y., (1979) "Mechanical Efficiency of fast and Slow Twitch Muscle fibers in Man During Cycling". **Journal of Applied Physiology**, 47, 263-267.

Şimal, M.C. (Çeviren), (1989). **Eurofit Bedenesel Yetenek El Kitabı**. Ankara: Başbakanlık Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü Dışilişkiler Daire Başkanlığı.

Wells, R., M. Morissey, R. Hughson, (1986). "Internal Work and Physiological Responses During Concentric and Eccentric Cycle Ergometer". **European Journal of Applied Physiology**, 55, 295-301.

Whipp, B.J. ve K. Wasserman, (1969). "Efficiency of Muscular Work". **Journal of Applied Physiology**, 26, 644-648.

Whipp, B.J. ve K. Wasserman, (1972), "Oxygen Uptake Kinetics for Various Intensities of Constant Load Work", **Journal of Applied Physiology**, 33, 3, 351-356.

Widrick, J.J. P.S. Freedson, J. Hamill, (1992). "Effects of Internal Work on the Calculation of Optimal Pedalling Rates", **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 24, 3, 376-382.