

## İKİZLERDE KASSAL EGZERSİZİN O<sub>2</sub> MALİYETİ

Hakan GÜR

Zekine PÜNDÜK

Okan GÜLTEKİN

### ÖZET

9 ikiz (7 kız, 2 erkek) çiftinde bazı antropometrik özellikler, submaksimal egzersize ve maksimal bir teste oksijen yanıtı ölçüldü. İkiz çiftlerinin antropometrik ölçümlerinde yüksek korrelasyonlar ( $r>0.90$ ,  $p<0.001$ ) gözlemlendi. Buna karşın ikiz çiftlerinde submaksimal egzersiz ve maksimal testin ilk bir kaç dakikasındaki oksijen tüketimi için korrelasyonlar orta (sırası ile,  $r<0.65$  ve  $r<0.59$ ,  $p>0.05$ ) düzeydeydi. Bununla birlikte ikiz çiftlerinde maksimal testin takip eden zamanındaki oksijen tüketimi için korrelasyonlar iyi ( $r>0.77$ ,  $p<0.05$ ) idi. Ayrıca ikiz çiftlerinde maksimal test sırasında yorgunluğa kadar geçen süre için korrelasyon zayıf ( $r=0.37$ ) idi. Sonuçta, bu çalışmanın bulguları antropometrik özelliklerindeki yüksek korrelasyonlara rağmen ikiz çiftlerinin submaksimal egzersiz ve maksimal bir teste oksijen yanıtları (özellikle testin başlangıcında) korrelasyon göstermemektedir.

**Anahtar Sözcükler :** İkiz, submaksimal ve maksimal egzersiz, oksijen maliyeti.

### SUMMARY

#### O<sub>2</sub> COST OF MUSCULAR EXERCISE IN TWINS

*Selected anthropometric measurements, oxygen response to submaximal exercise and a maximal test in 9 (7 females, 2 males) twin pairs were assessed. High correlation ( $r>0.90$ ,  $p<0.001$ ) were observed*

---

\* Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Bilim Dalı., Bursa

*for anthropometric measurements of twin pairs. However, correlations for oxygen consumption during submaximal exercise and first couple of minutes of maximal test were moderate ( $r < 0.65$  and  $r < 0.59$ , respectively,  $p > 0.05$ ) in twin pairs. Moreover, correlations for oxygen consumption of subsequent time of the maximal test in twin pairs were good ( $r > 0.77$ ,  $p < 0.05$ ). In addition, correlation for the time to exhaustion during the maximal test was poor ( $r = 0.37$ ) for twin pairs. Finally, the findings of this study show that in spite of high correlation in anthropometric characteristics, oxygen response to submaximal exercise and a maximal test (particularly at the beginning of the test) are not correlated in twin pairs*

**Key Words :** *Twins, submaximal and maximal exercise, oxygen cost.*

Değişik çalışmaların sonuçları ile insandaki metabolik özellikler üzerine genetik etkinin varlığı araştırmacılar tarafından gösterilmiştir (4-6). Bu etki "heredite" olarak ifade ettiğimiz ikiz olan veya olmayan kardeşler ve akrabalar arasında gözlemlenen ve soya çekimden kaynaklanan bir etki olabileceği gibi "çevresel genotip" olarak ifade edilebilecek olan çevresel ve yaşam biçimindeki ortak noktalardan kaynaklanan bir etki de olabilmektedir. Genetiğin kas kuvveti (11, 12), metabolik ve antropometrik (7, 15) özellikler gibi değişik parametreler üzerine olası etkileri araştırmacılar tarafından geniş bir şekilde incelenmiş olmasına karşın, literatürde genetiğin kassal egzersizdeki oksijen maliyeti üzerine olası etkisi konusunda sınırlı sayıda bilgiye rastlanmaktadır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

13-16 yaşları arasında yedisi kız, ikisi erkek olan dokuz çift ikiz, ailelerinin vermiş olduğu izinle çalışmamıza gönüllü olarak katıldı. Tamamı sağlıklı ve yapılan fizik muayeneler ile maksimal bir egzersize katılmalarında tıbbi olarak sakınca görülmeyen deneklere bazı antropometrik ölçümler, tükenene kadar sürdürülen maksimal bir test ve maksimalin %60'ı yükte yapılan 15 dakikalık submaksimal bir test bisiklet ergometresinde uygulandı. Deneklerin tamamı aile

anemnezlerine göre tek yumurta ikizi idi. Ayna görüntüleri birbirinin aynı olan ikiz eşlerinin ikiz tipinin belirlenmesi için ileri tetkiklerin uygulanmadığı çalışmamızda deneklerin kan örnekleri ile yapılan karşılaştırmalarda mikroskobik olarak aglütinasyona rastlanmadı. Aynı evde yaşayan, aynı okula giden ikiz çiftlerinin tamamı daha önce düzenli olarak herhangi bir egzersiz programına katılmamış, benzer fiziksel aktivite geçmişine sahip deneklerdi.

Deneklerin oturma yüksekliği, ekstremiteler uzunluk ve çevre ölçümleri (13) ve vücut yağ yüzdesi değerleri hesaplandı (17). Ölçüm hatalarını en aza indirmek amacıyla ölçümler tek bir kişi tarafından yapıldı. Her ölçüm üç kere tekrarlanıp ortalama değer olarak verildi. Ölçüm yapan kişi için yapılan tekrarlayan ölçümlerdeki hata payı değişik parametreler için  $\pm$  % 0 ile 3 arasında idi.

Gece açlığını takiben laboratuvarımıza gelen deneklerin öncelikli olarak bazı antropometrik ölçümleri tespit edildi. Deneklere başlangıç yükü olarak 1 kg'lık bir yükün kullanıldığı ve göreceli olarak her üç dakikada bir yükün arttığı, tükenene kadar sürdürülen bir maksimal test uygulandı. Denekler, egzersizi daha uzun bir süre sürdürebilmeleri için sözlü olarak cesaretlendirildi ve egzersizi daha fazla sürdüremeyeceklerini ifade ettiklerinde test bitirildi. İkiz eşleri için aynı yüklerin kullanıldığı testlerde testin maksimal olup olmadığı deneklerin tahmini kalp atım sayıları (220 - yaş), maksimal ekspire edilen hava hacmi (> 150 l/dk), solunum bölümü (> 1.2) ve takip eden son iki dakikada oksijen tüketimindeki durağan değerler göz önüne alınarak değerlendirildi.

Maksimal testi takip eden 2. veya 3. gün gece açlığını takiben laboratuvarımıza gelen ikiz çiftleri maksimal testlerde kullanılan maksimal yük temel alınarak maksimumlarının % 60'ı civarında olan ortalama bir yük ile 15 dakika egzersiz yaptı. Bu test sırasında da ikiz eşleri için aynı yükler kullanıldı. Maksimal ve submaksimal test sırasında deneklerin ekspire ettikleri havadaki oksijen ve karbondioksit miktarları "breath by breath" yöntemi ile Sensor Medics 2900C (USA) metabolik analizörü ile hesaplanarak sürekli olarak kaydedildi.

İkiz eşleri için aynı yüklerin kullanıldığı maksimal ve submaksimal testler sırasında ölçülen tüketimi değerleri; maksimal egzersizi sürdürebilme süreleri ve de antropometrik ölçüm sonuçları "intraclass correlation" analizleri ile test edildi.

**BULGULAR**

Yapılan korrelasyon analizleri ayna görüntüleri birbirinin aynı olan ikizlerin antropometrik özelliklerinin ileri derecede anlamlı ( $r=0.91-0.98$ ,  $p<0.001$ ) bir ilişki gösterdiğine işaret etmekteydi (Tablo 1). Maksimal egzersizin ilk dakikalarında  $O_2$  tüketimi değerleri ( $r<0.59$ ) olarak istatistiksel olarak anlamlı olmayan zayıf ilişkilere ( $r=0.52 - 0.59$ ) sahip olan ikiz eşlerinin testin ilerleyen dakikalarındaki  $O_2$  tüketimi değerleri anlamlı ( $r= 0.77-0.87$ ,  $p<0.05$ ) ilişkiler göstermekteydi (Tablo 2). Maksimal testin 6. dakikasından itibaren ikiz çiftleri egzersizi farklı zaman dilimlerinde sonlandırdı. Bundan dolayı bu dakikadan sonraki değerler için korrelasyon analizleri yapılmadı. Sonuçlar aynı şiddetteki yüke karşı egzersiz yapan ikiz çiftlerinin maksimal egzersizi tükenene kadar sürdürebilme yetenekleri olarak incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan zayıf bir ilişki ( $r=0.37$ ) tespit edildi. Submaksimal egzersizin  $O_2$  maliyeti olarak değerlendirildiğinde de ise aynı yüke karşı egzersiz yapmalarına karşın egzersizin tamamı için çiftler istatistiksel olarak anlamlı olmayan orta dereceli ilişkilere ( $r=0.42 - 0.70$ ) sahipti (Tablo 3).

Tablo 1. Deneklerin ( $n=18$ ) bazı fiziksel ve antropometrik özellikleri ve korrelasyon ( $r$ ) değerleri.

	Aritmetik ortalama	Standart sapma	En küçük- en büyük	r
Yaş (yıl)	14.7	0.9	13-16	1.00
Boy (cm)	161	10	148-176	0.95
Vücut ağırlığı (kg)	51.4	10.1	36.5-64.0	0.91
Vücut yağı (%)	21.6	6.7	13.9-32.3	0.91
$VO_2$ max ( $ml.kg^{-1}. dk^{-1}$ )	32.0	6.7	23.8-42.2	0.91
$VO_2SE$ ( $ml.kg^{-1}. dk^{-1}$ )	24.2	7.5	15.7-30.3	0.96
Vücut kitle indeksi	0.75	0.28	0.41-1.20	0.97
Oturma yüksekliği (cm)	75.4	10.6	64.3-92.0	0.98
Kulaç uzunluğu (cm)	159.8	11.0	140.0-176.0	0.99
Uyluk uzunluğu (cm)	38.9	3.4	34.5-43.0	0.98
Üst kol uzunluğu (cm)	34.3	8.1	29.2-65.6	0.96
Uyluk çevresi (cm)	44.6	4.7	36.0-51.5	0.94
Üst kol çevresi (cm)	22.4	2.5	18.6-26.5	0.9

$VO_{2SE}$  = Solunumsal eşikte tüketilen oksijen miktarı.

İkizlerde kassal egzersizin O<sub>2</sub> maliyeti

Tablo 2. Deneklerin maksimal testteki oksijen tüketimi değerleri ve korrelasyon değerleri (r).

Zaman (dk)	n	Oksijen tüketimi (ml.dk <sup>-1</sup> )	r	p<
0.5	18	550 ± 146	0.52	a.y.
1	18	822 ± 170	0.57	a.y.
1.5	18	910 ± 175	0.48	a.y.
2	18	938 ± 191	0.55	a.y.
2.5	18	946 ± 145	0.59	a.y.
3	18	940 ± 172	0.88	0.05
3.5	18	1017 ± 169	0.77	0.05
4	18	1176 ± 194	0.85	0.05
4.5	18	1277 ± 241	0.84	0.05
5	18	1324 ± 233	0.80	0.05
5.5	18	1372 ± 226	0.86	0.05
6	18	1408 ± 263	0.87	0.05
6.5	14	1678 ± 235	-	-
7	13	1722 ± 224	-	-
7.5	7	1785 ± 268	-	-
8	5	1887 ± 252	-	-
8.5	3	1914 ± 134	-	-
9	1	1860	-	-

a.y. = anlamlılık yok.

Tablo 3. Deneklerin (n=18) submaksimal testte tükettikleri oksijen miktarları ve korrelasyon değerleri (r).

Zaman (dk)	Oksijen tüketimi (ml.dk <sup>-1</sup> )	r*
1	830 ± 139	0.42
2	1064 ± 105	0.49
3	1083 ± 134	0.67
4	1098 ± 168	0.70
5	1108 ± 137	0.65
6	1135 ± 144	0.46
7	1115 ± 200	0.43
8	1159 ± 160	0.55
9	1171 ± 180	0.61
10	1157 ± 177	0.63
11	1147 ± 174	0.59
12	1172 ± 168	0.66
13	1147 ± 169	0.48
14	1217 ± 179	0.56
15	1182 ± 143	0.51

\* anlamlılık yok

### TARTIŞMA

Egzersizizin oksijen maliyetini belirleyen en önemli faktörlerden biri de bireyin çalışan kaslarının kas lifi dağılımı ile ilgili özellikleridir (ATP depoları, ATP sentez ve tüketim özellikleri, aerobik ve anaerobik enzimlerinin aktivasyon düzeyleri, kapillarite, myogloblin ve mitokondri niteliği gibi). Karlsson ve ark.ları (11) tek ve çift yumurta ikizleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında kas lifi dağılımı ve kas kontraksiyonları sırasında ATP oluşum ve tüketiminde kullanılan bir kısım aerobik ve anaerobik enzimler açısından ikiz çiftleri arasında istatistiksel anlamlı farklılıklar gözlemleyememişlerdi. Bu bulgular ışığında submaksimal standart bir yüke karşı egzersiz yapan ikiz eşlerinin laboratuvar şartları standardize edilmiş bir egzersize oksijen

yanıtlarının da benzer olması veya anlamlı bir farklılık göstermemesi hipotezini kurmak mümkündür. Fakat ikiz çiftlerinde submaksimal egzersizde tükettikleri oksijen miktarları için tespit ettiğimiz orta şiddetli anlamlı olmayan ilişkiler bu hipotezi çürütmektedir. Bu da vücut ısısı, solunum ve kalp kaslarının çalışma gücü, plazma katekolamin düzeyi gibi egzersize verilen oksijen yanıtı üzerinde belirleyici olan diğer faktörlerin önemine işaret etmektedir (8, 10, 14, 16).

Egzersiz sırasında oksijen tüketimi egzersizin şiddeti ile paralel artmaktadır. Belli bir noktadan itibaren ise oksijen tüketimi egzersizin şiddetindeki artışa rağmen daha fazla gelişmemektedir. Egzersizin şiddetindeki artışa rağmen oksijen tüketiminin daha fazla yükselmediği bu noktada tüketilen oksijen miktarı maksimal oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub> max) olarak ifade edilmektedir. Bu noktada kalp, akciğer, dolaşım ve aktif kas liflerindeki oksijen difüzyon kapasitelerinin de maksimuma eriştiği kabul edilmekte ve bu değer fizyologlar tarafından kalp-dolaşım ve de solunum sistemi kapasitesi ölçümü için değerli bir parametre olarak kabul edilmektedir (1). Benzer VO<sub>2</sub> max düzeyine sahip olan bireylerin maksimal egzersizi sürdürme sürelerindeki farklılıklar değişik araştırmacılar tarafından ifade edilirken bu sürenin 12 dakikadan az ve ortalama 6 dakika civarı olduğu ifade edilmiştir (1). Süre için tespit edilen farklılıklar, anaerobik enerji elde ediminin başlangıcı olarak ifade edilebilecek olan, kişilerin laktat eşik değerleri arasındaki farklılıklar ile açıklanmaya çalışılmıştır (2, 3). Higgs (9) orta şiddetli aktivite geçmişine sahip deneklerde VO<sub>2</sub> max ile zaman arasında ilişki gözlemleyememesine karşın benzer VO<sub>2</sub> max değerlerine sahip olan deneklerin maksimal egzersizlerde elde edilen süreler için farklı değerlerini anaerobik kapasite ve motivasyonel faktörler ile açıklamaya çalışmıştır. Çalışmamızda VO<sub>2</sub> max ve anaerobik eşik bir göstergesi olarak ifade edilebilecek olan solunumsal eşikte tüketilen VO<sub>2</sub> değerleri ikiz eşleri için değerlendirildiğinde tespit edilen sırası ile 0.91 ve 0.96'lık yüksek korrelasyon katsayıları; aynı yüklerle karşı egzersiz yapan ikiz eşlerinde maksimal egzersizin süresi için tespit edilen düşük korrelasyon değerinin (r = 0.37) anaerobik kapasitedeki farklılıklardan çok motivasyonel nedenlerden kaynaklandığı izlenimi vermektedir.

Egzersiz şiddetinin üç dakikada bir arttığı maksimal testin ilk dakikalarında oksijen tüketimi için çalışmamızda tespit edilen orta şiddetteki korrelasyon değerlerinin egzersizin şiddetindeki artışla daha

yüksek değerlere ulaşması, Bouchard ve ark.ları (7) tarafından da tespit edilmişti. Bouchard ve ark.ları (7) tek ve çift yumurta ikizlerinde 50 w ile başlayıp her üç dakikada yükün 25 w arttığı bir protokol kullandıkları çalışmalarında oksijen tüketimi için korrelasyon değerlerini 50, 75, 100, 125 ve 150 w'lık yükler için 22 çift çift yumurta ikizinde sırası ile 0.22, 0.33, 0.59, 0.68 ve 0.66 olarak bulurken, aynı yükler için 31 çift tek yumurta ikizinde sırası ile 0.67, 0.72, 0.82, 0.79, 0.75 olarak tespit etmişlerdi. Bu bulgular ışığında Bouchard ve ark.ları (7) submaksimal yükte substrat kullanımının kişisel farklılıklar gösterdiği sonucuna varmış ve tek ve çift yumurta ikizleri için tespit ettikleri farklılıkları da genetik etkinin önemi ile açıklamaya çalışmışlardır.

Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları ile; 1) submaksimal bir egzersizin oksijen maliyeti üzerinde genetik ve fiziksel benzerlikten çok kalp ve solunum sistemi kaslarının çalışma gücü, egzersiz sırasında vücut ısısının düzenlenmesi, egzersize katekolamin yanıtı gibi diğer birçok faktörün belirleyici olabileceği, 2) maksimal bir egzersizi tükenene kadar sürdürebilme süresinin genetik ve fiziksel faktörlerden çok motivasyonel faktörlerle ilişkili olabileceği yorumunu yapmak mümkündür. Bu konuda daha kesin yorumlarda bulunabilmek için genotipleri ayrıntılı olarak belirlenmiş ikizlerde egzersiz sırasında tüketilen oksijen miktarı üzerine solunum ve kalp-dolaşım sisteminin gücü, bir kısım enzimlerin aktivite düzeyleri, egzersize katekolamin yanıtları gibi değişik parametrelerin etkilerinin de araştırılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Billat LV, Koralsztein JP : Significance of the velocity at  $VO_2$  max and time to exhaustion at this velocity. Sports Med 22 : 90-108, 1996.
2. Billat V, Pinoteau J, Petit B : Time to exhaustion at  $VO_2$  max and lactate steady state velocity in sub-elite long-distance runners. Arch Int Physiol Biochim 102 : 215-9, 1994.
3. Billat V, Renoux JC, Pinoteau J : Validation of a test to evaluate the time to exhaustion at the maximal aerobic speed. Sci Sport 9 : 135-43, 1994.
4. Bouchard C : Genetics of aerobic power and capacity. In : Malina RM, Bouchard C (eds) : Sport and Human Genetics. Champaign, IL, Human Kinetics, 1986, pp. 59-89.



5. Bouchard C : Genetics of body fat, energy expenditure and adipose tissue metabolism. In : Berry EM, Blondheim SH, Eliahou HE, et al. (eds). Recent Advances in Obesity Research : V. Proceedings of the 5th International Congress on Obesity. London, Libbey, 1987, pp. 16-25.
6. Bouchard C, Simoneau JA, Lortie G : Genetic effects in human skeletal muscle fibre type distribution and enzyme activities. *Can J Physiol Pharmacol* 64 : 1245-51, 1986.
7. Bouchard C, Tremblay A, Nadeau A, et al. : Genetic effect in resting and exercise metabolic rates. *Metabolism* 38 : 364-70, 1989.
8. Casaburi R, Storer TW, Ben-Dov I, Wasserman K : Effect of endurance training on possible determinants of VO<sub>2</sub> during heavy exercise. *J Appl Physiol* 62 : 199-207, 1987.
9. Higgs SI : Maximal oxygen intake and maximal work performance of active college women. *Res Q* 44 : 125-31, 1973.
10. Kalis JK, Freund BJ, Joyner MJ, Silka SM, Nittolo J, Wilmore JH : Effect of  $\beta$ -blokade on the drift in O<sub>2</sub> consumption during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 64 : 753-8, 1988.
11. Karlsson J, Komi PV, Viitasalo JHT : Muscle strength and muscle characteristics in monozygous and dizygous twins. *Acta Physiol Scand* 106: 319-25, 1979.
12. Komi PV, Karlsson J : Physical performance, skeletal muscle enzyme activities, and fibre types in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiol Scand Suppl.* 462, pp. 1-28, 1979.
13. Lohman TG, Roche AF, Martorell R : Anthropometric Standardization Reference Manual. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, 2nd ed., 1991, pp. 1-69.
14. Poole DD, Ward SA, Gardner G, Whipp BJ : A metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 31 : 1265-79, 1988.
15. Selby JV, Newman B, Quesenberry P, Fabsitz RR, King MC, Meaney FJ : Genetic and behavioral influences on body fat distribution. *Int J Obesity* 14: 593-602, 1990.
16. Whipp BJ : Dynamics of pulmonary gas exchange. *Circulation* 76 (Suppl VI) : 18-28, 1987.
17. Womersley J, Durnin IUGA : Body fat assessed from total body density and its estimation from skin fold thickness : Measurements on 481 Men and Women aged from 16-72 years. *Br J Nutr* 32 : 77-9, 1974.