




# İndirekt Kalorimetrede Kullanılan Aparatların Ölü Boşluk Hacimlerinin Hatalı Girişinin Enerji Tüketimi Ölçümüne Etkisi

## The Effects on Energy Expenditure Measurement of Incorrect Entry of Dead Space Volumes of Apparatuses in Indirect Calorimetry

 Zeynep ALTINKAYA,<sup>a</sup>  
 Uğur DAL,<sup>a</sup>  
 Didem DERİCİ YILDIRIM<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Fizyoloji AD,  
<sup>b</sup>Biyostatistik ve Tıbbi Bilişim AD,  
Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Mersin

Received: 10.04.2018  
Accepted: 09.05.2018  
Available online: 15.08.2018

Correspondence:  
Zeynep ALTINKAYA  
Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Fizyoloji AD, Mersin,  
TÜRKİYE/TURKEY  
zaltinkaya@yahoo.com

Bu çalışma "13<sup>ü</sup> Federation of European  
Physiological Societies (FEPS 2017)" adlı  
Uluslararası kongre (13-15.09.2017, Viyana)'da  
poster olarak sunulmuştur.

**ÖZET Amaç:** İndirekt kalorimetre ölçümlerinde kullanılan iki farklı maske ve bir ağızlığın ölü boşluk hacimlerinin sisteme hatalı girilmesinin dinlenme ve yürüme enerji tüketimi ölçümünü nasıl etkilediği ve testler sırasında en rahat aparatın belirlenmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmaya yaş aralığı 18-32 yıl olan 18 sağlıklı birey katılmıştır. İki farklı maske ve bir ağızlığın normal ölü boşluk hacmi, bu hacmin %25 az ve %25 fazla hacimleri sisteme girildikten sonra dinlenme ve yürüme enerji tüketimi kaydı alınmıştır. Dinlenme sırasında her ölçüm için 5 dk, yürüme enerji tüketimi için 7 dk kayıt alınmıştır. Verilerin analizi için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi kullanılmıştır. **Bulgular:** Dinlenme ve yürüme sırasında üç farklı ölü boşluk ile ölçülen enerji tüketimi açısından her aparat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Normal ölü boşluk hacmi ile dinlenme sırasında ölçülen enerji ( $p=0,018$ ) ve  $O_2$  tüketimi ( $p=0,015$ ) açısından şeffaf maske ve ağızlık arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Normal ölü boşluk hacmi ile yürüme sırasında ölçülen enerji ( $p=0,114$ ) ve  $O_2$  tüketimi ( $p=0,002$ ) açısından şeffaf maske ve mavi maske arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Mavi maske %94,4 oranında rahat olarak değerlendirilmiştir. **Sonuç:** Enerji tüketimi ölçümlerinde aparatların ölü boşluklarının %25'lik hata payı ile sisteme girilmesi sonuçlarda anlamlı bir etkiye sahip değildir. Ağız ve burun olarak ayrılmadığı maske en rahat kullanıma sahip aparat olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İndirekt kalorimetre; ölü boşluk; maske; ağızlık

**ABSTRACT Objective:** We aimed to investigate the effect of errors in dead space volumes that are incorrectly entered to the system on the measurements of resting and walking energy expenditures of 2 different masks and a mouthpiece, and determine the most comfortable one during tests. **Material and Methods:** Eighteen healthy individuals between 18-32 years participated in this study. Resting and walking energy expenditures were recorded after actual, 25% less and 25% more of the dead space volume of the 2 different masks and a mouthpiece were entered into the system. For resting, 5 minutes for each apparatus and 7 minutes for walking energy expenditure measurements were recorded. Repeated measurements variance analysis was used for the analysis of the data. **Results:** There was no significant difference in terms of energy expenditure measurements between each apparatus both in resting and walking with 3 different dead space volume ( $p>0.05$ ). There was a significant difference in energy expenditure ( $p=0.018$ ) and  $O_2$  consumption ( $p=0.015$ ) between the transparent mask and mouthpiece with actual dead space during resting. There was a significant difference in energy expenditure ( $p=0.114$ ) and  $O_2$  consumption ( $p=0.002$ ) between the transparent and blue masks with actual dead space during walking. The blue mask was evaluated as comfortable with 94.4%. **Conclusion:** The errors in dead space volumes of apparatus as 25% more or less of actual dead space that were incorrectly entered to the system have not any significant effect in energy expenditure measurements. The masks which mouth and nose regions are not separated are indicated to have best comfortable usage.

**Keywords:** Indirect calorimetry; dead space; mask; mouthpiece

**D**inlenme enerji tüketimi [resting energy expenditure (REE)]'nin belirlenmesi, klinik diyet uygulamalarında hastaların metabolik durumlarının incelenmesi, besinsel ihtiyaçlarının belirlenmesinde ve uygun egzersiz reçetelerinin geliştirilmesinde önemlidir.<sup>1-3</sup> Dinlenme ve fiziksel aktivite boyunca enerji tüketimi direkt ve indirekt kalorimetre yöntemleri kullanılarak ölçülebilmektedir.<sup>4</sup> Direkt kalorimetre yönteminde vücuttan salınan ısı doğrudan ölçülmektedir. Teorik olarak ısı üretiminin direkt ölçümü ile daha gerçeğe yakın sonuçlar elde edilirken; pratikte önemli ölçüde zaman, maliyet ve teknik deneyim gerektirdiğinden yaygın kullanılan bir yöntem değildir.<sup>4,5</sup> İndirekt kalorimetre, total enerji tüketiminin en önemli bileşeni olan REE'nin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.<sup>6</sup> Bilgisayarlı sistemler aracılığıyla, her nefeste (breath by breath) metabolik ve fizyolojik yanıtlar hızlı bir şekilde değerlendirilebilmektedir.<sup>4,7</sup> Elektronik gaz analizörleri aracılığı ile ekspire edilen havadaki oksijen (O<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) oranları belirlenmektedir. İnspire edilen hava hacmi ve ekspirasyon havasındaki O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> fraksiyonu ile ilgili bilgiler, analog sinyallerin dijital sinyallere dönüştürüldüğü cihazlar yardımı ile bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bu elektronik sinyallere göre tüketilen O<sub>2</sub> ve üretilen CO<sub>2</sub> miktarı bilgisayarlar tarafından saptanmaktadır.<sup>8</sup> Tüketilen O<sub>2</sub> ve üretilen CO<sub>2</sub> miktarları belirlendikten sonra Weir eşitliği kullanılarak enerji tüketimi hesaplanmaktadır.<sup>9,10</sup> Bu nedenle enerji tüketimi ölçümlerinde gaz hacimlerinin doğru olarak belirlenmesi önemlidir.

Solunumda her nefeste alınan havanın bir kısmı alveollere girememekte ve gaz değişimine katılamamaktadır. Anatomik ölü boşluk olarak tanımlanan bu terim burun, ağız, trakea ve diğer solunum sisteminin difüzyon olmayan kısımlarının hava ile dolmasını ifade etmektedir. Anatomik ölü boşluk hacmindeki herhangi bir artış alveolar ventilasyon için akciğerlere ulaşan hava hacmini azaltmaktadır.<sup>4</sup> Enerji tüketimi ölçümleri sırasında kullanılan aparatlar ölü boşluk hacmini artırarak gaz değişimini etkileyebilmektedirler.

Enerji tüketimi ölçümlerinde gazlar, ağızlık ve burun mandalı, plastik cam başlık, maske ya da ka-

nopi kullanılarak toplanabilmektedir.<sup>6,11</sup> Bu ölçüm aparatlarının değerlendirildiği çalışmalar literatürde bulunmaktadır. McAnena ve ark., başlık ve maske sistemleri ile ölçülen REE verileri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermişlerdir.<sup>11</sup> Mellecker ve McManus, sağlıklı çocuklar üzerinde yapmış oldukları çalışmada, maske ve ağızlık ve burun mandalı ile elde ettikleri REE değerleri açısından anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir.<sup>6</sup> Literatürde, dinlenme ve yürüme enerji tüketimi açısından maske çeşitleri ve ağızlığın kıyaslandığı çalışmalar oldukça azdır.

Bu çalışmada, enerji tüketimi ölçümlerinde kullanılan iki maske ve bir ağızlığın mevcut ölü boşluk hacimlerinin sisteme hatalı girilmesinin dinlenme ve yürüme enerji tüketimi ölçümlerini nasıl etkilediği ve testler sırasında kullanılan ağızlık ve maskeler arasından en rahat kullanıma sahip aparatın belirlenmesi amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmaya yaş aralığı 18-32 yıl olan 18 sağlıklı birey (16 erkek, 2 kadın) katılmış ve tüm bireylerden bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır. Her bireye fiziksel aktiviteye uygun olup olmadığını değerlendiren bir anket uygulanmıştır.<sup>12</sup> Bazal metabolizma hızını etkileyecek herhangi bir hastalığa (enfeksiyon, hipertiroidi, hipotiroidi vb.) ve normal yürümeyi etkileyecek herhangi bir ortopedik rahatsızlığa sahip bireyler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Çalışmamız yerel etik kurulu tarafından onaylanmış ve Helsinki Deklarasyonu ilkeleri doğrultusunda uygulanmıştır. Tüm bireylerin boyları ayakkabısız olarak stadiometrede ölçülmüş ve vücut ağırlıkları biyoelektrik impedans yöntemi (TANITA BC-418 MA, Tanita Corporation, Tokio, Japan) ile belirlenmiştir. Bireylerden test günü REE ölçümü için 12 saatlik açlıkla laboratuvara gelmeleri ve test gününden bir gün öncesinde yorucu bir fiziksel aktivite yapılmamaları, teste gelirken rahat hareket edebilecekleri kıyafet ve ayakkabı tercih etmeleri istenmiştir.

Dinlenme ve yürüme enerji tüketimi indirekt kalorimetre yöntemi (Vmax Spectra 29c, Yorba Linda, CA, ABD) ile ölçülmüştür. Teste katılan ka-

dınların menstrüel sikluslarının foliküler fazında olmaları dikkate alınarak enerji tüketimleri ölçülmüştür.<sup>13</sup> Tüm ölçümler sıcaklık 20-24°C ve nem %50 civarında olacak şekilde ayarlanan laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.<sup>14,15</sup> Her testten önce üretici firmanın önerilerine göre, akım sensörü 3 L'lik kalibrasyon şırıngası ile kalibre edilirken, gaz analizörü iki farklı standart gazlar (%4 CO<sub>2</sub>, %16 O<sub>2</sub>, denge N<sub>2</sub> ve %26 O<sub>2</sub>, denge N<sub>2</sub> karışım gazları) ile kalibre edilmiştir.<sup>13,15</sup> Enerji tüketimi ölçümünde inspire ve ekspire edilen hava her nefeste (breath by breath) örneklenmiştir.<sup>14,15</sup> Ölçümler farklı ölü boşluklara sahip iki maske (Hans Rudolph, USA) ve bir ağızlık kullanılarak gerçekleştirildi. Şeffaf maskenin (7940 seri, Hans Rudolph) normal ölü boşluğu 26,2 mL, mavi maskenin (Oro-Nasal 7450 V2 Mask™, Hans Rudolph) 99 mL ve ağızlığın 30 mL olarak belirlenmiştir (Resim 1). Bu hacimlerinin %25 az ve %25 fazla hacimleri hesaplanmış ve sisteme girildikten sonra iki kez daha dinlenim ve yürüme enerji tüketimi kaydı alınmıştır.

Her iki maske elastik bant ile yüz ve burun üzerine yerleştirilmiştir. Şeffaf maske burnun kapanmasını sağlayarak sadece ağızdan nefes alıp vermeyi sağlarken, mavi maske burnu kapatmamaktadır. Her iki maske bireylerin yüzüne yerleştirildikten sonra nefes alıp verme sırasında hava kaçağının olup olmadığı kontrol edilmiştir. Ağızlık kullanımında bireylerden ağızlığı çok sıkı olmayacak şekilde dişleri ve dudakları ile iyice kavramaları istenmiştir. Ayrıca, dil ile ağızlığın açıklık kısmının kapatılmaması söy-

lenmiştir. Burun mandalı yardımı ile sadece ağızdan nefes alıp vermeleri sağlanmıştır (Resim 2).

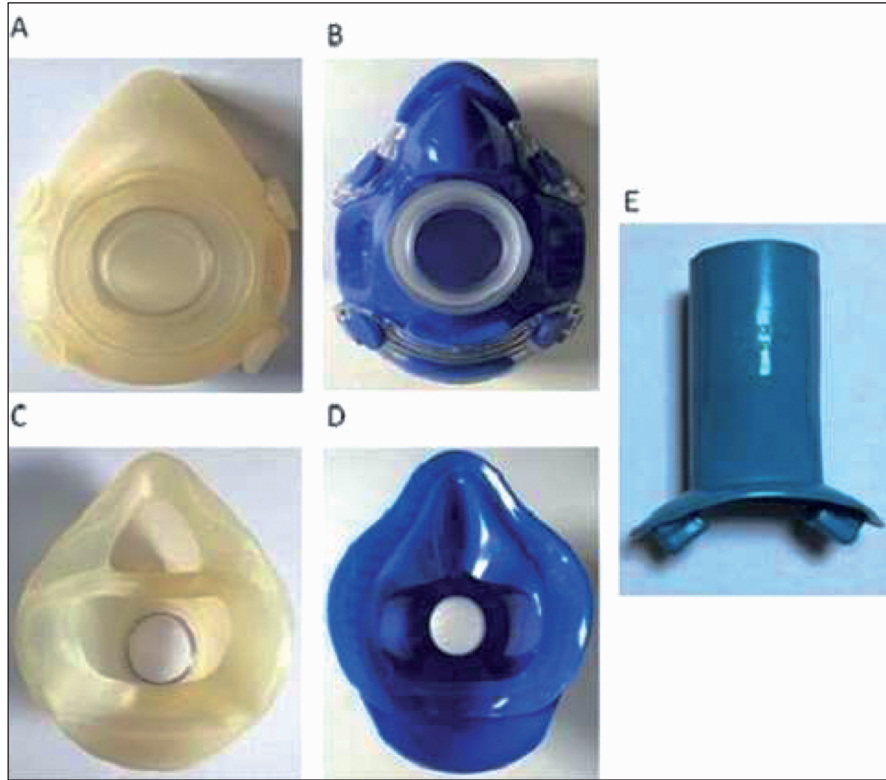
REE ölçümü sırtüstü yatar pozisyonda, loş ve ses yalıtımlı laboratuvar odasında yapılmıştır. Her iki maske ve bir ağızlık için normal ölü boşluk hacminde ve bu hacmin %25 az ve %25 fazlası olmak üzere üç farklı kayıt alınmıştır. Her kayıt beşer dk olmak üzere toplamda 45 dk'lık REE kaydı alınmıştır.

Yürüme enerji tüketimi için öncelikle deneklerin tercih ettiği yürüme hızı belirlenmiştir. Tercih edilen yürüme hızını belirlemek için 14 m'lik yürüme parkurunda denekler normal yürüme hızında yürütülmüştür. Parkurun 2. ve 12. m'lerinde bulunan kızıl ötesi sensörler yardımıyla 10 m'yi kaç saniyede yürüdükleri belirlenmiş ve bu işlem 3 kere tekrarlanıp, bu 3 sürenin ortalaması alınmıştır. Daha sonra bireylerin tercih ettiği yürüme hızı m/dk cinsinden hesaplanmıştır.<sup>14,15</sup>

Yürüme enerji tüketimi ölçümüne başlamadan önce, bireylere en az 10 dk koşu bandı üzerinde alıştırma protokolü uygulanmıştır. Denekler alıştırma yürüyüşü ve her yürüme periyodu sonrasında 5 dk'dan az olmamak üzere bazal kalp atım hızları  $\pm$ %5 değerine ulaşana kadar dinlendirilmiştir. REE ölçümünde olduğu gibi her aparat için aparatların normal ölü boşluk hacimlerinde ve bu hacimlerin %25 az ve %25 fazlasında üç farklı kayıt alınmıştır. Her yürüme periyodu 7 dk olmak üzere, toplamda 63 dk yürüme enerji tüketimi kaydı alınmıştır. On saniyelik intervallerle ortalama alınarak, dinlenim ve yürüme enerji tüketimi ölçümünün son iki dk'sı analiz edilmiştir.<sup>14</sup>



RESİM 1: Aparatların kullanımı.



**RESİM 2:** A) Şeffaf maskenin dıştan görünümü, B) Mavi maskenin dıştan görünümü, C) Şeffaf maskenin içten görünümü, D) Mavi maskenin içten görünümü E) Ağzılık.

Test sırasında kullanılan aparatların kullanım rahatlığını ölçmek için her test sonunda rahatlık skalası uygulanmıştır.<sup>6</sup> Bu skalada bireylerden her aparat için 1-6 arasında bir puanlama yapılması istenmiştir. Kişi, testler süresince aparatın aşırı rahat bir kullanıma sahip olduğunu düşünüyor ise 1, aşırı rahatsız olduğunu düşünüyor ise 6 olarak puanlama yapmıştır.

### İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Sürekli değişkenler ortalama±standart sapma cinsinden ifade edildi. Aynı bireye ait denenen farklı ölü boşluk hacimlerine sahip maskelerin karşılaştırılması amacıyla tekrarlanan ölçümlü varyans analizi uygulandı. Aynı zamanda normal ölü boşluk hacimlerine sahip her üç aparatın kıyaslanması amacıyla da tekrarlanan ölçümlü varyans analizi uygulandı. Aparatların kullanım rahatlığını değerlendirmek için iki oran karşılaştırması yapıldı.  $p < 0,05$  istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi.

### BULGULAR

Çalışmaya katılan toplam 18 kişinin antropometrik özellikleri Tablo 1’de görülmektedir. Beden kitle indeksi ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), vücut ağırlığı (kg)’nın boyun kare ( $\text{m}^2$ )’sine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Aparatların farklı ölü boşluk hacimleri ile yapılan ölçümleri arasında REE (kcal/gün),  $\text{O}_2$  tüketimi (L/dk) ve solunum katsayısı [respiratory quotient (RQ)] verileri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Tablo 2).

**TABLO 1:** Katılımcıların antropometrik özellikleri.

	n	Ort.±Std. sapma
Yaş (yıl)	18	23,56±4,94
Boy (cm)	18	174,92±7,23
Vücut ağırlığı (kg)	18	71,12±11,64
Beden kitle indeksi ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	18	23,19±2,94

Ort: Ortalama; Std: Sapma; standart sapma.

Benzer şekilde, yürüme enerji tüketimi ölçümünde her aparat için elde edilen veriler açısından üç farklı boşluk arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (Tablo 3).

Dinlenme sırasında, her üç normal ölü boşluk hacmi ile elde edilen REE (p=0,018) ve O<sub>2</sub> tüketimi (p=0,015) açısından şeffaf maske ve ağızlık arasında

istatistiksel olarak bir farklılık bulunur iken, RQ değerleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p=0,613) (Tablo 4).

Yürüme sırasında her üç aparatın normal ölü boşluğu ile ölçülen enerji (p=0,114) ve O<sub>2</sub> tüketimi (p=0,002) açısından şeffaf maske ve mavi maske arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bu-

**TABLO 2:** Dinlenme durumunda her aparatın üç farklı boşlukta ölçülen değerlerinin ortalama ve standart sapmaları.

		Az (n=18) Ort.±Std. sapma	Normal (n=18) Ort.±Std. sapma	Fazla (n=18) Ort.±Std. sapma	p
Şeffaf maske	REE (kcal/gün)	1718,83±297,26	1752,22±319,09	1795,00±297,34	0,186
	O <sub>2</sub> tüketimi (L/dk)	0,25±0,05	0,25±0,05	0,26±0,05	0,280
	RQ	0,78±0,10	0,80±0,14	0,79±0,09	0,363
Mavi maske	REE (kcal/gün)	1827,17±295,51	1838,44±364,07	1780,67±280,74	0,646
	O <sub>2</sub> Tüketimi (L/dk)	0,26±0,04	0,27±0,06	0,26±0,05	0,808
	RQ	0,83±0,10	0,81±0,09	0,78±0,09	0,083
Ağızlık	REE (kcal/gün)	1948,56±451,52	1995,06±573,06	1976,89±506,74	0,598
	O <sub>2</sub> tüketimi (L/dk)	0,28±0,06	0,029±0,08	0,29±0,07	0,593
	RQ	0,82±0,10	0,83±0,16	0,82±0,13	0,869

REE: Dinlenme enerji tüketimi; RQ: Solunum katsayısı; Ort: Ortalama; Std. Sapma; Standart sapma.

**TABLO 3:** Yürüme sırasında her aparatın üç farklı boşlukta ölçülen değerlerinin ortalama ve standart sapmaları.

		Az Ort.±Std. sapma	Normal Ort.±Std. sapma	Fazla Ort.±Std. sapma	p
Şeffaf maske	Yürüme enerji tüketimi (kcal/gün)	6161,50±1518,42	5854,39±1480,51	6058,61±1404,34	0,212
	O <sub>2</sub> Tüketimi (L/dk)	0,91±0,22	0,87±0,22	0,90±0,21	0,274
	RQ	0,73±0,07	0,71±0,07	0,72±0,07	0,245
Mavi maske	Yürüme enerji tüketimi (kcal/gün)	6554,94±1384,29	6499,83±1440,13	6692,94±1461,14	0,188
	O <sub>2</sub> Tüketimi (L/dk)	0,97±0,21	0,96±0,22	0,99±0,22	0,388
	RQ	0,75±0,06	0,74±0,06	0,75±0,06	0,376
Ağızlık	Yürüme enerji tüketimi (kcal/gün)	6388,28±1063,63	6322,89±934,39	6521,17±850,33	0,300
	O <sub>2</sub> tüketimi (L/dk)	0,94±0,15	0,93±0,13	0,96±0,12	0,323
	RQ	0,75±0,08	0,76±0,07	0,77±0,11	0,313

REE: Dinlenme enerji tüketimi; RQ: Solunum katsayısı; Ort: Ortalama; Std. Sapma; Standart sapma.

**TABLO 4:** Dinlenme durumunda üç aparat ile ölçülen değerlerin ortalama ve standart sapmaları.

	Şeffaf Maske Ort.±Std. sapma	Mavi Maske Ort.±Std. sapma	Ağızlık Ort.±Std. sapma	p
REE (kcal/gün)	1752,22±319,09	1838,44±364,07	1995,06±573,06*	0,023
O <sub>2</sub> tüketimi (L/dk)	0,25±0,05	0,27±0,06	0,29±0,08*	0,026
RQ	0,80±0,14	0,81±0,09	0,83±0,16	0,613

\*Şeffaf maske ile anlamlı farklılık bulunmaktadır, REE: Dinlenme enerji tüketimi; RQ: Solunum katsayısı; Ort: Ortalama; Std. Sapma; Standart sapma.

lunmaktadır. RQ açısından ise şeffaf maske ile ağızlık arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,022$ ) (Tablo 5).

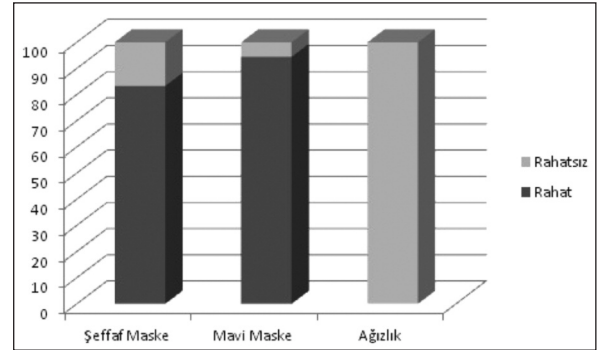
Şeffaf maske %83,3, mavi maske %94,4 oranında rahat olarak değerlendirilirken, ağızlık %100 oranında rahatsız olarak değerlendirilmiştir (Şekil 1). Şeffaf ve mavi maske ile ağızlık arasında rahatlık oranları açısından anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p<0.0001$ ). Benzer şekilde her iki maske ve ağızlık arasında rahatsızlık oranları açısından anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p<0.0001$ ).

## TARTIŞMA

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre, enerji tüketimi ölçümlerinde kullanılan aparatların ölü boşluklarının %25 hata payı ile sisteme girilmesi ölçüm sonuçlarını etkilememektedir. Ancak, aparatların normal ölü boşlukları ile yapılan ölçüm sonuçları birbirinden farklıdır.

Enerji tüketimi ölçümlerinde maske, ağızlık/burun mandalı, başlık veya kanopi gibi aparatların kıyaslandığı çalışmalar literatürde yer almaktadır.<sup>6,11,16,17</sup> Sonuçlarımıza göre; dinlenim sırasında ölçülen enerji tüketimi, O<sub>2</sub> tüketimi ve RQ parametreleri açısından aparatların her üç ölü boşluğu (normal, normalden %25 az ve fazla ölü boşluk hacmi) arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yürüme sırasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ağızlık ve maske aparatlarının ölü boşluk hacimleri arasındaki herhangi bir farklılığın ventilasyon ve O<sub>2</sub> tüketimi üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.<sup>18</sup> Ancak, ölü boşluk hacminin 100 mL'den fazla olması durumu problem yaratabilir.<sup>19</sup> Bu durum ile ölçüm sisteminin başlangıç ve her nefes sonunda yaptığı ölçümlerde hatanın standart olmasının ölçümleri etkilemediği düşünülmektedir.

Farklı gaz toplama aparatlarının kullanıldığı çalışmalarda, ağızlık kullanımı maskeye göre daha rahatsız bir durum oluşturmaktadır ve bu durum ventilasyonu değiştirmektedir.<sup>16,17,20</sup> Benzer şekilde maske kullanımı da rahatsızlığa neden olmaktadır, ancak bu ağızlığa göre daha azdır. Ayrıca, maske kullanımı ağızlığa göre hatalı ölçümlere neden olan daha fazla hava kaçağı riskine sahiptir.<sup>16-18</sup> Her iki sistemin kullanımında ventilasyondaki artış O<sub>2</sub> tüketimi ve REE'nin artmasıyla sonuçlanabilmektedir.<sup>16,17</sup> Çalışmamızda, dinlenim sırasında aparatların normal ölü boşlukları ile ölçülen REE ve O<sub>2</sub> tüketimi değerleri açısından şeffaf maske ve ağızlık arasında anlamlı bir farklılık bulunurken, RQ değerleri açısından aparatlar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Aynı zamanda şeffaf maske ve mavi maskeden benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ağızlık ile ölçülen REE değeri, şeffaf maske ile ölçülen REE değerine göre daha yüksektir. Bu farkın nedeni ağızlık kullanımının her iki maske kullanımına göre daha fazla rahatsızlık yaratması olabilmektedir. Aparatların test süresince kullanım rahatlığı değerlendirildiğinde, ağızlık en az kullanım rahatlığına sahip aparat olarak belirlenmiştir.



ŞEKİL 1: Aparatların kullanım rahatlığının yüzde olarak gösterimi.

TABLO 5: Yürüme sırasında üç aparat ile ölçülen değerlerin ortalama ve standart sapmaları.

	Şeffaf Maske Ort.±Std. sapma	Mavi Maske Ort.±Std. sapma	Ağızlık Ort.± Std. sapma	p
Yürüme enerji tüketimi (kcal/gün)	5854,39±1480,51	6499,83±1440,13*	6322,89±934,39	0,026
O <sub>2</sub> tüketimi (L/dk)	0,87±0,22	0,96±0,22*	0,93±0,13	0,045
RQ	0,71±0,07	0,74±0,06	0,76±0,07*	0,034

\*Şeffaf maske ile anlamlı farklılık bulunmaktadır, RQ: Solunum katsayısı; Ort: Ortalama; Std, Sapma; Standart sapma.

Önceki araştırmaların bazı sonuçları çalışmamız ile uymamaktadır. Forse yaptığı çalışmada; ağızlık, maske ve kanopi ile ölçülen gaz değişimlerini kıyaslamıştır.<sup>17</sup> Bu çalışmada, ağızlık ile ölçülen REE ve O<sub>2</sub> tüketiminin maske ile ölçülene göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir, ancak bu fark anlamlı değildir. Isbell ve ark.nın çalışmasında; ağızlık, maske ve kanopi sistemleri kullanılarak REE'nin tekrarlayan (3 gün boyunca günde 45 dk'lık) ölçümlerinin güvenilirliği değerlendirilmiştir.<sup>21</sup> Her üç sistem ile ölçülen REE verileri arasında bir fark bulunamamıştır. Segal, yaptığı çalışmada; kanopi, maske ve ağızlık olmak üzere üç farklı metot ile indirekt kalorimetrik ölçüm yapmıştır.<sup>16</sup> Çalışmanın sonuçlarına göre O<sub>2</sub> tüketimi, enerji tüketimi ve RQ değerleri açısından her üç yöntem arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ağızlık ile ölçülen parametreler maske ile ölçülen parametrelere göre daha yüksektir, ancak bu fark anlamlı değildir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, yürüme sırasında aparatların normal ölü boşlukları ile ölçülen enerji tüketimi ve O<sub>2</sub> tüketimi, mavi maskede şeffaf maskeye göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Şeffaf maske ile ölçülen RQ değeri ağızlık ile ölçülen değere göre daha düşüktür. Wagner ve Clark'ın çalışmasında, ağızlık ve maske sistemleri kullanılmıştır.<sup>22</sup> Bu çalışmanın sonuçlarına göre, dinlenim ve submaksimal egzersizde her iki sistemle elde edilen O<sub>2</sub> hacmi, ekspire edilen O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> fraksiyonları, pik dakika ventilasyonu, solunum hızı, tidal volüm gibi parametrelerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Farley ve ark.nın çalışmasında, çalışmamıza benzer şekilde iki farklı maske ve ağızlığın performansları değerlendirilmiştir.<sup>18</sup> Bu çalışmada kullanılan maskelerden birinde nasal solunumu engelleyen burun engeli bulunur iken (7920 model, Hans Rudolf), diğer maskede burun engeli (8900 model, Hans Rudolf) bulunmamaktadır. Her birey için aşamalı maksimal egzersiz testi uygulanmıştır. Submaksimal egzersizin başlarında 8900 model maske ile ölçülen ventilasyon hızı ve O<sub>2</sub> tüketimi, 7920 model maske veya ağızlığa göre daha yüksektir. Daha şiddetli egzersiz seviyelerinde her iki maske ile ölçülen bu parametreler ağızlığa göre

daha yüksektir. Solunumsal değişim oranı sadece egzersizin ilk seviyesinde her üç aparat için de birbirinden farklıdır.

Çalışmamızda, hem dinlenim hem de yürüme sırasında mavi maske ve ağızlığın normal ölü boşluğu ile yapılan ölçümlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Brooks ve Dawes'in yapmış olduğu çalışmada, submaksimal egzersizde elde edilen VO<sub>2</sub> değerleri açısından maske ve ağızlık sistemi arasında bir fark bulunmamıştır.<sup>23</sup> Bu farkın nedenini katılımcıların yüz şeklinin veya yüz özelliklerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda kullanılan mavi maske burun engeli olmayan bir maskedir ve bu durum burundan solunumu engellememektedir. Hem maske hem de bireylerin yüz özellikleri mavi maske ve ağızlık arasındaki veri farklılığına neden olmamış olabilmektedir.

Çalışmamızın bir diğer amacı, en rahat kullanıma sahip aparatı belirlemektir. Dinlenim ve yürüme enerji tüketimleri sırasında mavi maske, şeffaf maske ve ağızlığa göre en rahat kullanım rahatlığına sahip aparattır. Ağızlık ise tüm bireyler tarafından rahatsız olarak değerlendirilmiştir. Ağızlık kullanımı enerji tüketimi ölçümü sırasında yutkunmayı zorlaştırmaktadır.<sup>6</sup> Benzer şekilde, çalışmamıza katılan bireyler yutkunma problemi yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu nedenle her iki maske de ağızlığa göre daha rahat olarak değerlendirilmiş olabilmektedir. Mellecker ve McManus, çocuklarla yaptıkları çalışmada, REE ölçümünü farklı sürelerde hem maske hem de ağızlık ve burun mandalı ile ölçmüşlerdir.<sup>6</sup> Bu çalışmanın sonucuna göre, maske kullanımı çocuklarda REE ölçümü için ağızlığa göre daha rahattır.

## SONUÇ

Çalışmamızın sonuçlarına göre, enerji tüketimi ölçümlerinde kullanılan aparatların mevcut boşluklarının %25 hata payı ile sisteme girilmesi ölçüm sonuçlarını etkilememektedir. Ayrıca, her üç aparamandan farklı enerji tüketimi verileri elde edilmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalarda kullanılan aparatın tüm çalışma boyunca aynı olmasına dik-

kat edilmelidir. Ayrıca, indirekt kalorimetrik ölçümlerde testler süresince bireylerin daha rahat olması ve elde edilen sonuçları etkilememesi adına ağız ve burun bölgesinin bir bölme ile ayrıldığı (oronasal) maskeler tercih edilebilmektedir.

### Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Uğur Dal; **Tasarım:** Uğur Dal; **Denetleme/Danışmanlık:** Zeynep Altinkaya, Uğur Dal; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Zeynep Altinkaya; **Analiz ve/veya Yorum:** Zeynep Altinkaya, Uğur Dal, Didem Derici Yıldırım; **Kaynak Taraması:** Zeynep Altinkaya; **Makalenin Yazımı:** Zeynep Altinkaya; **Eleştirel İnceleme:** Uğur Dal.

## KAYNAKLAR

- Headley JM. Indirect calorimetry: a trend toward continuous metabolic assessment. AACN Clin Issues 2003;14(2):155-67.
- Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L; Evidence Analysis Working Group. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. J Am Diet Assoc 2006;106(6):881-903.
- Hall C, Figueroa A, Fernhall B, Kanaley JA. Energy expenditure of walking and running: comparison with prediction equations. Med Sci Sports Exerc 2004;36(12):2128-34.
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. 6th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p.1068.
- Wilmore JH, Costill DL. Physiology of Sport and Exercise. 3rd ed. Hong Kong: Human Kinetics; 2004. p.726.
- Mellecker RR, McManus AM. Measurement of resting energy expenditure in healthy children. JPEN J Parenter Enteral Nutr 2009;33(6):640-5.
- Robergs RA, Keteyian SJ. Fundamentals of Exercise Physiology: for Fitness, Performance and Health. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2003. p.496.
- Powers SK, Howley ET. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance. 3rd ed. Madison: Brown & Benchmark Publishers; 1997. p.522.
- Matarese LE. Indirect calorimetry: technical aspects. J Am Diet Assoc 1997;97(10 Suppl 2):S154-60.
- Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. Nutr Clin Pract 200;22(4):377-88.
- McAnena OJ, Harvey LP, Katzeff HL, Daly JM. Indirect calorimetry: comparison of hood and mask systems for measuring resting energy expenditure in healthy volunteers. JPEN J Parenter Enteral Nutr 1986;10(6):555-7.
- Cardinal BJ, Esters J, Cardinal MK. Evaluation of the revised physical activity readiness questionnaire in older adults. Med Sci Sports Exerc 1996;28(4):468-72.
- Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. Am J Clin Nutr 2009;90(4):993-1001.
- Dal U, Erdogan T, Resitoglu B, Beydagi H. Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. Gait Posture 2010;31(3):366-9.
- Dal U, Erdoğan AT, Cüreoğlu A, Reşitoğlu B, Helvacı İ, Beydağı H. [Influence of anthropometric characteristics on preferred walking speed and walking energy consumption: cost & consumption of oxygen]. Mersin Univ Sağlık Bilim Derg 2010;3(1):9-14.
- Segal KR. Comparison of indirect calorimetric measurements of resting energy expenditure with a ventilated hood, face mask, and mouthpiece. Am J Clin Nutr 1987;45(6):1420-3.
- Forse RA. Comparison of gas exchange measurements with a mouthpiece, face mask, and ventilated canopy. JPEN J Parenter Enteral Nutr 1993;17(4):388-91.
- Farley RS, Ray PS, Moynihan GP. Evaluation of three gas collection devices. Int J Ind Ergon 1998;22(6):431-7.
- Johnson AT, Cummings EG. Mask design considerations. Am Ind Hyg Assoc J 1975;36(3):220-8.
- Maxwell DL, Cover D, Hughes JM. Effect of respiratory apparatus on timing and depth of breathing in man. Respir Physiol 1985;61(2):255-64.
- Isbell TR, Klesges RC, Meyers AW, Klesges LM. Measurement reliability and reactivity using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouthpiece, and ventilated canopy. JPEN J Parenter Enteral Nutr 1991;15(2):165-8.
- Wagner DR, Clark NW. Similar results for face mask versus mouthpiece during incremental exercise to exhaustion. J Sports Sci 2016; 34(9):852-5.
- Kelly B, Dawes J. Measurement of aerobic capacity using mouthpiece vs. mask for data collection. J Nov Physiother 2013;Suppl 2.