

Şişmanlığın Diyet Tedavisinin Planlanmasında Bazal Metabolizma Hızı/Dinlenme Metabolizma Hızı ve Etkileyen Etmenler

The Factors Affecting Basal Metabolic Rate/Resting Metabolic Rate in the Planning of Dietary Treatment of Obesity: Review

Gamze ÇITAK AKBULUT,^a
Neslişah RAKICIOĞLU^b

^aBeslenme ve Diyetetik Bölümü,
Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi,

^bBeslenme ve Diyetetik Bölümü,
Hacettepe Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 07.01.2010
Kabul Tarihi/Accepted: 21.06.2010

Yazışma Adresi/Correspondence:

Gamze ÇITAK AKBULUT
Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi,
Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara,
TÜRKİYE/TURKEY
gakbulut@gazi.edu.tr

ÖZET Şişmanlığın diyet tedavisinin değerlendirilmesinde dinlenme metabolizma hızı (DMH)'nin ölçülmesi önemli bir aşamadır. Metabolizma hızı, indirekt kalorimetrik yöntemlerle ölçülebildiği gibi, çeşitli denklemler ile de saptanabilir. DMH ölçümleri bireyin oksijen tüketiminin hesaplanması sonucu oluşan ısı ve enerji üretim birimlerini içermektedir. Genel olarak oksijen tüketiminin hesaplanması için birçok araştırmacı tarafından farklı yöntemler kullanılmakta ve her birinin birbirine yakın sonuçlar verdiği bilinmektedir. Aynı bireyde aynı zamanda iki veya daha fazla sayıda yöntem kullanılarak yapılan oksijen tüketim ölçümleri sonucunda yöntemler arasında önemli farklılıkların oluşmadığı görülmektedir. Klinik çalışmalarda sıklıkla kullanılan formüller arasında "Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor denklemi, Owen ve Dünya Sağlık Örgütü/Besin ve Tarım Örgütü/Birleşmiş Milletler Üniversitesi (WHO/FAO/UNU)" tarafından belirlenen dört denklem yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, denklemlerle tahmin edilen DMH'nin hata payı, ölçümle saptanan DMH'ye göre daha yüksektir. Mifflin-St Jeor denklemi, diğer denklemlere oranla DMH'nin hesaplanmasında daha doğru sonuçlar vermekle birlikte; belirli yaş ve etnik grupların değerlendirilmesinde bazı sınırlamalar ve gözle görülür hatalara neden olabilmektedir. Bu nedenle, şişman bireylerde ölçüm hatalarını en aza indirmek amacıyla DMH'nin ergospirometre ile ölçülmesi daha doğru sonuçlar vermekte ve diyet tedavisinin daha doğru planlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu makalede, aynı zamanda enerji kısıtlaması sonucu oluşan metabolik adaptasyonun da önemli olduğu doğrulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Obezite, morbid; bazal metabolizma

ABSTRACT Measurement of resting metabolic rate (RMR) is a necessary component in the evaluation of the diet therapy in obesity. The metabolic rate could be measured by indirect calorimetric methods or estimated by equations. RMR measurements involve the estimation of the oxygen consumption of the individual, which was then converted into units of heat or energy output. In general most investigators involved in RMR measurements use a range of techniques available to estimate oxygen consumption, which provide more or less the same results. Comparisons of techniques using different equipment that there were no significant differences between estimates of oxygen consumption obtained by two or more techniques in the same individual at the same time. Four prediction equations were identified as the most commonly used in clinical practice [Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor, Owen, and World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University (WHO/FAO/UNU)]. However, predictive equations might generate errors large enough to impact outcome. The Mifflin-St Jeor equation is more likely than the other equations tested to estimate RMR, but noteworthy errors and limitations exist when it has been applied to individuals and possibly when it has been generalized to certain age and ethnic groups. RMR estimation errors would be eliminated by valid measurement of RMR with indirect calorimetry (ergospirometry, etc.) in obese patients to minimize measurement error and proper planning of diet therapy. In this article, it has been also confirmed that the result of energy restriction on metabolic adaptation is important.

Key Words: Obesity, morbid; basal metabolism

Organizma yaşamsal faaliyetlerini, tüm kimyasal ve biyokimyasal işlevlerini besinlerin oksidasyonu sonucu ortaya çıkan enerji, karbondioksit (CO₂), su (H₂O) ve adenozin trifosfat (ATP) oluşumu ile sağlamaktadır. ATP oluşumu sırasında ortaya çıkan ısı, besin enerjisinin yaklaşık %60'ı kadardır. Oluşan ATP vücudun biyokimyasal işlevlerini yerine getirmek için kullanılır. Diğer bir deyişle enerji harcaması ısı üretimi olup, vücut fonksiyonlarının belirleyicisi ve metabolik hızın göstergesidir. Bu nedenle enerji harcaması, “enerji metabolizması” anlamında da kullanılır ve enerji gereksinmesini belirlediği için önemlidir.¹

Vücudun metabolik işlevleri için harcanan enerjinin ürünü ısı olduğundan, vücutta oluşan bu ısı ölçülerek canlının belirli bir sürede ve belirli bir fizyolojik durumda harcadığı enerji bulunabilir. Lavoisier ve Laplace, deneysel olarak ilk kez 1835 yılında doğrudan kalorimetrik ölçümleri yapmıştır; bunu 1849’da Reynolt ve Reiser, 1866 yılında Rubner, Zunts ve Johnson’un ölçümleri izlemiştir. Atwater 1892 yılında “direkt kalorimetrik ölçüm” yöntemini insanlarda denemiştir. Sonraki yıllarda, enerjiyi oluşturan biyolojik oksidasyonların (CO₂, H₂O, protein ve katabolik ürünleri) veya harcanan oksijen (O₂)’in ölçülmesi esasına dayanan solunum aygıtları ile (indirekt kalorimetreler) bireyin enerji harcamasının ölçülebilmesi gerçekleştirilmiştir. Douglas çantası, Zunts Geppert, Max-Planck, Benedic-Roth Spirometresi, Oxycon Ergo-Spirometresi gibi kullanım alanı daha yaygın ve kapsamlı, CO₂ üretimi ve O₂ tüketimi yöntemine dayanan indirekt kalorimetreler geliştirilmiştir.¹ Besin öğelerinin oksidasyonla (O₂ tüketimi) enerji oluşturması besin öğelerinin türüne göre farklılık gösterse de, karışık bir diyetle 1 L O₂ tüketiminin karşılığı olan enerji 4.825 kkal’dır. Spirometre ile 1 dakikada harcanan enerji miktarı litre olarak belirlendikten sonra bu miktar, 4.825 ile çarpılarak bir saatte, 24 ile çarpılarak da bir günde harcanan enerji miktarı hesaplanmış olur. Bireyin soluduğu O₂ miktarı maksimum oksijen hacmi (Max VO₂) olarak ifade edilmektedir. Max VO₂ bireyin ATP’yi aerobik olarak yeniden sentezleme yeteneğinin veya aerobik enerjinin transfer kapasitesinin göstergesidir.¹

■ DİNLENME METABOLİZMA HIZI VE BAZAL METABOLİZMA HIZI

Günlük harcanan enerjinin %50-60’ını dinlenme anında harcanan enerji oluşturur. Bazal metabolizma; 12-14 saat süreli açlıktan ve 30 dakika mutlak dinlenmeden sonra bireyin organizmasında membran turnover’ı ve vücut ısısı için harcanan enerjidir.¹ Dinlenme metabolizma hızı (DMH), bazal metabolizma hızı (BMH) için harcanan enerjiden kısmen fazla (%5-10) olmakla birlikte, pratikte birbirinin yerine kullanılabilir. Ancak, klinik uygulamalarda ölçümle alınan değer özellikle DMH olduğu bilinmelidir. Yaş, cinsiyet, büyüme-gelişme, vücut küçümesi ve bileşimi, fiziksel aktivite, endokrin sistem, diyetin bileşimi ve ateşli hastalıklar bazal metabolizma için harcanan enerji miktarını etkilemektedir. Dinlenme ya da bazal metabolizma enerjisi kadında, erkeğe kıyasla %10-15 daha azdır. Çünkü kadının vücudunda aynı ağırlıktaki erkeğe kıyasla daha fazla yağ bulunmaktadır. Harcanan enerjinin diğer bir bileşeni, besinlerin termik etkisi olup, karışık bir diyetle bu değer BMH enerjisinin yaklaşık %10’u kadardır. Bireyin yaptığı her fiziksel aktivitenin de bir enerji değeri vardır. Bu nedenle fiziksel aktivite, enerji harcamasının önemli bileşenlerinden bir diğeridir. İstemsiz yapılan fiziksel aktivite için harcanan aktivite değeri BMH’nin %3-15’i kadar olmakla birlikte, istemli hareketler (egzersiz) değişken olup (%15-25), bu kısmın diğer enerji harcama bileşenleri (BMH’yi artırır) üzerine etkisi önemlidir.¹ Normal ve şişman bireylerin enerji harcaması farklılık göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, zayıflama diyeti uygulayan bireylerde egzersiz sırasında, besinlerin enerji için kullanımının arttığı, ancak normal vücut ağırlığındaki bireylere kıyasla DMH’de bir farklılık olmadığı bildirilmiştir.²

Benedict tarafından 1915 yılında ilk kez, vücut ağırlığı ve vücut yüzeyinin, BMH hesaplanmasında etkinliğinin yetersiz olduğu ve aktif protoplazmik doku kütlelerinin BMH hesaplanmasında daha yararlı olabileceği belirtilmiş; 1952’de yağsız vücut kütlelerinin O₂ tüketiminde, vücut yüzeyinden daha iyi bir gösterge olabileceği gösterilmiştir. BMH’nin, yağsız vücut kütlesi [lean body mass: (LBM)] ve

vücut alanı ile ilişkisi ilk kez 1953 yılında denklemlerle ortaya çıkarılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda ise normal, zayıf ve şişman kadınların vücut yağ yüzdesine göre O₂ tüketimlerinin, yağ yüzdesi fazla olandan az olanlara doğru arttığı (140-257 mL O₂/dakika); diğer çalışmalarda da yağsız vücut kütlesi ile BMH arasındaki korelasyonun doğrusal ve önemli olduğu vurgulanmıştır. Enerji regülasyonunun sağlanmasında çevresel ve sosyal etkilerin yanı sıra diyet enerjisi alımı ile fiziksel aktivite için harcanan enerjinin de önemi Şekil 1’de görülmektedir.^{1,3}

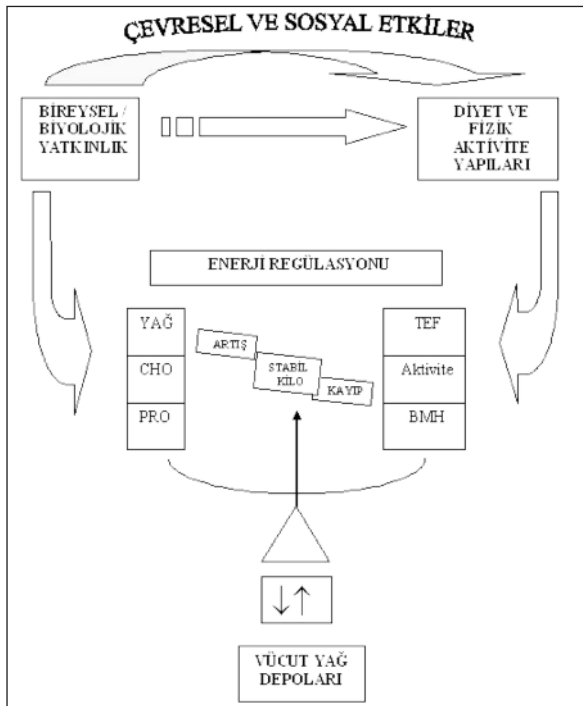
Yapılan araştırmalar sonucunda, vücut küsesi fazla olan bireylerin günlük BMH/DMH’leri için harcanan enerjinin de fazla olduğu rapor edilmiştir. Beden kütle indeksi (BKİ, kg/m²)’ne göre vücut ağırlıklarının değerlendirildiği bir çalışmada, normal (ortalama BKİ= 23 kg/m²), şişman (ortalama BKİ= 34 kg/m²) ve morbid şişman (ortalama BKİ= 49.9 kg/m²) olan bireylerin DMH’lerinin sırasıyla 1.402, 1.773 ve 1.983 kkal/gün olduğu bulunmuştur.¹ Yapılan bir diğer çalışmada ise şişman bireylerin vücut yağ yüzdesi (%41), normal ağırlıktaki bireylerden (%27) daha fazla bulunmasına karşın,

gerek günlük toplam enerji harcaması, gerekse DMH’nin şişmanlarda (2.704 kkal/gün) normal ağırlıktaki bireylere kıyasla (1.496 kkal/gün) daha fazla olduğu gösterilmiştir.¹ Yağsız doku kütlesi fazla olan bireylerin enerji harcamalarının daha fazla olduğu bildirilmektedir.² Gemert ve ark. da, şişman bireylerin ağırlık kaybetmeleri sonucu, DMH’lerindeki azalmaya ek olarak enerji harcamalarında da azalmanın olduğunu saptamışlardır.⁴ Normal şartlarda, toplam enerji harcaması (TEH)’nin yaklaşık olarak %30’u fiziksel aktivite için harcanan enerjiden kaynaklanmaktadır.

BMH ve DMH ile yağ dokusu arasındaki korelasyonun, yağsız doku kütlesine göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bunun tersine, yağsız doku kütlesi ile olan korelasyonların daha yüksek olduğunu savunan görüşler de vardır.⁵ İlk görüşe göre, yağsız doku kütlesi göz ardı edilerek, yağ kütlesinin kaybını hedefleyen bir tedavide, enerji harcamasının azalması ve ağırlık kaybının daha zor olması beklenir. İkinci görüşe göre ise yağsız doku kütlesinin korunumu hedeflenen bir programda, enerji harcamasının korunumu ya da artırılması hedeflenerek ağırlık kaybı daha kolay sağlanabilecektir. Ağırlık kaybının BMH üzerine etkileri son derece karmaşıktır. Bir çalışmada, ağırlık kaybı sonrasında BMH ve DMH’nin önemli düzeylerde azaldığı gösterilmiştir. Bunun tersine, bir başka çalışmada ise egzersiz ve diyet tedavisi birlikte uygulandığında, DMH’de istatistiksel açıdan %10’luk önemli bir artışın olduğu saptanmıştır.⁵

Vücut ağırlık kaybı sırasında oluşan DMH’nin azalmasında iki temel unsurun etkili olduğu düşünülmektedir. Bunlar, vücut ağırlık kaybından olduğu tahmin edilen enerji gereksinmesinde oluşan azalma ve yağ yıkımı (oksidasyon) için kapasitenin düşmesi olarak açıklanmaktadır.⁶

Uzun süreli vücut ağırlık artışının sedanter yaşamla bağlantılı olması bilinmesine rağmen, halen fiziksel aktivite yetersizliğinin mi obeziteye neden olduğu, yoksa obezitenin mi fiziksel aktivite yetersizliğine neden olduğu konusu tartışmalıdır.⁷ Amerika Birleşik Devletleri’nin Atlanta eyaletinde 10 yıl süre ile 90 bin bireyin izlendiği “Ulusal Sağlık ve Beslenme Araştırması”na göre bireylerin çalışma



ŞEKİL 1: Enerji dengesi ve vücut ağırlığının fizyolojik regülasyonu.³

başlangıcında kaydettikleri fiziksel aktivite düzeyleri ile sonraki vücut ağırlıkları arasında bir ilişki bulunamamıştır (Bunun tersine ifadesi çıkarılmıştır). İlerleyen yıllarda aynı araştırmacılar fiziksel aktivite arttığında, ağırlık kazanımının azaldığını bildirmiştir.⁸

Weinsier ve ark.nın, BKİ'leri 27-30 kg/m² arasında değişen, 18 beyaz ve 14 zenci üzerinde yaptıkları çalışmada, tek başına zayıflama diyeti verilerek bireylerin vücut ağırlık kayıpları ve DMH'lerindeki değişimleri incelenmiştir.⁷ Buna göre, her iki grupta da ortalama 12.8 kg ağırlık kaybının olduğu ve vücut ağırlığının azalmasına bağlı olarak bireylerin enerji harcamalarının azalması sonucunda, DMH'lerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma olduğu saptanmıştır. Zhang ve ark.nın, obez ve normal vücut ağırlığındaki bireylerde indirekt kalorimetrik yöntem ile uyku sırasındaki metabolik hız [sleeping metabolic rate (SMR)] ve DMH'yi belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada, obez bireylerde uyku metabolizma hızının DMH'ye göre daha düşük olduğu, bunun tersine normal ağırlıktaki bireylerde ise daha yüksek olduğu saptanmıştır.⁹

Yapılan çalışmalarda vücut yağ oranının (%) artmasıyla, fiziksel aktivite için harcanan enerji (AEE)'nin azaldığı bildirilmektedir.^{10,11} Weinsier ve ark.nın yaptıkları bir başka çalışmada, 47 birey bir yıl süresince izlenmek üzere iki gruba ayrılmıştır.¹² Birinci grup vücut ağırlığını koruyan (1 yılda başlangıç ağırlığının \leq %3'ü kadar ağırlık artışı olan, \leq 2 kg/yıl) ve ikinci grup vücut ağırlık artışı kaydedilen (1 yılda başlangıç ağırlığının $>$ %10'u kadar ağırlık artışı olan, $>$ 6 kg/yıl) bireylerden oluşmaktadır. Diyet enerji dengeleri korunarak bireylere zayıflama diyeti uygulanmış ve ölçümler 4 hafta aralıklarla tekrarlanmıştır. Buna göre, çalışma sonunda birinci gruptaki bireyler yılda 0.5 ± 2.2 kg ağırlık kaybederken, ikinci gruptakiler 9.5 ± 2.1 kg ağırlık kazanmıştır. İkinci grubun fiziksel AEE'sinin, fiziksel aktivite düzeyleri (PAL)'nin istatistiksel açıdan önemli düzeyde daha düşük ve yağsız vücut kütlesi korunumlarının daha az olduğu saptanmıştır. İkinci gruptaki bireylerin 1 yıl sonra kaybettikleri ağırlığın %77'sini yeniden almaları, AEE'lerindeki azalma ile açıklanmaktadır. Çalış-

manın sonunda, bireylere enerji harcamalarını arttırmak üzere fiziksel aktivitede bulunmaları konusunda öneriler sunulmuştur.

Düşük düzeylerde enerji harcaması ve yağ oksidasyonu ağırlık artışı ile sonuçlanmaktadır. Bunun tam tersi olarak, ağırlık artışı ile birlikte enerji harcaması ve yağ oksidasyonu da artmaktadır. Yapılan bir çalışmada, 24 saatlik enerji harcamasının sadece vücut yağı ve yağsız vücut kütlesi ile ilintili olmadığı, aynı zamanda vücut yağ dağılımı ile de ilişkili olduğu açıklanmış ve uzun süreli ağırlık değişimlerinin olduğu durumlarda enerji harcaması ve yağ oksidasyonunda metabolik bir adaptasyonun geliştiği bildirilmiştir.¹³ Ravussin ve ark.na göre, vücut bileşimindeki bireysel farklılıkların bir sonucu olarak bireylerin 24 saatlik enerji harcamalarında da değişiklikler oluşmaktadır.¹⁴

Horgan, obez bireylerde Schofield denkleminin BMH hesaplamasında kullanılmasının uygun olmadığını bildirmiştir.¹⁵ Obez bireylerde kullanılan denklemlerin bireyin gerçek metabolizma hızını yansıtmadığını; bunun nedeni olarak da obezlerin doğuştan metabolik hızlarının yavaş olduğunu belirtmiştir. Aslında birçok çalışmada da vurgulandığı gibi, obezlerde metabolik aktif doku kütlelerinin fazla olmasına bağlı olarak enerji gereksinimlerinin daha yüksek olduğu bilinmektedir. Ancak, vücut yağının artmasına paralel olarak dokularda depolanan yağ miktarı da artmaktadır. Adipoz doku sadece yağdan ibaret değildir, bu dokunun hücreleri, kan damarları ve destekleyen stroması bulunmakta ve vücutta yağsız kütleden daha geniş yer kaplamaktadır. Vücut ağırlık kaybı ile yağsız vücut kütlesi de azalmaktadır. Adipoz dokunun metabolik hızı, yağsız vücut dokusuna göre daha düşüktür. Bu durum obez bireylerin daha düşük DMH'lerinin olması ile açıklanmaktadır. Bu durumda kişi kendisi ile aynı ağırlıkta olan normal kişiye göre daha az enerji tüketmek zorunda kalacaktır. Hızlı ağırlık kaybı ile yağsız vücut kütlesindeki azalma daha fazla olmakta; %75-25 olan yağ kütlesi/yağsız vücut kütlesi oranı %50-50 düzeyine ulaşabilmektedir. Bu durum, DMH'nin daha fazla düşmesine neden olacağından kişinin kaybettiği ağırlığı koruması güçleşecektir. Krupa Das ve

Martin de, yaptıkları çalışmalarda DMH'nin obez bireylerde daha düşük olduğunu bildirmektedir.^{16,17}

Frankenfield ve ark.,¹⁸ normal vücut ağırlığındaki bireylere göre obezlerin dinlenme metabolik hızlarının saptanmasında kullanılan denklemlerin geçerliliğinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu denklemler arasında Mifflin-St. Jeor (obezlerde %70 geçerlilik gösteren), Haris-Benedict (obezlerde %38-64 geçerlilik gösteren), Owen (%10-51 geçerlilik gösteren), Dünya Sağlık Örgütü/Besin ve Tarım Örgütü/Birleşmiş Milletler Üniversitesi (WHO/FAO/UNU) (obezlerde kullanılması önerilmeyen) denklemleri yer almaktadır. DMH'nin saptanmasında kalorimetrik ölçüm tekniğinin (ergospirometre ile) obezlerde en geçerli yöntem olduğunun vurgulandığı bu çalışmada, pratik olması açısından "Mifflin-St. Jeor" denkleminin diğer denklemlerden daha uygun olacağı önerilmektedir.

De Lorenzo ve ark.nın, 320 obez ve sağlıklı bireyin (indirekt yöntemle ve çeşitli denklemler kullanılarak hesapladıkları) DMH'lerini belirledikleri çalışma sonuçlarına göre, genel olarak İtalyanların vücut bileşimlerindeki farklılıklara bağlı olarak diğer popülasyonlara oranla daha yüksek DMH'lerinin olduğu bildirilmektedir.¹³ Buna ek olarak, literatürde gösterilen hesaplama formülleri ile tahmin edilen DMH değerlerinin (Schofield and Harris Benedict haricinde) ölçümle bulunan DMH değerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu çalışmanın sonunda, DMH'nin formülle hesaplanarak değil, ergospirometre ölçümü ile saptanmasının daha uygun olacağı bildirilmektedir. Nijeryalı ve ABD'li zencilerin enerji harcamaları ve vücut yağ dağılımlarını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, ABD'lilerin daha şişman oldukları, vücut yağ kütlelerinin, total enerji harcamaları (TDEE) ve dinlenme enerji harcamaları (REE) ile fiziksel AEE'lerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu çalışma sonuçlarının, vücut yağ oranının artmasına paralel olarak AEE'nin de artmış olması nedeni ile literatür bilgilerini desteklemediği bildirilmiştir.¹⁹

Lazzer'in, yaşları 12-16 yıl arasında değişen, BKİ'leri ortalama 33.9 kg/m² ve vücut yağ oranı %41.5 olan obez adölesanlara 9 ay süre ile uyguladığı diyet + aktivite programı sonrasında, vücut ağırlıklarında ortalama 16.9 ± 1.3 kg, vücut yağ

miktarlarında 15.2 ± 0.9 kg, yağsız vücut ağırlıklarında 1.8 ± 0.5 kg kayıp olduğu ve bunun istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.²⁰ Bireylerin fiziksel aktivite düzeyleri artmasına rağmen BMH'lerinde oluşan %8-14 düzeyindeki azalmanın engellenemediği bildirilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada, obez bireylerde dinlenme enerji harcamasının BKİ, insülin direnci ve besin tüketim düzeylerinden bağımsız olduğu; bununla beraber yağsız vücut kütlesi ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmiştir.²¹

Akbulut ve ark.nın çalışmasında da, BİA ile ölçülen BMH değerleri ile yağsız vücut kütlesi arasındaki korelasyonların kuvvetli olduğu (r= 0.90, p< 0.001); buna karşın ergospirometre ile ölçülen DMH değerleri ile yağsız vücut kütlesi arasındaki korelasyonların zayıf olduğu bulunmuştur (r= 0.33, p< 0.05).²² Gilliat-Wimberly ve ark.nın²³ fiziksel aktivitenin DMH üzerindeki etkisini inceledikleri bir çalışmada, düzenli olarak egzersiz yapan kadınların sedanter yaşayan kadınlara oranla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde DMH'lerinde artış olduğu saptanmıştır. Yapılan bir başka çalışmada, ilerleyen yaşla birlikte aktivitesi düşen bireylerin, DMH'lerinde azalma olduğu saptanmıştır. Fiziksel aktivite düzeyleri değişmediğinde, DMH düzeylerinde artış görüldüğü belirtilmiştir.²⁴

Obez kadınlarda aerobik egzersiz ve kuvvet antrenmanının antropometrik ölçümlere, O₂ tüketimine, kalp debisine (Q) ve solunum fonksiyonlarına etkisini incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada 41 obez birey (yaşları: 37.70 ± 2.25 yıl, vücut ağırlıkları: 83.12 ± 11.56 kg) 3 gruba ayrılarak incelenmiştir. Kontrol grubu (K), aerobik yapan grup (A) 8 hafta süre ile haftada 3 gün 45-60 dakika aerobik egzersiz ve diyet yaparken, aerobik-kuvvet (AK) grubu bunlara ek olarak kuvvet egzersizleri yapmıştır. A ve AK grubunda antropometrik ölçümlerde saptanan olumlu değişkenlerin yanı sıra, zorlu vital kapasite (FVC) ve maksimal istemli ventilasyon (MVV) değerlerindeki artış AK grubu lehine anlamlı olarak farklı bulunmuştur. Sonuç olarak; obez kadınların yardımcı solunum kaslarını kuvvetlendirmek için yapılan kuvvet çalışmasının, antropometrik ölçümlere ve dayanıklılık ile ilgili parametrelere ekstra bir katkısı olmaz iken, yar-

dımcı solunum kaslarının kuvvetlenmesi ile MVV ve FVC gibi solunum parametrelerinde artışa neden olduğu saptanmıştır. Aerobik egzersizlerle daha fazla enerji harcanarak yağ depolarının azalması sağlanırken, ek olarak yapılan kuvvet egzersizleri ile DMH'de artma ve artan kuvvet artışına paralel olarak solunum kaslarının kuvvetinde de artış oluşmaktadır.²⁵

Astrup ve ark.nın²⁶ normal vücut ağırlığında ve daha önce zayıflama programına katılarak ağırlık kaybedip yeniden kazanan bireylerde yapmış oldukları çalışmada, çalışma grubundaki bireylerin DMH'lerinin kontrol grubundaki bireylere oranla %3-5 oranında daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni olarak genetik veya kazanılmış etkenlerin rolünün olabileceği ve/veya daha önce uygulanan yöntemlerin bireylerin metabolik hızlarında azalmaya neden olabileceği gösterilmiştir. İki obez ırkın (zenci-beyaz) karşılaştırıldığı bir çalışmada, ağırlık kayıpları sonrası daha düşük düzeyde yağsız vücut kütlesi kaybı saptanan beyaz ırktaki kadınların DMH'lerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.²⁷

Fiziksel aktivite düzeyleri (PAL) ile ilgili yapılan bir çalışmada, orta yaşta bireylerde %60 düzeyinde PAL artışının (bu düzey günlük 45-60 dakika tempolu yürüyüş, bisiklete binme veya bahçe işleri ile uğraşma ile sağlanabilmektedir) DMH'yi arttırarak ağırlık koruma için gerekli olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre ağırlık kazanımı ile PAL arasında ters ilişki olduğu bildirilmiştir.²⁸ Ekelund ve ark.nın obez ve normal vücut ağırlığındaki bireyleri 4 yıl süreyle izledikleri çalışmalarında, fiziksel aktivite düzeylerinde değişme olmadan vücut ağırlıklarında meydana gelen artışın, diyet alımları ile ilişki olduğu bildi-

rilmiştir.²⁹ Donnelly ve ark.nın obez ve sedanter bireylerde diyet ve aktivitenin etkisini inceledikleri çalışmalarında, bireylerin maksimum aerobik kapasitelerini %60-75 oranında arttıracak şekilde, haftada 3 gün 30 dakika veya 5 gün 15 dakika süre ile aerobik egzersiz uygulamaları sağlanmıştır.³⁰ Çalışma sonunda bireylerin aerobik kapasitelerinde %6-8 artış olduğu, vücut ağırlıklarında ve antropometrik ölçümlerinde önemli düzeyde azalma olduğu sonucuna varılmıştır. Keim ve ark.nın yaptıkları çalışmada da obez bireylerin vücut ağırlık kayıplarının sağlanması için fiziksel aktivite için harcanan enerjinin arttırılması ve sedanter yaşamdan uzaklaşmaları önerilmektedir.³¹ Buna ek olarak bu çalışmada, toplam enerji gereksiniminin önemli bir parçası olan metabolik hızın saptanmasında, ölçümle bulunan DMH'nin, hesaplanarak bulunan BMH değerlerinden daha iyi bir gösterge olduğu bildirilmiştir.

SONUÇ

Ağırlık kaybı süresince BMH'nin arttırılması istenen bir durumdur. Akbulut ve ark.nın, çalışmasında da saptandığı üzere araştırma öncesinde sedanter ve hafif düzeyde aktivitelerinin olduğu saptanan bireylerde zayıflama diyetine ek olarak aktivite uygulayan bireylerin araştırma süresince artan fiziksel aktivite düzeylerine bağlı olarak, vücut ağırlık kayıplarının ve DMH'lerinin arttığı, en önemlisi de çalışma süresince motivasyonlarının daha fazla olduğu saptanmıştır.²² Sonuç olarak; zayıflama diyetlerinin tek başına istenilen vücut ağırlık ve yağ kütlesi kaybını sağlamada yeterli olmadığı ve dinlenme metabolizma hızlarında azalmaya neden olduğu düşüncesinden yola çıkarak, zayıflama diyetine ek olarak fiziksel aktivitenin de arttırılması önerilmelidir.^{32,33}

KAYNAKLAR

1. Arslan P. [The energy expenditure of normal and obese individuals]. I. Ulusal Obezite Kongresi Diyetisyenler Sunuları Sempozyum Kitabı. 1. Baskı. 2001. p.39-58.
2. Tounian P, Dumas C, Veinberg F, Girardet JP. Resting energy expenditure and substrate utilisation rate in children with leanness or obesity. Clin Nutr 2003;22(4):353-57.
3. Macdonald IA. [The energy expenditure of individuals: the effect of activity, diet and sympathetic nervous system]. Dursun AN, editör. Klinik Obezite, 1. Baskı. İstanbul: And Yayıncılık; 2000. p. 112-28.
4. Gemert WG, Westertep KR, Acker BAC, Wagenmakers AJM, Halliday D, Greve JM, et al. Energy, substrate and protein metabolism in morbid obesity before, during and after massive weight loss. Int J Obes 2000;24(6):711-8.
5. Katch V, Becque MD, Marks C, Moorehead C. Basal metabolism of obese adolescents: inconsistent diet and exercise effects. Am J Clin Nutr 1988;48(3):565-9.
6. Mercanligil S. [The protection of weight loss]. Turk J Endoc Met 2003;Suppl 2:39-43.

7. Weinsier RL, Hunter GR, Zuckerman PA, Redden DT, Darnell BE, Larson DE, et al. Energy expenditure and free-living physical activity in black and white women: comparison before and after weight loss. *Am J Clin Nutr* 2000;71(5):1138-46.
8. Williamson DF, Madans J, Anda RF, Kleinman JC, Kahn HS, Byers T. Recreational physical activity and ten-year weight change in a US national cohort. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993;17(5):279-86.
9. Zhang K, Sun M, Werner P, Kovera AJ, Albu J, Pi-Sunyer FX, et al. Sleeping metabolic rate in relation to body mass index and body composition. *Int J Obes* 2002;26(3):376-83.
10. Westerterp KR, Goran MI. Relationship between physical activity related energy expenditure and body composition: a gender difference. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997;21(3):184-8.
11. Rising R, Harper IT, Fontvielle AM, Ferraro RT, Spraul M, Ravussin E. Determinants of total energy expenditure: variability in physical activity. *Am J Clin Nutr* 1994;59(4):800-4.
12. Weinsier RL, Hunter GR, Desmond RA, Bryne NM, Zuckerman PA, Darnell BE. Free-living activity energy expenditure in women successful and unsuccessful at maintaining a normal body weight. *Am J Clin Nutr* 2002;75(3):499-504.
13. De Lorenzo A, Tagliabue A, Andreoli A, Testolin G, Comelli M, Deurenberg P. Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59 y. *Eur J Clin Nutr* 2001;55(3):208-14.
14. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. *J Clin Invest* 1986;78(6):1568-78.
15. Horgan GW, Stubbs J. Predicting basal metabolic rate in the obese is difficult. *Eur J Clin Nutr* 2003;7(2):335-40.
16. Das SK, Saltzman E, McCrory MA, Hsu LK, Shikora SA, Dolnikowski G, et al. Energy expenditure is very high in extremely obese women. *J Nutr* 2004;134(6):1412-6.
17. Martin CK, Heilbronn LK, De Jonge L, DeLany JP, Volaufova J, Anton SD, et al. Effect of calorie restriction on resting metabolic rate and spontaneous physical activity. *Obesity (Silver Spring)* 2007;15(12):2964-73.
18. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *J Am Diet Assoc* 2005;105(5):775-89.
19. Luke A, Durazo-Arvizu RA, Rotimi CN, Iams H, Scholler DA, Adeyemo AA, et al. Activity energy expenditure and adiposity among black adults in Nigeria and the United States. *Am J Clin Nutr* 2002;75(6):1045-50.
20. Lazzar S, Boirie Y, Montauier C, Vernet J, Meyer M, Vermore, M. A weight reduction program preserves fat-free mass but not metabolic rate in obese adolescents. *Obes Res* 2004;12(2):233-40.
21. De Luis DA, Aller E, Izaola O, Gonzales Sagrado M, Conde R. Resting energy expenditure, cardiovascular risk factors and insulin resistance in obese patients. *Ann Nutr Metab* 2005;49(6):381-5.
22. Akbulut Çıtak G, Özmen M, Besler HT. Obezite., *Bilim Teknik Dergisi* 2007;472:1-20.
23. Gilliat-Wimberly M, Manore MM, Woolf K, Swan PD, Carroll SS. Effects of habitual physical activity on the resting metabolic rates and body compositions of women aged 35 to 50 years. *J Am Diet Assoc* 2001;101(10):1181-8.
24. Van Pelt RE, Dinneno FA, Seals DR, Jones PP. Age-related decline in RMR in physically active men: relation to exercise volume and energy intake. *A J Physiol Endocr Metab* 2001;281(3):E633-9.
25. Yaprak Y. [The effects of aerobic and strength training on oxygen uptake and cardiac output measurements in obese women]. *Sporometre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 2004;2(2):73-80.
26. Astrup A, Getzschke PC, Van de Werken K, Ranneries C, Toubro S, Raben S, et al. Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. *Am J Clin Nutr* 1999;69(6):1117-22.
27. Byrne NM, Weinsier RL, Hunter GR, Desmond R, Patterson MA, Darnell BE, et al. Influence of distribution of lean body mass on resting metabolic rate after weight loss and weight regain: comparison of responses in white and black women. *Am J Clin Nutr* 2003;77(6):1348-49.
28. Di Pietro L, Dziura J, Blair SN. Estimated change in physical activity level (PAL) and prediction of 5-year weight change in men: the aerobics center longitudinal study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004;28(12):1541-7.
29. Ekelund U, Sarnblad S, Brage S, Ryberg J, Wareham NJ, Aman J. Does physical activity equally predict gain in fat mass among obese and nonobese young adults? *Int J Obes (Lond)* 2007;31(1):65-71.
30. Donnell JE, Jacobsen DJ, Snyder Helan K, Seip R, Smith S. The effects of 18 months of intermittent vs continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic fitness in previously sedentary moderately obese females. *Int J Obes* 2000;24(5):566-72.
31. Keim NL, Blanton CA, Kretsch MJ. America's obesity epidemic: measuring physical activity to promote an active lifestyle. *J Am Diet Assoc* 2004;104(9):1398-409.
32. Hasanoğlu A. [Obesity and treatment]. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Sci* 2005;1(7):62-5.
33. Kokino S, Zateri C. [Obesity and aerobic exercises]. *Türkiye Klinikleri JPM&R* 2004;4(3):9 1-9.