

1. BÖLÜM

ENERJİ VE VÜCUT KOMPOZİSYONU

Ebru Bilge DİRİK¹

ENERJİYE GENEL BAKIŞ

Hücrelerin yaşamını sürdürebilmeleri için gerekli kimyasal süreçlerin tümüne metabolizma denir. Metabolik reaksiyonların büyük bir bölümü hücredeki fizyolojik sistemler için gerekli olan enerjinin besinlerden sağlanması ile ilgilidir. Yeterli ve dengeli beslenmenin temel ilkelerinden biri işte bu enerji gereksiniminin karşılanmasıdır. Enerji; büyüme, organların düzgün çalışması, hücre yapım ve yıkım olayları, vücut sıcaklığının korunması ve fiziksel aktivite için gereklidir.

Besinlerdeki saklı olan enerjinin temel kaynağı güneştir. İnsanlar ve hayvanlar güneş enerjisinden direk yararlanamazlar. Güneş enerjisi, karbonhidrat, yağ ve proteinde kimyasal enerjiye dönüşmüş şekilde depolanır ve bizler de bu gıdaları tüketerek depolanmış enerjiyi alırız ⁽¹⁾. Besin öğeleri alındıktan sonra önce sindirim sistemimizde parçalanıp sonra hücrelerde okside olması ile saklı olan depo enerji açığa çıkmaktadır. İşte elde edilen bu enerji ögesi Adenozin Trifosfat (ATP)'dir. Adenozin trifosfat (ATP); yapısında iki organik molekül ve birbirine zincirlenmiş üç fosfat bulundurur. Organik moleküllerden biri azot içeren adenin ve diğeri beş karbonlu riboz şekeridir. Bu yapının içindeki enerjinin çoğu fosfatlar arasındaki bağda bulunmaktadır. Bu bağa “yüksek enerjili fosfat bağı” denilmektedir. ATP molekülü, yapısında bulunan fosfat grubunu enerjisi ile birlikte başka bir moleküle aktarır. Enerji alan molekül aktifleşerek diğer reaksiyonlara hazır hale gelir. Dolayısı ile ATP, birçok fiziksel aktivitede, hücre bazında birçok tepkimede kullanılır ve yan ürün olarak ısı oluşur.

¹ Uzm.Dr., Ankara Şehir Hastanesi Nöroloji Kliniği, ebturan@hotmail.com

Aldığımız gıdalardaki protein, yağ ve karbonhidratların yaklaşık %2-10 kadarı kullanılmadan atılır ama geri kalan çoğu emilir. Enerji veren maddelerin birer gramlarının oksitlenince vücuda sağladığı ortalama enerji miktarları; proteinler ve karbonhidratlar için 4 kalori iken yağ için 9 kalordir. Harcadığımız enerji ise hem gün içinde değişirken hem de yaşam boyunca yaşa ve geçirilen hastalıklara, gebeliğe ve diğer hormonal faktörlere göre değişmektedir⁽¹⁾.

Diyetle alınan enerjinin yaklaşık %15 kadarı proteinlerden elde edilir. 70 kg bir erkeğin depolanmış total enerjisinin 1/3'ü protein deposundadır. Vücudumuzdaki protein depoları, bazı hormonların (büyüme hormonu, androjenler gibi) etkisiyle ve fiziksel aktivitelerle artabilir ancak diyetteki protein içeriğinin artırılması protein deposunu artırmaz. Dolayısı ile protein alımındaki dengesizlik obezitenin direk nedeni değil iken yağ metabolizması üzerinden dolaylı etki ile nedeni olabilmektedir^(1,2).

Karbonhidrat, öğünle alınan enerjinin ana kaynağı olmasına rağmen vücut glikojen deposu 500-1000 gr gibi sınırlı miktardadır. Günlük karbonhidrat alımının %50-100'ü karbonhidratlı gıdalardan elde edilirken %1 kadarı protein ve yağlardan elde edilir. Karbonhidratlar esas olarak iskelet kasları ve karaciğerde hücre içi glikojen olarak depolanır ve aynen protein deposu gibi hormonal sistem tarafınca sıkı kontrol altındadır. Karbonhidrat deposu, gıdalarla ne kadar çok karbonhidrat alınırsa alınsın sabit kalacağı için, kilo alımının temelinde yatan asıl neden değildir^(1,2).

Yağ deposu ise protein ve karbonhidrat depolarına göre çok daha geniştir. Yağ deposu aynı miktardaki protein deposunun altı katı enerji içerir. Yağ depoları vücut için enerji tampon görevi görür. Vücudumuzun alınıp da kullanılmayan fazla enerjinin depolandığı yer yağ dokusu (adipoz doku) içindeki trigliseritlerdir. Normal bir yetişkinde 35 milyar adipoz hücre ve her birinde de yaklaşık 0.4-0.6 µg trigliserit bulunmaktadır. Aşırı obezlerde ise 140 milyar civarında adipoz hücre var ve her biri 0.8-1.2 µg trigliserit bulunmaktadır^(1,2).

Harcadığımız total enerjinin (Total enerji Harcaması, TEH) bazı alt türleri vardır. *İstirahat Enerji Harcama Oranı (İEHO)*, istirahatteki harcanan enerjinin oranıdır ve total enerji harcamasının yaklaşık %55-75'ini oluşturur. *Beslenmeye Bağlı Enerji Harcama Oranı (BEHO)*, sindirimde ve sindirilen gıdaların işlenmesinde kullanılan enerjidir. Gıdaların içeriklerine göre ve postprandial dönemde oranları değişmekle beraber genelde total enerji harcamasının %7-30'unu oluşturmaktadır. Protein içeriği karbonhidrata göre, karbonhidrat ise yağa göre daha çok enerji harcatır. Bir diğer enerji harcama şekli ise aktivite sırasında ve termogenesis sırasında yapılan harcamadır (*Aktivite Enerji Harcaması Oranı, AEHO*)^(1,2,3).

Alınan enerji, kullanılan enerji ve bunların depoları arasındaki uyuma *Enerji Dengesi* denilir⁽⁴⁾. Enerji dengesinin bu elemanları yaşımıza, beslenme tarzımıza, geçirdiğimiz hastalık ve gebelik durumlarına bağlı olarak zamanla değişebilir. Alımın kullanımdan fazla olması durumuna pozitif enerji dengesi, kullanımın alımdan fazla olmasına ise negatif enerji dengesi denilmektedir. Her iki durumda da kişinin vücut kompozisyonu bozularak obezite, malnutrisyon ve bunlarla ilişkili birçok sağlık sorunları meydana gelmektedir.

Vücut Kompozisyonuna Genel Bakış

Vücut kompozisyonu; insan vücudunu oluşturan yağ, kemik, kas dokuları , diğer organik maddeler ve hücre dışı sıvı parametrelerinin toplam vücut ağırlığına oranını ifade etmektedir⁽⁴⁾. Bu bileşenlerin dengesi vücut sağlığı ile direkt ilişkilidir. Vücut kompozisyonunun korunmasında yeterli ve dengeli beslenmenin yanında düzenli egzersiz yapılması da gereklidir.

Son yıllarda hızla değişen bilimsel ve teknolojik gelişmeler, insanların hem beslenme alışkanlıklarını hem de fiziksel hareketliliğini olumsuz etkilemektedir. Bunun sonucunda karşımıza çıkan en önemli sorun obezite ve onun getirdiği ek sağlık sorunlarıdır. Obezitenin hem dünyada hem de ülkemizde yapılan prevalans çalışmalarında yıllar içinde gittikçe artmakta olduğunu biliyoruz⁽⁵⁾. DSÖ'nün verilerine göre 1980 yılından günümüze obezite iki kat artmıştır ve artmaya da devam etmektedir.

Obezite ve aşırı kilolu olmanın tanımlanmasında ve saptanmasında Beden Kitle İndeksi (BKİ) kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, obeziteyi $BKİ \geq 30$ kg/m^2 ve bel çevresinin erkeklerde 102 cm, kadınlarda 88 cm den fazla olması olarak tanımlamaktadır⁽⁶⁾. Ancak BKİ tek başına kişinin vücut kompozisyonunu değerlendirmede yeterli değildir. Çünkü BKİ hesaplanmasında yaş, cinsiyet gibi birtakım faktörler kullanılmamaktadır. Oysa yaşlılarda vücuttaki kas kitlesi azaldığı için BKİ aynı olup daha genç olan başka bir bireye göre yağ yüzdesi daha fazla olacaktır. Aynı şekilde gelişme çağındaki çocuklardaki oran da farklı olacaktır. Ayrıca vücuttaki yağ yüzdesi ve dağılımı tek başına vücut ağırlığından daha önemlidir⁽⁷⁾. Ancak BKİ bu bilgiyi vermemektedir. “Yağ dokusu” ile “yağ” kavramı birbirinden farklı kavramlardır. Yağ dokusunun %80'i yağdan oluşurken geri kalanı su, protein ve minerallerden oluşur. Vücut yağının çoğu yağ dokusunda depolanırken bir kısmı da karaciğer, iskelet kasları gibi dokularda yerleşiktir. İşte vücuttaki bu yağ dağılımının dengesizliği (santral obezite ve ektopik yağ birikimi) metabolik riskle ilişkilidir⁽⁸⁾. Fazla miktardaki visseral yağ

dokusunun kanser, kardiyovasküler hastalıklar, karaciğer hastalıkları ve Tip2 diabetes mellitus ile ilişkisi bilinmektedir⁽⁸⁾.

Kaşeksi, sarkopeni ve malnutrisyon gibi durumlar vücut kompozisyonunun bozulduğu diğer örneklerdir. Kaşeksi; özellikle kas dokusunda kayıpla seyreden istemsiz kilo kaybıdır. Sıklıkla altta yatan kanser, demans gibi hastalıklar vardır. Sarkopeni; kas dokusu kaybolurken yerini yağ dokusu almasıdır ve yaşlanma ile ortaya çıkmaktadır.

İşte bu açılardan vücut kompozisyonunun ölçümünde, bireyin kilosuna bakıldığı kadar yaşına, cinsiyetine, mevcut sağlık durumuna göre değerlendirme yapılması önemlidir. Çünkü klinisyen vücut kompozisyonunda oluşan değişiklikleri doğru olarak saptayabildiği ölçüde tedaviyi doğru olarak yönlendirebilir. Son yıllarda vücut kompozisyonunu değerlendirme konusundaki araştırmalar hızla artmıştır.

VÜCUT KOMPOZİSYON MODELLERİ

Vücudun kimyasal bileşenlerine göre (su, protein, mineral ve yağlı doku) vücut kompozisyonu için 4 çeşit model geliştirilmiştir.

1- *İki kompartmanlı model (2C model)*: En basit modeldir, ilk olarak 1942 yılında ortaya atılmıştır. Bu modele göre vücut iki kompartmandan oluşur; yağlı kütle ve yağsız kütle. Bu modelin verileri, erişkin üç erkek kadavradan elde edilmiştir. Kadavradan yapılan ölçümler teknik ölçümlerden ziyade varsayımlar üzerinden yapıldığı için bir takım hatalar veren bir modeldir. Hidrodansitometri, Hava Yer Değiştirme Pletismografi (Air Displacement Plethysmography) (ADP) ve Hidrometri gibi ölçüm yöntemleri 2C modelini kullanarak yapılan tekniklerdir^(9, 10, 11, 12).

2- *Üç kompartmanlı model (3C model)*: Bu model 1956 yılında tanımlanmıştır. Bu modelde; total vücut suyu, yağsız-susuz doku kütlesi ve yağ kütesinden oluşan üç kompartmandan bahsedilir. 2C modelinin aksine yağsız doku kütesinin hidrasyonu ve dansitesi hakkında tahmin olanağı sağlar. Bu model ise proteinin minerale oranını sabit sayar (0.35). Bu nedenle vücut proteini veya kemik mineralinde kayıpla giden bazı durumlarda doğru bilgi vermeyebilir^(9, 10, 11, 12, 13).

3- *Dört kompartmanlı model (4C model)*: Bu modelde vücut; yağ, su, protein ve mineralden oluşan dört kompartmana ayrılmaktadır. Bu modelde protein ile mineral arasındaki oran sabit değildir ancak kemik mineralinin tüm vücut mineraline oranı sabittir. Yağsız dokunun hidrasyon ve dansitesini hesaplamada 3C modeline göre daha iyidir. Bu model hem kemikte mineral düzeyindeki hem de

total vücut suyundaki değişimleri ölçebildiği için teorik olarak 3C modelinden daha değerlidir ^(12, 14).

4- *Çok kompartmanlı model*: 1992 yılında tanımlanan bu modelde vücut kompozisyonu beş düzeye ayrılır: atomik, moleküler, hücresel düzeyler, doku sistemi ve tüm vücut. Bu beş seviyede irdelenen 30'dan fazla bileşen vardır ^(12, 15).

- **Atomik düzey**: İnsan vücut kütlelerinin %95'ten fazlasını Oksijen(O), Karbon(C), Hidrojen(H) ve Azot(N) gibi atomlar oluşturur. Sağlıklı bireylerde toplam vücut potasyumunun hesaplanması intraselüler sıvı miktarı ve toplam hücre kütlesi hakkında bilgi verir.
- **Moleküler düzey**: Vücudumuzdaki moleküler düzeyde beş temel madde vardır; lipit, su, protein, karbonhidrat ve minerallerdir. Yağ miktarı %10-50 arasındadır. Normal bir insanda vücut kompozisyonunun % 60'ı su, %15'i protein, %5'i mineraldir ⁽¹⁶⁾. Moleküler düzeyde vücut kompozisyonunu belirlemede kullanılan çeşitli yöntemler; Dual- enerji X-ray absorpsiyometri ve biyoelektrik impedans analizdir.
- **Hücresel düzey**: İnsan vücudunun hücre, hücre dışı sıvı ve hücre dışı çözülmüş maddelerden oluştuğu temeline dayanır. Hücre dışı sıvı, intravasküler ve ekstrasvasküler plazmadan (intersitisyel sıvı) oluşur. Hücre dışı sıvı alanı besinlerin ve atık maddelerin değiş tokuş yapıldığı alandır. Hücre dışı çözülmüş maddeler, konnektif dokudaki kollajen, elastin lifler gibi organik ve kalsiyum, potasyum gibi ağırlıklı olarak kemikte bulunan inorganik maddeleri içerir.
- **Doku sistemi düzeyi**: Vücut bileşiminin dokular, organlar ve sistemlerden oluştuğu yaklaşımına dayanır. Konnektif, epitelyal, kas ve sinir dokusu olmak üzere dört bölümde incelenir. Adipositlerle birlikte kollajen ve elastin lifleri de içeren adipoz doku, konnektif doku çeşitidir. Genelde vücudun deri altı bölgesinde bulunmakla birlikte organların çevresinde, kasta ve kemik iliği gibi dokuların içerisinde de bulunur. Adipoz doku bileşenleri ve bunların vücuttaki dağılımı hastalık riskini göstermede önem taşımaktadır. Örneğin visseral adipoz dokular insülin duyarlılığı, metabolik sendrom ve Tip 2 Diyabetes Mellitus ile bağlantılıdır ⁽⁸⁾.
- **Tüm vücut düzeyi**: Vücudu genel büyüklüğü, şekli, yüzey alanı, yoğunluğuyla tek bir birim olarak ele alır. Bu özelliklerin çoğu hemen ölçümlenebilir. Bu sırada vücut ekstremiteler, gövde ve kafa olarak bölümlere ayrılır. Bunun değerlendirilmesinde birtakım antropometrik ölçüm metodları kullanılır.

VÜCUT KOMPOZİSYONU ÖLÇÜM METODLARI

Nutrisyonel durumun dolayısı ile kişinin mevcut sağlık durumunun ve gelecekte karşılaşılabileceği sağlık sorunlarının değerlendirilmesinde özellikle vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi önemli bir rol oynar⁽¹¹⁾.

Vücut kompozisyonunun ölçümünde, her birinin avantaj ve sınırlamalarının olduğu birkaç metod kullanılmaktadır. Vücut kompozisyonu analizi için kullanılan metodlar, vücudumuzun farklı fiziksel özelliklerini kullanarak ölçüm yapmaktadır. Dolayısı ile her metod farklı ölçüm yapmakta ve farklı konuda bilgi vermektedir. Metodun seçiminde, ekipman ve personel açısından maliyetini, radyasyon maruziyetini, bilgiyi elde etmek için geçecek süreyi, elde edilen bilginin ne kadar doğru olduğunu hesaba katmak gerekir.

Vücut kompozisyonu ölçüm metodlarını; *alan ölçüm metodları* ve *laboratuvar ölçüm metodları* olarak iki ayrı kategoride sınıflamak mümkündür.

Alan ölçüm metodları olarak Antropometri, bel çevresi ölçümü, bel-kalça oranı, deri kıvrım kalınlığı ölçümü, bioelektriksel impedans analizi (BIA) kullanılmaktadır.

Antropometri: İnsan vücudunun kemik, kas ve yağ dokusunun boyutlarının ölçülmesi yöntemidir. Genel sağlık ve beslenme durumunu, hastalık riskini ve vücut kompozisyon değişikliklerini değerlendirmede kullanılmaktadır. Non-invazivdir, pahalı değildir, özel teknolojik cihazlara gereksinim duyulmaz.

Kilonun boyun karesine bölünmesi ile elde edilen *Vücut Kitle İndeksi* (VKİ) en yaygın kullanılan antropometrik incelemedir. Dünya Sağlık Örgütü obezite sınıflamasında ve tanımlamasında VKİ'ni kullanmaktadır. Ancak vücuttaki yağ oranı yaşa, etnik kökene ve kişisel farklılıklara göre değişir. Ayrıca vücut yağının dağılımı metabolik riski belirlemek için önemlidir⁽⁸⁾. Ancak VKİ bu konularda yetersiz kalmaktadır. Aynı VKİ'ne sahip iki bireyde yağ dağılımları farklı olacağı için bunun getirdiği risk de farklı olacaktır.

Bel çevresi ölçümü: Çocuklarda ve erişkinlerde intraabdominal yağ birikimini gösteren bir ölçümdür. İliak kenar ile göğüs kafesinin en alt noktasının ortasından, ayakta iken, ekspirasyonun sonunda ölçülür. Erkeklerde bu oran ≥ 102 cm ve kadınlarda ≥ 88 cm olursa metabolik sendrom, kanser, kalp damar hastalıkları gibi durumlar için risk artmaktadır.

Bel-kalça oranı: Bel çevresinin kalça çevresine bölünmesi ile hesaplanır. Erkekler için ≥ 1 kadınlar için ≥ 0.85 üzerinde olması risk olarak kabul edilir⁽¹⁸⁾. Bu oran ile özellikle vücudun neresinde daha fazla yağ birikimi olduğu belirlenir. Android veya üst gövde yarısında fazla yağ birikimi tipik olarak erkeklerde gö-

rülürken jinoid veya alt gövde yarısında fazla yağ birikimi kadınlarda görülmektedir. Bel-kalça oranının yükselmesi, obezite ile ilişkili sağlık sorunlarının da fazla olacağı anlamına gelir.

Deri kıvrım kalınlığı ölçümü: Vücut kompozisyonunun ölçülmesindeki hızlı ve ucuz yöntemlerden biridir. Toplam vücut yağının %50'sinin deri altındaki yağ depolarında toplandığı ve toplam yağ miktarı ile ilişkili olduğu gerekçesine dayanır. Çeşitli yöntemlerle biceps, triseps, pektoralis, subskapular ve suprailiak bölgelerden deri kıvrım kalınlıkları ölçülür. Yaş ve cinsiyetin hesaba katıldığı formüller ile vücut dansitesi ve vücut yağ oranı tespit edilir. Bu ölçüm hassastır ve milimetrik oynamalar bile hesaplamalarda hataya yol açabilir.

Bioelektriksel İmpedans Analizi (BIA): Alternatif elektrik akımı ile vücut direncinin ölçümü yöntemine dayanmaktadır ⁽¹⁹⁾. Non-invaziv, güvenli, pahalı olmayan bir yöntemdir. Vücudun elektriksel iletim özelliklerine dayalı bir tekniktir. Sabit frekanslı (50 kHz), düşük elektrik akımına karşı (800 µA) oluşan impedans ölçülür ⁽¹²⁾. Yağsız doku, su ve elektroliti daha çok barındırdığı için iyi bir iletken iken yağlı doku su oranı az olduğu için daha kötü iletkenidir. Bu değerlendirme ile vücut yağ kütlesi, vücut kas kütlesi, yağsız vücut kütlesi, vücut su miktarı gibi çeşitli vücut doku bileşimleri incelenebilmektedir. Bu yöntemde elde edilen sonuçlar, kişinin bacak uzunluğuna, ovulasyona, hidrasyon seviyesine, kan biyokimyasına, beslenme durumuna ve elektrotların yerleşimine göre değişebilir. Bu yöntem doğru uygulandığında sağlıklı ve obez bireylerde total vücut suyu ve yağsız doku kütlelerini doğru tahmin edebilir.

Laboratuvar yöntemleri olarak Hidrodansitometri (su altı tartılma), Hava Yer Değiştirme Pletismografi (Air displacement plethysmography) (ADP), İzotop Dilüsyon Metodu (Hidrometri), Dual-energy X-ray Absorbsiyometri (DEXA), Bilgisayarlı Tomografi, Magnetik Rezonans Görüntüleme, Magnetik Rezonans Spektroskopisi, Ultrasonografi, Tüm Vücut Potasyum Ölçümü kullanılmaktadır.

Hidrodansitometri (su altı tartılma): Hidrodansitometrede temel prensip, cismin su içinde kaybettiği ağırlığın, taşıdığı suyun ağırlığına eşit olmasıdır. Arşimet prensibine dayanan bu teknikle vücudun su içindeki ve su dışındaki ağırlığı ölçülerek vücut yoğunluğu bulunur, vücut yoğunluğu yardımıyla da vücut yağ yüzdesi hesaplanır ⁽²⁰⁾.

Hava Yer Değiştirme Pletismografisi (Air displacement plethysmography) (ADP): Kapalı bir oda içindeki havanın yer değiştirmesi ile vücut volümünün ölçümü esasına dayanır. Yenidoğandan erişkinlere kadar değişen yaş aralığında

yapılabilmektedir⁽²²⁾. Aynen hidrodansitometride olduğu gibi tüm vücut dansitesini, volümünü tespit edebilirken yağlı-yağsız doku kütlelerinin dağılımlarını net göstermez⁽²³⁾.

İzotop Dilüsyon Metodu (Hidrometri): Hidrometri veya total vücut suyu ölçümünün vücut kompozisyonun belirlenmesinde tek başına kullanımında sınırlılıklar vardır. Bu yöntemle tükürük, plazma, idrar gibi biyolojik sıvılardaki hidrojen izotoplarının konsantrasyonunun ölçülmesi ile total vücut suyu tahmini yapılır.

Dual-energy X-ray Absorbsiyometri (DEXA): DEXA kemik minerali, mineral içermeyen yumuşak doku ve yağ kitlesini ölçen non-invaziv bir ölçüm metodudur. Yağ kitlesi ve yağsız vücut kitlesi ölçümlerinin dışında bölgesel vücut kompozisyonu (kollar, bacaklar, gövde, vücudun sağ ve sol tarafı) hakkında da bilgi sağlar. Metot; yumuşak doku ve kemiğin X-ışınlarını farklı derecelerde zayıflatması prensibine dayanır. Yumuşak doku verilerinin aksine kemik ölçümlerinde doğruluk değeri daha fazladır. Tüm vücut taramasının hızlı olması, radyasyon dozunun düşük olması, her yaş grubuna uygulanabilmesi, hassasiyetinin yüksek olması, kullanımının kolay olması ve bölgesel vücut kompozisyonu hakkında da bilgi sağlaması DEXA'nın avantajlarıdır. Az miktarda da olsa radyasyon içermesi, vücudun tüm bölgelerinde yumuşak doku ve kemik ayrımını net bir şekilde yapamaması, tarama yatağının veya sedyenin üst ağırlık limitinin olması ve tüm vücut taramasında vücut hacmi geniş olan bireylerin ölçülememesi DEXA'nın dezavantajlarıdır^(21, 22).

Bilgisayarlı Tomografi (BT): Bu teknikle, kişilerin L3 seviyesinden ölçümle total, visseral ve subkutanöz yağ dokusu tespit edilebilir. Ayrıca iskelet kas indeksi hesaplanabilir⁽¹¹⁾. Malnutrisyonda kas ve yağ dokusu değişikliklerini saptamada, yaşlanmada abdominal yağ artışını belirlemede kullanılabilir. Ancak radyasyon maruziyetine sebebiyet vermesi en büyük engeldir.

Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRG): Bu yöntem ile radyasyon maruziyeti olmaması en önemli avantajdır. Aynen BT'de olduğu gibi abdominal yağlı doku, subkutan yağlı doku ve kaslardaki yağlı dokuyu tespit etmekte kullanılırken aynı zamanda fokal yağ depoları, yağsız doku kitlesi ve iskelet kas kitlesi gösterilebilir⁽²²⁾.

Magnetik Rezonans Spektroskopi: Geleneksel MRG iskelet kaslarındaki lipitlerin ve suyun ölçülmesi için kullanışlı değildir. MR spektroskopi ile yağların ve suyun sinyallerini ayırmada başarılıdır. Özel dokulardaki yağ miktarı tespit edilebilir (iskelet kası, karaciğer, kalp kası).

Ultrasonografi: Bu yöntem ile deri-deri altı yağ dokusu, yağ dokusu-kas dokusu, kas-kemik ayrımı yapılarak vücut kompozisyonu değerlendirilir. Ucuz, kolay, hızlı uygulanan ve non-invaziv bir yöntem olmakla beraber değerlendiricinin deneyimine bağlı olması ve standart prosedürünün olmaması dezavantajlarıdır⁽¹¹⁾.

Tüm Vücut Potasyum Ölçümü: Vücut hücre kütlesi metabolik olarak aktif bir dokudur. Vücut potasyumunun %95'den fazlası da bu kütlede bulunmaktadır. Dolayısı ile tüm vücut potasyum ölçümü, total hücre kütlelerinin altın standart bir belirleyicisidir⁽¹²⁾. Yine bu yöntem ile, total vücut yağ oranı, vücut kas kitlesi ve vücut proteini tespit edilebilir. Vücut hücre kütlelerinin ölçümü, özellikle hidrasyonda değişiklikler yapan durumların (gebelik, infantlar, malnutrisyon) değerlendirilmesinde ve takibinde kullanılır⁽¹²⁾. Bu yöntemde kişi, Tüm Vücut Potasyum Ölçüm Sayacının yatağında 30 dk boyunca yatarak detektör K⁺ izotoplarını kayıtlar. Bu yöntemde kullanılan sayaç, pahalı ve her ülkede olmadığı için pratikte kullanımı yoktur.

VÜCUT KOMPOZİSYONU ÖLÇÜMÜNÜN KLİNİK PRATİKTEKİ YERİ

Beslenmede düzenleme, günlük fiziksel aktivitede artış gibi yaşam şekli değişiklikleri obezite ve bunun komplikasyonlarından korunmada en önemli adımlardır. Obezitenin yönetiminde sadece VKİ ölçümü ile değil vücut kompozisyon ölçümü ile takip de önemlidir. Çünkü obezitenin değerlendirilmesinde toplam vücut ağırlığından ziyade vücut yağ yüzdesi ve dağılımı daha önemlidir.

Sarkopeni, yağ dokusunun artışı ve kas kütlelerinin azalması ile giden ve genellikle hareketliliğin azalması ile ilişkili bir durumdur. Bu durum, yaşlılarda hareket azalmasına bağlı olabileceği gibi kanser hastalarında hastalığa ve tedavilere bağlı, demans ve inme gibi nöroloji hastalarında alım azlığına ve hastalığa bağlı gelişebilir. Kişinin kilosuna veya VKİ normal olsa bile sarkopenik olabilir. Dolayısı ile sadece VKİ hesaplanması yol gösterici olmayabilir. Yağsız doku kütlelerinin kaybı kanser hastalarında azalmış hayatta kalma, negatif klinik sonuçlar (artmış enfeksiyon riski, uzun hastanede kalma, komplikasyon sıklığı artışı, sık hastaneye yatış) ile ilişkilidir⁽²⁴⁾. Dolayısı ile riskli hasta grubunda nutrisyonel desteğin doğru sağlanabilmesi ve bu konudaki stratejinin takip edilmesi için vücut kompozisyon ölçümü önem kazanmaktadır.

Vücut kompozisyon ölçüm yöntemleri kıyaslandığında tek bir yöntem direk önerilmemektedir. Çünkü her bir teknoloji ya da yöntem farklı bilgiler vermektedir. Her yöntemin kullanım açısından farklı üstünlükleri vardır. Yöntemlerin karşılaştırılması Tablo 1 de görülmektedir.

Tablo 1: Vücut kompozisyon ölçüm metodlarının karşılaştırılması

	ADP	BIA	DEXA	BT	MRG
Total yağ	+	+	+	+	+
Total yağsız doku	-/+	+	+	+	+
İç organ yağ dokusu	-	-	Yaklaşık	+	+
Bireysel kas volümü	-	-/+	-	+	+
Diffüz yağ infiltrasyonu	-	-	-	+	+
Radyasyon maruziyeti	-	-	+	+	-
+: hakkında bilgi verir					
-: hakkında bilgi vermez					

ÖZET

Enerji; büyüme, organların düzgün çalışması, hücre yapım ve yıkım olayları, termogenezis ve fiziksel aktivite için gereklidir. Kısacası yaşamsaldır. Enerjiyi gıdalardan sindirerek alırız ve ihtiyaçlarımız için kullanırız. Enerji alım ve kullanımında bir denge vardır. Bu dengedeki değişiklikler vücut kompozisyonunu etkiler. Vücut kompozisyonu; insan vücudunu oluşturan bir takım dokular (kas, yağ, kemik gibi), organik maddeler ve hücre dışı sıvı parametrelerinin toplam vücut ağırlığına oranını ifade etmektedir. Enerji dengesinin dolayısı ile vücut kompozisyonunun bozulması bir takım sağlık sorunlarını (obezite, kanser, diabetes mellitus, hipertansiyon veya tam tersi malnutrisyon ve ilişkili durumlar gibi) beraberinde getirmektedir. Vücut ağırlığının ve beden kitle indeksinin ölçülmesi tek başına yeterli bilgi vermediği için vücut kompozisyonunun ölçülmesi için bir takım yöntemler kullanılmaktadır. Her birisinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları olmakla beraber en sık kullanılan Bioelektriksel İmpedans Analizidir. Bu yöntemler ile normal kiloda olsa bile vücut kompozisyonundaki bir takım dengesizlikler tespit edilip tedavi edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Hall K, Heymsfield SB, Kemnitz JW et al. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am J Clin Nutr* 2012;95:989–94.
2. Galgani J, Ravussin E. Energy metabolism, fuel selection and body weight regulation. *Int J Obes (Lond)*. 2008 December ; 32(Suppl 7): S109–S11.
3. Soares MJ, Müller MJ. Resting energy expenditure and body composition: critical aspects for clinical nutrition. *Eur J Clin Nutrition* (2018) 72:1208-1214.
4. Schoeller AD, Thomas D. Energy Balance and Body Composition. *World Rev Nutr Diet*. 2015, vol 111, 13–18.
5. Bagriacik N, Onat H, Ilhan B, et al. Obesity profile in Turkey. *Int J Diabetes&Metabolism*. 2009;17:5-8.
6. WHO. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series. 894; Geneva, Switzerland: 2000.
7. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, et al. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:694–701.
8. Demerath EW, Reed D, Rogers N, et al. Visceral adiposity and its anatomical distribution as predictors of the metabolic syndrome and cardiometabolic risk factor levels. *Am J Clin Nutr*. 2008;88:1263–71.
9. Heymsfield SB , Ebbeling CB, Zheng J, Pietrobelli A, Strauss BJ, Silva AM, Ludwig DS. Multicomponent molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. *Obes Rev*. 2015;16(4):282-94.
10. Ellis KJ. Human body composition: In vivo methods. *Physiol Rev*. 2000; 80 : 649-80.
11. Andreoli A, Garaci F, Cafarelli FP, et al. Body Composition in Clinical Practice. *Eur J Radiol*. 2016 Aug;85(8):1461-8.
12. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148:648-658.
13. Fuller NJ, Jebb SA, Laskey MA, et al. Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clinical Science*. 1992; 82: 687-693.
14. Wells JCK, Fuller NJ, Dewit O. et al. *Am J Clin Nutr*. 1999;69:904-12.
15. Sital A, Çavdar C, Yeniçerioglu Y. et al. Vücut kompozisyonunu değerlendirmede kullanılan yöntemler ve kronik böbrek yetmezlikli hastalardaki uygulama alanları. *Türk Nefroloji Dializ ve Transplantasyon Dergisi*. 2002; 11(4):189-190.
16. Dutton J. In vivo analysis of body elements and body composition. *Univ Wales Sci Tech Rev* 1991: 8: 19-30.
17. Ellis KJ. Human Body Composition: In Vivo Methods. *Physiological reviews*. 2000;80(2):650-671.
18. World Health Organization. Obesity, prevention and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. Geneva: WHO; 1998.
19. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roch AF. Estimation of Body Composition from Bioelectric Impedance of Body Segments. *Am J Clin Nutr*. 1989; 50: 221-6.
20. Norgan NG. Laboratory and Field Measurements of Body Composition. *Public Health Nutrition*, 2005;8(7): 1108–1122.

21. Fosbol MO, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 2015; 35: 81-97.
22. Lemos T, Gallagher D. Current body composition measurement techniques. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2017 October ; 24(5): 310–314.
23. Borga M, West J, Bell JD. et al. Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling *J Investig Med* 2018;66:887–895.
24. Antoun S, Baracos VE, Birdsell L. et al. Low body mass index and sarcopenia associated with dose-limiting toxicity of sorafenib in patients with renal cell carcinoma. *Ann Oncol* 2010;21:1594e8.