Nütrisyonel Değerlendirme ve Teknikler

Topik 3

Modül 3.2

Vücut Kompozisyonu

Yitshal Berner

Remy Meier

Lubos Sobotka

Nachum Vaisman

Çeviri: Kubilay Demirağ

Öğrenme Hedefleri

- Vücut kompozisyonunun nasıl ölçülebileceğini ve bu ölçümlerin güvenilirliğinin öğrenilmesi;
- Sağlık için neden normal vücut kompozisyonuna sahip olunması gerektiğinin öğrenilmesi;
- Vücut kompozisyonunu nelerin etkilediğinin öğrenilmesi;
- Vücut kompozisyonunun hangi bileşenlerinin sağlık için gerekli olduğunun öğrenilmesi

İçerik

1. Vücut kompozisyonu neden önemlidir?
2. Vücudun bileşenleri ve önemleri.
3. Açlıkta ve hastalık/açlıkta vücut kompozisyonundaki değişiklikler.
4. Vücut kompozisyonu nasıl ölçülür?
   - 4.1 Kolay metodlar
     - 4.1.1 Antropometri
     - 4.1.2 Fonksiyonel testler
     - 4.1.3 Kreatinin atılım hızı
     - 4.1.4 Azot dengesi
     - 4.1.5 Diğer testler
     - 4.1.6 Biyoelektriksel empedans spektroskopi (BI)
   - 4.2 İleri metodlar
     - 4.2.1 Dual enerji X-ışını absorptiometri (DEXA)
     - 4.2.2 MRI ve BT
     - 4.2.3 Dilüsyon metodları
     - 4.2.4 Sualtında tartma
     - 4.2.5 Total vücut potasyumu

Anahtar mesajlar

- Vücut hücre kütlesinin bütünlüğü kritik olarak sağlıklı olmayı belirler (kas fonksiyonu ve konakçı yanıtı dahil olmak üzere);
- Gıda alımının kaybı ve inflamatuar aktivite vücut hücre kütlesini azaltır;
- Yağ kütlesi ve yağsız vücut kütlesini ölçmek nispeten kolaydır;
- Sağlıkta yağsız vücut kütlesi vücut hücre kütlesiyle doğru orantılıdır;
- Açlıkta ve stres/açlıkta BCM/ECM oranı azalır ve FFM nütrisyonel durumun daha az güvenilir bir göstergesi haline gelir;
- İn vivo vücut kompozisyonu ölçümleri her zaman indirekttir ve vücut bileşenlerinin yağlı ve yağsız kütleleri hakkında bir veya birden fazla tahmine dayanır;
- Diğer tüm ölçümler indirekttir, indirekt metodlarla valide edilmişlerdir, bu nedenle daha çok tahmine dayanırlar;
- Hangi metod kullanılırsa kullanılsın başlangıç noktası kalibre bir skalayla vücut kütlesinin ölçümüdür.

1. Vücut kompozisyonu neden önemlidir?

Stabil vücut ağırlığına ve normal kompozisyona sahip bir kişi fiziksel ve kognitif açıdan normal fonksiyona sahip olabilir. Vücut ağırlığı belirgin olarak azalınca (6 ayda %10-15'den fazla kilo kaybı veya BMI'in 18.5 kg/m^2'nin altına düşmesi) kas, immün sistem ve kognitif fonksiyonların normal devam etme kapasitesi azalır. Bu fonksiyonlar düşük vücut ağırlığı ve/veya kilo kaybına inflamatuar aktivite eşlik ederse daha da azalır.

Gıda alımının azalması veya durması doku kaybına neden olur. Merkezi sinir sistemi dışındaki tüm dokuların miktarı, özellikle yağ dokusu miktarı (yağ kütlesi; FM) azalır. Yağ dışı dokuların (yağsız kütle; FFM) hacmi yavaş azalır. İnflamatuar aktivite yoksa (pro ve anti-inflamatuar aktivite yok) vücut katabolizmayı sınırlandırabilir (net protein kaybını). Travma/strese yanıt verme kabiliyeti kilo kaybının ilk evrelerinde rölatif olarak korunur. Kilo kaybı aşırı hale gelince (%15'den fazla) yanıt verme gücü azalır ve daha kısa sürer.

Kronik inflamatuar aktivite doku kaybına neden olur. Özellikle FFM hacmi azalır. FM kaybı enerji dengesine bağlıdır. Eğer enerji alımı tüketimi karşılarsa FM kaybı olmaz ancak devam eden inflamasyon sırasında katabolizm (net protein kaybı; katı dokunun kaybı) sürer. Sıvı retansiyonu nedeniyle vücut ağırlığı her zaman aynı oranda azalmaz. Pro- ve anti-inflamatuar aktivite devam eder ve katı doku kaybı inflamatuar aktivitenin süresi ve şiddetine bağlıdır.

2. Vücudun bileşenleri ve önemleri

Oksijen ve karbon ağırlık bazında insanlarda en fazla bulunan elementtir (Tablo 1) ve molar bazda birbirlerine eşittirler. Farklı obezite derecelerinde vücuttaki yağ miktarı oldukça değişkendir. Yağ kütlelerinin yanında kas vücudun en büyük bileşenidir (Tablo 2). Yağ ve protein farklı formlarda bulunur. Depolanan yağ haricinde lipidler

membranlar, hormonlar ve merkezi sinir sisteminin gerekli bileşenidir. Yenidoğandan erişkin yaşa gelişirken dokuların dağılımı da değişir. Yaşla yağ artar, eş zamanlı olarak yüzde kas kütlesi ve total vücut suyu (TVS) azalır (Tablo 3).

Tablo 1 Referans erkek: Elementlerin Total Vücut İçeriği*

Element	Miktar (g)	
Oksijen	43,000	(1,340 mol)
Karbon	16,000	(1,333 mol)
Hidrojen	7,000	(3,500 mol)
Nitrojen	1,800	(64 mol)
Kalsiyum	1,000†	(25 mol)
Fosfor	780†	(25 mol)
Sülfür	140	(4,370 mol)
Potasyum	140	(3,600 mol)
Sodyum	100	(4,170 mol)
Klor	95	(2,680 mol)
Magnezyum	19	(780 mol)
Silikon	18	
Demir	4,2	
Flor	2,6	
Çinko	2,3	
Bakır	0,07	
Manganez	0,01	
İyot	0,01	
Radyum	3×10^{-11}	

* Uluslararası Radyasyon Güvenliği Komitesi: Radyasyon Güvenliği için Referans Erkek Değerleri Çalışma Grubu Raporu'ndan alınmıştır. Oxford, Pergamon Press, 1975. Bu referansta 17 ek eser element de (tümü < 330 mg) yer almaktadır. Değerler kadınlarda daha düşüktür. Daha sonra yapılan nötron aktivasyon analizlerinde Ca/P oranının yaklaşık 2:1 olduğu ve her iki element içeriğinin boy, yaş ve cinsiyet ile değiştiği gösterilmiştir.

Tablo 2 Referans Erkek: Organ Büyüklüğü* (g)

Ağırlık	70,000	
İskelet kası	28,000	
Yağ dokusu	15,000	(yağ 12,000)
İskelet	10,000	(korteks kemiği 4,000; trabeküler kemik 1,000; ilik 3,000; kıkırdak 1,100; periartiküler doku 900)
Deri	4,900	
Karaciğer	1,800	
Beyin	1,400	
Kalp	330	
Böbrekler	310	

* Uluslararası Radyasyon Güvenliği Komitesi: Radyasyon Güvenliği için Referans Erkek Değerleri Çalışma Grubu Raporu'ndan alınmıştır. Oxford, Pergamon Press, 1975.

Tablo 3 Farklı yaş gruplarında FFM kompozisyonu (geçmişte Lean Body Mass; LBM olarak adlandırılırdı)*

	Erkek					Kadın				
Yaş	H_2O (%)	ECF/H_2O	K (meq/kg)	N (%)	Dansite (g/ml)	H_2O (%)	ECF/H_2O	K (meq/kg)	N (%)	Dansite (g/ml)
Fetus 24 hafta	89*		40*							
Fetus 32 hafta	86*		46*							
Doğumda	81	0.61	49	2.4	1.063	81	0.61	49	2.4	1.064
5 yaş	77	0.46	64	2.96	1.078	78	0.48	62	2.88	1.073
10 yaş	75	0.43	67	3.1	1.085	77	0.45	64	2.99	1.075
18,5 yaş	73.6	0.38		3.24	1.093					
Genç erişkin	73		68.1		1.10	73		64.2		1.10
				K/N (meq/g)					K/N (meq/g)	
Genç erişkin†		0.44		1.88			0.48		1.73	
		0.42‡								
Yaşlı erişkin†		0.50		1.78			0.52		1.65	
		0.48‡								

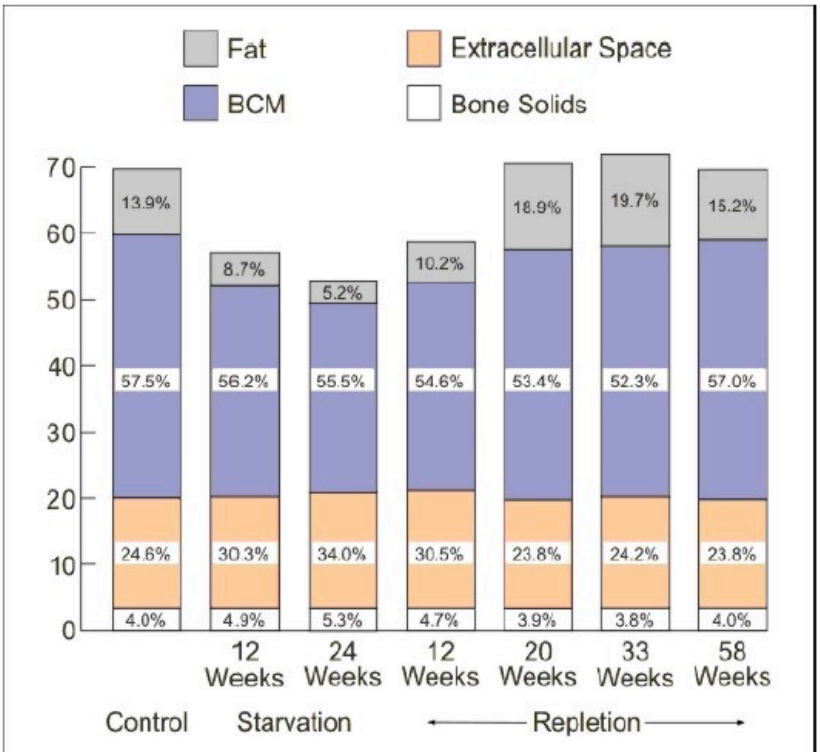
*Tablo Shils, Young, Modern Nutrition in Health and Disease, Lea&Febiger, Philadelphia'dan adapte edilmiştir. Veriler aşağıdaki makalelerden derlenmiştir: Ziegler et al, Growth 1976 40: 329-341; Formon et al, Am J Clin Nutr 1982 35: 1169-1175; Haschke Acta Paed. Scand. (Suppl.) 1983 307: 1-23; Cohn et al, Am J Clin Nutr 1984 40: 255-259; Borkan et al, Hum. Biol. 1977 49: 495-514.

Vücut ağırlığının yağ kütlesi (FM) ve yağ dışı kütleden (FFM) oluştuğu söylenebilir. FFM, hücre kütlesi (BCM) ve ekstraselüler kütleyi (ECM) içerir. BCM, organizmanın yaşayan, aktif metabolizma yapan parçasıdır, sağlık ve dış etmenlere karşı korunma için miktarı ve bütünlüğü kritiktir.

Normal olarak katılar % 27 oranında FFM içerir. Total vücut suyu ölçüldüğünde katıların miktarı da (büyük oranda protein) hesaplanabilir. Sağlıkta hücre kütlesi ile ekstrasellüler kütlenin oranı kısmen sabittir (Tablo 3). FFM ölçüldüğünde (örneğin total vücut suyunun ölçülmesiyle) hem hücre kütlesi, hem de dokudaki katıların miktarı hesaplanabilir.

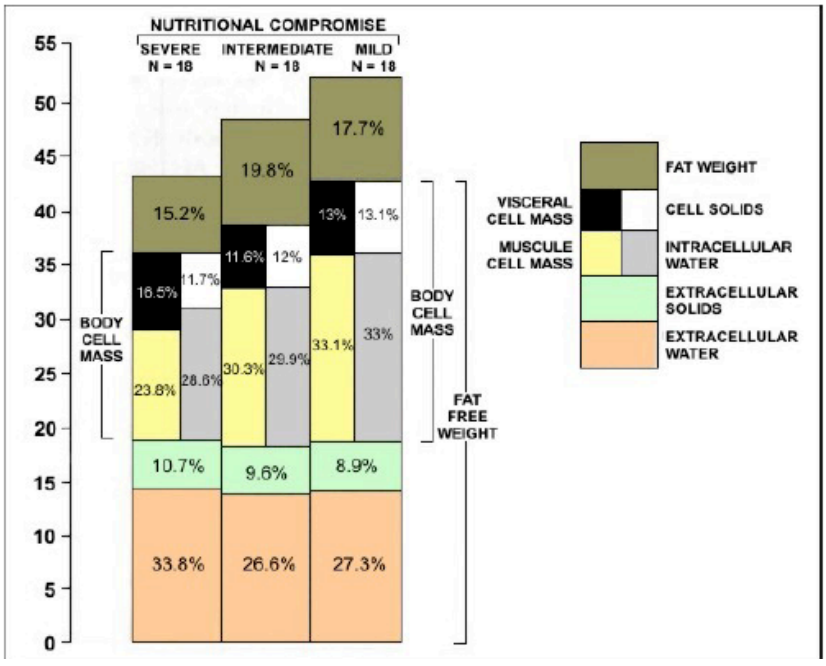
3. Açlıkta ve hastalık/açlıkta vücut kompozisyonundaki değişiklikler

Yarı-açlık veya tam açlıkta FFM göreceli olarak korunur ve azot kaybı 5-8 g azot / 24 saat kadar düşük olabilir (120-200 g kas = 130-200 kal). Enerji büyük oranda yağ dokusundan elde edilir ve yağ dokusu bu nedenle 200 g / 24 saat hızında azalır, 1400 kal elde edilir (aktüel enerji tüketimi yaklaşık 1600 kal). FFM kaybı her zaman bu kurallara tam olarak uymaz. Yağ ve protein kaybı gerçekleşir ancak ciddi malnütrisyona yol açan uzun süreli açlıkta ekstrasellüler kütle sıvı retansiyonu nedeniyle aynı oranda azalmaz (Şekil 1 ve Şekil 2). Ancak hücre kütlesi azalır ve hücre kütlesi / ekstrasellüler kütle oranı düşer.



Şekil 1 Kısmi açlıkta kilo kaybı ve kilo alımına bağlı hesaplanan doku kompozisyonu

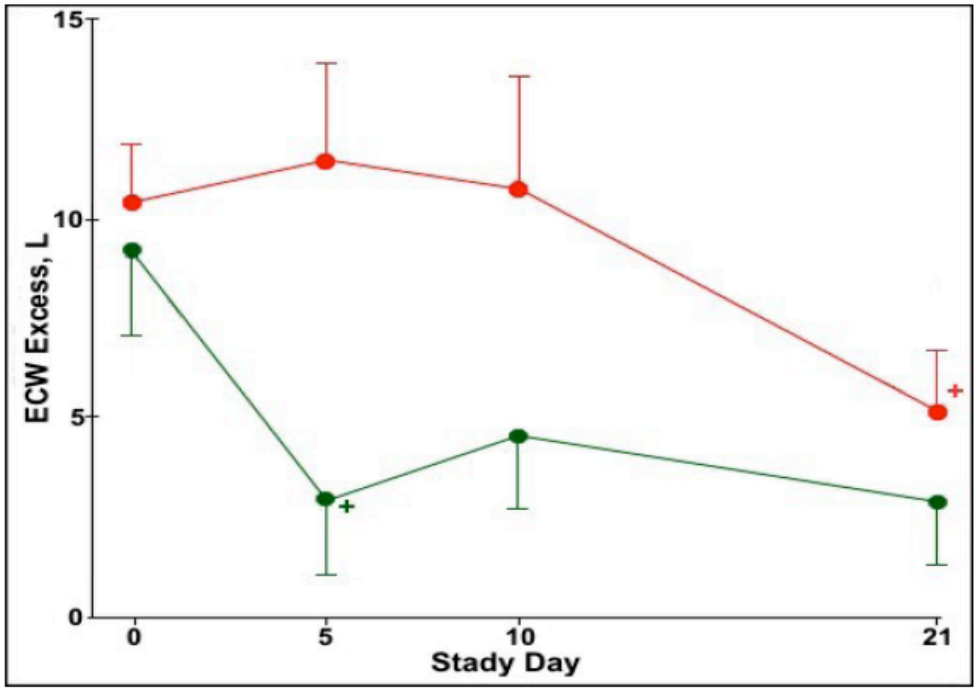
Keys ve ark'dan alınmıştır: A Keys et al. The Biology of Human Starvation. Vol 1. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1950: Chapter 20.



Şekil 2 Çeşitli beslenme bozukluğu derecelerinde erişkin erkeklerde vücut kompozisyonu

Her kompartmanın yüksekliği soldaki ağırlık skalasıyla ilişkilidir. Kompartmanların içerisindeki sayılar vücut ağırlığının yüzdesini göstermektedir. Bu nedenle ciddi beslenme bozukluğu olan grupta kas hücre kütlesi 10.2 kg'dır (29.1 – 19 kg) (vücut ağırlığının % 23.8'i). Vücut hücre kütlesi hem viseral ve kas hücre kütlesinin toplamı olarak hem de intersellüler su ve hücrelerin toplamı olarak gösterilmiştir. M Barac-Nieto et al, Am J Clin Nutr 1978; 31: 23-40.

İnflamatuar aktivitenin eşlik ettiği açlıkta azot kaybı 15 – 20 g/24 saate kadar çıkabilir ki bu değer 360 – 480 g kas dokusu/24 saat ve 400 – 500 kkal'ye karşılık gelmektedir. Enerji tüketiminin büyük bir kısmı saf açlıkta olduğu gibi lipidler tarafından karşılanmalıdır (200 g/24 saat kayıp). Bu durum enerji tüketiminin hafifçe yükselip 1800 kal/24 saate yaklaştığını gösterir. Hem saf açlıkta, hem de inflamasyonla birlikte olan açlıkta birkaç gün içerisinde glikojen enerji sağlanmasına katkıda bulunamaz hale gelir. Küçük bir miktarda yeni üretilen glukoz parsiyel olarak oksidasyona uğrar ve enerji üretimine katkıda bulunur ancak yeni glukoz üretimi sırasında da enerji harcandığından bu katkı enerji açısından rantabl değildir. FFM'in katı komponenti hesaplandığı şekilde azalır ancak sıvı retansiyonu nedeniyle total hacim aynı oranda azalmaz. Sıvı retansiyonu inflamatuar aktiviteyle doğru orantılıdır. Ancak hücre kütlesi azalacak ve ekstrasellüler kütle artacaktır (Şekil 3) ve saf açlığa göre bu ikisinin oranı belirgin şekilde azalacaktır. Bu nedenle total vücut suyunun ölçümüyle hesaplanan FFM hücre kütlesini ve proteinler gibi katıların durumunu doğru olarak yansıtmaz. Sonuç olarak normal vücut kompozisyonunun göstergesi olarak FFM kullanımının validitesi hastalığın şiddeti arttıkça azalmaktadır.



Şekil 3 Sekiz yaşlı (kırmızı daireler) ve altı genç (yeşil daireler) septik hastada ekstrasellüler sıvı (ECW) fazlalığının seri ölçümleri

İşaretler bir önceki ölçüme göre anlamlı farkı göstermektedir. Cheng et al, Arch Surg 1998 133: 745-51.

4. Vücut kompozisyonu ölçüm yöntemleri

4.1 Kolay metodlar

4.1.1 Antropometri

Vücut ağırlığı halen önemli bir ölçüm olmasına rağmen maalesef klinik pratikte rutin olarak ölçülmemektedir. Farklı tartılar arasında geniş ölçüm farklılıkları gerçekleşmektedir. Bu nedenle ya kalibrasyonu uygun tartılar kullanılmalı ya da hep aynı tartıda ölçüm yapılmalıdır. Ağırlıktaki kısa dönemdeki değişimler sıvı kompartmanlarındaki değişimlere bağlıdır. Uzun dönemdeki değişimler ise çoğunlukla doku kütlesindeki değişimleri yansıtır ancak hangi dokuda değişim olduğunu göstermez. Altı ayda istemsiz olarak % 10-15 ağırlık kaybı travma, enfeksiyon, stres, vs ile başa çıkabilme açısından önemli bir risk faktörü oluşturur. Kilo kaybı sonrasında yakın zamanda kilo alımı ise operasyon/travma/infeksiyon sonrasında komplikasyon riskini azaltır. Ağırlık sıklıkla ideal ağırlığın yüzdesi olarak belirtilir ancak çok az popülasyonun ideal ağırlığı bilinmektedir. Ağırlık sıklıkla metabolik hız, nütrisyonel gereksinimler ve ilaç dozlarının hesaplanmasında kullanılır. Elde edilen değerler obezitede gerçek değerin fazlası kaşekside ise gerçek değerin azı olabilir.

Vücut kütle indeksi (BMI) vücut ağırlığının boyun karesine bölünmesinden elde edilir (kg / m^2).

BMI 20 – 25 normal ağırlık

> 30 < 40 obez

> 40 morbid obez

> 18 < 20 potansiyel malnütrisyon

< 18.5 malnütrisyon

< 22 yaşlılıkta boy kaybına bağlı malnütrisyon

Hem düşük hem de yüksek BMI değerleri artmış morbidite ve mortalite ile ilişkilidir. Ancak BMI ile FFM arasında doğru orantı yoktur. Düşük BMI'e sahip olan bireyler, düşük yağ kütlesine bağlı olarak normal FFM'e sahip olabilirler. Diğer yandan yüksek BMI'e sahip olan bireyler ise düşük FFM'e sahip olabilirler ve hastalık ve travmada risk taşıyabilirler.

Ortakol çevresi (MAC) ve triseps deri kıvrımı kalınlığı (TSF) sıklıkla kas kütlesini değerlendirmede kullanılır. FFM ve FM ile korrele olduğuna inanılmaktadır. Ölçümleri kolay olmasına rağmen özellikle deri kıvrımının doğru ölçümü dikkat gerektirmektedir. Vücut ağırlığı ölçülebilirse, deri kıvrımından FM elde edilebilir ancak MAC ve TSF kas kütlesi miktarını verebilir (kol kas alanı; AMA). Yaş ve cinsiyete göre değerleri bilinmektedir ve malnütrisyon değerlendirmesinde kullanılabilir (Tablo 4).

Tablo 4 Erişkinde Yağsız Vücut Ağırlığı (LBM) ve Yağ miktarının hesaplanması (Ağırlık = LBM + Yağ)

Metod	Formül	
Dansite	Yağ fraksiyonu = (4.570 / D) – 4.142	Brozek et al.[44]
	Yağ fraksiyonu = (4.95 / D) – 4.50	Siri[103]
Total vücut suyu	LBM = H_2O (1) / 0.73	^{2}H ve ^{3}H'ın nonaköz H ile değişimini düzeltmek için 0.95 ile çarpılır
^{40}K sayımı	LBM = total K (mEq)/68.1 (E) 64.2 (K) BCM* = total K (mEq) x 0.00833	^{42}K dilüsyonu kullanılırsa 1.1 ile çarpılır
Kreatinin atılımı	LBM = 0.029 Cr (mg/dl) + 7.38 LBM = 0.024 Cr (mg/dl) + 20.7	Normal diyet[77] Et içermeyen diyet[78]
Nötron aktivasyonu†	LBM = total N (g) / 33	LBM'deki değişim N dengesinden tahmin edilebilir
Antropometri (deri kıvrım kalınlığı, vücut çevresi ölçümleri)	Çeşitli formüller	Steinkamp et al[49] ve Durnin ve Womerslay[50]'ın formülleri sıklıkla kullanılır; çoğunun güvenirliği düşüktür.
Dansite – total su	Yağ fraksiyonu = (2.1366 / D) – 0.78 (H_2O / Wt) – 1.374	Siri[103]
Nötron aktivasyonu vücut suyu – ^{40}K	LBM = 6.25 N + H_2O + (Ca / 0.34) LBM = BCM + ECF + (Ca / 0.117)	Cohn et al[32] Cohn et al[96]

* Francis Moore ve ark. Vücut hücre kütlesi (BCM) kavramını ortaya atmışlardır (120 mEq / kg K içeren vücut komponenti; vücut hücrelerindeki konsantrasyonu gösterdiği bildirilmiştir).[104] Yazarlar konuyu tartışırken 0.00833 katsayısının kesin olmadığını ve 0.010 ile 0.007 arasında olabileceğini söylemişlerdir.

† L. Burkinshaw, Cohn ve arkadaşlarının erişkinde LBM'nin çizgili kas ve kas-dışı komponentlerinin miktarının tahmininde ölçülen vücut N ve K'unu kullandıklarını bildirmişlerdir.[96] Bu hesaplamalar, bu iki komponentin K/N oranlarının farkına dayanmaktadır. Ancak kas-dışı komponenti oluşturan çeşitli dokularda oldukça değişken K/N oranları vardır (metine bakınız) ve bu yeni yaklaşımın validitesi şüphelidir.

4.1.2 Fonksiyonel testler

Vücut kompozisyonu, organizmanın hastalık / travmaya uygun karşıkoyma kabiliyetini tahmin etmek için ölçülmektedir. Ancak fonksiyon, nütrisyonel değerlendirme ve vücut kompozisyonu ölçümlerinin parçası olarak rutin bakılmamaktadır. Üç çeşit fonksiyon yaşam kalitesini ve hastalık / travmaya karşı yeterli savunma oluşturma kabiliyetini belirler: kas gücü, immün fonksiyonlar ve kognitif fonksiyon.

İstemli kas gücü el dinamometresiyle ölçülebilir. Kas miktarıyla ve postoperatif morbidite / mortaliteyle korele olduğu gösterilmiştir. Standardize bir ölçüm olabilmesi için kas gücü vücut alanıyla (m^2) ilgili olmalıdır. Referans değerleriyle ilgili konsensus yoktur.

Direkt elektriksel uyarı (örn. adduktor pollicis kası) kontraksiyon, kuvvet ve gevşemeyi ölçer ve kuvvet frekans eğrisinin elde edilmesini sağlar. Açlık ve refeeding varlığında erken değişiklikler belirlenebilir. Bu metod iletişim kurulamayan hastalarda da uygulanabilir.

Tepe akımı ve zorlu inspiratuar hacim / saniye değerleri kas gücünün göstergeleridir ve kolayca ölçülebilirler. Hem kas miktarı hem de inflamatuar aktivite ile korelasyonu vardır.

80'li yıllarda immün fonksiyon antijenlere deri yanıtını test ederek ölçülürdü. Bu testin sonuçları büyük oranda hastalığın şiddetini yansıtmaktadır ve immün fonksiyonun etkilenip etkilenmediği sorusuna kaba cevap alınabilmektedir. Ancak kantitatif sonuç göstermemektedir. Lenfosit sayımı genellikle hastalık derecesini gösterir ve malnütrisyonu yansıttığı düşünülmektedir (900 – 1500 hücre / mm^3 ılımlı azalma; < 900 hücre / mm^3 ciddi azalma).

Kognitif fonksiyon testleri ise kronik hastalar içindir ancak klinik pratikte fazla kullanılmazlar. Gelecekte çalışmalara konu olacakları tahmin edilmektedir.

4.1.3 Kreatinin atılım hızı

Kreatinin idrar atılımı kas kütlesini yansıtır. Haltercilerde yüksek, kötü beslenenlerde düşüktür. 24 saatlik kreatinin atılımı Kreatinin boy indeksini (CHI) hesaplamak için kullanılır:

CHI (%) = Ölçülen 24 saatlik idrar kreatinin x 100 / Boya göre ideal 24 saatlik idrar kreatinin*

* standart tablolardan elde edilir

Bu değer kas kütlesini yansıtmak için kullanılır. % 5-15 kayıp hafif, % 15-30 ılımlı ve > %30 kayıp ciddi malnütrisyon olarak sınıflandırılır. Et yenilmezse ölçümün doğruluğu artar. Ek olarak günlük kreatinin üretiminin atıldığını göstermek üzere Kreatinin Klirensi stabil olmalıdır.

4.1.4 Azot dengesi

Azot dengesi temel olarak araştırma amaçlı kullanılır zira klinik durumlarda azot alımı hemen her zaman fazla hesaplanır ve idrar, gaita, deri ve yaralardan kayıp ise düşük hesaplanır. Ayrıca eritrosit, plazma ve albümin infüzyonlarının azot alımına katkısının tahminindeki zorluktan da etkilenmektedir. Kjeldahl tekniği veya yanma tekniği ile total azot ölçülmelidir çünkü ciddi hastalık durumlarında 24 saatlik idrar üre atılımından azot atılımını tahmin etmek doğru sonuç vermeyebilir. Normal şartlar altında üre, idrar azotunun 4/5'ini içermesine rağmen bu fraksiyon malnütrisyon ve hastalıkta değişir. Yine de idrar üre atılımındaki büyük değişiklikler net protein katabolizmasında değişikliğin yararlı bir göstergesidir ve yoğun bakımlarda uygulaması kolay bir yöntemdir. Açlıkta düşük protein yıkımıyla ve aşırı sıvı alıp idrar miktarı fazla olanlarda çok düşük serum üre konsantrasyonları olabilir. Protein yıkımının tahmini için stabil izotop tekniklerinin kullanılmaya başlamasıyla azot dengesi çalışmaları yüksek oranda azalmışsa da doğru ölçüldüğünde azot dengesi izotop tekniğine göre azot akümülasyonu veya kaybının daha iyi bir göstergesidir. İzotop tekniği genel olarak yalnız protein sentezini ölçer ve azot dengesi yardımıyla protein yıkımını hesaplar.

4.1.5 Diğer testler

Karaciğer enzim testleri, bilirübin, kreatinin, üre ve elektrolit düzeyleri, kalsiyum, fosfat ve magnezyum ve vitaminler rutin olarak ölçülmelidir. Çinko, selenyum ve demir özellikle gastrointestinal hastalıklarda yararlıdır. Ölçülen düzeyler eksikliği tam olarak yansıtmasa da hastalık durumlarında ölçümleri ve bağlayıcı proteinlerindeki değişiklikler ile birlikte değerlendirilmeleri önemlidir. Vitaminler çeşitli kimyasal elementlerden oluşmuştur, yaşam için gereklidirler ve sıklıkla önemli kimyasal reaksiyonların kofaktörü olarak görev yaparlar. Az miktarda gereksinim vardır, yağda veya suda çözünürler ve enerji sağlamazlar. Bazı minerallere yüksek oranda bazılarına ise eser oranda gereksinim vardır ve onlar da enerji sağlamazlar.

4.1.6 Biyoelektriksel empedans spektroskopi (BI)

Günümüzde BI rutin yatakbaşı vücut kompozisyonu ölçümünde kullanılan bir tekniktir. Farklı dokuların iletim özelliklerindeki farklılıklara dayanarak ölçüm yapar (Bölüm 1.2'ye bakınız). Yüksek oranda su ve elektrolit içeren dokular iyi iletkendir. Yağ kütlesi, hava veya kemik kötü iletkendir. Düşük frekanslarda akım hücre membranını geçemez ve direnç ekstrasellüler sıvı ile ters orantılıdır. Yüksek frekanslarda akım hücre membranından geçebilir ve ölçülen direnç total vücut suyunun yansımasıdır. Düşük ve yüksek frekanslarda ölçülen direnç değerleri ekstrasellüler ve total vücut suyunu hesaplamada kullanılabilir. Bu kompartmanlar FM, FFM, ekstrasellüler su (ECW) ve intrasellüler su (ICW) hesaplamasında kullanılabilir. BI, insan vücudunun 5 silindire ayrılabileceği görüşüne dayanır; iki kol, iki bacak ve gövde. Ancak gövde total vücut ağırlığının yaklaşık % 46'sını oluştururken vücut direncinin yalnız % 10'undan sorumludur. Sonuç olarak assiti olan hastalarda total vücut suyunun düşük hesaplanması söz konusu olabilir. Vücut suyu, elektrolit konsantrasyonları, vücut sıcaklığı veya çevre sıcaklığındaki tüm değişiklikler

vücut direncini etkiler. Ayrıca hastalık sırasında FFM'in hidrasyonu değişir ve FFM katı komponentlerinin tahminini bozar. BI bazı hastalıklarda valide edilmiştir; ECW değerleri daha güvenilirdir. Yakın zamanda ciddi hastalığı olan hastalarda diğerlerine göre direnç değerlerinin anlamlı olarak düşük olduğu gösterilmiştir. Bu durum hastalık sırasında hücre membran fonksiyonunda dolayısıyla membran potansiyelinde ve kondensatör fonksiyonunda değişim ile açıklanabilir. Bu nedenle BI vücut kompozisyonundan çok hastalığın şiddetini göstermede daha değerlidir ve klinikte nütrisyonel durumun değerlendirilmesinde yararlığı düşük bir araçtır. BI ile ilgili diğer bir problem de piyasada çeşitli cihazlar olmasına rağmen yalnız çok azının spesifik hastalıklarda valide olmalarıdır. Bazı kliniklerde hala kullanılmakta ve spesifik cihazlar ve özel hasta grupları için ampirik eşitlikler üretilmektedir. BI'den elde edilen değerlere ancak diğer kliniklerde de benzer sonuçlar elde edilirse güvenilebilir.

4.2 Karmaşık metodlar

4.2.1 Dual enerji X-ışını absorptiometri (DEXA)

DEXA, kolaylıkla uygulanabilen ve FM, FFM ve kemik hacimlerinin ölçülebildiği karmaşık bir metoddur. Bu yöntemde iki değişik X-ışını düzeyi kullanılır ve komponentler dokulara özgü şekilde X-ışınını soğurmalarına göre sınıflandırılır.

4.2.2 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve Kompüterize Tomografi (BT)

Bu teknikler FM ve FFM kantitatif ölçümünü verir.

4.2.3 Dilüsyon yöntemleri

Endikatör dilüsyon metodları vücuda uygulanan endikatörün özellikle hacminin ölçülmesi planlanan kompartmanda dağılması prensibine dayanmaktadır. Endikatörün verilmesinden sonra eşit olarak dağılması beklenir ve vücut sıvısından örnek alınarak dilüsyonu ölçülür. Endikatörün dilüsyon derecesi ölçülmek istenen kompartmanın miktarını verir. Total vücut suyu içinse genellikle deutere su veya suda radyoaktif hidrojen izotopu (tritium) kullanılır. Hücre suyu için genellikle bromür kullanılır. Bromür klor gibi büyük oranda ekstrasellüler dağılır. Total vücut suyu ve ekstrasellüler su hesaplanınca TBW'den ECW çıkartılarak hücre içi su elde edilebilir. Hastalık ne kadar ağırsa daha fazla bromür (ve klorun) intrasellüler yer aldığı unutulmamalıdır. Ek olarak bu yöntemde hem deutere hem de bromür ölçümlerindeki hatalar eklenir ve total vücut potasyumu ölçümü veya nötron aktivasyon analizine göre daha az güvenilirdir.

4.2.4 Su altında ağırlık ölçümü

Su altında ağırlık ölçümü vücudun tamamının özgül ağırlığını verir. FM ve FFM özgül ağırlıkları bilindiğinden aktüel vücut suyundan hacimleri hesaplanabilir. Bu teknik yalnız araştırma amaçlı kullanılır, hastalara uygulanmamaktadır.

4.2.5 Total vücut potasyumu

Total vücut potasyumu, intrasellüler potasyum konsantrasyonu sabit olarak düşünülürse hücre kütlesinin iyi bir tahminini sağlar. Hastalıkta bu durum doğru değildir ve hastalık ne kadar ciddiyse intrasellüler K+ o kadar azalır. Radyoaktif K izotopu (42K) uygulanarak total vücut potasyumu ölçülebilir ancak bu izotopun yarılanma ömrü çok kısa olduğundan problemlidir. Diğer bir metod doğal var olan ve yarılanma ömrü uzun 40K'nın ölçülmesidir. Ancak cihazlar pahalıdır ve dünyada yalnız birkaç merkezde ölçülmektedir.

4.2.6 Nötron aktivasyon analizi

Bu teknik tüm vücut Na, Cl, N, Ca ve P tahminini sağlar. Bu teknik karmaşık ekipman gerektirir ve çok pahalıdır. Ayrıca hastalara uygulanması çok zordur.

5. Kaynaklar

1. Basics in Clinical Nutrition, Sobotka L. (edit), 3rd edition 2004, Galen

2. Goodpaster BH. Measuring body fat distribution and content in humans? Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2002; 5: 481

3. Wang ZM, et al. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. Am J Clin Nutr 1992; 56: 19

4. Mazess RB, et al. Dual-energy X-ray absorption for total-body and regional bone mineral and soft tissue composition. Am J Clin Nutr 1990; 51: 1106

5. Schoeller DA. Bioelectrical impedence analysis. What does it measure? Ann NY Acad Sci 2000; 904: 159

6. Kyle et al. Bioelectrical impedence analysis – part I. Clin Nutr 2004; 23: 1226

Ek kaynaklar

- Allison SP. Malnutrition, disease and outcome. Nutrition 2000; 16: 590
- Durnin JV, Womersly J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br J Nutr 1974; 32: 77
- Gibson RS. Principles of nutritional assessment 1990. New York, Oxford: Oxford University Press
- Guigoz Y, Vellas B, Garry PJ. Assessment of nutritional status of the elderly: the mini-nutritional assessment as part of the geriatric evaluation. Nutrition Reviews 1996; 54(1): S59
- Hill GL. Body composition research: implications for the practice of clinical nutrition. JPEN 1992; 16: 197
- Jeejeebhoy KN. Nutritional assessment. Nutrition 2000; 16: 585
- Kondrup J, Allison SP, Elia M, et al. ESPEN guidelines for nutrition screening 2002. Clin Nutr 2003; 22: 415
- Shenkin A, Cederblad G, Elia M, Isaksson B. Laboratory assessment of protein-energy status. Clin Chim Acta 1996; 253: 55
- Sloan AW, Weir JB. Nomograms for prediction of body density and total body fat from skinfold measurements. J Appl Physiol 1970; 28: 221