

TOTAL VE BÖLGESEL VÜCUT YAĞ ÖLÇÜMÜNDE DEXA, ULTRASON VE SKINFOLD YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Semra ELMACI* Cihat ÖZTÜRK** Orhan OYAR***
Engin SAĞTAŞ*** Akın TURGUT**** Çetin İŞLEGEN*
S. Oğuz KARAMIZRAK*

ÖZET

DEXA'nın sualtı ölçümü ile yüksek korrelasyon gösterdiği bilindiğinden, DEXA % yağ oranı kriter alınarak ve çevre ölçümleri, ultrason ve skinfold değerlerinin kullanılmasıyla obez popülasyona spesifik regresyon formüllerinin oluşturulabileceği ve pratikte kullanılabilirliği fikri doğdu. Çalışma, 30 kişilik bir bayan grubunda (18-44 yaş) yapıldı. Denekler sedanter bir yaşam şekline sahip olduklarından, yağlılık derecesinin belirlenmesinde BMI'in güvenle kullanılabilirliği düşünüldü. Obezite kriteri olarak BMI'lerinin ortalamasının 30 kg/m^2 nin üzerinde olması kabul edildi. Vücut yağ oranının saptanmasında DEXA ve SF yöntemleri; derialtı yağ kalınlığının belirlenmesinde ise US ve SF yöntemleri kullanıldı. Vücut yağ oranı açısından SF yöntemleri ile karşılaştırıldığında; DEXA, DW-1 ile en yüksek korrelasyonu gösterdi. Ancak, kullanılan bölgelerin sınırlı olması nedeniyle söz konusu deneklerde kullanımı pratik bulunmadı. Bunun yerine DW-3 formülü daha uygun bulundu. Çevre ölçümü kullanarak elde ettiğimiz denklemlerden altı veya yedi bölgeyi kullananlar, DEXA % yağ oranı ve US verileri gözönünde bulundurulduğunda denek grubumuz için en uygun seçenekler olarak değerlendirildi. Sonuç olarak DEXA yönteminin

* Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı, İzmir

** Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi FTR Anabilim Dalı, İzmir

*** Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı, İzmir

**** O.Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Eskişehir

DEXA yönteminin araştırmaya konu olan obez popülasyonun % yağ oranının belirlenmesinde geçerli olabileceği düşünüldü.

Anahtar sözcükler: Obezite, vücut bileşimi, antropometrik ölçümler, skinfold, ultrason, dual energy X-ray absorptiometry

SUMMARY

THE COMPARISON OF DEXA, ULTRASONOGRAPHIC AND SKINFOLD METHODS IN TOTAL AND REGIONAL BODY FAT MEASUREMENT

Since it is known that DEXA shows good correlation with underwater weighing, it was aimed to obtain specific regression equations for the obese population assuming fat % by DEXA as a criterion, and using circumference, ultrasonographic and skinfold measurements. The study was carried out on a group of 30 females aged 18-44. BMI was accepted to be a reliable parameter in assessing their degree of fatness. A BMI score higher than 30 kg/m^2 was accepted as the obesity criterion. DEXA and SF methods were used to determine body fat ratio, whereas US and SF methods were applied to evaluate subcutaneous fat thickness. When compared with various SF methods, DEXA revealed the highest correlation with DW-1. However, its use was not practical in the subjects in question, due to the limitation in the number of measurement sites. DW-3 was considered to be more appropriate. Regression equations obtained using SF measurements, and DEXA as a criterion, were not found to be suitable for the population in question, since they made use of a limited number of sites which may also surpass measurement ranges. When DEXA fat ratios and US data are considered, the equations obtained using six or seven sites of circumference measurements were accepted to be more reliable for our subjects. In conclusion, the DEXA method was considered to be appropriate to determine the % body fat of the obese population in question.

Key words: Obesity, body composition, anthropometric measurements, skinfold, ultrasonography, dual energy X-ray absorptiometry

GİRİŞ

Vücut bileşiminin saptanmasında tarihsel önemi olan araştırmacı, hidrostatik prensibi bulan Archimedes'dir. Vücudun özgül ağırlığının saptanması ile ilgili çalışmalar arasında onunkilerle en çok uyum içinde olanlar; Behnke, Feen ve Welham'ın yaptıklarıdır. Bu ölçüm yöntemi, iki komponentli (yağ ve yağ dışı kitle) modele dayanır (3). Vücut kitle ve yağlılık indeksi (BMI), 19. yüzyılda geliştirilen Quetelet teorisine dayanır. Dört komponentli (yağ, kas, kemik ve rezidüel kitle) model ilk kez 1921'de, Matiegka tarafından anatomi çalışmaları aracılığında kullanılmaya başlandı (27).

Vücut Yağı Saptanmasında Kullanılan Yöntemler

I. Direkt yöntem: En kesin yöntemdir. Kadavra diseksiyonu ile gerçekleştirilebilir, ancak insan kadavra çalışmaları sınırlıdır.

II. İndirekt yöntemler : Bunlar arasında;

Toplam vücut potasyum miktarı (K40), toplam vücut suyunun izotop dilüsyonu ile saptanması (TBW), nötron aktivasyonu, vücut dansitesinin su altı ölçümü (Hydrostatik Weighing: HW), gibi yöntemler bulunmakla birlikte antropometrik ölçümler ultrason ve Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri (DEXA) gibi yöntemler son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (11,25,30,32,35). Biz çalışmamızı bu üç yöntemi kullanarak aralarındaki korrelasyonu değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdik.

Antropometrik ölçümlerle vücut yağının saptanması: Antropometri, insan vücudunun fiziksel boyutlarının, oranlarının ve kaba bileşiminin ölçülmesidir. Ölçümlerde ulusal ve uluslararası standartlar kullanılmaktadır. Vücut yağının saptanmasında deri katlantısı (SF=skinfold) kalınlığı ve çevre ölçümleri kullanılmaktadır. Biceps (B), triceps (T), önkol (FA), subscapula (SS), göğüs (P), midaxiller (MA), suprailium (SI), abdomen (A), quadriceps (Q), baldır (C) bölgelerinde skinfold ölçümü yapılabilir. Skinfold kalınlığı, iki adet deri ve derialtı yağ dokusunu içerir ve kaliper ile ölçülür. Ayrıca teknik ve biyolojik faktörler % yağ için SF tahmininin doğruluğunu sınırlayabilir (20,24,31, 34). Kadın ve erkekte vücut yağ dağılımı farklılık göstermektedir. Bu nedenle tek (veya az sayıda) bölgeden ölçüm yerine, mümkün olduğunca çok bölgeden ölçüm yapılmasının yanısıra çevre ölçümlerinin de yapılması uygundur.

Ultrason (US): Sesin saniyedeki titreşim sayısına frekans denir. Yansıma, US'un tanıda kullanılmasını sağlayan özelliğidir. Ses dalgaları, iki farklı yapıdaki maddeyi ayıran yüzeyle (yağ-kas gibi) karşılaştığında, bir bölümü yoluna devam ederken, bir bölümü yansır. Subkutan yağ ölçümünde, ultrason yöntemi uygulayabilmek için, ölçüm yapılacak yer işaretlenir. 100 mm kalınlıkta subkutan yağ ölçülebilir ve sonuç 1 mm duyarlılıkla elde edilebilir. Obezlerde skinfold ölçümlerine üstünlüğü olduğu bildirilmiştir (30,32,37).

Çift enerjili röntgen soğurma ölçümü (Dual Energy X-ray Absorptiometry: DEXA, DXA): DEXA, in vivo olarak hem kemik mineral hem de yumuşak doku kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılmaktadır (28). Bu teknik, iki aktarılmış enerji fotonunun kemik ve yumuşak dokulardan geçerken farklı zayıflama esasına dayanmaktadır (18). DEXA, denegın radyasyona maruz kalmasını ve tarama süresini azaltır. Dual photon absorpsiyometri (DPA) ve DEXA, iskelet durumunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmış olmasına rağmen % vücut yağının hesaplanmasındaki kullanımlarını değerlendiren çalışmalar azdır (10).

Sualtı yöntemi geçmişte, vücut % yağı için "altın standart" olarak kabul edilmiştir. Ancak % yağ tahminleri değerlendirilirken, hatanın bir kısmının sualtı kriteriyle ilgili olabileceği bilinmelidir (10). Önemli noktalar, su ve kemik mineralinin biyolojik değişkenlikleri ve bunların yağ dışı kitle dansitesi üzerindeki etkisidir (21).

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma, 30 kişilik bir bayan grubunda (18-44 yaş) yapıldı. Katılan deneklerin hiçbirinde kas-iskelet ve kalp-damar sistemi hastalığı, metabolik ve endokrin bozukluk yoktu. Sedarter bir yaşam şekline sahip olduklarından, yağlılık derecesinin belirlenmesinde BMI'in güvenle kullanılabileceği düşünüldü. Denekler, BMI ortalamaları 30 kg/m²'nin üzerinde olduğundan, obez kabul edildiler (19). Tablo 1'de deneklerin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Boy, 0.5 cm aralıklı sabit bir boyölçerle ayakkabısız ve başın Frankford düzleminde olmasına dikkat edilerek ölçüldü. Denekler, 50g'a duyarlı kalibre edilmiş baskülde (Baster, İzmir) tartıldı. DEXA'da vücut

ağırlığı (total vücut kitlesi=TBM) gram cinsinden verildiği için, standart olması açısından baskül ağırlığında da gram kullanıldı. Baskül ölçümleri DEXA ile aynı gün gerçekleştirildi.

Çevre ölçümleri Behnke ve Wilmore (4) protokolüne göre yapıldı. Denek ayakta duruken; boyun, biceps (fleksiyonda), el bileği, bel (karın çevresi), kalça (trochanterlerden geçen hat), uyluk (gluteal katlantı) ve baldır bölgelerindeki işaretlenen noktalardan alındı. Ölçüm için 0.1 cm duyarlılıkta çelik mezura kullanıldı. Her ölçüm iki kez tekrarlandı, bulunan değerlerden büyük olanı sonuç olarak kaydedildi.

Skinfold ölçümleri Keys ve Brozek (22) protokolüne göre, aynı deneyimli şahıs tarafından yapıldı. Bu amaçla skinfold caliper (Holtain Ltd, Crymych, UK), deri katlanması ölçümünde kullanıldı. Kaliperin kadranı 0.2 mm aralıklıydı ve ölçümler kadran üzerinden okunarak yapıldı. Skinfold ölçümleri şahıs ayakta iken, vücudun sağ yarısında ve her yedi bölgede üç kez yapıp, gözlenen değerler birbirleri ile %10 uyum içinde ise, ortalamaları alındı. Değerler bunun dışında kalıyorsa bir ya da iki ek ölçüm yapıldı ve birbirine en yakın üç değer ortalaması alındı. Deneklerde baldır, LQ (lateral quadriciceps) ve gluteus bölgelerinde dokunun gerginliği nedeniyle SF ölçümü yapılamadı. Vücut uygunluğundan % yağ tahmininde Siri formülü kullanıldı (35).

Ultrason kullanımında ölçüm bölgeleri sabit boyalı bir kalemle işaretlendi. SF ölçümlerinin hemen ardından ve her bölgeden en az iki US ölçümü yapıldı. Taramalar kemik-kas, kas-subkutan yağ ve subkutan yağ-deri birleşim yerlerinde ölçümün yeterli kesinlikte olduğuna karar verilinceye kadar (görüntü yeterliliği) tekrarlandı. Değerler arasında 1 mm ve daha az fark olduğunda ortalaması alındı ve kaydedildi. 1 mm'den fazla bir fark olduğunda ise bir ya da iki ölçüm daha yapıldı ve en yakın iki değer ortalaması alındı. SF kalınlıkları US ile kıyaslanabilmek için ikiye bölündü. Tüm analizler, bu yarım SF değerleri kullanılarak elde edildi. DEXA ile % vücut yağı ölçümü için XR-26 model (Norland, Holland) kemik dansitometresi kullanıldı.

İstatistiksel analizler: Yöntemler arasındaki ilişkinin derecesini saptamak amacıyla Pearson korelasyonu kullanıldı. N=30'luk bir denek grubu için $r > 0.597$ olan korelasyonlar $p < 0.001$ düzeyinde anlamlıydılar. Stepwise regresyon analizi ile DEXA'ya göre çevre ölçümleri, ölçülebilen bölgelere ait SF ve US değerleri kullanılarak uygun denklemler oluşturuldu. Yöntemler arasındaki farklılığın saptanmasında ANOVA varyans analizi ve student t-testi uygulandı. Anlamlılık düzeyi olarak $p < 0.05$ kriter alındı.

BULGULAR

Ölçümler sonucunda elde ettiğimiz değerlerin karşılaştırılması ile oluşan US/SF % oranları Tablo 1'de, SF yöntemleri ve DEXA ile elde edilen % yağ değerleri Tablo 2'de, DEXA ve SF % yağ oranları arasındaki korrelasyon sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tüm deneklerde, DEXA ile ölçülen vücut ağırlığı (TBM), baskül ağırlığından daha küçüktü. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda ikisi arasında aşağıdaki regresyon denklemi elde edildi:

$$\text{Ağırlık}_{\text{DEXA}} = -2268 + 0.984 \times \text{Ağırlık}_{\text{BASKÜL}} \quad (r^2=0.98)$$

Tablo 1: US/SF yüzde (%) oranları.

US/SF Yüzdesi	Ortalama	Sd	Minimum	Maksimum
Biceps	115.5	34.5	45.7	192.9
Triceps	119.5	21.7	74.9	174.8
Subscapula	89.3	21.9	52.2	133.9
Supraillum	125.6	41.3	60.9	285.7
Abdomen	161.4	54.7	94.4	527.0
Quadriceps	102.3	20.7	77.3	173.5

Tablo 2: SF yöntemleri ve DEXA ile elde edilen % yağ değerleri.

% Yağ	Ortalama	Sd	Minimum	Maksimum
DEXA (n=30)	54.3	6.8	32.5	65.7
Yuhasz (n=18)	23.7	3.4	15.5	29.3
Theng Tipton (n=16)	23.7	3.1	17.1	28.7
Wilmore Behnke (n=13)	31.3	3.6	24.5	37.3
Sloan Weir (n=30)	31.6	4.8	19.1	41.2
Pollock Jackson (n=22)	34.0	4.5	18.3	40.5
Durning Womersley-1 (n=28)	37.2	4.2	25.5	43.6
Durning Womersley-2 (n=28)	37.8	4.2	24.5	43.2
Durning Womersley-3 (n=28)	37.7	4.2	24.6	44.1
Durning Womersley-4 (n=30)	37.6	4.3	24.9	43.9
Behnke Wilmore (n=22)	35.0	4.6	25.0	44.6
Jackson Pollock (n=16)	33.9	4.4	21.2	40.2
Lange (n=22)	19.1	3.1	11.5	26.8

Tablo 3: DEXA ve SF % yağ oranları arasındaki korrelasyon sonuçları.

Lange		0.67	0.90	0.82	0.51	0.91	0.88	0.81	0.85	0.86	0.84	0.90	0.91
Jackson Pollock		0.66	0.92	0.86	0.21	0.89	0.95	0.66	0.83	0.83	0.86	0.64	
Behnke Wilmore		0.64	0.78	0.45	0.54	0.84	0.74	0.85	0.81	0.81	0.76		
Durning Womersley-4		0.69	0.91	0.59	0.58	0.87	0.87	0.92	0.98	0.99			
Durning Womersley-3		0.70	0.92	0.58	0.59	0.87	0.86	0.95	0.99				
Durning Womersley-2		0.69	0.92	0.58	0.59	0.86	0.86	0.95					
Durning Womersley-1		0.73	0.84	0.40	0.62	0.77	0.76						
Pollock Jackson		0.72	0.82	0.74	0.50	0.91							
Sloan Weir		0.69	0.80	0.69	0.49								
Wilmore Behnke		0.37	0.22	0.06									
Theng Tipton		0.52	0.79										
Yuhasz		0.70											
	DEXA (n=30)												
	Yuhasz (n=18)												
	Theng Tipton (n=16)												
	Wilmore Behnke (n=13)												
	Sloan Weir (n=30)												
	Pollock Jackson (n=22)												
	Durning Womersley-1 (n=28)												
	Durning Womersley-2 (n=28)												
	Durning Womersley-3 (n=28)												
	Durning Womersley-4 (n=30)												
	Behnke Wilmore (n=22)												
	Jackson Pollock (n=16)												

TARTIŞMA

Obezitenin derecesinin belirlenmesinde SF kaliper ölçümü sıklıkla kullanılır (15,16,22,23,29,36). Kaliperin kullanımı kolaydır ve daha tutarlı, anlamlı sonuç verebilir. Ancak bazı şartlar altında yetersizlik göstermektedir. Vücudun bazı bölgelerinde, SF kaliperi için kullanımda bir sınırlama vardır (8,9,14). Özellikle obez bireylerde kaliperin kolları arasındaki mesafenin yetersizliği nedeniyle kaliper basıncının güvenilirliği tam değildir (7,9). Çalışmamızdaki denekler obez olduklarından, biz de aynı sorunla karşılaştık. Kaliper mutlak yağ kalınlığını ölçemez, ancak tüm vücut yağlılığı belirlenirken uygun bölgelerde ölçüm yapılırsa ve uygun prediksiyon formülleri kullanılırsa, daha iyi bir belirteç olabilir. Taşınabilir ve ucuz bir metod olması da avantajdır. Bireyler arasında anlamlı bir kıyaslama yapılabilir. Diğer yandan SF kaliperleri subjektif hata yapılmasına meyillidir ve aletin kullanımından önce araştırmacının bu konuda yeterli deneyimi vardır. SF ile US arasında kıyaslama yapan bir çok çalışma vardır.

İnsanda subkutan yağ dokusunun kalınlığının ölçümünde yumuşak doku radyografisi, A- ve B-mod US gibi noninvazif prosedürler kullanıldı (4,5,17). Borkan ve Norris ile Garn, yaşlanma ile subkutan yağ dokusunun dağılımındaki ve tüm vücut yağlılığındaki değişikliklerin ölçümünde yumuşak doku radyografisini kullandılar (6,16). BT gibi radyografik teknikler yağ ölçümü için giderek daha fazla kullanılmaktadır (2,13). Ancak pahalı oluşu, bireye standart pozisyon verilmesindeki güçlükler, radyasyona maruz kalma bu yöntemin dezavantajlarıdır. Tanısal US cihazları arka arkaya tekrarlanabilen ölçümler yapılabilmesi ve iyonize radyasyon içermemesi nedeniyle avantajlıdır. Vücuttaki birçok bölgede güvenle kullanılabilir (1,17).

Stouffer (1963) insanda vücut bileşimi tayininde ve spesifik bölgelerdeki yağlılığın saptanmasında US tekniklerinin pratik ve uygulanabilir olduğunu kaydetmiştir. Volz ve Ostrove'un çalışmasında Quadriceps bölgesi için 1/2 SF değerleri US'un %87'si ile %141'i arasında değişiyordu. Haymes ve ark., A, SI ve SS bölgelerinde SF ve US arasında sırasıyla %85, %88 ve %85 uyum buldular. Her iki yöntemin arasındaki farkların kaynağı ölçüm yapılan bölgenin özelliğine dayandırılabilir. Volz ve Ostrove'un 18-26 yaş kadınlardan oluşan 66 kişilik bir grupta B-mod US ile yaptıkları bir çalışmada, 7 bölgeden (T,B,SS,SI,A, baldır ve Q) ölçüm yapıldı. US ve SF ölçümleri arasında en

iyi uyum, üst gövde ve kollarda elde edildi. Yapılan korrelasyonlar tüm bölgelerde anlamlı idi ($p < 0.05$).

Yaptığımız çalışmada, altı değişik vücut bölgesinden yapılan US ve SF ölçümleri arasında, B ve Q bölgeleri dışındaki ölçümlerin tümü anlamlı düzeyde farklılık gösteriyordu ($p < 0.05$). İki yöntem arasında SS, T ve Sİ bölgelerinde anlamlı korrelasyon ($p < 0.001$) saptandı. En yüksek korrelasyon SS bölgesindeydi ($r = 0.85$). Bu sonuç, Volz ve Booth'un elde ettiği değerlere yakındır (sırasıyla $r = 0.80$ ve $r = 0.81$). T'deki korrelasyon ($r = 0.69$), Volz ($r = 0.79$), Bullen ($r = 0.80$) ve Weiss'in ($r = 0.81$) bulduğundan daha düşüktü. Volz en yüksek korrelasyonu SI'da bulurken ($r = 0.86$), biz bu üç bölgede (SS, T, SI) içinde en düşük olanı SI'da saptadık ($r = 0.67$).

Kaliper ve US, yağ kalınlığı için mutlak bir değer vermez. US transdüserinin deri yüzeyine uygulanım açısındaki küçük değişiklikler de farklı kalınlık verilerinin elde edilmesine yol açabilir (38). Yaptığımız çalışmada US probunun deri yüzeyine dik tutulmasına özellikle dikkat edildi.

DEXA'nın primer kullanım amacı, kemik mineral ölçümüdür. Gerek laboratuvar, gerekse klinik uygulamada kemik mineral yoğunluğu saptanırken daha güvenilir ve kesin sonuçlar böylece elde edilmeye başlanmıştır. Bu aygıt için kemik minerali, yağ ve kemik dışı yağsız kitlenin ölçümü açısından geliştirilmiş yeni teknikler mevcuttur. Bu da tüm vücut yağı ve kemik dışı yağsız kitle ölçümü türünde ikincil kullanımı sağlamaktadır.

Yağ ve yağsız kitlelerin toplamı total ağırlığı verir. Dolayısıyla yağsız kitlede yapılan bir hata yağ kompartmanını daha büyük gibi gösterecektir. DEXA, toraksta kemik ile yumuşak dokuyu birbirinden açık bir şekilde ayıramaz. Çünkü kostalar ve omurganın bileşimi, kemik dışı yumuşak doku kitlesinin daha fazla görülmesini önler. Dolayısıyla hatalı sonuç elde edilir. Benzer şekilde kolun total kitlesinin daha büyük kısmını kemik oluşturur. Baş bölgesinde ise, kemik dışı yumuşak doku görüntülenemez. Ayrıca total ağırlık DEXA ile çok dikkatli bir şekilde ölçüldüğünde dahi, vücut kompartmanlarının miktarında önemli hatalar ortaya çıkabilmektedir (33). Çalışmaya aldığımız deneklerin tümünün DEXA ile saptanan vücut ağırlığının (TBM) baskül ile ölçülenden düşük bulunması, bu nedenlerden kaynaklanabilir. Martini ve ark. ise, 951 kişide yaptıkları çalışmada,

yukarıdakilerle çelişkili olarak, DEXA ve hassas bir baskül ile ölçülen vücut ağırlıkları arasında anlamlı bir korrelasyon ($r = 0.96$) saptadılar. Denekler, BMI (Vücut Kitle İndeksi) baz alınarak ince, normal, kilolu ve obez kategorilerine ayrıldığında bile, bu korrelasyon değişmedi (26). Ancak, yine de tüm vücut taraması diğer sistemlere nazaran DEXA ile daha kesin sonuç verir.

Yeni jenerasyon DEXA tarayıcısının 22-77 yaş arasındaki erkek ($n = 23$) ve kadınlardaki ($n = 4$) % yağ hesabında önceki DPA sistemleri ($r = 0.98$) ve sualtı ölçümü ($r = 0.93$) ile iyi bir korrelasyon içinde olduğu gösterilmiştir (2). Dalsky ve ark.'nın 39 orta-yaşlı erkekte yaptıkları çalışmada, HW ve Jackson-Pollock'un SF'a dayalı % yağ oranı tahmini (20) ve DEXA ile belirlenen % yağ arasında önemli farklılık saptanmadı (12). Mazess ve ark. DPA ile belirlenen vücut yağı ve sualtı ölçümü arasında yüksek bir korrelasyon ($r = 0.87$) buldular. Denekler, 25-60 yaş arası erkekler ($n = 4$) ve kadınlardan ($n = 14$) oluşmuştu. DPA ve SF yağ ölçümleri arasında da yüksek korrelasyon ($r = 0.80-0.92$) bulundu (28).

Literatürde sık kullanılan SF % yağ oranı formülleri ile (özellikle A ve Q içeren) DEXA arasında bizim elde ettiğimiz korrelasyonların yukarıdakilerden daha düşük bulunması, deneklerimizin obez olması nedeniyle SF ölçümlerinin yeteri kadar doğru yapılamamasına bağlandı.

Teorik olarak DEXA, iki komponentli "altın standarda" bir alternatif olabilir, çünkü kemik yoğunluğundaki farkları hesaba almaktadır. Ayrıca DEXA'nın pasif yöntemi, çeşitli denek ve yaş aralıklarında kullanılmaya uygundur.

Yüzde yağın DEXA ile tayini ekipmanı sadece iskelet analizleri için kullanan kliniklerde uygun olabilir, çünkü sadece % yağ için kullanılması yüksek maliyeti nedeniyle yanlıştır. Sonuç olarak DEXA'nın, nonkalsifiye dokuların bileşimini kemikte olduğu kadar iyi saptadığı söylenebilir. Ancak, vücut bileşimini araştırmada "altın standart" olduğunu iddia etmek doğru olmaz. Yumuşak doku ölçümlerinde baş bölgesini içermeyen bir analiz yapılırsa, daha sağlıklı sonuç elde edileceği savunulmaktadır (33).

SONUÇ

Obez bayan deneklerde (n = 30) vücut yağ oranı açısından DEXA ve SF yöntemleri karşılaştırıldı. Skinfold ile elde ettiğimiz regresyon denklemlerinin ikisi, altı bölge içermeleri ve yüksek güvenilirlik ($r^2 = 0.86$) göstermelerine rağmen, abdomen (A) ve quadriceps (Q) gibi çoğu denekte kaliper ölçüm sınırlarını aşan bölgeleri içermeleri nedeniyle, bizi, çevre ölçümü gibi klinikte uygulaması kolay ve güvenilir bir yöntem ile % yağ oranı saptamaya yöneltti.

Çevre ölçümü kullanılarak elde ettiğimiz denklemlerden denek grubumuz için şunlar en uygundur:

$$Y=21.804+0.67xa_1+0.63xa_2-1.63xa_3+0.21xa_4-0.64xa_5+0.24xa_6(r^2=0.73)$$

ve

$$Y=22.442+0.69xa_1+0.67xa_2-1.68xa_3+0.21xa_4-0.64xa_5+0.24xa_6-0.04xa_7(r^2=0.73).$$

Açıklama: Y=DEXA % yağ; a_1 :kol, a_2 :baldır, a_3 : el bileği, a_4 : bel, a_5 : boyun, a_6 : uyluk, a_7 : kalça çevreleri.

Ultrason ölçüm değerlerini kullanarak oluşturulan regresyon denklemlerinden dördünün güvenilirliği yüksek ($r^2 = 0.76$) görünmekle birlikte, A bölgesinde gözlenen multipl ekolar nedeniyle obez deneklerimizde kullanılmasının yerinde olmayacağı düşünüldü. Bunun yerine; Q, lateral Q ve triceps (T) bölgelerini içeren aşağıdaki denklem, % yağ oranı hesaplanmasında aynı popülasyon için daha uygun bulundu:

$$Y=21.69 + 0.63 \times Q + 0.156 \times LQ + 0.55 \times T (r^2 = 0.75).$$

Ancak ultrasonun rutin olarak kullanılması; maliyetinin hem SF, hem de çevre ölçümünden yüksek olması nedeniyle, obez popülasyonumuzun % yağ oranı saptanmasında önerilemeyecektir.

DEXA % yağ oranı ile literatürde denek grubumuza uygun olan SF yöntemleri arasındaki en yüksek korelasyon Durnin-Womersley (D-W) ile bulundu ($r = 0.73$). Klinik uygulamada en çok kullandığımız Yuhasz formülü ile daha düşük bir uyum ($r = 0.70$) saptandı. Bu formülün A bölgesini içermesi ve deneklerimizde bu bölgenin SF ile ölçüm güçlüğü nedeniyle, çalıştığımız popülasyon için kullanımda uygun olmadığına karar verildi. Aynı düzeydeki bir uyum ($r = 0.70$) DW-3 ile bulundu.

DW-1 DEXA ile daha yüksek korrelasyon göstermesine rağmen; DW-3, dört bölge içermesi ve bınların ölçülebilir olmaları nedeniyle, bu popülasyon için DW-1'den daha uygun görünmektedir. Bu formüllerle DEXA arasındaki ilişki anlamlı olmakla birlikte, yeterince yüksek bulunmadı. Bu nedenle çevre ölçümüyle elde edilen denklemlerin aynı denekler için daha uygun olduğu düşünüldü.

DEXA uygulaması, bu denek grubunda % yağ saptanmasında yeterli güvenilirlikte bulundu. Ancak; DEXA'nın kriter olarak alındığı denklemlerin tüm obez popülasyonunda kullanılabilmesi için daha geniş gruplarda çalışılması gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Alexander H, Miller D. Determining skin thickness with pulsed ultrasound. *J Invest Dermatol* **72**: 17-9, 1979.
2. Aulet M, Wang J, Pierson RN Jr. Dual photon absorptiometry (DPA) measures body fat-comparisons with other methods. *Med Sci Sports Exerc* **22**: S 111, 1990.
3. Behnke AR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. *JAMA* **118**: 495-502, 1942.
4. Behnke AR, Wilmore JH. *Evaluation and Regulation of Body Build and Composition*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1974.
5. Borkan GA, Hulst DE, Cardarelli, J, Burrows BA. Comporasion of ultrasound and skinfold measurements in assessment of subcutaneous and total fatness. *Am J Physical Anthropol* **58**: 307-13, 1982.
6. Borkan GA, Norris AH. Fat distribution and the changing body dimensions of the adult male. *Hum Biol* **49**: 495-514, 1977.
7. Brozek J. Body measurements, including skinfold thickness, as indicators of body composition. In: *Techniques for Measuring Body Composition*, J Brozek and A Henschel (Eds), Washington DC, National Research Council, 1961, pp 3-35.
8. Brozek J, Kinsey W. Age changes in skinfold compressibility. *J Gerontol* **15**: 45-51, 1960.
9. Burkinshaw L, Jones PAM, Krupwicz PW. Observer error in skinfold thickness measurement. *Hum Biol* **45**: 273-8, 1973.
10. Clark RR, Kuta JM, Sullivan JC. Prediction of percent body fat in adult males using dual energy X-ray absorptiometry, skinfolds, and hydrostatic weighing. *Med Sci Sports Exerc* **25**: 528-35, 1993.

11. Cohn SH, Vaswani AN, Yasamura S, Yuen K, Ellis KJ. Improved models for determination of body in vivo neutron activation. *Am J Clin Nutr* **40**: 255-9, 1984.
12. Dalsky GP, Kraemer W, Zetterlund AE, Conroy B, Fry A, Judge JO, Smith J. A comparison of methods to assess body composition. *Med Sci Sports Exerc* **22**: S 112, 1990.
13. Dixon AK. Abdominal fat assessed by computed tomography: sex difference in distribution. *Clin Radiol* **34**: 189-91, 1983.
14. Durning JVGA, Armstrong WH, Womersley J. An experimental study of the variability of measurements of three observers on twenty three young women and twenty seven young men. *Proc Nutr Soc* **30**: 9A, 1971.
15. Durning JVGA, Womersley 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* **32**: 77-97, 1974.
16. Garn SM, Gorman EL. Comparison of pinch calipers and teleröntgenogrammetric measurement of subcutaneous fat. *Hum Biol* **28**: 407-13, 1956.
17. Haymes S, Lungedren H, Loomis J, Buskirk E. Validity of the ultrasonic technique as a method of measuring subcutaneous adipose tissue. *Ann Hum Biol* **3**: 245-51, 1976.
18. Heymsfield SB, Wang J, Heshka S, Kehayias JJ, Pierson RN. Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. *Am J Clin Nutr* **49**: 1283-9, 1989.
19. Hodge AM, Zimmet PZ. The epidemiology of obesity. In: *Bailliere's Clinical Endocrinology and Metabolism*, Vol 8, ID Caterson (Ed), Cambridge, University Press, 1994, pp 578-9.
20. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* **12**: 175-82, 1980.
21. Johnson J, Dawson-Hughes B. Precision and stability of dual energy X-ray absorptiometry measures. *Calcif Tissue Int* **49**: 174-8, 1991.
22. Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol Rev* **33**: 245-325, 1963.
23. Larsson B, Svardsudd K, Welin L, Wilhelmsen L, Bjortorp P, Tibblin. Abdominal adipose tissue distribution, obesity and risk of cardiovascular disease and death: thirteen year follow up of participants in the study of men born in 1913. *Br Med J* **228**: 1401-4, 1984.
24. Lohman TG. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Hum Biol* **53**: 181-225, 1981.
25. Martin AD. *An Anatomical Basis for Assessing Human Body Composition: Evidence from 25 Cadavers*. PhD Thesis, Simon Frazer University, Canada, 1984.

26. Martini G, Frediani B, Nuti R. Metodi di misura del tessuto adiposo nel corpo intero: utilita della densitometria "total body" a raggi X. *Minerva Med* **83**: 181-5, 1992.
27. Matiegka J. The testing of of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol* **4**: 223-30, 1921.
28. Mazess RB, Barden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual energy X-ray absorptiometry for total body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* **51**: 1106-12, 1990.
29. Mazess RB, Peppler WW, Chestnut CH, Nelp WB, Cohn SH, Zanzi I. Total body bone mineral and lean mass by dual photon absorptiometry. II. Comparison with total body calcium by neutron activation analysis. *Calcif Tissue Int* **33**: 361-3, 1981.
30. Pekcan G. *Şişmanlık ve Saptama Yöntemleri, Şişmanlık ve Çeşitli Hastalıklarla Etkileşimi ve Diyet Tedavisinde Bilimsel Uygulamalar*. Hizmet içi eğitim semineri, Türkiye Diyetisyenler Derneği Yayını, No 4, 1993, s. 7-14.
31. Pollock ML, Jackson AS. Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* **16**: 606-13, 1984.
32. Porta J, Suso JMG. Body composition assessment. Critical and methodological analysis. *CAR News Sandoz Sport Research* **7**: 4-12, 1995.
33. Roubenoff R, Kehayias JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual energy X-ray absorptiometry in body composition studies: not yet a "gold standard". *Am J Clin Nutr* **58**: 589-91, 1993.
34. Sinning WE, Dolny DG, Little KD. Validity of generalized equations for body density analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc* **17**: 124-30, 1985.
35. Siri WE. Gross composition of the body. In: *Advances in Biological and Medical Physics*, Vol 4, JH Lawrence, CA Tobias (Eds), New York, Academic Press, 1956.
36. Sloan AW, Burt JJ, Blyth CS. Estimation of body fat in young women. *J Appl Physiol* **17**: 967-70, 1962.
37. Tuncel E. *Ultrasonografi. Diyagnostik Radyoloji*. Bursa, Taş Yayıncılık, 1989, s. 324-7.
38. Volz PA, Ostrove SM. Evaluation of a portable ultrasonoscope in assessing the body composition of college-age women. *Med Sci Sports Exerc* **16**: 97-102, 1984.