

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

ANTROPOMETRİK DEĞERLENDİRMEDE KAS İSKELET SİSTEMİ ULTRASONOGRAFİSİNİN YERİ

Dr. Ayşe Merve Ata

UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

ANKARA

2016

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

ANTROPOMETRİK DEĞERLENDİRMEDE KAS İSKELET SİSTEMİ ULTRASONOGRAFİSİNİN YERİ

Dr. Ayşe Merve Ata

UZMANLIK TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Levent Özçakar

ANKARA

2016



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı

10.11.2016

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA,

Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalımız Araştırma Görevlisi Dr. Ayşe Merve ATA'nın 10.Kasım.2016 tarihinde jürimiz önünde savunmasını yaptığı "Antropometrik Değerlendirmede Kas İskelet Sistemi Ultrasonografisinin Yeri" başlıklı çalışma, Jürimiz tarafından Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Gereğini Bilgilerinize saygılarımla arz ederim.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Fitnat DİNÇER

Danışman : Prof. Dr. Levent ÖZÇAKAR

Üye: Prof. Dr. Bülent SEÇKİN
(Ankara Üniversitesi)

ONAY

Bu tez, Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki Jüri Üyeleri tarafından görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı tarafından kabul edilmiştir.

Tıp Fakültesi Dekan Vekili
Prof. Dr. Bülent ALTUN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalanma olanağı bulduğum ve tez çalışmasının gerçekleşmesi için bana gerekli ortamı ve desteği sağlayan başta tez danışmanım Prof. Dr. Levent Özçakar ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Fitnat Dinçer olmak üzere, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı öğretim üyeleri Prof. Dr. Yeşim Gökçe Kutsal, Prof. Dr. Ayşen Akıncı Tan, Prof. Dr. Alp Çetin, Prof. Dr. Pınar Borman, Prof. Dr. Bayram Kaymak, Doç. Dr. Oya Özdemir, Doç. Dr. Murat Kara'ya, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum araştırma görevlisi arkadaşlarıma, fizyoterapist arkadaşlara ve hastane personeline en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak beni bu tezi yazabilecek günlere getiren ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Ata, A.M., Antropometrik Değerlendirmede Kas İskelet Sistemi Ultrasonografisinin Yeri, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2016. Çalışmanın amacı, vücut kompozisyonunu değerlendirmede antropometri, ultrasonografi (US) ve biyoelektrik impedans analizi (BIA) arasındaki olası ilişkiyi/tutarlılığı belirlemek ve klinik pratikte kullanım kolaylığı olan US ölçümlerinin bu bağlamda yerini ortaya koymaktır. Çalışmaya 145 birey (100 kadın, 45 erkek) dahil edildi. Demografik bilgileri kaydedilip, vücut kompozisyonları antropometrik ölçümler (boy, vücut ağırlığı, çevre ölçümleri, deri kıvrım kalınlığı), BIA (yağ kitlesi, yağsız kitlesi, iskelet kas kitle indeksi) ve US (cilt altı yağ kalınlığı, kas kalınlığı, gastroknemius kası fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı) ile değerlendirildi. Fonksiyonel değerlendirme olarak el kavrama kuvveti ve yürüme hızı ölçüldü. BIA ölçümleri referans metod olarak alındığında; US değerleri yağ ölçümlerini, deri kıvrım kalınlık ölçümlerine göre daha predikte edebilir olarak bulundu. Yağsız kitle değerlendirmesinde, erkekler için US ölçümleri iyi düzeyde açıklayıcı iken, kadınlarda kullanışlı görünmemektedir. İskelet kas kitle indeksi ölçümleri için ise erkeklerde daha iyi olmakla birlikte kadınlarda da iyi düzeyde açıklamaktadır. Tüm ölçüm yöntemlerinde kadınlarda yağ ölçümü, erkeklerde ise kas ölçümünde doğruluk oranı yüksek bulunmuştur. Hem kadınlarda hem de erkeklerde el kavrama kuvveti kas kitlesi ile ilişkilidir. Yürüme hızı kadınlarda kas kitlesi ile ilişkili iken, erkeklerde ilişkili bulunamamıştır. Sonuç olarak, kas iskelet sistemi US'si vücut kompozisyonunu değerlendirmede kullanışlı bir yöntem olarak kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Vücut kompozisyonu, ultrasonografi, biyoelektrik impedans analizi, antropometri

ABSTRACT

Ata, A.M., The use of ultrasound imaging in anthropometric assessment, Hacettepe University Medical School, Thesis In Physical and Rehabilitation Medicine, Ankara, 2016. The

aim of the study was to define the relationship among anthropometry, ultrasonography (US), and bioelectrical impedance analysis (BIA) for body composition analysis and to reveal the role of US measurements in clinical practice. One hundred forty-five subjects (100 female, 45 male) were enrolled in this study. Demographic data was obtained and body composition was evaluated by anthropometric measurements (height, body weight, trunk and extremity circumferences, skinfold), BIA (fat mass, fat free mass, skeletal muscle mass index) and US (subcutaneous fat thickness, muscle thickness, fascicule length and pennation angle of gastrocnemius muscle). Grip strength and gait speed were measured for functional assessment. For fat evaluations, US measurements were found more predictable than skinfold thickness, when BIA was considered as the reference method. For fat free mass evaluations, US measurements were good predictors for men but not useful for women.

As for skeletal muscle mass index, US was a better predictor for men, but not good for women. In all measurement methods, high accuracy rate was found in fat mass for women and muscle mass for the men. Grip strength was correlated with muscle mass in both genders. Gait speed was correlated with muscle mass in women, not in men. In conclusion, musculoskeletal US is a useful method for body composition assessment.

Key words:

Body composition, ultrasonography, bioelectric impedance analysis, anthropometry

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
TABLolar	xi
ŞEKİLLER	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	1
2.1. Tarihçe	1
2.2. İnceleme Düzeyleri	2
2.2.1. Atomik Düzey	2
2.2.2. Moleküler Düzey	3
2.2.3. Hücresel Düzey	4
2.2.4. Doku-Sistem Düzeyi	5
2.2.5. Tüm Vücut Düzeyi	5
2.2.5.1. Boy Ölçümü	6
2.2.5.2. Vücut Ağırlığı Ölçümü	6
2.2.5.3. Vücut Kitle İndeksi	7
2.2.5.4. Bel Çevresi	7
2.2.5.5. Kalça Çevresi	7

2.2.5.6.	Ekstremitte Çevre Ölçümleri	8
2.2.5.6.1.	Üst-orta Kol Çevresi	8
2.2.5.6.2.	Baldır Çevresi	8
2.2.5.7.	Deri Kıvrım Kalınlığı	9
2.3.	Değerlendirilen Dokular	9
2.3.1.	Yağ Dokusu Değerlendirme	9
2.3.2.	Kas Dokusunun Değerlendirilmesi	12
2.4.	Değerlendirme Yöntemleri	23
2.4.1.	Bilgisayarlı Tomografi	24
2.4.2.	Manyetik Rezonans Görüntüleme	24
2.4.3.	Dual-X-Ray Absorbsiyometri	25
2.4.4.	Biyoelektrik İmpedans Analizi	27
2.4.5.	Ultrasonografi	29
3.	GEREÇ VE YÖNTEMLER	32
3.1.	Antropometrik Değerlendirme	32
3.2.	Bioelektrik-İmpedans Analizi (BIA)	34
3.3.	Ultrasonografik Değerlendirme	34
3.4.	Kas Gücü Değerlendirmesi	36
3.5.	Yürüme Hızının Değerlendirilmesi	36
3.6.	İstatistiksel Analiz	37
4.	BULGULAR	37
5.	TARTIŞMA	48
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	55

KAYNAKLAR	57
EKLER	
EK-1 Değerlendirme Formu	68
EK-2 Etik Kurul Onayı	69

KISALTMALAR

%BF	Yağ oranı
BIA	Biyoelekrik impedans analiz
BT	Bilgisayarlı tomografi
DSÖ	Dünya sağlık örgütü
DXA	Dual enerji X-ray absorpsiyometri
EMG	Elektromyografi
EWGSOP	European working group on sarcopenia in older people
FDP	Fleksör digitorum profundus
FDS	Fleksör digitorum süperfisialis
FFM	Yağsız kitle
FM	Yağ kitle
FNIH	Foundation for the national institutes of health
HU	Hounsfield unit
IWGS	International working group on sarcopenia
MRI	Manyetik rezonans görüntüleme
SMM	İskelet kası kitle
SMMI	İskelet kası kitle indeksi
US	Ultrasonografi
VKI	Vücut kitle indeksi

TABLULAR

Tablo	Sayfa
2.1 FNIH Sarkopeni Projesi: Klinik İlişkili Güçsüzlük Ve Düşük Kas Kitlesi İçin Önerilen Kriterler	15
2.2 Çalışma ve klinik uygulamada kas kitle, güç ve fiziksel fonksiyonun ölçümü	18
3.1 US ile yapılan ölçüm bölgeleri	35
4.1 Bireylerin antropometrik ölçüm değerleri	38
4.2 Kaliper ile ölçülen deri kıvrım kalınlık değerleri (mm)	39
4.3 BIA ölçüm değerleri	39
4.4 US ile ölçülen subkutan yağ kalınlık değerleri (cm)	40
4.5 US ile ölçülen kas kalınlık değerleri (cm)	41
4.6 Fonksiyonel değerlendirmeler	42
4.7 FM hesaplamak için kullanılan bölgeler ve formüllerin açıklayabilirlik dereceleri	43
4.8 FFM ve SMMI hesaplamak için kullanılan bölgeler ve formüllerin açıklayabilirlik dereceleri	46
4.9 BIA ile ölçülen ve US ölçümleri ile hesaplanan vücut analiz değerleri (kg)	46
4.10 Kadınlarda sarkopeni değerlendirmesinde kullanılan değerlerin SMMI ve FFM ile korelasyonu	47
4.11 Erkeklerde sarkopeni değerlendirmesinde kullanılan değerlerin SMMI ve FFM ile korelasyonu	47

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1	EWSGOP sarkopeni tanı algoritması	14
3.1	Antropometrik ölçümler	34
3.2	Ultrasonografik ölçümler	36
4.1	FM için Bland Altman analizi	44
4.2	FFM için Bland Altman analizi	45

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Teknolojik gelişmeler, vücut kompozisyonu ve bu dağılımın sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi açısından farkındalığını arttırmıştır (1). Vücut kompozisyon ölçümü hekimler, sağlık çalışanları ve antrenörler arasında sıklıkla kullanılmaktadır. Vücut kompozisyonunun doğru bir şekilde değerlendirilmesi; yüksek veya düşük yağ miktarıyla ilişkili risklerin belirlenmesi, belli hastalıklarda olan vücut kompozisyon değişikliklerin belirlenmesi, kilo kaybetme veya kazanma programlarının izlenmesi, beslenme ve egzersiz etkisini ve yaşa bağlı değişikliklerin belirlemesi için önemlidir. Bu amaçla farklı metotlar geliştirilmiştir ve her bir metodun avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (2).

Bu çalışmanın amacı, vücut kompozisyonunu değerlendirmede antropometri, ultrasonografi (US) ve biyoelektrik impedans analizi (BIA) arasındaki olası ilişkiyi/tutarlılığı belirlemek ve klinik pratikte kullanım kolaylığı olan US ölçümlerinin bu bağlamda yerini ortaya koymaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Tarih boyunca vücut kompartmanlara ayrılarak değerlendirilmiştir. İlk olarak 1942'de Albert R. Behnke tarafından iki kompartman modeli geliştirilmiş; vücut yağ kitlesi ve yağsız kitle olarak ikiye ayrılmış, stabil yoğunluklarını da sırasıyla 0.900 g/cm^3 ve 1.095 g/cm^3 olarak kabul edilmiştir (3,4). Daha sonra 1956 yılında Siri, yağın büyük çoğunluğunun trigliseridden oluştuğu ve 37° vücut sıcaklığında yoğunluğu 0.900 g/cm^3 ve yağsız kitlenin ise 1.100 g/cm^3 olduğunu belirtmiştir (5). İlerleyen dönemde yağsız kitlenin su, protein, glikojen ve mineralden oluştuğu

ve bunların birbiriyle sabit bir oranda bulunduğu fark edilince de 1961 yılında Siri tarafından 3 kompartman modeli geliştirilmiştir. Burada vücut yağ, su ve rezidüel kitle (protein ve mineral) olarak ayrılmıştır. Rezidüel kitle yoğunluğu 1.565 g/cm^3 , protein yoğunluğu 1.34 g/cm^3 ve mineral yoğunluğu 3.00 g/cm^3 olarak kabul edilmiştir. Siri'nin oluşturduğu modelde yaklaşık 0.3-0.5 kg olan vücut glikojeni ihmal edilmiş, ayrıca rezidüel kitle içindeki protein ve minerali ayrı ayrı ölçülmemiştir (6). Tek foton absorpsiyometri yöntemi ile radius ve ulnadan kemik mineralinin ölçülmesiyle Selinger toplam vücut kemik mineral dansitesini ölçmek için formülasyon çıkarmış ve geçerlilik çalışmasını yapmıştır. Yumuşak dokudaki mineral içeriğini ise toplam vücudun % 1.05'i olarak kabul etmiştir. Böylelikle 1977 yılında yağ, su, protein ve mineralden oluşan 4 kompartman modeli oluşturulmuştur (7). Wang ve arkadaşları 2002 yılında işaretli su ve bromid dilüsyonu kullanarak ekstraselüler ve intraselüler sıvı oranının sabit (0.97) olduğunu göstermiş ve yumuşak doku mineral içeriğini hesaplayarak 5 kompartman modelini geliştirmiştir (8). Günümüze kadar birçok model geliştirilse de hala vücut kompozisyonunu değerlendirmede altın standart metoda referans olacak modelin hangisi olduğuna dair fikir birliği bulunmamaktadır (9).

2.2. İnceleme Düzeyleri

Vücut kompozisyonu; atomik, moleküler, hücresel, organ-doku ve tüm vücut düzeyinde olmak üzere beş seviyede incelenebilir (10). Her bir seviyedeki değerlendirmeler için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Atomik seviyeye inildiğinde yöntemin karmaşıklığı, invazivliği ve maliyeti artmaktadır (11). Öte yandan, bu yöntemlerden klinik çalışmalarda kullanılan, geçerliliği, güvenilirliği yapılmış, kabul edilebilir az sayıda yöntem bulunmaktadır (12).

2.2.1. Atomik Düzey

Tüm biyolojik organizmalar elementlerden oluşur. Doğada bulunan 106 elementin 50'si insan vücudunda bulunmaktadır. Birçoğu insan sağlığı ve gelişmesi için gereklidir. Günümüzde bu 50 element ve esansiyel olmayan, toksik olan (Al, Hg, Cd, Pb gibi) elementler ölçülebilmektedir. Vücut kitlesinin %95'ini C, H, O ve N oluşturur. Bunlara Na, K, P, Cl, Ca, Mg ve S eklendiğinde bu oran %99.5'e çıkmaktadır. Bu elementler vücutta birbirleriyle belli bir oranda bulunurlar. Bu oranlar kullanılarak vücut bileşenleri hesaplanabilir (10).

İn vivo nötron aktivasyon analizi ile atomik seviyede ölçüm yapılabilir. Kontrollü nötron irradyasyonu ile doku çekirdeğinden gama ışın salınımı indüklenir. Bu gama ışını elemente özgü tespit edilebilir enerjiye sahiptir. Bu yöntemle tüm vücuttaki H, C, N, O, Na, Ca, P, ve Cl elementleri ve 40K yöntemi ile tüm vücut K'u tespit edilebilir. Bu yöntem pahalıdır, eğitimli operatör gerektirmekte ve radyasyon içermektedir. Dünyada araştırma amaçlı birkaç merkezde bulunmaktadır. Element analizi ile oluşturulan rekonstrükte model geçerli ve tekrarlanabilir bir yöntem olmakla birlikte, moleküler seviyede tüm vücut yağ, protein ve mineralin araştırılması için kullanılabilir (10).

2.2.2. Moleküler Düzey

Moleküler seviyede vücut kompozisyonu analizi; enerji, protein ve lipid metabolizması, kemik mineral dengesi, sıvı dengesi araştırmalarında kullanılmaktadır. İnsan vücudunda protein, lipid, su, karbonhidrat ve mineral olmak üzere 5 ana grup kimyasal bileşik bulunmaktadır (13). Kişiyeye göre değişmekle birlikte vücudun yaklaşık %20'si yağdan oluşur. İnsan vücudunda en çok bulunan lipid triaçilgliseroldür. Bunun dışında fosfolipid, sfingolipid ve steroid bulunur. Triaçilgriserol ve esansiyel olmayan lipidler enerji deposuyken, diğer lipidler çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerde görev almaktadırlar (10).

İnsan vücudunda yaklaşık olarak %60 oranında su bulunmaktadır. Bu suyun %36'sı hücre içi, %24'ü hücre dışı kompartmanlarda bulunur. Hücre dışı su ise, intertisyel alan, plazma, bağ dokusu, kemik doku ve gastrointestinal yolak olmak üzere 5 kompartmanda bulunmaktadır (10).

Toplam vücut proteini vücudun yaklaşık %13'ünü oluşturmaktadır. Vücutta birçok protein çeşidi bulunur fakat invaziv olmayan yöntemlerle vücut proteini kas ve kas dışı protein olarak ölçülebilir (10).

Sağlıklı bir erişkinde 1 kg'dan az glikojen bulunur. Diğer karbonhidratlar ihmal edilebilir kabul edilir. Hücre içi glikojenin 2 ana kaynağı karaciğer ve kastır (10).

Mineraller vücut ağırlığının yaklaşık %7'sini oluştururlar ve kemik doku ile kemik dışı mineral dokuda bulunurlar. Kemikte ana mineral kalsiyum hidroksiapatittir. Az miktarda Na, K, Mg ve Cl bulunur. Yumuşak dokularda ise Na, K, Cl, HPO_4 , HCO_3 bulunmaktadır (14).

Moleküler düzeyde vücut analizi moleküllerin yoğunluk ölçümü prensibine dayanır. Su, glikojen, triaçilgliserol homejen moleküllerdir ve yoğunlukları konvansiyonel gravimetrik yöntemlerle kolaylıkla ölçülür. Protein, kemik minerali ve yumuşak doku minerali heterojen bir şekilde aminoasit, mineral ve elektrolit bileşenlerinden oluştuğu için yoğunluğunu ölçmek zordur. Kombine bileşenlerin yoğunluğu göreceli olarak stabil bileşenlerin değerlendirilmesiyle hesaplanır. BIA ve dual enerji x-ray absorpsiyometri (DXA) moleküler düzeyde ölçüm yapan yöntemlerdir (10).

2.2.3. Hüresel Düzey

İnsan vücudunda 10^{18} 'in üzerinde hücre bulunmaktadır. Hücre modelinde vücut; hücre kitlesi, hücre dışı sıvı ve hücre dışı kitle olmak üzere 3 kompartmanda incelenir. Hücre dışı kitle kemik minerali, kollajen, retiküler ve elastik liflerden oluşur. Hücre dışı sıvı, moleküler seviyeye ek

olarak çözülmüş elektrolit ve proteinleri de içerir. Hücre kitlesi, hücresel düzeyde ölçülebilen en önemli bileşendir. Hücre kitlesi hücre içi sıvı ve katılardan oluşur. Hücre içi katıların ölçülmesi mümkün değildir. Ancak hücre içi sıvı ve katının stabil ilişkisiyle toplam miktar hesaplanabilir. K hücre içinin önemli bir kısmını oluşturur ve göreceli olarak stabil bir şekilde 150 mmol/litre konsantrasyonundadır. Toplam hücre kitlesi = Toplam vücut K (mmol) x 0.0083 formülü hücre kitlesini hesaplamada kullanılır (15). Ayrıca toplam kas kitlesi ölçümü için kreatinin, 3-metilhistidin, üriner kreatinin atılımı, D3 kreatin ölçümünden de yararlanılabilir (10, 16).

2.2.4. Doku-Sistem Düzeyi

İnsan vücudu temel olarak yağ dokusu, iskelet kası, kemik, viseral organlar ve beyin dokusundan oluşur. Yağ dokusu ise subkutan, viseral, sarı kemik iliği ve intertisyel yağ olarak kompartmanlarda bulunur. Bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve US doku düzeyinde ölçüme olanak sağlayan yöntemlerdir (10).

2.2.5. Tüm Vücut Düzeyi

Antropometrik ölçümler tüm vücut düzeyinde değerlendirmeye olanak sağlar. Klinik pratikte sıklıkla bel çevresi, kalça çevresi, bel/kalça oranı, vücut kitle indeksi (VKİ) ve deri kıvrım kalınlığı kullanılmaktadır. Antropometrik ölçümler, kolay uygulanabilir ve ucuz olmalarının yanında düşük tekrarlanabilirlik ve doğruluğa sahiptirler. Ayrıca viseral ve subkutan yağ ölçümleriyle korelasyonları bulunmamaktadır (12).

Antropometrik ölçümlerde standardizasyon önemlidir ve ölçüm yapılan tekniğin gücü, limitasyonları ve klinik pratikte uygulanabilirliği bilinip ona göre uygulanmalıdır.

2.2.5.1. Boy Ölçümü

Boy ölçümü, halk sağlığı taramaları, klinik beslenme değerlendirilmesi, bazal metabolik hız hesaplaması ve ilaç doz ayarlanmasında sıklıkla kullanılır. Boy ölçümünde kişi ayakta durmalı, ayakkabıları çıkarmalı, kollar rahat bir şekilde yanda, sırt dik pozisyonda, topuklar mezuranın karşısında, baş Frankfort pozisyonunda (orbita ve dış kulak horizontal planda) olmalıdır. Serbest ayakta duruşta, taşınabilir stadiometre ile veya duvara monte edilmiş mezura ile ölçüm yapılabilir. Ölçüm cihazları arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Kişilerin boyu öğleden sonra yaklaşık 6 mm kısalmaktadır ve yaklaşık 50 dk uzandıktan sonra 5 mm daha fazla ölçülmektedir. Ölçüm yapılırken bu durumlar göz önünde bulundurulmalıdır. 40 yaşından sonra yaşla birlikte artan bir hızda yılda yaklaşık 1mm kadar boy kısalması olmaktadır. Sistemik derlemede boy ölçüsü hastalara sorulduğunda yaklaşık 7.5 cm fazla söylendiği gösterilmiştir (1, 17).

2.2.5.2. Vücut Ağırlığı Ölçümü

Vücut ağırlığı tüm vücut kompartmanlarının (yağ kütlesi ve yağsız kitle) toplamını gösterir. Kiloda değişiklik olduğunda ayrı ayrı hangi kompartmanda değişiklik olduğu ile ilgili bilgi vermez. Ancak pratik olması sebebiyle en sık kullanılan yöntemdir. Standart ölçüm ayakkabılar, ağır kıyafet ve takılar çıkarılmış, kişi ayaktayken, her iki ayak tartının ortasında, kollar yanda rahat bir şekilde ve baş karşıya bakacak şekilde yapılır. Vücut ağırlığının mesane ve barsaklar dolu veya kişi tokken yaklaşık 2 kg fazla çıkabileceği göz önüne alınmalıdır. Farklı menstrual siklusta, vücutta dehidratasyon veya ödemin mevcut olduğu durumlarında değişkenlik gösterebilmektedir. Ampute hastalarda veya çıkarılmayan ortez kullanan hastalarda düzeltme yapılmalıdır. Ayağa kalkamayacak hastalarda yatak skalaları kullanılabilir.

Kilosu ölçülemeyecek hastalara sorularak öğrenilebilir; ancak ortalama 6.5 kg az söylendiği gösterilmiştir (1, 17).

2.2.5.3. Vücut Kitle İndeksi

Vücut kitle indeksi (VKİ) kilo/boy² olarak hesaplanır. Halk sağlığı ve beslenmenin değerlendirilmesinde, obezite ve malnutrisyonun belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan sınıflandırma az kilolu - obez aralığında değişmektedir. VKİ toplam vücut ağırlığına göre hesaplandığı için, kas kütlesi fazla olan ile yağ kütlesi fazla olan kişiler aynı VKİ'ye sahip olabilmektedir. Ayrıca bölgesel ölçümlere de olanak sağlamaz. Viseral yağlanması fazla olanlar daha fazla hastalık riski altındadır ama VKİ bunu ayırt edemez (1, 18).

2.2.5.4. Bel Çevresi

Bel çevresi abdominal yağı değerlendirmek için kullanılabilir (19). Santral yağ birikimi için önemli bir belirteç olup, kardiyometabolik risk için de iyi bir göstergedir. Standart ölçümde kişi ayakta, dış kıyafetleri ve ayakkabıları çıkarılmış, mesanesi boş, kolları yanda iken ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm iliak krest ile alt kosta arası yarı mesafeden, hasta karşıya bakarken ve ekspirium sonunda mezura ile yapılır. Umblikus hizasından, minimum abdominal çevre, maksimum abdominal çevre gibi farklı ölçüm yöntemleri de tarif edilmiştir. DSÖ'ye göre bel çevresi kadınlarda >80 cm ve erkeklerde >90 cm olduğunda artmış hastalık riski söz konusudur (1).

2.4.5.5. Kalça Çevresi

Kalça çevresi yağlanmayla ilgili bilgi vermekle birlikte, hastalık riski açısından kullanımı tartışmalıdır. Standart ölçümde kişi bel ölçümündeki gibi hazırlanmalı ve mezura kalçaların üzerinden en geniş yerden geçirilerek ölçüm yapılmalıdır. Hastaya gluteal kaslarını kasmaması söylenmelidir.

Bel/kalça oranı vücut yağ dağılımını değerlendirmek için kullanılabilir (15). Kardiyak ve metabolik risk açısından önemli bir göstergedir (1).

2.4.5.6. Ekstremitte Çevre Ölçümleri

Ekstremitte ölçümleri obeziteden çok malnutrisyonu değerlendirmede kullanılır (1).

2.4.5.6.1. Üst-orta Kol Çevresi

Boy veya kilo ölçümü mümkün olmadığında VKİ'yi öngörmeye kullanılır. Ayrıca kronik enerji yetmezliğini ve akut hastaneye yatışta mortalite riskini gösterir (1, 20).

$$\text{Kadın VKİ (kg/m}^2\text{)} = 1.10 \times \text{Üst-orta Kol Çevresi} - 6.7$$

$$\text{Erkek VKİ (kg/m}^2\text{)} = 1.01 \times \text{Üst-orta Kol Çevresi} - 4.7$$

2.4.5.6.2. Baldır Çevresi

Yaşlılıkta ve diyabet hastalarında üst ekstremitte kasları alta göre korunmaktadır. Bu nedenle tüm vücut kas kitlesini göstermede alt ekstremitenin kullanılması daha da anlamlı olabilmektedir. Baldır çevresi ölçümü yağ kitlesi açısından düzeltme yapıldığında alt ekstremitte kas kitlesi, fonksiyonu, yaşam kalitesi ve düşme riski açısından iyi bir göstergedir. Ölçüm otururken veya yatarken, sol veya sağ bacaktan baldırın en geniş olduğu yerden yapılmalıdır. Baldır çevresinin <31 cm olması fonksiyonel yetmezlik riskini gösterir. Ölçüm yapılırken cilt altı ödem ve yağ dokusu göz önünde bulundurulmalıdır (1,21).

2.4.5.7. Deri Kıvrım Kalınlığı

Cilt altı yağının deri kıvrım kaliperi ile değerlendirilmesi vücut yağının hesaplanması ve kas deposu hakkında fikir sahibi olunmasında kullanılmaktadır. İntraabdominal yağ değerlendirilemeyeceğinden zayıf kişilerde kilolulara göre daha kullanışlıdır. Ayrıca yağ dokusunun komprese olma özelliği, deri kalınlığı, ölçen kişiye göre ölçümlerin değişkenliği kullanımını sınırlamaktadır. Ancak ölçümler standardize edildiğinde hastaların değerlendirme ve takibinde kullanılacak yöntemlerdir. Biceps, triceps, subskapuler ve suprailiak olmak üzere 4 bölge veya triceps, subskapuler, suprailiak, midaksiller, göğüs, abdomen, uyluk olmak üzere 7 bölgeden ölçüm en sık kullanılanlardır (1,22).

2.5. Değerlendirilen Dokular

Görüntüleme yöntemleri ile yağ ve kas dokusu kantitatif ve kalitatif olarak değerlendirilir.

2.3.1. Yağ Dokusunun Değerlendirilmesi

Yağ dokusu, kardiyovasküler hastalık, tip 2 diyabet, bazı kanserler, uyku apnesi, osteoartrit, depresyon ve erken ölüm riski ile birliktelik göstermektedir (23). Yağ dokusu adiposit, fibroblast, kollajen, kapiller ve ekstraselüler sıvıdan oluşmaktadır. Vücudun en büyük trigliserit deposu olmakla birlikte enerji dengesinde endokrin organ olarak görev alır. İlk olarak 1947 sonlarında Vague tarafından yağ doku dağılımının metabolik hastalıklara yakınlıkla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Abdominal organlar çevresindeki yağ, visceral abdominal yağ dokusu olarak adlandırılır ve genellikle kardiyovasküler ve metabolik hastalık riskini arttırdığı düşünülmektedir. Karaciğer ve iskelet kasında biriken ektopik yağlar da toplam yağ dokusundan bağımsız olarak insülin direnci ve metabolik hastalıklarla ilişkilidir. Subkutan yağ dokusunun ise yağların pasif deposu olmakla birlikte obeziteyle ilişkili hastalıkların gelişmesi

üzerine pozitif veya nötral etkisi bulunmaktadır. Ancak bazı çalışmalarda subkutan yağ ile insülin direnci arasında ilişki gösterilmiştir (24).

Ultrasonografi (US) ile yağ değerlendirmesinde ilk olarak intraabdominal yağ kalınlığı ölçülmüştür. Ölçüm Armellini tarafından abdominal kasların arka duvarından aortanın ön duvarına kadar olan kısım olarak tanımlanmıştır (25). Ayrıca abdominal kaslardan lomber vertebranın ön duvarına, aortanın arka duvarına veya psoas kasına kadar olan bölgeden veya periton ile lomber vertebra arası kısımdan ölçüm yapılması da önerilmektedir. Ölçümler her zaman supin pozisyonunda eller yandayken yapılmalıdır. Hastanın açlık ve solunum durumu kontrol edilmeli ve prob ile uygulanan basınca mutlaka dikkat edilmelidir. İntraabdominal yağ dokusu ölçümüyle ilgili 1990 yılında yapılmış çalışmada BT ve US'nin iyi korele olduğu gösterilmiştir ($r= 0.669$, $p<0.001$) (25). Tornaghi ve arkadaşları (26) US ile yaptıkları abdominal derinlik ölçümlerinin, antropometrik ölçümlere göre BT ile daha iyi korelasyon gösterdiğini bulmuştur. Takip değerlendirmelerinde de US ile alansal ve volümetrik yağ ölçümleri BT ve MR ile yapılan ölçümlerle uyumlu bulunmuştur (24).

Subkutan yağ dokusu için dermis-yağ ara yüzünden yağ-kas ara yüzüne kadar olan kısım ölçülür. Minimum subkutan abdominal yağ dokusunda ksifoid altında linea alba'dan yağ-cilt sınırına kadar ölçüm yapılır. Maksimum subkutan abdominal yağ dokusunda ise farklı ölçüm yöntemleri tanımlanmıştır. Ksifoid ile umblikus arasında, umblikusun 1 cm ve 5 cm üzerinde, umblikusun 2 cm üzeri ve altında ölçümler alınabilmektedir. Günümüzde MRG, BT ve DXA ile korelasyon çalışmaları yapılmış ve bir çoğunda iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca US ile subkutan yağ ölçümlerinin hem gözlemciler içi hem de gözlemciler arası güvenilirlik çalışmaları yapılmış ve güçlü olarak bulunmuştur (24).

Yaklaşık 50 yıl önce US ile yapılan subkutan yağ doku ölçümlerinin iğne ile yapılan ponksiyon ölçümleri ve elektrik iletim çalışmalarıyla güçlü korelasyonu olduğu gösterilmiş, güvenilirliği

mükemmel olarak değerlendirilmiştir (27,28). Kaliper ile cilt kalınlık ölçümü, yapılan çalışmalara ve ölçüm yerlerine göre değişen güçte korelasyonları gösterilmiştir. Kaliper ve US'nin K^{40} hesaplamansı, hidrodansitometri yöntemi, su altı yoğunluk ölçümü gibi yöntemler ile karşılaştırıldığında, bazı çalışmalarda kaliper daha üstün bulunurken diğerlerinde US ile eşit güçte olduğu tespit edilmiştir. DXA ile karşılaştırma çalışmalarında abdomenden yapılan subkutan yağ ölçümünün toplam vücut yağ oranı ile yüksek düzeyde korelasyon gösterdiği bulunmuştur (2).

Kas içi yağ birikiminin değerlendirilmesi, miyozit, motor nöron hastalığı, kas distrofi, konjenital miyopati, polinöropati gibi nöromusküler hastalıklar, kullanmama atrofisi ve sarkopeni gibi durumlarda önemlidir. Kasta yağ birikimi, kas hücrelerinde trigliserit artışı ve kontraktil olmayan maddelerin birikimi sonucu etkilenmiş olan kasta eko intensitesi artar. Eko intensitesinin kantitatif değerlendirilmesi, bilgisayar yardımlı gri skala analizi veya gri skala histogram ile yapılır. Eko intensitesi ve kas gücünün ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Orta yaş ve yaşlı kadınlarda diz ekstansör kas kalınlığı ve ekojenitesi izometrik ekstansör kas gücüyle ilişkili bulunmuş; yaşlı erkeklerde ise uyluk kas ekojenitesi kas kalınlığından bağımsız olarak kas gücü ile ilişkili bulunmuştur (24).

Kadın ve erkekler farklı antropometrik paterne sahip oldukları için iki farklı formül oluşturulması gerekmektedir. A-mod US ile yapılan çalışmalarda, antropometrik ölçümler ve hava yer değiştime pletismografisi kullanılarak yağ oranı hesaplanmıştır. Kadınlarda daha yüksek R^2 değeri ve daha düşük ortalama fark bulunmuştur. Her iki cinsiyette de US ile hesaplanan formülasyon ve hava yer değiştime pletismografisi ile bulunan yağ oran farkı neredeyse sıfırdır. Kaliper ile yapılan ölçümlerde ise teknik hata olma ihtimali yüksektir. Çünkü teknisyenin alttaki dokuyu sıkıştırmadan, kas-yağ arasından cilt altını tutarak kalipere yerleştirmesi ve doğru bir şekilde okuması gerekmektedir (29). Başka bir çalışmada US ile

hesaplanan yağ oranı, hava yer değiştirme platismografisi veya BIA'ya göre DXA ile daha iyi korelasyon gösterdiği bulunmuştur (30).

Ultrasonografi (US) ile yağ doku ölçümü yapılırken longitudinal veya aksiyal ölçümler arasında bir fark gösterilmemiştir. Bu nedenle konveks yüzeylerde daha rahat ölçüm yapılabilmesi için longitudinal ölçümler kullanılmaktadır (31).

2.3.2. Kas Dokusunun Değerlendirilmesi

Kas dokusu günlük fonksiyon ve sağlık durumu için önemlidir. Kasın durumu, gücü, fonksiyonu ve kitlesi ölçülerek değerlendirir. Özellikle yaşlı bireylerde kas kitle kaybının prevalans ve sonuçları düşünüldüğünde pratik, ucuz, taşınabilir bir ölçüm yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Kas kitlesini ölçmede EWGSOP (European Working Group on Sarcopenia in Older People) klinik pratikte antropometrik ölçümler, DXA veya BIA kullanılmasını önermiştir (32).

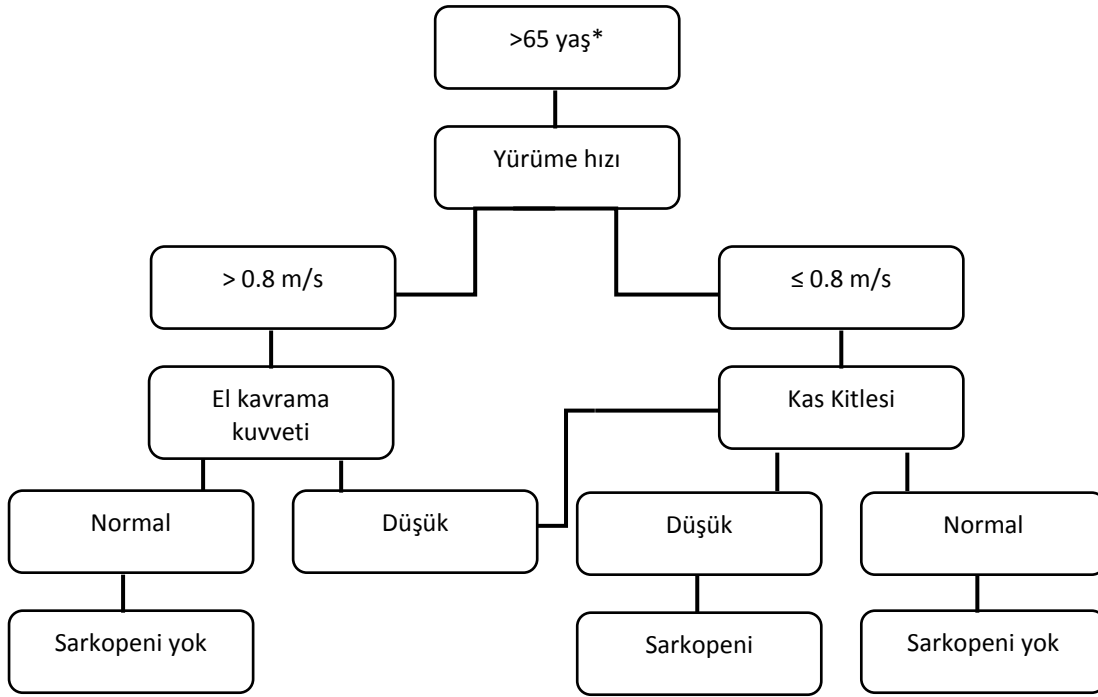
Kas değerlendirmesi özellikle sarkopeni kavramının gündeme gelmesiyle önem kazanmıştır. Sarkopeni ilk olarak 1989 yılında Rosenberg tarafından iskelet kas kitlesi ve fonksiyonunda kayıp olarak tanımlanmıştır (33,34). Yunanca "sark" (et) ve "penia" (kayıp) kelimelerinden oluşmaktadır. Prevalansı 60-70 yaş arasında %5-13 iken, 80 yaş üzerinde %11-50 arasında değişmektedir (35). Sarkopeni; fiziksel fonksiyonda azalma, düşme ve kırık riskinde artış, özürülük, günlük aktivitelerde kendine yetememe ve yüksek mortalite riski ile birliktelik göstermektedir. Sarkopeniyi erken dönemde tespit etmek ileri dönemde fiziksel fonksiyonları engellemek açısından önemlidir. İlerleyen yaşla birlikte kas kitlesinde progresif kayıp, kalitatif ve kantitatif değişikliklere ve kas gücünde her yıl ortalama %1-3 azalmaya neden olur. Yapılan bir çalışmada vastus lateralis kasının tüm kesit alanında yaşlılarda gençlere göre %40 azalma olduğu gösterilmiştir (36). Kas kaybı 25 yaşında başlar, 5. dekattan sonra hızlanır ve erkeklerde kadınlara göre daha hızlı olmaktadır. Kas kitlesinde kayıp kalitatif değişikliklere de neden

olmaktadır. Tip 2 liflerde kayıp tip 1'e göre daha fazla olmakta ve tip 2 liflerdeki kayıp %20-%50 arasında değişmektedir (37). Satelit hücreler iskelet kas hemostazını ve kas rejenerasyon devamlılığını sağlar. Sarkopenide özellikle tip 2 kas lifleriyle ilişkili olan satelit hücre sayısı azalmıştır. Yaşlanmayla birlikte kas katabolizmasıyla ilişkili olan IL-6 seviyesi kronik olarak artmıştır. Anabolik sinyal yolağıyla ilişkili olan IGF-1 ise azalmıştır. Kas lif boyutunda azalma tip 2 liflerde daha fazladır. Yaşla birlikte tip 2 lifler azalır ve hızlı lifler yavaş life dönüşür (38).

Kaslarda olan diğer bir kalitatif değişiklik ise yağlı infiltrasyondur. Yağlı değişiklik yaşlılarda mobilitede zorluğa neden olmaktadır. Özellikle yaşlı kadınlarda vücut yağ kitlesi artmıştır (37). Yaşlanan toplumlarda obezite prevalansının artmasıyla birlikte "sarkopenik obezite" diye bir kavramın farkına varılmıştır. Sarkopenik obezite yağ kitlesinde artış ve yağsız kitlede azalmayla karakterizedir. Hastalar normal veya fazla kilolu olabilirler (11).

EWSGOP'un yayınladığı sarkopeni tanı kriterlerine göre; kas kitlesinde azalmayla birlikte kas gücü veya fiziksel performansta azalma ile tanı koyulur. Sarkopeninin presarkopeni, sarkopeni, ağır sarkopeni olmak üzere üç evresi vardır. Presarkopeni evresinde kas kitlesi azalmış ancak kas gücü ve fiziksel performans etkilenmemiştir. Sarkopeni evresinde kas kitlesinde azalmayla birlikte kas gücü veya performansı azalmıştır. Ağır sarkopenide ise kas kitlesi, kas gücü ve performansın hepsinde azalma bulunmaktadır. EWGSOP 65 yaş üstü kişilerde yürüme hızının değerlendirilmesi ve < 0.8 m/s ise kas kitlesine bakılması, > 0.8 m/s ise el kavrama kuvvetine bakılıp azalmışsa kas kitlesinin değerlendirilmesi ve düşük kas kitlesi olanlara sarkopeni tanısı koyulması şeklinde bir algoritma önermiştir (Şekil 2.1) (37).

Şekil 2.1 – EWGOP sarkopeni tanı algoritması



* Bu algoritma risk grubu olan genç kişilere de uygulanabilir.

EWGSOP kas kitlesi ölçümü için DXA ve BIA, fiziksel performans için kısa fiziksel performans anketi ve yürüme hızı, kas gücü için el kavrama kuvvetinin kullanılmasını önermiştir. Hastayı değerlendirmede kullanılacak testlere göre sarkopeni prevalansı farklı çıkmaktadır. BIA yağsız kitleyi DXA'ya göre daha fazla hesaplar. Bu nedenle BIA ile sarkopeni prevalansı daha az hesaplanır. EWGSOP grubunun değerlendirmesine göre DXA kullanıldığında iskelet kas kitle indeksi (SMMI) için eşik değer kadınlarda 5.5 kg/m^2 , erkeklerde 7.26 kg/m^2 , bioimpedans ile ölçüm yapıldığında SMMI kadınlarda 6.42 kg/m^2 , erkeklerde 8.87 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. El kavrama kuvvetinde ise kadınlarda 20 kg, erkeklerde 30 kg olarak belirlenmiştir. Fiziksel performans değerlendirilmesinde yürüme hızı alt sınırı 0.8 m/s alınırken, kısa fiziksel performans anketinde 8 ve altı puan alınması düşük olarak değerlendirilir (39).

FNIH (Foundation for the National Institutes of Health) sarkopeni projesi 9 ayrı çalışma grubu ve 26625 hastanın dahil olduğu bir organizasyondur. Bu çalışma sonucunda el kavrama kuvvetinde sınır değer kadınlarda 16 kg, erkeklerde 26 kg; VKİ'ye göre ayarlandığında ise kadınlarda 0.56, erkeklerde 0.1 olarak belirlenmiştir. Kas kitlesi ölçümünde DXA ile ekstremite yağsız kitlesi değerlendirilmiş ve sınır değer kadınlarda 15.02 kg, erkeklerde 19.75 kg olarak belirlenmiştir. Ancak ekstremite yağsız kitlenin VKİ'ye göre ayarlanarak hesaplanması ve referans değer kadınlarda 0.512, erkeklerde 0.798 olarak kullanılması önerilmiştir (Tablo 2.1) (40).

Tablo 2.1– FNIH Sarkopeni Projesi: Klinik İlişkili Güçsüzlük Ve Düşük Kas Kitlesi İçin Önerilen Kriterler

Kriter		Sınır değer	
		Erkek	Kadın
Primer			
Güçsüzlük	El kavrama kuvveti	< 26 kg	< 16 kg
Düşük kas kitlesi	Ekstremitte yağsız kitle / VKİ (DXA)	< 0.789	< 0.512
Alternatif			
Güçsüzlük	El kavrama kuvveti / VKİ	< 1.0	< 0.56
Düşük kas kitlesi	Ekstremitte yağsız kitle (DXA)	< 19.75 kg	< 15.02 kg

FNIH; Foundation for the National Institutes of Health, VKİ; vücut kitle indeksi, DXA; Dual enerji X-ray Absorbsiyometri

IWGS'ye (International Working Group on Sarcopenia) göre ise sarkopeni; yatağa bağımlı, bağımsız ambule olamayan ve sandalyeden kendisi kalkamayan hastalarda düşünülmelidir. Ek olarak bağımsız ambule olan kişilerde 4 m parkurda yürüme mesafesi değerlendirilmeli ve yürüme hızı < 1m/s olan hastalarda DXA ile kas kitlesi araştırılmalıdır. Sınır değer olarak

ekstremitelerde yağsız kitle/boy² kullanılmış ve kadınlarda 5.67 kg/m², erkeklerde 7.23 kg/m² olarak belirlenmiştir. IWGS'nin önerilerine göre sarkopeni için değerlendirilmesi gereken gruplar; fonksiyon, güç ve sağlık durumunda kötüleşmesi olan, hareket etmede zorluk, tekrarlayan düşme, istemsiz kilo kaybı (>%5) olan, hastanede yatışı bulunan, kronik obstruktif akciğer hastalığı, konjestif kalp yetmezliği, kronik böbrek hastalığı, tip 2 diyabet, romatoid artrit gibi kronik hastalıkları olanlardır (41). Yaşlara göre sarkopeninin nedenleri farklı olarak değerlendirilmektedir. 20-40 yaşta azalmış aktiviteyle birlikte tip 2 kas lifinin sayı ve boyutunda azalma olurken, tip 1 liflerde devamlılık olur. Egzersizle VO_{2max} devamlılığı sağlanır ancak sprint kapasitesi azalır. 40-60 yaşta motor ünit kaybı hızlanmaktadır. Fiziksel aktivite azalır, vücut yağı artar ve androjen seviyesi azalır. Aerobik ve sprint kapasite azalır. İnsülin direnci artar, protein sentezi azalır. 60-70 yaşta fiziksel aktivite azalmasına ek olarak, androjen ve büyüme faktörü seviyeleri azalır, total vücut yağı ve viseral yağ artar. Bu yaşta kronik hastalıklar artar, iştah düzeni bozulur. İnflamasyon, insülin direnci ve tip 2 diyabet, beslenme yetersizliği (protein, vitamin D, ve diğer mikronutrientler), azalmış kas protein sentezi görülür. 70 yaştan sonra ise fiziksel aktivite ileri derecede azalır. Hastalıklar ve hastanede kalış dolayısıyla inaktivite süresi uzar. Düşme korkusu, düşük fonksiyonel kapasite, hafif kognitif yetmezlik, inflamasyon ve protein yıkımında artma olur (41).

Sarkopeni primer ve sekonder olmak üzere iki başlıkta incelenebilir. Primer sarkopenide yaşa bağlı kayıp vardır, başka bir neden bulunamaz. Sekonder sarkopeni ise yatağa bağlı durumlar, sedanter yaşam, yerçekimsiz ortam gibi aktiviteyle ilişkili durumlar, organ yetmezlikleri, inflamatuvar hastalıklar, endokrin hastalıklar, maligniteler, yetersiz enerji ve/veya protein alımı, malnutrisyon, gastrointestinal bozukluklar, anoreksiye neden olacak ilaç kullanımı gibi beslenmeyle ilişkili durumlar sonucu oluşabilir. Ancak birçok hastada sarkopeni multifaktoriyel nedene bağlıdır (32).

Kas kitlesini BT ve MRG yüksek doğruluk oranıyla gösterir ve altın standart olarak kabul edilmektedirler. DXA daha az radyasyon içermesi ve daha ucuz olması sebebiyle hem klinik araştırmalarda hem de günlük pratikte önerilir. BIA ölçümleri ise standart bir şekilde yapılırsa MRG ölçümleriyle korelasyonu yüksek, farklı etnik popülasyonlarda geçerliliği yapılmış ve referans değerleri oluşturulmuş bir yöntemdir. Klinik pratikte DXA yerine kullanılabilir, ve taşınabilir olması nedeniyle avantajlıdır. Antropometrik ölçümlerden orta-üst kol çevresi ve cilt kalınlığı kas kitlesini hesaplamada kullanılabilir. Baldır çevresi <31 cm olması sakatlık ile ilişkili bulunmuştur (21). Ancak yaşlanmayla birlikte elastikiyet kaybı ve yağ birikimi yanlış ölçüme neden olabilir. Ayrıca antropometrik ölçümlerin geçerliliği ve güvenilirliğiyle ilgili az sayıda çalışma vardır. Bu nedenle sarkopeninin tanısında rutin kullanımı önerilmemektedir. Kas kuvvetini değerlendirmede en çok el kavrama kuvveti kullanılmaktadır. El kavrama kuvveti alt ekstremitte kas gücü, diz ekstansör momenti ve baldır kaslarının kesitsel alanı ile ilişkilidir. Günlük yaşam aktivite özürüllüğüyle de doğrusal bir ilişkisi vardır. Diz ekstansör/fleksör kuvvetinin değerlendirilmesi çalışma amaçlı kullanılabilir. Pik ekspiratuvar akım, akciğer hastalığı olmayanlarda solunum kas gücünü gösterse de izole kas gücünü göstermede kullanılması önerilmemektedir. Fiziksel performansı değerlendirmede ise kısa fiziksel performans bataryası hem çalışmalarda hem de klinik pratikte kullanılabilir. Burada denge, yürüme, güç ve dayanıklılık değerlendirilir. Yürüme hızı, 6 m ve üzeri parkurlarda değerlendirilir ve hareket limitasyonu, özürüllük hakkında bilgi verir. Zamanlı kalkıp yürüme testinde dinamik denge değerlendirilir. Merdiven tırmanma gücü testi bacak gücünü değerlendirmede araştırma amaçlı kullanılabilir (32). Tablo 2.2’de sarkopeni tanısı için EWGSOP’nin önerileri bulunmaktadır.

Tablo 2.2 – Çalışma ve klinik uygulamada kas kitle, güç ve fiziksel fonksiyonun ölçümü

	Araştırma	Klinik uygulama
Kas kitesi	BT	DXA
	MRG	BIA
	DXA	Antropometri
	BIA	
	Vücut potasyum ölçümü	
Kas gücü	El kavrama kuvveti	El kavrama kuvveti
	Diz fleksiyon/ekstansiyon gücü	
	Pik ekspiratuar akım	
Fiziksel performans	Kısa fiziksel performans	Kısa fiziksel performans
	bataryası	bataryası
	Yürüme hızı	Yürüme hızı
	Zamanlı kalkıp yürüme testi	Zamanlı kalkıp yürüme testi
	Merdiven tırmanma gücü testi	

BT; Bilgisayarlı Tomografi, BIA; Biyoelekrik İmpedans Analiz, DXA; Dual enerji X-ray Absorbsiyometri, MRG; Manyetik Rezonans Görüntüleme

EWGSOP'un 2010 yılındaki önerilerinde klinik pratikte DXA, BIA ve antropometrik ölçümlerin kullanımı önerilse de DXA'nın göreceli yüksek ücretli olması ve taşınabilir olmaması, BIA'nın ise DXA'ya göre geçerliliği yapılmış olsa da düşük akımla elektrik geçmesi, metal implanttan ve hidrasyon durumundan etkilenmesi bu iki yöntemin negatif yönleridir. Kas kitle kaybını değerlendirmede ana antropometrik ölçümler orta-üst kol çevresi ölçümü ve maksimum baldır çevresi ölçümü kullanılmaktadır. Çevre ölçümleri kas için spesifik değildir ancak mortalite

riskini göstermektedir. Ayrıca baldır çevresinin ekstremitte kas kitlesi ve yağsız kitle ile korele olduğu gösterilmiştir. Baldır çevresi fiziksel performans ve frajilite ile de ilişkilidir. Ancak antropometrik ölçümlerin de tekrarlanabilirliği düşüktür (42). 2015 yılında yayınlanan bir derlemede US'nin kas ölçümleri için kullanılabileceği hem kalitatif hem de kantitatif ölçümlere olanak sağlayacağından bahsedilmiştir (43).

Ultrasonografinin kas kitlesi değerlendirmesinde kullanılıp kullanılmayacağı ile ilgili ilk çalışmalarda MRG ile tüm vücut taranıp toplam kas volümü hesaplanmış ve referans metot olarak MRG kabul edilmiştir. Sonra US ile 9 bölgeden kas ölçümü yapıldığında, 9 bölgenin toplam kalınlığı \times boy şeklindeki formülasyon MRG ölçümleri ile korele bulunmuştur. Aynı formül DXA ölçümleri ile karşılaştırıldığında yine uyumlu bulunmuş ve bu formülün vücut analizinde geçerli bir yöntem olarak kullanılabileceği söylenmiştir (44,45). Ancak 9 bölgeden ölçüm yapmak klinik uygulamada çok pratik değildir. Bu nedenle US ile vücut kompozisyonu değerlendirmede en az ölçüm yapılacak yerlerin belirlenmesi hem zaman hem de hasta konforu açısından önemlidir.

Yaşlılarda yapılmış DXA ile karşılaştırma çalışmasında ön kol ulnar taraftan yapılan US ölçümleriyle hesaplanan formülün DXA ile elde edilen ekstremitte yağsız kitlesi yerine kullanılabileceği gösterilmiştir (46). Bu ölçümler klinik pratikte daha kolay uygulanabilmektedir.

Yaşla birlikte hem kadınlarda hem de erkeklerde kas kaybı abdomen ve uyluk bölgesinde daha hızlı olmaktadır. Bu nedenle bölgesel ölçüme olanak sağlayan US'yi BIA ve antropometrik ölçümlere tercih etmek daha avantajlı olabilir (47).

Tüm yaş grubunda erkeklerde kadınlara göre daha fazla kas kitlesi bulunur ve artan yaşla birlikte erkeklerde kadınlara göre daha fazla kas kaybı olmaktadır. Sarkopeni bölgesel olarak özellikle kuadriseps ve abdominal kaslarda görülmektedir (48). Postural kaslar diğerlerine göre

daha sık etkilenir. Proksimal kaslar distallere göre, medial gastroknemius tibialis anteriore göre daha fazla etkilenir. Daha önce yaşa bağlı fonksiyonel azalmayı araştıran bir çalışmada benzer olarak plantar fleksörlerde dorsifleksörlere göre daha fazla azalma bulunmuştur. Bu durum tibialis anteriorun daha fazla oranda yavaş kasılan lif içermesi ve insülin sensitif yavaş liflerde protein sentezinin daha fazla olmasından dolayı yaşa bağlı azalmanın daha yavaş olacağı gerçeği ile açıklanabilir. Sarkopeni değerlendirmesi yapılan çalışmalarda seçilen kaslara göre farklı sonuçlar çıkmaktadır. Kasları seçerken mortalite, özürlülük, rehabilitasyona cevap gibi klinik sonuçlarla ilgili kasların seçilmesi daha kullanışlı olabilir. Ayrıca çalışmanın yapıldığı etnik grubun tüm popülasyona genellendirilemeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır (49).

Sarkopeni postural kaslarda diğer kaslara göre daha erken başladığından günlük pratikte sıklıkla kullanılan DXA ve BIA yetersiz kalabilmektedir (49). Özellikle uyluk anteriorundaki kaslarda kayıp belirgindir. Yaşlılarda gençlere göre uyluk anteriorundaki kas kalınlığı azken posteriorunda benzer olarak bulunmuştur (50). Uzun dönem takipte de (9 yıl) anteriordaki kas kesitsel alanı azalırken posteriordakinin değişmediği gözlenmiştir (51). Yaşla birlikte belli bölgelerde kas kaybının tam nedeni belirlenememiştir. Yapılan fiziksel aktivite süre ve yoğunluğundaki değişiklik sorumlu tutulmaktadır. Yaşla birlikte fiziksel aktivite ve nöromusküler değişiklikler olmaktadır. Anterior kas aktivasyonu azalması kasta protein sentezini azaltır. Yaşla birlikte azalan androjen konsantrasyonu kas kitlesinde azalmaya sebep olur. Egzersiz yapılan kaslarda androjen reseptörlerinde upregülasyon olur. Yaşla birlikte anterior kaslarda hormonal bağlanmada azalma kas kaybının daha fazla olmasını açıklayabilir. Diğer bir neden de insülin sensitivitesi olarak düşünülmektedir. İnsülin direnci olan erkeklerde yaşa bağlı kas kaybının daha fazla olduğu, tip 2b kas liflerinde insülin direncinin daha fazla olduğu gösterilmiştir. Yaşla birlikte sarkomer sayısında azalma ve bunun sonucunda kas boyunda azalma anterior kaslarda değişikliğe sebep olabilir. Bu durum zig-zag yürüme ile ilişkili

bulunmuştur. Çünkü uyluk anterior üst bölümde adduktor kaslar hakimken orta bölümde rektus femoris bulunmaktadır. Arka alt bölümde ise hamstring kasları bulunur (50).

Bölgesel sarkopeni, tüm vücut düzeyine göre erken dönemde ortaya çıkar. Bu nedenle bölgesel sarkopeni prevalansı (ön / arka kas kalınlığı) hem kadın hem erkekte SMMI'ye göre hesaplanana göre yüksek bulunmuştur (52).

Dual enerji X-ray absorpsiyometri (DXA) ile ekstremitte ölçümleri yapılsa da anterior ve posterior olmak üzere ayrı ölçümler yapılamaz. Günlük aktiviteleri yaparken farklı kas grupları rol oynar ve bölgesel kaybı tespit edemeyen DXA fiziksel özürlülük hakkında sınırlı bilgi verebilir. Eğer uyluğun hem ön hem de arkasında kas kaybı olursa anterior/posterior oranı sabit kalır ve DXA ile tespit edilebilir. Ancak kayıp sadece anteriorda ise DXA ile belirlemeden önce US ile ölçülen anterior/posterior oranı azalır ve kas kaybı erken dönemde tespit edilebilir (53).

Anterior uylukta kas kaybı aktif genç kadınlarda tek bacak üstünde denge ile de pozitif ilişkili bulunmuştur. Gövde ön kas kalınlığı (rektus abdominis) yaşla birlikte yavaşça azalırken, arka kaslar ise ancak 60 yaş üstünde anlamlı bir şekilde azalır. Solunum sırasında intra-abdominal basıncı düzenlemek için abdominal duvarda devamlı bir kas aktivitesi bulunmaktadır. Ayrıca egzersiz sırasında spinal stabilizasyona da katkı sağlar. Gövde stabilitesi hem üst hem de alt ekstremitede daha fazla güç üretmeye yardımcı olur. Rektus abdoministe ayakta dururken oturmaya göre daha fazla elektromyografi (EMG) aktivitesi görülürken erektor spinada benzer bulunmuştur. Bu nedenle yaşlanmayla birlikte fiziksel aktiviteler azalırken, rektus abdominis kası daha fazla etkilenmektedir. Bu çalışmada üst ekstremitte ön ve arka kaslarında belirgin bir azalma görülmemiş, orta yaş kadınlarda kol kasları genç yaşlara göre daha kalın bulunmuştur. Bu durum günlük aktivitede artan kullanımla ilişkilendirilmiştir. Bacak kaslarında da ön ile arka arasında belirgin bir fark bulunmamıştır (54).

Kesitsel alan veya volüm ölçümlerine göre, kas kalınlığı ölçümünün kullanımı daha kolaydır. Bu nedenle kalınlık ölçümleri ile anatomik olarak kas kesit alanı veya volümü ile ilişkisinin gösterilmesi önemlidir. Bugüne kadar kuadriceps, adduktor, hamstring, tibialis anterior, triceps surae, biceps brachii, triceps brachii, pektoralis majör, supraspinatus ve psoas majör kaslarında bu ilişki gösterilmiştir (55).

Ultrasonografi (US) ile kas kalınlığı dışında pennasyon açısı, fasikül uzunluğu ve kas ekojenitesi gibi detaylı incelemeler de yapılabilir. Kuadriceps kaslarında US ile kas kalınlığı, pennasyon açısı, ekojenitesi ölçülüp, maksimum izometrik kasılma kuvvetinin değerlendirildiği bir çalışmada; hem yaşlılarda hem de gençlerde kas kalınlığının fazla olması daha fazla kas gücü ile ilişkili bulunmuştur. Yaşlılarda sadece vastus intermedius pennasyon açısı kas gücü ile ilişkili iken, gençlerde yüksek kas gücü düşük ekojenite ile ilişkilidir. Vastus intermedius pennasyon açısı ölçümü tekrarlanabilirliği orta (%74-78) olarak bulunmuştur. Diğer ölçümlerde ise tekrarlanabilirlik kötüdür (56). Diğer bir çalışmada gastroknemius pennat açısının yaşlılarda %12 oranında azaldığı gösterilmiştir (57). Yaşlılarda egzersiz sonrası kuadriceps kalınlığı, yüzeysel EMG aktivitesi ve kas gücünün arttığı ve kas gücü ile en iyi korelasyonun vastus medialis kalınlığı ile olduğu bulunmuştur (58). Yaşlılarda aktif kas gücü testi immobilizasyon, ağrı, yaralanma, cerrahi işlem, bilişsel yetersizlik, teknik kompleksite gibi nedenlerle zordur. Kasların kesit alanı kas kitesini göstermektedir ve kas gücü ile ilişkilidir. Bu nedenle klinik uygulamalarda kas gücü hakkında fikir sahibi olmak amacıyla kesitsel alan değerlendirilebilir. Yoğun bakımdaki hastalarda kas kaybı takibinin rektus femoris ve vastus intermedius kas kalınlıklarıyla yapılabileceği söylenmiştir (56).

Daha büyük pennasyon açısı belli bir hacime daha fazla kas lifi sığması ve artmış kasılma kapasitesi anlamlarına gelmektedir. Vastus lateralis ve intermedius kaslarındaki pennasyon açısı, kasın kesitsel alanıyla korele olarak bulunmuştur (56).

Medial gastroknemiusta daha kısa ve geniş pennasyon açılı fasiküller bulunur. Bu aynı hacime daha fazla fasikül sığmasını ve daha fazla güç üretilmesini sağlar. Kas kalınlığıyla fasikül uzunluğu da korele bulunmuştur. Fasikül uzunluğu genetik olarak belirlenebileceği gibi antrenmanla da geliştiriliyor olabilir. Bu durum netlik kazanmamıştır (59-61). İkizlerde yapılan çalışmada lateral gastroknemius kasında fasikül uzunluğu, pennasyon açısı ve kas kalınlığı benzerken, medial gastroknemiusta fasikül uzunluğu farklı bulunmuştur. Bu durum fasikül uzunluğu için ana belirleyicinin genetik faktörler olmasının yanında, çevresel faktörlerin de rol oynayabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde futbolcularda yapılmış bir çalışmada dominant taraftaki fasikül uzunluğu diğer tarafa göre uzun bulunmuştur (62). Sprinterlerde ise vastus lateralis ve lateral gastroknemiusta fasikül daha uzun bulunmuş ve bu uzunluğun performansla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Uzun mesafe koşucularıyla karşılaştırıldığında sprinterlerde fasikül uzunluğu fazla, pennasyon açısı ise azdır. Bu durum hızlı koşmak için kas kılma hızını arttırma açısından önemlidir (59-61).

Yaşla birlikte tip 2 kas liflerinde azalma, intramusküler yağda artış, kas volümüne göre ekstraselüler sıvıda artış görülür. Ekstraselüler matrikste kollajen artışı olur. İskelet kas liflerinin diziliminde homojenlik bozular. Rektus femoris eko intensitesi diz ekstansiyon kuvvetiyle negatif, yaş ve yağ kalınlığıyla ise pozitif ilişkili olarak bulunmuştur. Yağ kalınlığındaki artış kas derinliğini de arttırır. Bu durumun eko intensitesini etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (63).

2.6. Değerlendirme Yöntemleri

Klinik kullanım veya araştırma için maliyet, temin edilebilirlik ve kullanım kolaylığına göre hangi yöntemin daha uygun olacağına karar verilir.

2.4.1. Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT) ve MRG vücut kompozisyonunu doku düzeyinde gösteren altın standart metotlardır. Vücut kompozisyonundaki ufak değişiklikleri hızlı bir şekilde gösteren, geçerli ve doğru yöntemlerdir. Viseral ve subkutan yağ dokusunu, ektopik ve inter/intramuskuler yağ dokusunu ayırt edebilirler (64).

Bilgisayarlı tomografi (BT) dokuları dansitelerine göre değerlendirir. BT görüntüsü Hounsfield unit (HU) olarak belirlenen piksellerden oluşur. Bu değerler subkutan yağ dokusunda -190 - -30 HU, viseral yağ dokusunda -150 - -50 HU, iskelet kasında -29 - +150 HU, artmış yağlı infiltrasyon olan iskelet kasında -29 - +29 HU olarak belirlenmiştir (65).

Kesitsel görüntülerle farklı vücut bölümlerinde X ışınlarının ortalama zayıflamasına göre yağ kitlesi ve yağsız kitle bölgesel ve tüm vücut düzeyinde incelenebilmektedir. Geçerlilik çalışmaları yapılmış olmasına rağmen yüksek X ışını içermesi nedeniyle kullanımı araştırma çalışmalarıyla sınırlıdır (37). Toplam yağ dokusu, viseral veya subkutan yağ alanları ve iskelet kas indeksinin ölçümü en iyi L3 seviyesinden alınan kesitlerle değerlendirilir (66).

2.4.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) iyonizan radyasyon içermez, bunun yerine doku spesifik proton dansiteleri ve longitudinal (T1) ve transvers (T2) relaksasyon zamanları prensibine dayanmaktadır. Doku içindeki H protonları kişi MRG cihazına girdiğinde mıknatıs gibi davranır. Radyofrekans dalga atımları enerjiyi absorbe etmek için atomik protonları aktive eder. Radyofrekans atım kesildiğinde, proton radyofrekans sinyallerinden aldığı enerjiyi salıverir. Bu sinyal kesitsel görüntüyü oluşturmada kullanılır (64).

Tüm vücut MRG zaman açısından tercih edilmemektedir. Bu nedenle bölgesel olarak L3-4 hizasından alınan abdomen tek kesit görüntüler kullanılmaktadır. Genç sağlıklılarda yapılan

çalışmada tüm vücut MRG ile abdomen tek kesit MRG'nin sıkı ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ancak bu durum tüm hastalık, yaş ve etnik grupları kapsamaz. Tek kesit alt ekstremiteler görüntülenmesi, hastalık etkisi, yaşlanma, beslenme durumu, sakatlık ve kas kalite ve fonksiyon durumunun değerlendirilmesi açısından daha uygundur (64).

Manyetik rezonans spektroskopisi H, C ve P kullanarak dokulardaki lipid, glikojen ve amino asitler hakkında bilgi elde eder. Kas ve karaciğer içindeki yağ tespiti eder ve miktarını hesaplar. İnsülin direnci ve metabolik risk değerlendirmede kullanılır (67).

Bilgisayarlı tomografi (BT) ve MRG vücut kompozisyonunu değerlendirmede en doğru yöntemler olarak görünse bile; pahalı olmaları, deneyimli personel gerektirmeleri, taşınabilir olmamaları, her yerde bulunmamaları nedeniyle klinik pratikte sınırlı miktarda kullanılabilirler. BT için en önemli sorun radyasyondur. Bir abdominal BT için etkin radyasyon dozu yaklaşık 5.6 mSv'dir ve yaklaşık olarak 370 akciğer grafisine eşdeğerdir. Bu durum vücut analizi için BT kullanımının sorgulanmasına sebep olur. Kalp pili, defibrilatör, beyin anevrizma klipsi, intrauterin cihazlar gibi ferromanyetik cihazlar MRG cihazı ile uyumlu değildir. Hem BT hem de MRG için 200 kg ve 70 cm çap limiti bulunmaktadır. Yeni bariatrik cihazlarda bu sınır 300 kg ve 80 cm'ye çıkmıştır. Klostrofobi, anksiyete, uzanmada sıkıntısı olan hastalarda da kullanımı zordur. Farklı ölçüm teknikleri ve farklı makinelerde farklı sonuçlar çıkabilmektedir. Bu kısıtlılıklar pratik ölçüm yöntemleri arayışını doğurmuştur (64).

2.4.3. Dual enerji X-ray absorpsiyometri

Dual enerji X-ray absorpsiyometri (DXA) vücut kompozisyonunu değerlendirmede sıklıkla kullanılan diğer bir görüntüleme yöntemidir. Vücudu yağ kütlesi, yağsız kitle ve kemik mineral içeriği olmak üzere 3 kompartmanda inceler. Tüm vücut ve bölgesel düzeyde değerlendirmeye olanak sağlar. Ancak subkutan, viseral ve intramusküler yağ dokusunu ayırt edemez. DXA 40

ve 70 keV olmak üzere düşük dozda iki X ışını enerjisi kullanır. Kemik minerali yumuşak dokuya göre X ışınına daha fazla zayıflatır. Yağ kütlesi ve yağsız kitle ise matematiksel algoritmaya göre hesaplanır. DXA ölçümlerinin BT ve MRG ile güçlü korelasyonu gösterilmiştir (12) ve BT ve MRG'ye göre daha ulaşılabilir, hızlı ve ucuz bir yöntemdir. Spesifik bölge için 1 dk, tüm vücut için 5 dk'da tarama yapar. Akciğer grafisinin %1-10'u kadar radyasyon maruziyetine sebep olur. Yağ kütlesi ve yağsız kitle ölçümleri için antropometri ve BIA'ya göre daha doğru sonuç verir. Geçerlilik çalışmaları genelde genç sağlıklılarda yapılmıştır. Toplum çalışmalarında vücut yağını %2 daha az hesapladığı gösterilmiştir. DXA ölçümleri; zayıflarda yağ oranını daha düşük, şişmanlarda ise daha yüksek hesaplamakta, takip değerlendirmelerinde ise yağ kaybını fazla, yağ kazanımını az olarak göstermektedir. Kişinin kalınlığı 25 cm'in üzerindeyse dokunun X ışınına zayıflatma etkisi değişir. Bu nedenle obezlerde yağ kütlesi olduğundan fazla hesaplanır. Hidrasyon durumu da DXA'nın doğruluğunu etkiler. Çünkü yağsız kitlenin sıvı durumu 0.73 ml g⁻¹ olarak farz edilmektedir. Bu durum özellikle yaşlı, karaciğer, böbrek hastalığı olup vücut sıvı durumu değişen kişilerde önemlidir. Hidrasyonun >%5 artması yağsız kitlenin fazla, yağ kütlesinin %1-2.5 az hesaplanmasına neden olur. Farklı DXA cihazlarıyla farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu fark yağ kütlesinde ±%7, yağsız kitlede ±%4 olarak rapor edilmiştir. Tüm vücut DXA cihazları 193-198 cm × 58-65 cm ve 136 kg ile sınırlıdır. Ancak vücudun sağıyla solu arasındaki ±%1 fark ihmal edilerek, yarısı taranıp sonrasında tüm vücut hesabı yapılabilmektedir. Deneyimli teknisyen gerektirmesi, taşınabilir olmaması, vücut kompozisyonunu değerlendirmek için rutinde ulaşılabilir olmaması, gebelik durumu, supin pozisyonunda uzanamayacak hastalar ve metalik implantı olanlar kullanımını sınırlamaktadır. Minimal de olsa radyasyon maruziyeti mevcuttur. Özellikle takip hastalarında tekrarlayan radyasyon maruziyetini de göz önünde bulundurmamak gerekmektedir. Son zamanlarda yapılan

bazı çalışmalarda bölgesel ölçümün tüm vücut kompozisyonunu gösterebileceği söylene de toplum temelli geniş çalışmalara ihtiyaç vardır (64).

2.4.4. Biyoelektrik İmpedans Analizi

Biyoelektrik impedans analizi (BIA) ölçümleri ile moleküler düzeyde değerlendirme yapılır (12).

BIA ilk önce vücut suyunu hesaplamak için geliştirilmiş, sonrasında vücut kompozisyonunu değerlendirmede, hastalık ciddiyet ve prognoz tayininde kullanılmıştır. BIA güvenli, minimal invaziv, taşınabilir, göreceli olarak ucuz ve cilt kalınlık ölçümüne göre tekrar edilebilirliği yüksek bir yöntemdir (68).

Biyoelektrik impedans analizi (BIA) ile ilgili yayınlanmış referans değerler farklı gruplarda yapılmış olsa da çoğu sağlıklı obez olmayan genç erişkinlerde yapılmış çalışmalara dayanır. Bu nedenle farklı hasta grupları ve farklı etnik gruplarda yapılacak değerlendirmeler yanı olabilir. Sağlıklı kişilerde vücut kompozisyonu DXA gibi bir referans metot alındığında BIA ile %3-5 hata oranında tespit edilebilir. Cerrahi ve onkolojik hastalarda ise önemli bir değişkenlik göstermektedir. İleri dönem takiplerde ise 5 kg'ın altındaki değişiklikleri tespit etmede dikkatli olmak gerekir (64). Ancak son dönemde teknolojik gelişmelerle BIA ölçümlerinin doğruluğu artmıştır (12).

Biyoelektrik impedans analizi (BIA) vücut kompozisyonunu direkt değerlendirmez. Vücut impedansı belirlenerek rezistans ve reaktans hesaplanır. Sonra total vücut suyu, vücut hücre kitlesi, ekstraselüler sıvı, intraselüler sıvı ve faz açısı hesaplanır. Yağsız kitle ve vücut hücre kitlesi yaş ve cinsiyete göre lineer regresyon analiziyle belirlenir. Yağsız kitle belirlendikten sonra yağ kitlesi toplam vücut ağırlığından çıkarılarak bulunur (69).

İlk kullanılan BIA yöntemi tek frekanslı BIA'dır ve 50 kHz frekans akım ile çalışmaktadır. Toplam vücut sıvısını intraselüler ve ekstraselüler olarak ayırt edemez ve vücut sıvısının önemli oranda

değiştirdiği durumlarda yapılan ölçümler geçerli değildir. Hasta dinlenmiş, aç ve mesanesi boşken, supin pozisyonunda yatırılır. Vücudun bir tarafında el, el bileği ve ayak, ayak bileğine elektrotlar bağlanarak ölçüm yapılır. Multifrekans BIA ise 5-200 kHz arası çok sayıda frekans kullanır. Yüksek frekansla hücre membran direncini yenebildiği için ekstraselüler sıvı ve toplam vücut sıvısını daha doğru bir şekilde hesaplamaktadır. Multifrekans BIA sağlıklı toplumda, böbrek ve karaciğer hastalığı gibi vücut sıvısında değişime neden olan hastalıklarda, kritik bakım hastalarında değerlidir. Ancak klinik pratikte kullanımı ve geçerliliği sınırlıdır (64).

Bioelektrik spektroskopisi, 0 ile sonsuz arası frekanstaki rezistansı hesaplamak için 50'den fazla frekans ve matematik modeli kullanılır ve ekstraselüler ve intraselüler sıvı için impedans değeri belirlenir. Kullanımı sağlıklı kişilerde sınırlıdır (64).

Tüm impedans ölçümleri için standardizasyon yapmak gerekmektedir. Boy ve kilonun doğru ölçülmesi, vücut ve ekstremitenin pozisyonu, ölçüm öncesi istirahat, elektrot pozisyonu, ölçüm zamanı, önceki fiziksel aktivite, mesanenin boş olması, oda ısısı, diüretik kullanımı, diyet ve sıvı alımı, kafein alımı, metal veya silikon implant bulunması dikkate alınmalıdır. Gebelik ve kalp pili varlığında ölçüm yapılamaz. Ölçüm öncesi 4 saatlik açlık önerilir (64).

Düşük vücut sıcaklığı ve vücuda temas eden şeyler yağ kitlesinde fazla hesaplamaya, BIA algoritması obez kişilerin olduğu toplumda geliştirildiyse obezlerde yağ kitlesinin az hesaplanmasına neden olur. Dehidratasyon, kaşeksi, sarkopeni, düşük kilo veya morbid obezite yağsız kitlede kalitatif değişikliklere sebep olur ve bu durum kabul edilen algoritmanın hatalı olmasına neden olur (66).

Orta yaşlı 484 hastanın alındığı bir çalışmada hastalarda multifrekans-BIA ve DXA ile vücut kompozisyonu değerlendirilmiş ve her iki cinsten de yağsız kitle, yağ kitlesi ve yağ oranını değerlendirmede mükemmel uyumlu olduğu gösterilmiştir. ($ICC \geq 0.88$, $p < 0.001$) Bland Altman ile analiz yapıldığında BIA ile yağ kitlesi (%8) ve yağ oranının (%7) fazla, yağsız kitlenin (%1.8)

az hesaplandığı ve bu hata oranının VKİ arttıkça büyüdüğü gösterilmiştir. Sonuç olarak multifrekans BIA'nın DXA'ya göre geçerli bir yöntem olduğu ve klinik pratikte kullanılabileceği vurgulanmıştır (70).

2.6.5. Ultrasonografi

Klinik pratikte kullanılan yöntemlerin avantajları ve dezavantajları düşünüldüğünde ve US'nin kemik üstündeki yapıları detaylı bir şekilde gösterdiği göz önüne alındığında, vücut kompozisyonunu değerlendirmede US kullanımı giderek artan bir şekilde gündeme gelmiştir.

US ile görüntüleme, dokuya iletilen ses dalgalarının farklı doku ara yüzlerinden yansması ve yansıyan ses dalgalarından görüntü oluşturulması prensibine dayanır. US'de prob içindeki piezoelektrik kristaller ultrasonografik ses dalgalarını üretiler dokuya iletirler. Ayrıca dokudan yansıyan ses dalgalarını elektrik enerjisine dönüştürür ve görüntü oluştururlar (2). Yağ, kas ve kemik farklı akustik impedansa sahiptir. (sırasıyla 0.138, 0.170, 0.78 g cm⁻¹ s⁻¹) Bu nedenle bu dokuların birbirinden ayrılması ve kantitatif hesap yapılması mümkündür. Brightness (B) - mod US 1-10 MHz arasında değişen ve doku kalınlık ölçümünde sıklıkla kullanılan US'dir.

Doku kalınlığı farklı doku ara yüzlerinden ya elektronik kaliper kullanarak ya da 3 ölçüm yapıp ortalaması alınarak hesaplanabilir (64).

Yağ kalınlığı ölçümü için US kullanımı 1965'in başlarında Bullen ve arkadaşları tarafından tarif edilmiştir (71). 1966'da Booth ve arkadaşları (72), Harpenden kaliper ve US ölçümlerini karşılaştırmışlar, US ölçümlerinin daha doğru sonuç verdiğini göstermişlerdir. Bu yayınla birlikte US ile vücut kompozisyonu değerlendirmesine ilgi artmıştır. Bellisari ve arkadaşları US ile yapılan değerlendirmede ölçüm hatasının triseps hariç (0.6 mm) tüm bölgelerde 0.15 mm'den az olduğunu göstermiştir (73).

Ultrasonografik değerlendirmenin birçok avantajı (ucuz, taşınabilir, invaziv değil, radyasyon maruziyeti yok, hızlı yapılıp elektronik olarak kaydedilebilir, hastada boyut ve ağırlık sınırlamasına gerek yok) nedeniyle kullanımını yaygınlaştırmıştır. Özellikle kritik bakım hastalarında, omurilik yaralanması gibi mobilizasyon sorunu olanlarda, gebe ve metal implantı bulunan hastalarda rahatlıkla kullanılabilir (64). Doğru, hızlı, tekrarlanabilir, kolay ulaşılabılır bir yöntem olması US'yi özellikle yağ değişimini ölçmede ideal yöntem yapmaktadır. Hem viseral hem subkutan yağ doku ölçümleri yapabilmesi, DXA ve antropometrik ölçümlerdeki limitasyonları aşma noktasında önemlidir (12). Öte yandan kullanıcı bağımlı olması tekrarlanabilirliğini sınırlamaktadır. Ancak standart prosedürlerin kullanılması, prob ile uygulanan basıncın (geribildirim ile) sabitlenmesi, prob tutucu veya yüksek yoğunluklu köpük kullanılması, fantom üzerinde kalibrasyon yapılması, ekojenisite düzeltici kullanılması ile farklı ölçümlerde tutarlılık sağlanabilir (37,74).

Ultrasonografi (US) ile yağ ve kas kalınlığı ölçülebilir, viseral ve subkutan yağ doku ayrımı yapılabilir, ayrıca kas yapı ve kalitesi değerlendirilebilir (64). Gebelikte subkutan yağ doku paternini, bariatrik cerrahi sonrası üst ve alt ekstremitte subkutan yağ doku değişimini, abdominal viseral ve subkutan yağ oranının metabolik risk üzerine etkisini US ile değerlendiren çalışmalar mevcuttur (64). US ile subkutan yağ ölçümünün DXA, MRG ve BT ile karşılaştırmalı güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır (12, 19). 127 erişkinde yapılan US ile subkutan ve viseral abdominal yağ dokusu ölçümlerinin geçerlilik ve tekrarlanabilirlik çalışmasında gözlemciler arası ve gözlemciler içi tutarlılıkları yüksek bulunmuştur. 30 hastalık alt grup analizinde tek kesit MRG ile karşılaştırılmış, viseral abdominal ve subkutan abdominal yağ dokuları için daha düşük olmakla birlikte anlamlı değerler saptanmıştır. Dolayısıyla US'nin epidemiyolojik çalışmalarda abdominal yağ dokusunu değerlendirmek için geçerli ve tekrarlanabilirliği yüksek bir yöntem olduğu belirtilmiştir (19).

Daha önce US eğitimi olmayan 3 uygulayıcı ile yapılan bir çalışmada, 2 saatlik US eğitimi ardından 19 atlette 8 bölgeden subkutan yağ ölçümü yapılmış, sonrasında US görüntüleri rastgele değerlendirilmiş, US deneyimi olmayan kişilerde bile güvenilir ölçüm yapılabileceği gösterilmiştir (75). US ile subkutan yağ ölçümünün tüm vücut yağ oranını göstermede cilt kalınlığı yöntemine göre daha doğru ölçüm yapabileceği ve takipteki değişiklikleri daha hassas bir şekilde gösterebileceği yönünde çalışmalar da mevcuttur (64). US ile subkutan yağ ölçümünün teknik olarak incelendiği bir çalışmada, proba maksimum basınç uygulandığında subkutan yağ kalınlığının bölgeye göre % 25-37 arasında değiştiği gösterilmiştir. Ölçümlerin longitudinal veya transvers kesitlerde yapılmasının ise sonucu değiştirmedeği belirtilmiştir (31). Dolayısıyla, doğru, tekrarlanabilir ve kolay ulaşılabilir bir yöntem olması US'u vücut yağ değişimini değerlendirmede ideal bir yöntem yapmaktadır (12).

Ultrasonografi (US) ile kas kalınlık ve kalitesini değerlendirmek ekstremitelerde çevre ölçümlerinden daha doğru sonuç verir (64). Hem kalitatif, hem de kantitatif ölçüme olanak sağlar. Kas kalınlığını ölçme ile toplam yağsız kitlede azalma tespit edilirken, ekstremitelerde değişiklikleriyle yağlı infiltrasyon da değerlendirilebilmektedir. MRG ile karşılaştırmalı çalışmalarda, US ile yağ ve yağsız kitle değerlendirmeleri tutarlı bulunmuştur (37). Postmenopozal kadınlarda, kritik hastalarda ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı olanlarda (egzersiz sonrası) kas kitle kaybı ya da bariatrik cerrahi sonrası kas/yağ kaybının US ile değerlendirilmesi literatürdeki bir kısım örneklerdir (64).

Ultrasonografi (US) ile kas kalınlığı ölçülürken kas içerisindeki bağ ve yağ dokusu da ölçüme katılmaktadır. Yaşla birlikte de kontraktıl olmayan bağ dokusu ve kas içindeki yağ dokusu artış göstermektedir. Bu nedenle yaşla birlikte kastaki gerçek azalma tam olarak tespit edilemeyebilir (47). Bu durum ekstremitelerde değerlendirilmesiyle yapılabilir. Kas içerisinde biriken yağ ve bağ dokuları ekstremitelerde artmaya sebep olmaktadır. Bu durum BT ve US ile

gösterilebilmektedir. Ekojenitenin değerlendirildiği çalışmalarda, eko intensite artışının kas kuvveti ile negatif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (63,76,77). Kas kalınlık ve eko intensite ölçümlerinin sağlıklı toplumda gösterilmiş normal değerleri mevcuttur. Ancak eko intensiteleri farklı cihazlarda farklı sonuç verebilir (64).

Ultrasonografi (US) ölçümleri deneyimli personel gerektirir. Standardize ölçüm için ölçülen bölgenin anatomisine hakim olmak, prob ile uygulanan basıncı kontrol etmek, bol jel kullanmak, hasta pozisyonunu, ölçüm bölgesini, prob pozisyonunu ve frekansı belirlemek gerekmektedir (64).

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırma için 04.11.2015 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığından etik açıdan onay alınmıştır (Etik kurul karar no: GO 15/680-13). Şubat 2016 - Temmuz 2016 tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı polikliniğine başvuran 18 yaş ve üzeri 145 birey, onamları alındıktan sonra çalışmaya dahil edildi. Kalp pili, implant, amputasyon, ciddi ödem ($\geq 3+$), hipotiroidi, kalp yetmezliği, böbrek yetmezliği, karaciğer yetmezliği, diabetes mellitus ve nöromusküler hastalık olması dışlanma kriteri kabul edildi.

Çalışmaya alınan hastaların demografik bilgileri kaydedilip, vücut kompozisyonları antropometrik ölçümler, BIA ve US ile değerlendirildi. Fonksiyonel değerlendirme olarak Jamar dinamometri ile el kavrama kuvveti ve 6 m yürüme testi (yürüme hızı) değerlendirildi.

3.1. Antropometrik Değerlendirme

Boy ölçümü

Kişi ayakta, ayakkabıları çıkarılmış, kollar rahat bir şekilde yanda, sırt dik pozisyonda, baş Frankfort pozisyonunda iken stadiometre kullanılarak 1 cm hassasiyet ile ölçüm yapıldı.

Vücut ağırlığı ölçümü

Kişi ayakta, ayakkabıları ve kalın kıyafetleri çıkarılmış, kollar rahat bir şekilde yanda ve karşıya bakarken elektronik tartı kullanılarak 0.1 kg hassasiyet ile ölçüm yapıldı.

Bel çevresi ölçümü

Belin en kalın yerinden esnemeyen mezura ile kişi ayakta ölçüm yapıldı.

Kalça çevresi ölçümü

Kişi ayakta, bacaklar birleşik pozisyonda esnemeyen mezura kalçaların üzerinden en geniş yerden geçirilerek ölçüm yapıldı.

Ekstremiteler çevre ölçümleri

Kol, ön kol, uyluk ve bacak çevreleri US ölçümü için işaretlenen hizadan mezura ile kişi ayakta ölçüldü.

Deri kıvrım kalınlığı ölçümü

Ultrasonografi (US) ölçümü için işaretlenen 9 bölgeden iki parmak ile deri kıvrımı kaldırıldı ve kıvrımın 1 cm altından deri altı dokusu sabit şekilde kaliperin ağzında tutturuldu. Ölçümler 1 mm hassasiyet ile yapıldı.

Şekil 3.1 – Antropometrik ölçümler

A: Deri kıvrım kalınlık ölçümü, B: Çevre ölçümü

3.2. Bioelektrik-İmpedans Analizi (BIA)

Bioelektrik-İmpedans Analizi (BIA) yöntemiyle hastaların yağ kitlesi (FM), yağ oranı (%BF) ve yağsız kitlesi (FFM) değerlendirildi. $FFM \times 0.566$ formülüne göre iskelet kas kitlesi (SMM) ve SMM/boy^2 formülüne göre iskelet kas kitle indeksi (SMMI) hesaplandı (78). BIA değerlendirmeleri Bodystat Quadscan 4000 cihazı ile yapıldı. Hastalar aç ve mesaneleri boşken, vücutlarında herhangi bir metal (küpe, yüzük, saat, kemer vb) yokken sırt üstü yatar pozisyonda, ekstremiteler vücuda değmeyecek şekilde, üst ekstremitede el bilek ve metakarpofalangeal eklem hizasına, alt ekstremitede ayak bileği ve metatarsofalangeal eklem hizasına gelecek şekilde 4 adet elektrot yerleştirildi ve ölçümler yapıldı.

3.3. Ultrasonografik Değerlendirme

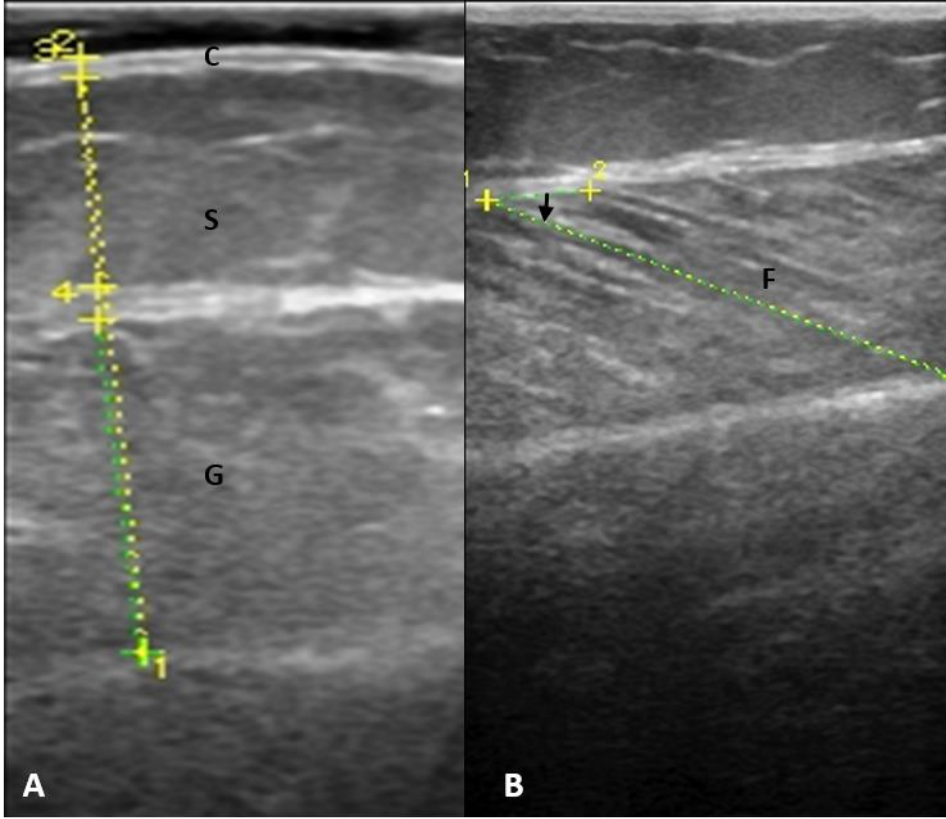
Ölçüm yapılacak yerler kalemle işaretlendikten sonra kol ön ve arka yüz, ön kol ön ve arka yüz, abdomen, paraspinal, uyluk ön ve arka yüz, bacak ön ve arka yüz olmak üzere 10 bölgeden ölçüm yapıldı. Kolda biceps ve brakialis, ön kolda fleksör digitorum superficialis (FDS) ve fleksör digitorum profundus (FDP), uylukta rektus femoris ve vastus inermidius hem ayrı ayrı hem de birlikte değerlendirildi. Ölçüm bölgeleri Tablo- 3.1’de verilmiştir (12,79,80).

Tablo 3.1– US ile yapılan ölçüm bölgeleri

Kol	Akromion ve antekubital fossa arası mesafenin 1/3 distali
Ön kol	Antekubital fossa ile el bilek distal çizgisinin 2/5 proksimali
Abdomen	Umblikusun 2 cm lateral ve distali
Paravertebral	L4-5 hizası
Uyluk ön yüz	Spina iliaca anterior superior ve patella üst kutbu arası mesafenin ½’si
Uyluk arka yüz	Trokanter majör ile popliteal fossa arası mesafenin ½’si
Bacak ön yüz	Patella alt kutup ile ayak bileği arası mesafenin ¼’ü
Bacak arka yüz	Baldır medial kısmının en şişkin olan yeri

Ölçüm yapılırken kompresyonu önlemek amacıyla bol jel kullanıldı. Cilt altı yağ doku ve kasta kompresyon olmadığına emin olunduktan sonra aksiyel şekilde alınan görüntü kaydedildi. Epidermis-dermis kalınlığı, subkutan yağ doku kalınlığı, kas kalınlığı aradaki fasya sınırından ölçüldü. Ölçüme fasyalar katılmadı. Ayrıca gastroknemius kasının fasikül uzunluğu ve pennat açısı ölçüldü. Gastroknemius medial başına US probu longitudinal şekilde yerleştirilerek birbirine paralel iki fasya görüntüsü elde edildiğinde görüntü alındı. Buradan fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı ölçüldü. (Şekil 3.2)

Şekil 3.2 – Ultrasonografik ölçümler



A: Subkutan yağ ve kas kalınlık ölçümü, B: Fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı ölçümü. C; cilt, S; subkutan yağ, G; gastroknemius kas kalınlığı, F; fasikül uzunluğu, ok; pennasyon açısı

3.4. Kas Gücü Değerlendirmesi

Kas gücünü değerlendirmek için el kavrama kuvveti Jamar hidrolik el dinamometresi ile ölçüldü. Ölçüm yapılırken kişiye oturur pozisyonda, dirsek 90 derece fleksiyonda, el bileği nötral pozisyonda olacak şekilde dinamometreyi tüm gücüyle sıkması söylendi. Dominant ve non-dominant elden üç ölçüm yapıldı ve her birey için ortalama değer kaydedildi.

3.5. Yürüme Hızının Değerlendirilmesi

Bireyler düz zeminde 6 m olarak belirlenmiş parkurda kronometre ile zamanlama tutularak normal yürüme hızlarında yürütüldü. Üç ölçüm yapılarak ortalaması alındı.

3.6. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 23.0 yazılımı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak incelendi. Tanımlayıcı analizler normal dağılan değişkenler için ortalama ve standart sapma ($\text{mean} \pm \text{SD}$) kullanılarak, normal dağılmayan değişkenler için ortanca ve minimum-maksimum değerleri kullanılarak verildi. Cinsiyetler arasında değişkenlerin karşılaştırılmasında parametrik olanlar için Student t testi non-parametrik olanlarda Mann-Whitney U testi kullanıldı. BIA ölçümleri ile US ve antropometrik ölçümlerden elde edilen ölçümler arası korelasyonlar Pearson testi ile değerlendirildi. Çok değişkenli bir lineer regresyon analizi kullanılarak farklı prediktörlerin FM, FFM ve SMMI üzerindeki bağımsız etkileri incelendi. Bland Altman analizi BIA ve US ölçümleri arasındaki uyum ve biası değerlendirmek için kullanıldı (81). İstatistiksel anlamlılık olarak p değeri < 0.05 olarak belirendi.

4. BULGULAR

Çalışmaya sarkopenik 2 hasta dışlandıktan sonra alınan 18-83 yaş aralığındaki 145 kişinin 100'ü (%69) kadın, 45'i (%31) erkektir. Kadın ve erkeklerin yaş ortalaması benzer ve sırasıyla 41.9 ± 14.1 , 39.0 ± 16.5 yıl olarak tespit edilmiştir. Antropometrik ölçümler Tablo-4.1'de verilmiştir. Kadın ve erkeklerin VKİ değerleri benzerken, boy ve vücut ağırlıkları erkeklerde daha fazla bulunmuştur ($p < 0.001$).

Tablo 4.1– Bireylerin antropometrik ölçüm değerleri

	Kadın	Erkek	P
Boy (cm)	159.0 ± 6.8	170.3 ± 12.7	<0.001
Vücut ağırlığı (kg)	69.2 ± 12.5	77.9 ± 13.4	<0.001
VKİ (kg/m²)	27.7 ± 5.5	26.6 ± 4.5	0.255
Bel çevresi (cm)	94.7 ± 13.0	93.8 ± 12.8	0.708
Kalça Çevresi (cm)	104.1 ± 8.9	100.1 ± 6.5	0.007
Kol çevresi (cm)	28.6 ± 3.8	28.9 ± 3.3	0.747
Ön kol çevresi (cm)	23.1 ± 3.4	25.4 ± 2.4	<0.001
Uyluk çevresi (cm)	59.0 ± 5.9	55.6 ± 5.7	0.020
Baldır çevresi (cm)	37.2 ± 3.4	37.7 ± 5.2	0.511

VKİ, vücut kitle indeksi

Deri kıvrım kalınlık ölçümünde en kalın bölge kadınlarda uyluk ekstansör yüzde iken, erkeklerde abdomen bölgesinde tespit edilmiştir. Tüm bölgelerde deri kıvrım kalınlıkları kadınlarda fazla olmakla birlikte ($p<0.001$), abdomen bölgesinde benzer olarak bulunmuştur.

Deri kıvrım kalınlık ölçümleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2– Kaliper ile ölçülen deri kıvrım kalınlık değerleri (mm)

	Kadın	Erkek	p
K-Biceps brakii	12.9 ± 6.0	6.3 ± 3.2	<0.001
K-Triseps	27.4 ± 9.3	13.5 ± 8.4	<0.001
K-Ön kol fleksör	8.9 ± 4.6	4.8 ± 2.3	<0.001
K-Ön kol ekstansör	9.8 ± 4.4	6.3 ± 2.7	<0.001
K-Abdomen	32.3 ± 10.2	28.6 ± 13.9	0.132
K-Kuadriseps femoris	39.3 ± 8.7	21.4 ± 9.8	<0.001
K-Hamstring	35.0 ± 9.3	21.3 ± 12.4	<0.001
K-Tibialis anterior	15.7 ± 8.2	7.00 ± 3.3	<0.001
K-Gastroknemius	25.8 ± 9.0	12.6 ± 6.0	<0.001

K- kaliper ölçümü

BIA analizinde ortalama FM ve %BF kadınlarda; FFM, SMM, SMMI ise erkeklerde fazla bulunmuştur ($p < 0.001$). Kadın ve erkeklerin BIA ölçümleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3 - BIA ölçüm değerleri

	Kadın	Erkek	p
BF %	38.0 ± 8.5	23.6 ± 6.3	<0.001
FM (kg)	27.5 ± 9.9	19.2 ± 7.3	<0.001
FFM (kg)	42.0 ± 4.5	59.7 ± 9.0	<0.001
SMM (kg)	23.8 ± 2.5	33.8 ± 5.1	<0.001
SMMI (kg/m²)	9.5 ± 0.9	11.4 ± 1.4	<0.001

BIA; Biyoelektrik İmpedans Analiz, BF %; yağ oranı, FM; yağ kitlesi, FFM; yağsız kitlesi, SMM; iskelet kas kitlesi, SMMI; İskelet kas kitle indeksi

Ultrasonografi (US) ile subkutan yağ ölçümleri Tablo 4.4, kas ölçümleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Vücutta en fazla yağ kalınlığı hem kadın hem de erkeklerde abdomen bölgesinde tespit edilmiştir. Kadınlarda yağ kalınlığı tüm bölgelerde erkeklere göre daha fazladır ($p < 0.001$). Kas kalınlığı tüm bölgelerde erkeklerde daha fazla olmakla birlikte, biceps femoris ve gastroknemius kaslarında bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kaslar ayrı değerlendirildiğinde en fazla kas kalınlığı hem kadın hem de erkeklerde paraspinal kaslardadır. Bölge olarak bakıldığında ise en fazla kalınlık uyluk ön yüzde bulunmuştur.

Tablo 4.4 –US ile ölçülen subkutan yağ kalınlık değerleri (cm)

	Kadın	Erkek	p
S-biceps brakii	0.7 ± 0.3	0.3 ± 0.2	<0.001
S- triseps	1.6 ± 0.6	0.7 ± 0.3	<0.001
S-ön kol fleksör	0.6 ± 0.2	0.2 ± 0.1	<0.001
S-ön kol ekstansör	0.6 ± 0.3	0.3 ± 0.2	<0.001
S-abdomen	3.5 ± 1.3	2.3 ± 1.0	<0.001
S-paraspinal	1.2 ± 0.6	0.7 ± 0.4	<0.001
S-Kuadriseps	2.0 ± 0.6	0.9 ± 0.5	<0.001
S-hamstring	1.7 ± 0.6	0.7 ± 0.3	<0.001
S-tibialis anterior	0.6 ± 0.3	0.2 ± 0.1	<0.001
S-gastroknemius	1.1 ± 0.4	0.4 ± 0.2	<0.001
S-trokanter	3.4 ± 1.1	1.6 ± 0.7	<0.001

US; ultrasonografi, S; subkutan

Tablo 4.5 – US ile ölçülen kas kalınlık değerleri (cm)

	Kadın	Erkek	p
Biceps brakii	1.9 ± 0.3	2.5 ± 0.4	<0.001
Brakialis	0.6 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.002
Triseps	1.8 ± 0.5	2.5 ± 0.6	<0.001
FDS	1.3 ± 0.2	1.8 ± 0.2	<0.001
FDP	1.8 ± 0.3	2.2 ± 0.4	<0.001
Ön kol ekstansör	1.2 ± 0.3	1.5 ± 0.3	<0.001
Rektus abdominis	0.9 ± 0.2	1.2 ± 0.2	<0.001
Paraspinal kas	3.1 ± 0.5	3.4 ± 0.5	0.002
Rektus femoris	2.1 ± 0.4	2.6 ± 0.4	<0.001
Vastus intermedius	1.9 ± 0.5	2.3 ± 0.5	<0.001
Biceps femoris	3.0 ± 0.7	3.2 ± 0.7	0.102
Tibialis anterior	2.4 ± 0.3	2.8 ± 0.4	<0.001
Gastroknemius	1.9 ± 0.3	2.0 ± 0.3	0.113
Kol kas	2.6 ± 0.4	3.4 ± 0.5	<0.001
Ön kol kas	3.3 ± 0.4	4.1 ± 0.6	<0.001
Uyluk kas	4.4 ± 0.8	5.1 ± 0.7	<0.001

US; ultrasonografi, FDS; fleksör digitorum süperfisialis, FDP; fleksör digitorum profundus

Yapılan ölçümlerde ortalama pennasyon açısı kadınlarda 26.9 ± 5.4 , erkeklerde 26.2 ± 5.5 derece olarak bulunmuş ve fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Fasikül uzunluğu ise erkeklerde (39.5 ± 6.6 mm) kadınlardan (35.4 ± 5.5 mm) daha fazla olarak bulunmuştur ($p<0.001$).

Kişilerin 134'ü (%92.4) sağ taraf dominant iken 11'i (%7.6) sol taraf dominanttir. Kadın ve erkeklerin fonksiyonel ölçümleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Erkeklerin kadınlara göre yürüme hızları ($p=0.02$) ve kavrama kuvvetleri ($p<0.001$) istatistiksel olarak daha fazla bulunmuştur.

Tablo 4.6 – Fonksiyonel değerlendirmeler

	Kadın	Erkek	P
Hız (m/s)	1.3 ± 0.3	1.5 ± 0.3	0.02
Non-dominant el kavrama kuvveti (kg)	20.0 ± 5.2	36.9 ± 7.1	<0.001
Dominant el kavrama kuvveti (kg)	20.7 ± 5.5	37.3 ± 8.8	<0.001

BIA ölçümü referans değer olarak alınıp lineer regresyon analizi yapıldığında FM değeri ile US ile subkutan yağ doku ölçümü karşılaştırılmıştır. Kadınlarda 4 bölge (biceps brakii, rektus abdominis, gastroknemius, trokanter), erkeklerde 3 bölge (biceps brakii, paraspinal, gastroknemius) bağımsız ilişkili bulunmuş ve formüle edilmiştir. Bu formüller kullanıldığında FM değeri, kadınlarda %79.0, erkeklerde %70.3 doğrulukla gösterilmektedir (Tablo 4.7).

Kadın FM = $-1.897 + [11.236 \times \text{S-biceps brakii}] + [2.552 \times \text{S-rektus abdominis}] + [5.733 \times \text{S-gastroknemius}] + [1.802 \times \text{S-trokanter}]$

Erkek FM = $6.944 + [18.410 \times \text{S-biceps brakii}] + [3.506 \times \text{S-paraspinal}] + [3.713 \times \text{S-gastroknemius}]$

Eğer tek bölgeden ölçüm yapılmak istenirse; sadece biceps bölgesine ait değerle FM, kadınlarda %60.2, erkeklerde ise %50.6 doğruluk oranında gösterilebileceği hesaplanmıştır.

BIA ve US ile hesaplanan FM değerleri Tablo 4.9'da verilmiştir. Bland-Altman analizi US ile kadın ve erkek FM değerlendirilmelerinde sistematik bias olmadığını göstermiştir. (Şekil 4.1)

Kaliper ölçümleri ile lineer regresyon analizi yapıldığında kadınlarda 3, erkeklerde 2 bölge ilişkili olarak bulunmuştur. Bu formüllerle FM değeri, kadınlarda %60.7, erkeklerde ise %63.7 doğrulukla gösterilebilmektedir (Tablo 4.7).

Kadın FM = 1.102 + [0.326 × K-abdomen] + [0.530 × K-ön kol ekstansör] + [0.354 × K-gastroknemius]

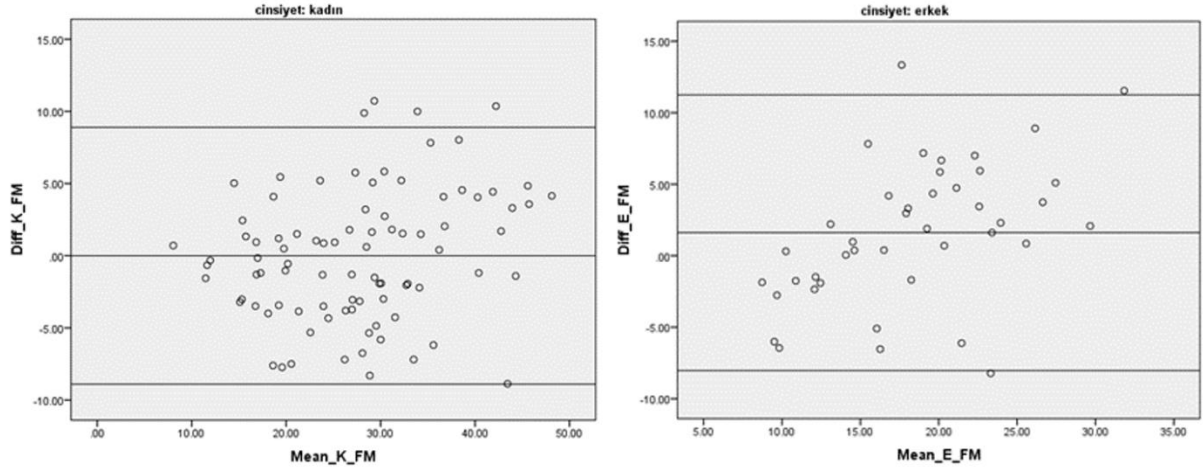
Erkek FM = 3.564 + [0.359 × K-abdomen] + [0.986 × K-ön kol ekstansör]

Tablo 4.7 – FM hesaplamak için kullanılan bölgeler ve formüllerin açıklayabilirlik dereceleri

Formül	R ²	R	SH
Kadın FM (S-biceps brakii, S-rektus abdominis, S-gastroknemius, S-trokanter)	0.790	0.889	4.7
Erkek FM (S-biceps brakii, S-paraspinal, S-gastroknemius)	0.703	0.839	4.7
Kadın FM (S-biceps brakii)	0.602	0.776	6.3
Erkek FM (S-biceps brakii)	0.506	0.711	5.2
Kadın FM (K-abdomen, K-ön kol ekstansör, K-gastroknemius)	0.607	0.779	5.7
Erkek FM (K-abdomen, K-ön kol ekstansör)	0.637	0.798	5.9

FM; FM; yağ kitlesi, SH; standart hata, S; subkutan, K; kaliper ölçümü

Şekil 4.1 – FM için Bland Altman analizi



BIA ile ölçülen ve US ile hesaplanan FM için Bland Altman analizi (%95 güven aralığında). FM; yağ kitlesi, BIA; Biyoelektrik İmpedans Analiz, US; ultrasonografi

Kas değerlendirilmesinde US ölçümü olarak 13 kas ayrı alındığında kadınlarda FDS ve gastroknemius kasları ($R^2=0,236$, $R=0,486$, $SEE=3,9$), erkeklerde biceps brakii, brakialis, biceps femoris ve gastroknemius kasları ($R^2=0,648$, $R=0,805$, $SEE=5,6$) bağımsız ilişkili bulunmuştur. Kaslar beraber değerlendirildiğinde ise kadınlarda ön kol ve gastroknemius kas kalınlığı bağımsız ilişkili ve %27.5 doğruluk oranında gösterirken, erkeklerde ise ön kol, kol, gastroknemius, biceps femoris ve uyluk kas kalınlıkları ilişkili ve %72.1 doğruluk oranında göstermektedir (Tablo 4.8).

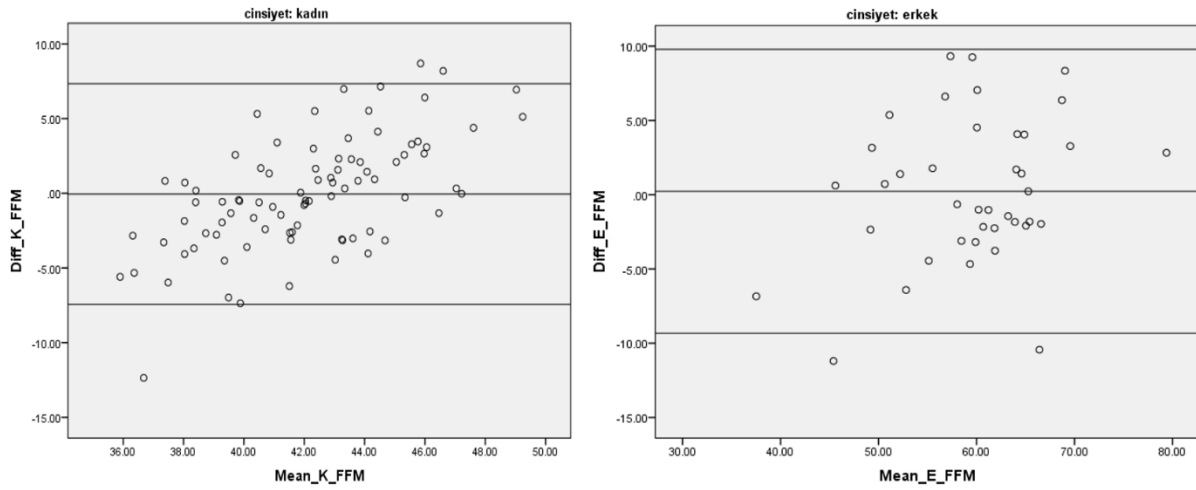
$$\text{Kadın FFM} = 19.722 + [4.458 \times \text{ön kol}] + [4.093 \times \text{gastroknemius}]$$

$$\text{Erkek FFM} = -9.915 + [4.280 \times \text{ön kol}] + [11.823 \times \text{kol}] + [10.333 \times \text{gastroknemius}] +$$

$$[3.307 \times \text{biceps femoris}] - [3.803 \times \text{uyluk}]$$

BIA ile elde edilen FM değeri ile US ile hesaplanan FFM değeri Tablo 4.9'da verilmiştir. Bland-Altman analizi US ile kadın ve erkek FFM değerlendirmesinde sistematik bias olmadığını göstermiştir. (Şekil 4.2)

Şekil 4.2– FFM için Bland Altman analizi



BIA ile ölçülen ve US ile hesaplanan FFM için Bland Altman analizi (%95 güven aralığında).

FFM; yağsız kitlesi, BIA; Biyoelektrik İmpedans Analiz, US; ultrasonografi

Sarkopeni çalışmalarında sıklıkla kullanılan SMMI değeri US ile yapılan kas ölçümleri ile lineer regresyon analizine koyulduğunda, kadınlarda triceps, gastroknemius ve kol kas kalınlığı ($R^2 = 0.578$); erkeklerde gastroknemius ve kol kas kalınlığı ($R^2 = 0.815$) ilişkili bulunmuştur (Tablo 4.8).

$$\text{Kadın SMMI} = 4.447 + [0.407 \times \text{triceps}] + [1.099 \times \text{gastroknemius}] + [0.836 \times \text{kol}]$$

$$\text{Erkek SMMI} = 0.038 + [2.293 \times \text{gastroknemius}] + [1.994 \times \text{kol}]$$

Tek ölçüm kullanılmak istendiğinde kol kas kalınlığı ölçülebilir ve kadınlarda %37.0, erkeklerde %57.0 doğruluk oranı ile SMMI gösterilebilir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8– FFM ve SMMI hesaplamak için kullanılan bölgeler ve formüllerin açıklayabilirlik dereceleri

Formül	R ²	R	SH
Kadın FFM (ön kol, gastroknemius)	0.275	0.525	3.8
Erkek FFM (ön kol, kol, gastroknemius, biceps femoris, uyluk)	0.721	0.849	5.0
Kadın SMMI (triseps, gastroknemius, kol)	0.578	0.760	0.6
Erkek SMMI (gastroknemius, kol)	0.815	0.903	0.6
Kadın SMMI (kol)	0.370	0.608	0.7
Erkek SMMI (kol)	0.570	0.755	0.9

FFM; yağsız kitlesi, SMMI; İskelet kas kitle indeksi, SH; standart hata

Her iki yöntemle hesaplanan FM ve FFM değerleri Tablo verilmiştir.

Tablo 4.9 – BIA ile ölçülen ve US ölçümleri ile hesaplanan vücut analiz değerleri (kg)

	BIA	US
Kadın FM	27.5 ± 9.9	27.2 ± 8.8
Erkek FM	19.2 ± 7.3	17.3 ± 5.1
Kadın FFM	42.0 ± 4.5	42.1 ± 2.4
Erkek FFM	59.7 ± 9.0	59.3 ± 7.5

BIA; Biyoelektrik İmpedans Analiz, US; ultrasonografi, FM; yağ kitlesi, FFM; yağsız kitlesi

Fonksiyonel değerlendirmelerde, kadınlarda yürüme hızı ile FFM ($p<0.05$) ve el kavrama kuvveti ($p<0.01$) arasında korelasyon tespit edilmiş, erkeklerde ise korelasyon gösterilememiştir (Tablo 4.10 ve 4.11).

Hem kadınlarda hem de erkeklerde el kavrama kuvveti FFM ile korelasyon göstermektedir ($p<0.01$). Yürüme hızı ise kadınlarda FFM ile ilişkili iken ($p<0.05$), erkeklerde ilişkili bulunamamıştır (Tablo 4.10 ve 4.11).

Tablo 4.10 – Kadınlarda sarkopeni değerlendirmesinde kullanılan değerlerin SMMI ve FFM ile korelasyonu

	SMMI	FFM
El kavrama kuvveti	0.097	0.337**
Yürüme Hızı	-0.140	0.264*
Ön kol kas kalınlığı	0.518**	0.448**
Kol kas kalınlığı	0.608**	0.364**

FFM; yağsız kitlesi, SMMI; İskelet kas kitle indeksi, * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Tablo 4.11 – Erkeklerde sarkopeni değerlendirmesinde kullanılan değerlerin SMMI ve FFM ile korelasyonu

	SMMI	FFM
El kavrama kuvveti	0.444**	0.582**
Yürüme Hızı	0.093	0.264
Ön kol kas kalınlığı	0.637**	0.651**
Kol kas kalınlığı	0.755**	0.603**

FFM; yağsız kitlesi, SMMI; İskelet kas kitle indeksi, * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Mikromimari değerlendirmesinde, hem kadın hem de erkeklerde gastroknemius kas kalınlığı ile pennasyon açısı arasında korelasyon bulunamamıştır. Her iki cinsiyette de pennasyon açısı ile SMMI ($p<0.05$) arasında korelasyon varken, el kavrama kuvveti veya yürüme hızı ile ilişki bulunamamıştır.

Erkeklerde fasikül uzunluğu ile gastroknemius ($p<0.05$) kas kalınlığı arasında ilişki bulunurken kadınlarda kas kalınlıkları ile ilişki saptanamamıştır. Fasikül uzunluğu ile SMM, yürüme hızı ve el kavrama kuvveti arasında hem kadın hem de erkeklerde korelasyon bulunmamaktadır.

5. TARTIŞMA

Vücut kompozisyon ölçümü, metabolik durumun değerlendirilmesi, çeşitli hastalıklar için risk analizinin yapılması, tedavi takibi açısından önemlidir. Günümüzde bu konu üzerine eğilim giderek artmakta ve doğruluğu yüksek, tekrarlanabilir, kolay uygulanabilir, ucuz, ulaşılabilir yeni yöntem(ler) arayışına girilmektedir. Literatürde DXA, BIA, US ve antropometrik ölçümlerin çeşitli amaçlarla ve çeşitli kombinasyonlarla karşılaştırıldığı az sayıda çalışma mevcuttur (44,45,81,82). Ancak BIA, US ve antropometrik ölçümlerin aynı anda karşılaştırıldığı hem yağ hem de kas kitlesinin değerlendirildiği çalışma bulunmamaktadır.

Bizim çalışmamızda referans yöntem olarak BIA kullanılmış, US ve antropometrik ölçümlerle karşılaştırılma yapılmıştır. Çalışmamızın ana sonucu, BIA ölçümlerine göre değerlendirildiğinde yağ ölçümlerinde, US ölçümleri deri kıvrım kalınlık ölçümlerine göre daha predikte edebilir olarak bulunmuştur. FFM değerlendirmesinde, erkekler için US ölçümleri iyi düzeyde açıklayıcı iken, kadınlarda kullanışlı görünmemektedir. SMMI ölçümleri için ise erkeklerde daha iyi olmakla birlikte kadınlarda da iyi düzeyde açıklamaktadır. Tüm ölçüm yöntemlerinde kadınlarda yağ ölçümü, erkeklerde ise kas ölçümünde doğruluk oranı yüksek bulunmuştur. Bu

durum kadınların erkeklerden daha fazla yağ kitlesine sahip olması ve kişiler arası daha fazla değişkenlik göstermesi sonucu daha büyük R^2 değerine sahip olması ile açıklanabilir. Aynı şekilde erkeklerde kas kitlesinin daha fazla olması sebebiyle kas ölçümlerinde R^2 değeri erkeklerde daha iyi bulunmuştur (83).

Çalışmaya katılan kadın ve erkeklerin yaş ortalamaları benzer bulunmuştur. Erkeklerin kadınlara göre boy uzunlukları ve vücut ağırlıkları daha fazladır. Bununla birlikte VKİ'ler benzerdir. Kişilerin deri kıvrım kalınlıkları değerlendirildiğinde abdomen bölgesi hariç tüm bölgelerde kadınlarda daha fazla bulunmuştur. Çevre ölçümlerinde bel çevresinin kadın ve erkek arasında benzer olması kaliper ölçümleri ile uyumluluk göstermektedir.

Hem BIA ölçümlerinde hem de US ile yapılan subkutan yağ ölçümlerinde kadınlarda erkeklere göre daha fazla yağ miktarı tespit edilmiştir. Kas ölçümlerinde ise BIA ve US değerlendirmelerinde erkeklerde daha fazla kas kitlesi bulunmuştur. Bu durum daha önceki çalışmalarla da uyumludur (23,41,47,81).

Tüm bölgelerde kas kalınlığı değerlendirildiğinde en fazla kas kalınlığı hem kadın hem de erkeklerde paraspinal kaslarda bulunmaktadır. Bölgesel olarak değerlendirildiğinde ise uyluk anteriorunda (rektus femoris + vastus intermedius) kas kalınlığı diğer bölgelere göre daha fazladır. Kas kalınlıkları daha önce 17-90 yaş arasında 95 kişi ile yapılan ve normal US verilerinin verildiği çalışmayla karşılaştırıldığında bizim çalışmamızda daha fazla bulunmuştur (79). Bu durumun sebebi bizim çalışmamızda genç erişkin sayısının fazla olmasıyla ve çalışma yapılan etnik grubun farklı olmasıyla açıklanabilir. Çalışmamızda sarkopenik olan hastaların dışlanmasıyla sağlıklı genç erişkinlerin normal değerleri elde edilmiş ve ileri çalışmalarda karşılaştırma açısından referans olarak kullanılacak veriler oluşturulmuştur.

BIA ölçümü referans değer olarak alınıp lineer regresyon analizi yapıldığında FM değeri için US ile yapılan ölçümlerden kadınlarda biceps brakii, rektus abdominis, gastroknemius, trokanter

bölgesi, erkeklerde biceps brakii, paraspinal, gastroknemius bölgesi bağımsız ilişkili olarak bulunmuştur. Eğer tek bölgeden ölçüm yapılmak istenirse sadece biceps bölgesinden ölçüm yapılabilir. Deri kıvrım kalınlık ölçümlerinde ise kadınlarda abdomen, ön kol ekstansör, gastroknemius bölgesi, erkeklerde abdomen ve ön kol ekstansör bölgesi ilişkilidir. Kadın ve erkeklerde farklı bölgelerin ilişkili olması, iki cinsiyetin farklı antropometrik özelliklere sahip olmasıyla ilişkilidir.

Bölgesel subkutan yağ ölçümü için, US ve deri kıvrım kalınlığının kaliper ile ölçümü sıklıkla kullanılmaktadır. Kaliper ölçümü kullanılsa da hem tekrarlanabilirliğinin düşük olması, eğitilmiş operatör gerektirmesi hem de ölçümün kaliperin ağız ile sınırlı olması kullanımını kısıtlamaktadır (81). US radyasyon maruziyeti olmadan, doğru, invaziv olmayan bir yöntem olarak bölgesel ve dokuya spesifik ölçüme olanak sağlamaktadır. US ile yapılan ölçümlerde cilt kalınlığı ayrılabilen ve kişilere göre değişiklik gösteren yağ doku kompresyonuna bağlı hatanın üstesinden gelinebilmektedir (31). Bizim çalışmamızda da kaliper ağız 50 mm ile sınırlı olması sebebiyle 32 hastada özellikle abdomen ve uyluk bölgesinde 50 mm üzeri kalınlıklar ölçülemedi ve eksik veri olarak kabul edilmiştir. Sonuçta subkutan ölçüm yapan iki yöntem karşılaştırıldığında US ölçümleri daha üstün bulunmuştur.

Sağlıklı gönüllülerde yapılan bir çalışmada referans metot olarak DXA alınıp US ile karşılaştırıldığında, yağ oranını hesaplamada US için R^2 değeri 0.96 bulunmuştur (30).

Başka bir çalışmada, referans metot olarak DXA alınmış, BIA, US ve deri kıvrım kalınlık ölçümü ile karşılaştırılmıştır. Su altı ağırlık yöntemi baz alınarak oluşturulmuş formül kullanılarak US ve deri kıvrım kalınlık yöntemi için yağ oranı hesaplanmıştır. Sınıf içi korelasyon katsayısı değerlendirildiğinde deri kıvrım kalınlığı, US ve BIA için sırasıyla $R = 0.95, 0.94, 0.84$ olarak bulunmuştur. Deri kıvrım kalınlığı ve BIA ölçümlerinde hata oranı obez kişilerde artmış ancak US ile yapılan ölçümlerde yağ oranı artışı ile hata oranı azalmıştır. Ayrıca bu çalışmada

regresyon analizi ile formül oluşturulmuş, deri kıvrım kalınlığı için kadın ve erkeklerde R^2 değeri sırasıyla 0.82 ve 0.85, US ölçümü için ise 0.80 ve 0.87 olarak belirlenmiştir (82). Bizim çalışmamızda deri kıvrım kalınlığı için sırasıyla 0.60 ve 0.61, US ölçümü için ise 0.79 ve 0.61 olarak bulunmuştur. Bu durum farklı referans metot kullanılması ve bizim çalışmamızın ileri yaş hastaları kapsamı ve farklı ölçüm bölgeleri kullanılması ile ilişkili olabilir. Her iki çalışmayı doğrudan karşılaştırmak uygun değildir.

Çalışmaya katılan kişilerde FM açısından, hem kadın hem de erkekte en ilişkili bölge biceps olarak tespit edilmiştir. US ve DXA'nın karşılaştırıldığı 18-29 yaş arası 135 genç erişkinde yapılan bir çalışmada ise US ile yapılan subkutan yağ ölçümlerinde en yüksek korelasyon hem kadınlarda hem de erkeklerde abdomen bölgesinde bulunmuştur. Ancak bu çalışmada ölçüm bölgesi olarak triceps, abdomen, iliak krest, uyluk ön yüz ve baldır mediali kullanılmıştır (81). Bizim çalışmamızda ise 11 bölgeden ölçüm yapılmış ve ileri yaştaki hastalar da çalışmaya dahil edilmiştir.

İskelet kas kitlesinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi özellikle yaşa bağlı kas kaybını değerlendirme açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla MRG, BT, antropometri, BIA, idrar kreatinin, tüm vücut K ölçümü, DXA kullanılmaktadır. Altın standart yöntemler ise MRG ve BT olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte kolay ulaşılabilir, ucuz ve radyasyon içermeyen bir teknik olarak US kullanımı da son yıllarda yaygınlaşmıştır. 2006 yılında yapılan US geçerlilik çalışmasında 18-61 yaş arası 72 sağlıklı gönüllü hem US hem de tüm vücut MRG ile değerlendirilmiştir. 9 bölgeden ölçüm yapılmış ve bunların toplamı ile formül oluşturulmuştur. Bu formül ile MRG ölçümleri karşılaştırıldığında $R^2=0.96$ olarak belirlenmiştir (44). 2014 yılında ise aynı şekilde US ile kas kalınlıkları subkutan yağ-kas sınırından kas-kemik sınırına kadar olan ölçümler 9 bölgeden alınmış, US ölçümlerinin DXA ile karşılaştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Orta-ileri yaştaki (50-78 yaş) 79 gönüllü dahil edilmiştir. Daha önce belirtilmiş dört formüle

göre US ölçümleri hesaplanmış ve DXA ölçümleri karşılaştırılmıştır. En yüksek R^2 değeri Sanada ve arkadaşlarının belirlediği formülde çıkmıştır (kadınlarda $R^2=0.894$, erkeklerde $R^2=0.909$) (45).

Genç-orta yaş bireylerin değerlendirildiği başka bir çalışmada kas ölçümleri ayrı değerlendirilmiş ve kadınlarda abdomen, uyluk ön ve kol ön bölge kasları, erkeklerde abdomen, bacak arka ve uyluk ön bölge kasları bağımsız ilişkili olarak değerlendirip formülde kullanılması önerilmiştir (84).

Yaptığımız çalışmada FFM değerlendirmede US ve BIA karşılaştırılmış ve tüm vücut bölgelerinde kaslar ayrı alınarak doğruluk oranının artıp artmadığına bakılmıştır. Kolda biceps ve brakialis, ön kolda FDS ve FDP, uylukta rektus femoris ve vastus intermedius kasları ayrı alınıp değerlendirildiğinde kadınlarda FDS ve gastroknemius kasları ($R^2=0,236$), erkeklerde biceps brakii, brakialis, biceps femoris ve gastroknemius kasları ($R^2=0,648$) bağımsız ilişkili bulunmuştur. Daha kolay ölçüm yapılması amacıyla kaslar kol, ön kol ve uylukta ayrılmadan toplam kas kalınlığı olarak alındığında ise kadınlarda ön kol ve gastroknemius kasları ($R^2=0,275$), erkeklerde ise ön kol, kol, gastroknemius, biceps femoris ve uyluk kasları ($R^2=0,721$) ilişkilidir. Her iki formülde de R^2 değerleri benzer olması nedeniyle toplam kas kalınlıkları daha pratik olarak kullanılabilir. Ancak kadınlarda US ile kas kitlesinin değerlendirilmesi çok elverişli görünmemektedir. Çalışmamızda oluşturduğumuz formül daha önce belirlenen formüle göre daha düşük R^2 değerine sahiptir. Bu durum farklı bölgelerden ölçüm yapılması ile ilişkili olabilir (44,45). Sarkopeni çalışmalarında sıklıkla kullanılan SMMI değeri için US ve BIA karşılaştırıldığında ise kadınlarda (triseps, gastroknemius, kol) %57.8, erkeklerde ise (gastroknemius, kol) %81.5 açıklayıcılıkla formül elde edilmiştir. Tek bölgeden ölçüm yapılmak istenirse her iki cinsiyette de biceps kası kullanılabilir. Bu formüllerde sarkopenide öncelikle etkilenen uyluk ve rektus abdominis kasları bulunmamaktadır.

Çalışmaya alınan yaşlı kişi sayısının az olması bu durumla ilişkili olabilmektedir. Bu formülün sarkopeniyi erken dönemde tespit etmek için kullanımı yetersiz olabilir.

Sarkopenide bazı kaslar daha önce etkilenmektedir. US ile yapılan bir çalışmada uyluk kas kalınlığının yaş birlikte azaldığı ancak kol kaslarının değişmediği gösterilmiştir. Başka bir çalışmada ise yaşlılarda abdominal kas kalınlığının gençlere göre %31 az olduğu ve bu azalmanın uyluk kaslarından daha fazla olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle sarkopeni değerlendirmesinde bölgesel değerlendirmelerin daha faydalı olabileceğine dair görüşler vardır (85). Bu amaçla uyluk ön /arka kas kalınlık oranının kullanışlı olabileceği gösterilmiştir. Bu şekilde değerlendirildiğinde kişilerde sarkopeni prevalansı daha yüksek saptanmaktadır (52). Bununla birlikte eğer bir kişide uyluk ön ve arka kısmındaki azalma benzer şekilde ise toplam kas kitlesi azalmasına rağmen oran normal olarak değerlendirilebilir. Bu amaçla DXA ile ölçülen ekstremite yağsız kitle ile US ile uyluk kas oranları değerlendirilmiş ve ilişkili bulunmamıştır. Uyluk kas oranının tüm vücut ekstremite yağsız kitlesinden bağımsız olarak azalabileceği söylenmiştir (53).

Fonksiyonel değerlendirmelerde yürüme hızı ve el kavrama kuvveti erkeklerde daha fazladır. El kavrama kuvveti kadın ve erkeklerde FFM ile ilişkili iken, yürüme hızı ile kas kitlesi arasında ilişki sadece kadınlarda gözlenmiştir. Sarkopeni çalışmalarında yürüme hızı ve el kavrama kuvveti önemli bir yer tutmaktadır. Yürüme hızı sarkopeni değerlendirmede ilk bakılacak fonksiyonel değerlendirmedir. Yürüme hızı < 0.8 m/s olanlarda ileri değerlendirme yapılması gerekmektedir (32). Bizim çalışmamızda yürüme hızı ile kas kitlesi arasında ilişki sadece kadınlarda bulunmuştur. Bu durum erkek sayısının az olması ile açıklanabilmekle birlikte, 45 birey alındığı düşünüldüğünde erkeklerde yürüme hızının yetersiz kalabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yaşla birlikte el kavrama kuvveti azalmakta ve bu azalma fiziksel özürlülük, kognitif yetersizlik, hareket etmede kısıtlılık, osteoporoz ve mortalite riskinde artışla birliktelik göstermektedir. Bu nedenle EWGSOP sarkopeni tanısında kavrama kuvvetinin değerlendirilmesini önermektedir. Hastalarda el kavrama kuvveti değerlendirmesi ile kas kitlesi hakkında fikir sahibi olabileceği söylenmektedir (32). Bizim çalışmamızda da kavrama kuvveti kas kitlesi ile ilişkili bulunmuştur.

Mikromimari değerlendirmesinde fasikül uzunluğu erkeklerde daha fazla, pennat açısı ise benzer değerlerde bulunmuştur. Hem fasikül uzunluğu hem de pennasyon açısı ile gastroknemius kas kalınlığı arasındaki korelasyon sadece erkeklerde tespit edilmiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada ise triseps, vastus lateralis ve gastroknemius medial başında kas kalınlığı ile pennasyon açısı arasında korelasyon gösterilmiştir (86). Ancak bu çalışmada kas kalınlığı ekstremiteler uzunluğuna göre düzeltilerek değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamızda kadınlarda korelasyon gösterilememesi bu nedenle olabilir.

100 m koşucularında kontrol grubuna göre vastus lateralis, gastroknemius lateral başında fasikül uzunluğu daha fazla bulunmuş ve bu durumun performansla ilişkisi gösterilmiştir (59). Ancak gastroknemius medial başı için aynı durum söz konusu değildir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde gastroknemius medial başından ölçülen fasikül uzunluğu yürüme hızı ve el kavrama kuvveti gibi fonksiyonel değerlendirmelerle korelasyon gösterilememektedir.

Yaşlı ve gençlerde kuadriseps kasında kas kalınlığı, pennasyon açısı ve ekojeniteyle kas gücünün karşılaştırıldığı çalışmada yaşlılarda kas kalınlığı ve pennasyon açısı az, ekojenite ise gençlere göre fazla bulunmuştur. Kas kalınlığı ile kas gücü arasında hem genç hem de yaşlılarda pozitif korelasyon bulunurken, pennasyon açısı ile negatif korelasyon sadece gençlerde gözlenmiştir (53). Bizim çalışmamızda gastroknemius kası pennasyon açısıyla kas gücü ve yürüme hızında ilişki gösterilememiştir. Bu durum bizim çalışma grubumuzun yaş ortalamasının yaklaşık 40 olması ile ilişkili olabilir.

Bu çalışmanın rölatif limitasyonu, referans metot olarak BIA alınmasıdır. BT ve MRG'ın pahalı tetkikler olması, BT ve DXA'nın radyasyon maruziyeti bulunması nedeniyle çok hasta ile yapılan bir çalışmada geçerliliği yapılmış ve klinik pratikte uygulanan BIA kullanılmıştır (87-89). BIA'nın DXA ile karşılaştırıldığı çalışmalarda sınıf içi korelasyon katsayısı oldukça yüksek (0.89-0.99) olarak belirtilmiştir (70).

Sonuç olarak, kas iskelet sistemi US'si vücut kompozisyonunu değerlendirmede kullanışlı bir yöntemdir. Özellikle yaşlı popülasyonda sık görülen sarkopeni değerlendirmesi için pratik, radyasyon içermeyen, taşınabilir bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Hem kantitatif değer vermek için hem de mikromimari değerlendirmesi ve fonksiyonel değerlendirmeler için uygun bir alternatif olabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Bu çalışmada sağlıklı gönüllüler dahil edilmiş, BIA, US ve antropometrik ölçümler yapılmış, el kavrama kuvveti ve yürüme hızı değerlendirilmiştir. US ölçümlerinin hem kas hem de yağ ölçümleri açısından BIA ile uyumlu sonuçlar verdiği gösterilmiş ve ileriki çalışmalar için referans US ölçümleri belirlenmiştir.
- BIA ölçümüne göre değerlendirildiğinde yağ ölçümlerinde US, deri kıvrım kalınlık ölçümüne göre daha üstün bulunmuştur.
- FFM değerlendirmesinde erkekler için US ölçümleri iyi düzeyde açıklayıcı iken, kadınlarda kullanımı yetersiz kalmaktadır.
- Tüm ölçüm yöntemlerinde kadınlarda yağ ölçümü, erkeklerde ise kas ölçümünde doğruluk oranı yüksek bulunmuştur.
- Hem kadınlarda hem de erkeklerde el kavrama kuvveti kas kitlesi ile ilişkilidir.

- Yürüme hızı kadınlarda kas kitlesi ile ilişkili iken, erkeklerde ilişkili bulunamamıştır.
- Hem kadın hem de erkeklerde gastroknemius kas kalınlığı ile pennasyon açısı arasında korelasyon bulunmamıştır. Her iki cinsiyette de pennasyon açısı ile SMMI arasında korelasyon tespit edilmiştir.
- Erkeklerde fasikül uzunluğu ile gastroknemius kas kalınlığı arasında ilişki bulunurken kadınlarda kas kalınlıkları ile ilişki yoktur. Her iki cinsiyette de fasikül uzunluğu ile kas kitlesi arasında korelasyon bulunamamıştır.
- Çalışmamız özellikle sarkopeni tanısı açısından kolayca ulaşılabilen, ucuz ve pratik bir yöntem olan kas iskelet sistemi ultrasonografisinin kas kitlesi, mikromimarisi ve fonksiyonunu değerlendirmede uygun bir yöntem olabileceğini desteklemekte ve ileride yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Madden AM, Smith S. Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: a review of anthropometric variables. *J Hum Nutr Diet.* 2016;29:7-25.
2. Wagner DR. Ultrasound as a tool to assess body fat. *J Obes.* 2013;2013:280713.
3. Behnke AR. Physiologic studies pertaining to deep sea diving and aviation, especially in relation to the fat content and composition of the body: the Harvey lecture, March 19, 1942. *Bull N Y Acad Med* 1942; 18: 561-585.
4. Behnke AR. Comment on the determination of whole body density and a resume of body composition data. In: Brožek J, Henschel A (eds). *Techniques for Measuring Body Composition.* National Academy of Sciences/National Research Council: Washington, DC, 1961, pp. 118-133.
5. Siri WE (ed.). *Gross Composition of the Body.* In: *Advances in Biological and Medical Physics, Vol. IV.* Academic Press: New York, 1956.
6. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: Brožek J, Henschel A (eds). *Techniques for Measuring Body Composition.* National Academy of Sciences/ National Research Council: Washington, DC, 1961, pp. 223-244.
7. Selinger A The body as a three component system. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Illinois, Urbana, IL. 1977.
8. Wang Z, Pi-Sunyer FX, Kotler DP et al. Multicomponent methods: evaluation of new and traditional soft tissue mineral models by in vivo neutron activation analysis. *Am J Clin Nutr.* 2002; 76: 968–974.

9. Heymsfield SB, Ebbeling CB, Zheng J, Pietrobelli A, Strauss BJ, Silva AM, Ludwig DS. Multi-component molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. *Obes Rev.* 2015;16:282-94.
10. Heymsfield SB, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr.* 1997;17:527-58.
11. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: why, when and for who? *Clin Nutr.* 2012;31:435-47.
12. Bazzocchi A, Diano D, Ponti F, Salizzoni E, Albisinni U, Marchesini G, Battista G. A 360-degree overview of body composition in healthy people: relationships among anthropometry, ultrasonography, and dual-energy x-ray absorptiometry. *Nutrition.* 2014;30:696-701.
13. Wang ZM, PiersonRNJr,Heymsfield SB. The five level model: a new approach to organizing body composition research. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992 56:19-28.
14. Heymsfield SB, Waki M, Kehayias J, Lichtman S, Dilmanian FA, et al. 1991. Chemical and elemental analysis of humans in vivo using improved body composition models. *Am. J. Physiol.* 261:E190-98.
15. Shizgal HM, Spanier AH, Humes J,Wood CD. Indirect measurement of total exchangeable potassium. *Am. J. Physiol.* 1977. 233:F253-59.
16. Rubbieri G, Mossello E, Di Bari M. Techniques for the diagnosis of sarcopenia. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2014;11:181-4.
17. Connor Gorber, S., Tremblay, M., Moher, D. & Gorber, B. A comparison of direct vs self-report measures for assessing height, weight and body mass index: a systematic review. *Obes. Rev.* 2007;8:307-326.

18. Kuk, J.L., Katzmarzyk, P.T., Nichaman, M.Z., Church, T.S., Blair, S.N. & Ross, R. Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity*. 2006;14:336-341.
19. Schlecht I, Wiggermann P, Behrens G, Fischer B, Koch M, Freese J, Rubin D, Nöthlings U, Stroszczyński C, Leitzmann MF. Reproducibility and validity of ultrasound for the measurement of visceral and subcutaneous adipose tissues. *Metabolism*. 2014;63:1512-9.
20. Flegal, K.M. & Graubard, B.I. Estimates of excess death associated with body mass index and other anthropometric variables. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009;89:1213-1219.
21. Rolland, Y., Lauwers-Cances, V., Cournot, M., Nourshahemi, F., Reynish, W., Riviere, D., Vellas, B. & Grandjean, H. Sarcopenia, calf circumference and physical function of elderly women: a cross sectional study. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2003;51:1120-1124.
22. Stewart, A.D. & Sutton, L. *Body Composition in Sport, Exercise and Health*. Abingdon: Routledge. (2012)
23. Gradmark AM, Rydh A, Renström F, De Lucia-Rolfe E, Sleigh A, Nordström P, Brage S, Franks PW. Computed tomography-based validation of abdominal adiposity measurements from ultrasonography, dual-energy X-ray absorptiometry and anthropometry. *Br J Nutr.* 2010;104:582-8.
24. Bazzocchi A, Filonzi G, Ponti F, Albinetti U, Guglielmi G, Battista G. Ultrasound: Which role in body composition? *Eur J Radiol.* 2016;85:1469-80.
25. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Todesco T, Bergamo-Andreis IA, Procacci C, Bosello O. The contribution of sonography to the measurement of intra-abdominal fat. *J Clin Ultrasound.* 1990;18:563-7.

26. G. Tornaghi, R. Raiteri, C. Pozzato, et al., Anthropometric or ultrasonic measurements in assessment of visceral fat? A comparative study, *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 1994; 18:771-775.
27. R. A. Booth, B. A. Goddard, and A. Paton, "Measurement of fat thickness in man: a comparison of ultrasound, Harpenden calipers and electrical conductivity," *British Journal of Nutrition*, vol. 20, no. 4, pp. 719-725, 1966.
28. B. A. Bullen, F. Quaade, E. Olessen, and S. A. Lund, "Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans," *Human Biology*, vol. 37, no. 4, pp. 375-384, 1965.
29. Vlachos IS, Hatzioannou A, Perelas A, Perrea DN. Sonographic assessment of regional adiposity. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;189:1545-53.
30. Pineau JC, Guihard-Costa AM, Bocquet M. Validation of ultrasound techniques applied to body fat measurement. A comparison between ultrasound techniques, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance vs. dual-energy X-ray absorptiometry. *Ann Nutr Metab.* 2007;51:421-7.
31. C Toomey, K McCreesh, S Leahy, P Jakeman. Technical considerations for accurate measurement of subcutaneous adipose tissue thickness using B-mode ultrasound. *Ultrasound.* 2011;19:91-96.
32. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinková E, Vandewoude M, Zamboni M; European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing.* 2010;39:412-23.
33. Rosenberg IH. Summary comments. *Am J Clin Nutr.* 1989;50:1231-3. 11.

34. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr.* 1997;127(5 Suppl):990S-991S.
35. Morley JE. Sarcopenia: diagnosis and treatment. *J Nutr Health Aging* 2008; 12: 452–6.
36. J. Lexell, C.C. Taylor, M. Sjöström, What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men, *J. Neurol. Sci.* 1988;84:275-294
37. Sergi G, Trevisan C, Veronese N, Lucato P, Manzato E. Imaging of sarcopenia. *Eur J Radiol.* 2016;85:1519-24.
38. Miljkovic N, Lim JY, Miljkovic I, Frontera WR. Aging of skeletal muscle fibers. *Ann Rehabil Med.* 2015;39:155-62.
39. Beaudart C, Reginster JY, Slomian J, Buckinx F, Dardenne N, Quabron A, Slangen C, Gillain S, Petermans J, Bruyère O. Estimation of sarcopenia prevalence using various assessment tools. *Exp Gerontol.* 2015;61:31-7.
40. Studenski SA, Peters KW, Alley DE, Cawthon PM, McLean RR, Harris TB, Ferrucci L, Guralnik JM, Fragala MS, Kenny AM, Kiel DP, Kritchevsky SB, Shardell MD, Dam TT, Vassileva MT. The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014;69:547-58.
41. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, Abellan van Kan G, Andrieu S, Bauer J, Breuille D, Cederholm T, Chandler J, De Meynard C, Donini L, Harris T, Kannt A, Keime Guibert F, Onder G, Papanicolaou D, Rolland Y, Rooks D, Sieber C, Souhami E, Verlaan S, Zamboni M. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* 2011;12:249-56.

42. Bohannon RW, Chu J, Steffl M. Association of older women's limb circumferences and muscle mass as estimated with bioelectrical impedance. *J Phys Ther Sci*. 2016;28:1016-9.
43. Boutin RD, Yao L, Canter RJ, Lenchik L. Sarcopenia: Current Concepts and Imaging Implications. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;205:W255-66.
44. Sanada K, Kearns CF, Midorikawa T, Abe T. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96:24-31.
45. Abe T, Loenneke JP, Young KC, Thiebaud RS, Nahar VK, Hollaway KM, Stover CD, Ford MA, Bass MA, Loftin M. Validity of ultrasound prediction equations for total and regional muscularity in middle-aged and older men and women. *Ultrasound Med Biol*. 2015 ;41:557-64.
46. Abe T, Thiebaud RS, Loenneke JP, Young KC. Prediction and validation of DXA-derived appendicular lean soft tissue mass by ultrasound in older adults. *Age (Dordr)*. 2015;37:114.
47. Takai Y, Ohta M, Akagi R, Kato E, Wakahara T, Kawakami Y, Fukunaga T, Kanehisa H. Applicability of ultrasound muscle thickness measurements for predicting fat-free mass in elderly population. *J Nutr Health Aging*. 2014;18:579-85.
48. Abe T, Sakamaki M, Yasuda T, Bemben MG, Kondo M, Kawakami Y, Fukunaga T. Age-related, site-specific muscle loss in 1507 Japanese men and women aged 20 to 95 years. *J Sports Sci Med*. 2011;10:145-50. eCollection 2011.
49. Minetto MA, Caresio C, Menapace T, Hajdarevic A, Marchini A, Molinari F, Maffiuletti NA. Ultrasound-Based Detection of Low Muscle Mass for Diagnosis of Sarcopenia in Older Adults. *PM R*. 2016;8:453-62.

50. Abe T, Ogawa M, Thiebaud RS, Loenneke JP, Mitsukawa N. Is muscle strength ratio a criterion for diagnosis of site-specific muscle loss? *Geriatr Gerontol Int.* 2014;14:837-44.
51. Frontera WR, Reid KF, Phillips EM, Krivickas LS, Hughes VA, Roubenoff R, Fielding RA. Muscle fiber size and function in elderly humans: a longitudinal study. *J Appl Physiol.* 2008;105:637-642.
52. Abe T, Thiebaud RS, Loenneke JP, Loftin M, Fukunaga T. Prevalence of site-specific thigh sarcopenia in Japanese men and women. *Age (Dordr).* 2014;36:417-26.
53. Abe T, Patterson KM, Stover CD, Geddam DA, Tribby AC, Lajza DG, Young KC. Site-specific thigh muscle loss as an independent phenomenon for age-related muscle loss in middle-aged and older men and women. *Age (Dordr).* 2014;36:9634.
54. Abe T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Fukunaga T. Age-related site-specific muscle wasting of upper and lower extremities and trunk in Japanese men and women. *Age (Dordr).* 2014;36:813-21.
55. Abe T, Loenneke JP, Thiebaud RS. Ultrasound assessment of hamstring muscle size using posterior thigh muscle thickness. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;36:206-10.
56. Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, Quittan M, Graf A. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age (Dordr).* 2013;35:2377-88.
57. Morse CI, Thom JM, Reeves ND, Birch KM, Narici MV. In vivo physiological cross-sectional area and specific force are reduced in the gastrocnemius of elderly men. *J Appl Physiol.* 2005;99:1050-1055.
58. Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, Vaz MA, Lanferdini FJ, Radaelli R, González-Izal M, Bottaro M, Kruel LF. Neuromuscular

- adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr)*. 2013;35:891-903.
59. Abe T, Fukashiro S, Harada Y, Kawamoto K. Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2001;20:141-7.
60. Abe T, Kumagai K, Brechue WF. Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1125-9.
61. Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol* (1985). 2000;88:811-6.
62. Abe T. Fascicle length of gastrocnemius muscles in monozygous twins. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2002;21:291-5.
63. Watanabe Y, Yamada Y, Fukumoto Y, Ishihara T, Yokoyama K, Yoshida T, Miyake M, Yamagata E, Kimura M. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clin Interv Aging*. 2013;8:993-8.
64. Smith S, Madden AM. Body composition and functional assessment of nutritional status in adults: a narrative review of imaging, impedance, strength and functional techniques. *J Hum Nutr Diet*. 2016 May 3.
65. Aubrey J, Esfandiari N, Baracos VE et al. Measurement of skeletal muscle radiation attenuation and basis of its biological variation. *Acta Physiol*. 2014;201, 489–497.
66. Andreoli A, Garaci F, Cafarelli FP, Guglielmi G. Body composition in clinical practice. *Eur J Radiol*. 2016;85:1461-8.
67. Befroy DE & Shulman GI Magnetic resonance spectroscopy studies of human metabolism. *Diabetes*. 2011;60,1361-1369.

68. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo A et al., Bioelectrical impedance analysis – part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr.* 2004;1430-1453.
69. Mialich MS, Sicchieri JMF & Junior AAJ Analysis of body composition: a critical review of the use of bioelectrical impedance analysis. *Int J Clin Nutr.* 2014;2:1-10.
70. Ling CH, de Craen AJ, Slagboom PE, Gunn DA, Stokkel MP, Westendorp RG, Maier AB. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clin Nutr.* 2011;30:610-5.
71. Bullen BA, Quaade F, Olsen F, et al. Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans. *Hum Biol.* 1965;37:375-84.
72. Booth RAD, Goddard BA, Paton A. Measurement of fat thickness in man: a comparison of ultrasound, harpenden calipers and electrical conductivity. *Br J Nutr* 1966;20:719-25.
73. Müller W, Horn M, Fürhapter-Rieger A, Kainz P, Kröpfl JM, Maughan RJ, Ahammer H. Body composition in sport: a comparison of a novel ultrasound imaging technique to measure subcutaneous fat tissue compared with skinfold measurement. *Br J Sports Med.* 2013;47:1028-35.
74. Ishida H, Watanabe S. Influence of inward pressure of the transducer on lateral abdominal muscle thickness during ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:815-8.
75. Müller W, Horn M, Fürhapter-Rieger A, Kainz P, Kröpfl JM, Ackland TR, Lohman TG, Maughan RJ, Meyer NL, Sundgot-Borgen J, Stewart AD, Ahammer H. Body composition in sport: interobserver reliability of a novel ultrasound measure of subcutaneous fat tissue. *Br J Sports Med.* 2013;47:1036-43.

76. Cadore EL, Izquierdo M, Conceicao M, et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Exp Gerontol.* 2012;47:473-478.
77. Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, et al. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1519-1525.
78. Bahat G, Tufan A, Tufan F, Kilic C, Akpınar TS, Kose M, Erten N, Karan MA, Cruz-Jentoft AJ. Cut-off points to identify sarcopenia according to European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition. *Clin Nutr.* 2016 Feb 11. pii: S0261-5614(16)00058-3.
79. Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve.* 2010;41:32-41.
80. Wilson A, Hides JA, Blizzard L, Callisaya M, Cooper A, Srikanth VK, Winzenberg T. Measuring ultrasound images of abdominal and lumbar multifidus muscles in older adults: A reliability study. *Man Ther.* 2016;23:114-9.
81. Leahy S, Toomey C, McCreesh K, O'Neill C, Jakeman P. Ultrasound measurement of subcutaneous adipose tissue thickness accurately predicts total and segmental body fat of young adults. *Ultrasound Med Biol.* 2012;38:28-34.
82. Duz S, Kocak M, Korkusuz F, Evaluation of body composition using three different methods compared to dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal Of Sport Science.* 2009;9:181-190
83. Al-Gindan YY, Hankey CR, Govan L, Gallagher D, Heymsfield SB, Lean ME. Derivation and validation of simple anthropometric equations to predict adipose tissue mass

- and total fat mass with MRI as the reference method. *Br J Nutr.* 2015;14;114:1852-67.
84. Abe T, Kondo M, Kawakami Y, Fukunaga T. Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. *Am J Hum Biol.* 1994;6, 161-170.
85. Miyatani M, Kanehisa H, Azuma K, Kuno S, Fukunaga T. Site-related differences in muscle loss with aging. A cross-sectional survey on the muscle thickness in Japanese men aged 20 to 79 years. *Int J Sport Health Sci.* 2003;1:34-40.
86. Kawakami Y, Abe T, Kanehisa H, Fukunaga T. Human skeletal muscle size and architecture: variability and interdependence. *Am J Hum Biol.* 2006;18:845-8.
87. Faria SL, Faria OP, Cardeal MD, Ito MK. Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obes Surg.* 2014;249:1476-80.
88. Buckinx F, Reginster JY, Dardenne N, Croisier JL, Kaux JF, Beaudart C, Slomian J, Bruyère O. Concordance between muscle mass assessed by bioelectrical impedance analysis and by dual energy X-ray absorptiometry: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:60.
89. Esco MR, Snarr RL, Leatherwood MD, Chamberlain NA, Redding ML, Flatt AA, Moon JR, Williford HN. Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *J Strength Cond Res.* 2015;29:918-25.

Antropometrik Değerlendirmede Kas İskelet Sistemi Ultrasonografisinin Yeri

Adı Soyadı:

Dosya no:

Yaş:

Ek Hastalık:

Kilo:

Boy:

Sigara:

Bel çevresi:

Kalça çevresi:

Orta üst kol çevresi:

Baldır çevresi:

Biyoelektrik impedans analiz

FM:

FFM:

BFMI:

FFMI:

	<i>US ile Kas kalınlığı</i>	<i>Dermis/sc yağ kalınlığı</i>	<i>Kaliper ile kalınlık</i>
Biceps/Brakialis			
Triseps			
FDS/FDP			
ECR			
Paraspinal kaslar			
Rektus abdominis			
Rektus femoris			
Biceps femoris			
Tibialis anterior			
Gastroknemius			

Trokanter yağ:

Gastroknemius pennat açısı:

Gastroknemius fasikül uzunluğu:

Fonksiyonel Değerlendirme

El kavrama kuvveti:

Yürüme hızı:



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557-1193

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 04.11.2015 ÇARŞAMBA
Toplantı No : 2015/22
Proje No : GO 15/680(Değerlendirme Tarihi: 04.11.2015)
Karar No : GO 15/680 - 13

Üniversitemiz Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Levent ÖZÇAKAR'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Ayşe Merve ATA'nın tezi olan GO 15/680 kayıt numaralı ve "Antropometrik Değerlendirmede Kas İskelet Sistemi Ultrasonografisinin Yeri" başlıklı proje önerisi araştırmannın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- | | |
|---|--|
| 1. Prof. Dr. Nurten Akarsu (Başkan) | 9 Prof. Dr. Rahime Nohutçu (Üye) |
| 2. Prof. Dr. Nuket Örnek Buken (Üye) | 10. Prof. Dr. R. Köksal Özgül (Üye) |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım Sara (Üye) | 11. Prof. Dr. Ayşe Lale Doğan (Üye) |
| 4. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu (Üye) | 12. Prof. Dr. Leyla Dinç (Üye) |
| 5. Prof. Dr. Cenk Sökmensüer (Üye) | 13. Prof. Dr. Hatice Doğan Buzoğlu (Üye) |
| 6. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay (Üye) | İZİNLI |
| 7. Prof. Dr. Ali Düzova (Üye) | 14. Doç. Dr. S. Kutay Demirkan (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Levent Akın (Üye) | 15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl (Üye) |
| | 16. Av. Meltem Onurlu (Üye) |