

Vücut Kompozisyonu ve Antropometrik Ölçümler

Seyed Houtan Shahidi¹

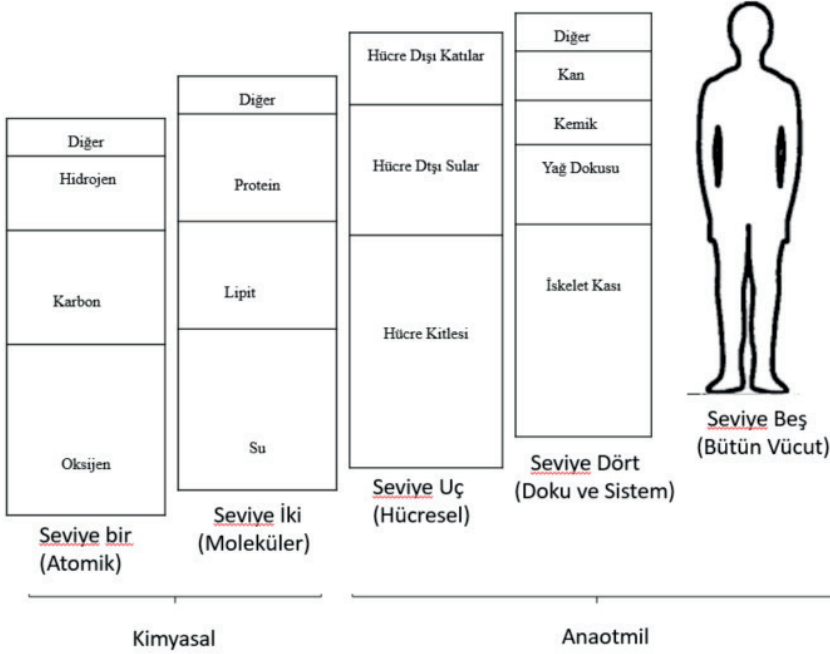
Özet

Antropometrik ölçümler, pediatrik ve yetişkin popülasyonları, özellikle de sporcuları içeren çeşitli gruplarda insan vücudunun çeşitli özelliklerini değerlendirmekte kritik bir rol oynamaktadır. Bu ölçümler, risk faktörlerini teşhis etmek, spor performansını optimize etmek ve hastaların tedavi sonrasında ilerlemelerini değerlendirmelerine yardımcı olmak gibi çeşitli amaçlara hizmet eder. Doğru değerlendirmeler sağlamak için, Uluslararası Kinantropometri İlerleme Derneği (ISAK) tarafından savunulan standart bir protokol içinde doğrulanmış ve güvenilir yöntemlerin kullanılması esastır. Yedi on yıl öncesine kadar antropometri, vücut büyüklüğünü ve oranlarını nicelendirmek için kullanılan temel bir teknik olarak varlığını sürdürdü. 1921'de geliştirilen ilk denklemler, vücut yağını tahmin etmek için vücut uzunluğu, genişlik, çevre ve deri kıvrım kalınlığı ölçümlerine dayanıyordu. Bu teknik, taşınabilirliği, invaziv olmaması, maliyet etkinliği, saha çalışmaları için uygunluğu ve mevcut geniş bir literatürü içindeki avantajlarıyla öne çıkar. Bu bölüm, doğrulanmış yöntemlerin standart protokoller içinde kullanılmasının ve özellikle vücut yağını tahmin etme bağlamında antropometrinin tarihî öneminin vurgulandığı bir akademik özet sunar. Aynı zamanda antropometrik araçların taşınabilirlik ve maliyet etkinliğini vurgular, bunları hem araştırma hem de pratik uygulamalarda değerli araçlar olarak konumlandırır. Genel olarak antropometriyi, doğru ve anlamlı antropometrik ölçümler elde etmeye dahil olan uygulayıcılar, araştırmacılar ve bireyler için kapsamlı bir rehber olarak konumlandırır.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Faculty of Sports Science, Department of Sports Coaching, Istanbul Gedik Üniversitesi, Istanbul, Turkey, <https://orcid.org/0000-0001-5379-3567>

1. GİRİŞ

Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi tıp gibi çok çeşitli alanlarda yaygındır, antropoloji, ergonomi, spor performansı ve çocuk büyümesi. Hala vücut yağ oranını ölçmeye odaklanırken sağlık durumu ve spor performansı ile ilişkilendirilmesine rağmen, vücudun diğer bileşenlerinin miktarını ölçmek için geçerli sebepler bulunmaktadır. Sonuç olarak, vücut bileşimini değerlendirmeye yönelik ilgi, son yıllarda yeni teknolojilerin kompozisyon problemlerine uygulanmasıyla belirgin şekilde artmıştır (1, 2). Geleneksel dansitometri yöntemi, temel varsayımlarından birinin sık sık ihlal edildiğinin daha iyi anlaşılması nedeniyle artık vücut yağ yüzdesini belirlemede ‘altın standart’ olarak görülmemektedir. Vücut kompozisyonunu değerlendirmeye yönelik metodların sayısında bir artış olmasına rağmen, hala en önemli problem doğrulama sürecidir. Bu kısımda, öncelikle önemli metodları gözden geçirecek, bu metodların doğruluğunu inceleyecek, çeşitli vücut bileşenlerini değerlendirmek için pratik bilgiler sunacak ve gelecekteki araştırmalar için yönlendirici önerilerde bulunmayı amaçlıyoruz (3). Organizasyonel karmaşıklık bakımından artan bir yapı olarak insanın yapısını, atomlardan başlayıp hücre, doku, organ, sistem ve organizma düzeylerinde tanımlanan anatomik düzenlemeyi açıklamak oldukça yaygındır. Vücut bileşimi, bileşenlerin doğasına bağlı olarak herhangi bir organizasyonel düzeyde ele alınabilecek temel bir kantitatif anatomi problemi olarak görülebilir (Şekil 1). Belli bir seviyedeki veya seviyeler arasındaki unsurların karşılıklı ilişkilerinin bilinmesi önemlidir ve belirli bir bölmenin büyüklüğünün dolaylı olarak tahmin edilmesine yardımcı olabilir. (4).



Şekil 1 Wang ve ekibinin (1992) çalışmasına dayanarak, insan vücut bileşenlerini beş farklı seviyede tanımlayan bir grafik bulunmaktadır. Bu grafik, vücut kompozisyonunu anlamamın ve farklı organizasyon seviyelerini görselleştirmenin bir yolu olarak tasarlanmıştır.

1.1. YAKLAŞIM SEVİYELERİ

Maddenin temel seviyesinde, yaklaşık 50 element atomik seviyeyi oluşturur. Toplam vücut kütlelerinin %98'i, oksijen, karbon, hidrojen, nitrojen, kalsiyum ve fosforun birleşimi tarafından belirlenirken, geri kalan 44 element vücut kütlelerinin %2'sinden daha azını oluşturur. İnsan vücudunda bulunan tüm ana elementlerin canlı olarak ölçümü için teknoloji bulunmaktadır. Mevcut yöntemler genellikle denegin iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmasını gerektirmekte ve bu da bu yaklaşımın kullanımına ciddi kısıtlamalar getirmektedir. Bu aşamada, vücut kompozisyonu analizi için örnek olarak, tüm vücut potasyum 40 (40K) sayımı ile toplam vücut potasyumunun belirlenmesi veya vücuttaki nitrojenin tahmin edilmesi için nötron aktivasyonunun kullanılması örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca, kalsiyumun da aynı amaca hizmet ettiği görülebilir. (5). Atomik seviyenin kritik önemi, örneğin nitrojen içeriği aracılığıyla toplam vücut protein depolarının tahmin edilmesi gibi, diğer organizasyon seviyeleriyle

ilişkilendirilerek belirli elementlerin rol aldığıdır. Bu seviyeye erişim, gereken özel araçların sınırlı olması nedeniyle birkaç araştırmacı dışında genel olarak herkes için mümkün olmamaktadır. Organizasyonun moleküler düzeyi, 100.000'den fazla kimyasal bileşenden oluşur ve bu bileşenler genellikle lipid, su, protein, karbonhidrat (çoğunlukla glikojen) ve mineraller gibi iki ana kimyasal gruba ayrılabilir. Suda çözünmeyen ancak organik çözücülerde, örneğin eterde çözünebilen lipid terimi ile ilgili bazı karışıklıklar ortaya çıkabilmektedir. İnsan vücudunda birçok lipid formu bulunmasına rağmen, en yaygın olanı, vücudun ana kalori deposu olan ve nispeten sabit bir yoğunluğa sahip 0,900 g. ml-1 olan trigliserittir(6). Lipid genellikle temel veya temel olmayan olarak işlev temelinde kategorize edilir. Temel (veya adipoz olmayan) lipidler, hücre zarları ve sinir dokusunda bulunur; bu lipidler olmadan diğer yapılar işlev göremez. Genellikle vücut kütlelerinin yaklaşık %3-5'ini oluşturduğu kabul edilse de, adipoz olmayan lipidlerin ölçümü sadece iki kadavradan elde edilen verilerle daha fazla değişkenlik göstermektedir. Terim 'yağ', bazen adipoz dokuyu ifade etmek amacıyla kullanılırken, karışıklığı engellemek için 'lipid' terimi ile eş anlamlı olarak kullanılacak ve yağ dokusuna atıfta bulunulmayacaktır. Toplam vücut yağının herhangi bir ölçümü (deri kıvrım kaliperi ile yağ yüzdesi gibi), amalga'nın işlev veya konumdan bağımsız olarak tüm vücut yağını eşleştirdiği tek bir değer verir. Tüm yağlar çıkarıldıktan sonra geriye kalan, yağsız kas, yağsız kemik, yağsız yağ dokusu ve benzerlerinden oluşan yağsız kütledir (FFM). Yağsız vücut kütlesi (LBM), temel (yağsız) lipidlerin dahil edildiği FFM'dir; ancak LBM bazen yanlışlıkla FFM ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (7). Yağ kompartmanının doğrudan in-vivo ölçümü mümkün değildir. Bu nedenle, genellikle vücut yoğunluğunun ölçüldüğü dolaylı yöntemlerle yağ miktarı tahmin edilir. Diğer moleküler kompartmanlar, izotop dilüsyonuyla (toplam vücut suyu), dual enerji X-ışını absorpsiyometrisi (DXA, kemik mineral içeriği) ve nitrojenin nötron aktivasyon analiziyle (toplam vücut proteini) tahmin edilebilir. Hücresel düzeyde, vücut toplam hücre kütlesi, farklı hücre türlerinden oluşur, ancak bu farklı hücre kütlesi doğrudan ölçülemez. Ayrıca, hücre dışı sıvı (ECF) ve hücre dışı katı maddeler (ECS) gibi kompartmanlar da vardır. ECF, intravasküler plazma ve ekstrasvasküler plazma (interstisyel sıvı) içerir. ECS, organik ve inorganik maddeleri içerir. ECS kompartmanını doğrudan ölçülemez, ancak bazı bileşenleri belirlenebilir (8). Dördüncü organizasyon düzeyi, dokuları, organları ve sistemleri içeren ve farklı karmaşıklık seviyelerine sahip olsa da işlevsel düzenlemeleri olan dokuları, organları ve sistemleri kapsar. Bağ dokusu, kas dokusu ve sinir dokusu gibi dört temel doku kategorisi bulunmaktadır. Adipoz ve kemik, vücut kütlelerinin yaklaşık %75'ini oluşturan bağ dokusu formlarıdır. Yağ

dokusu, adipositlerin (yağ hücreleri) bir araya gelmesiyle oluşur ve kolajen ile elastin lifleri tarafından desteklenir. Genellikle deri altında bulunur; ancak, vücuttaki organların etrafında, kaslar arasında (interstisyel) ve kemik iliğinde (sarı ilik) daha az miktarda bulunabilir. Yağ dokusunun yoğunluğu, lipid ve su oranlarına bağlı olarak yaklaşık olarak 0,92 g.ml-1 ile 0,96 g.ml-1 arasında değişir ve vücut yağ oranı arttıkça azalır. Şu anda, yağ dokusunun doğrudan in-vivo ölçümü için spesifik bir yöntem bulunmamakla birlikte, tıbbi görüntüleme teknolojileri (örneğin, ultrason, manyetik rezonans görüntüleme, bilgisayarlı tomografi) vücudun kesitlerini inceleyerek yağ ve diğer dokuların alanlarını doğru bir şekilde tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır. (9). Dokudan elde edilen alanlar, bitişik taramaların birleştirilmesiyle geometrik modeller kullanılarak tüm vücut için bölgesel ve genel hacimleri doğru bir şekilde tahmin etmek amacıyla birleştirilebilir. Bu tekniklerin uygulanabilirliği sınırlı ve maliyetli olabilir, ancak vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi için daha erişilebilir ve maliyet açısından daha uygun yöntemlerin doğrulanması için alternatif kriter yöntemleri olarak hizmet edebilirler. Kemik, osteositler tarafından üretilen elastik bir protein matriksiyle kaplı özelleşmiş bir bağ dokusudur ve kalsiyum fosfat bazlı bir mineral olan hidroksiapatiti içerir, bu mineral kemikte güç ve sertlik sağlar. Kemik yoğunluğu, yaş, cinsiyet ve aktivite düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Kadavralardaki taze kemik yoğunluğu aralığı genellikle 1.18 ila 1.33 g/ml olarak raporlanmıştır. (10). Kemik mineral kütlesi, çift enerji X-ışını absorpsiyometrisi (DXA) ile tahmin edilebilir. Ancak, DXA tarafından verilen kemik yoğunlukları alansal yoğunluklar olduğundan (g.cm-2), bu ölçümler bazı durumlarda kemik boyutundan etkilenebilir. Kas dokusu vücutta iskelet, visseral ve kardiyak şekillerde bulunur ve genellikle 1,065 g.ml-1 civarında yoğunluğa sahiptir. Ancak, dokudaki interstisyel yağ miktarı, bu yoğunlukta bazı farklılıklara yol açabilir. Vücuttaki kas kütlesini ölçmek için sınırlı sayıda yöntem bulunmaktadır; tıbbi görüntüleme teknikleri doğru sonuçlar sağlarken, antropometri ve idrarla kreatinin atılımı da bazı durumlarda kullanılmıştır. Diğer dokular, sinirsel ve epitelyal olarak kabul edilir ve vücut kompozisyonu analizinde daha az öneme sahiptir. Bu tür dokular genellikle ölçülmeyen dokular arasında yer alır. Tüm vücut veya organizmik düzey, vücut özelliklerini içeren bir birim olarak görülür; genellikle boy, vücut kütlesi ve hacim gibi ölçülebilir nitelikleri kapsar. Vücuttaki beş farklı organizasyon seviyesi, vücut kompozisyonu anlayışında çeşitli yaklaşımların kullanılabileceği bir çerçeve sunar (11). Seviyeler arasında, daha önce bilinmeyen bölümlere ilişkin tahminleri kolaylaştıran niceliksel ilişkiler sağlayabilecek karşılıklı ilişkilerin olması gerektiği açıktır. Karmaşıklık düzeyleri arasındaki karşılıklı ilişkilerin

anlaşılması, farklı düzeylerde belirlenen verilerin hatalı yorumlanmasına karşı korunmaya da yardımcı olur. Örnek olarak, vücut lipidi tipik olarak moleküler düzeyde değerlendirilirken, vücuttaki yağ miktarı kas dokusu, sağlık ve fitness ortamında, çevre ölçümleri ve deri kıvrım kalınlıklarının düzeltilmesi yoluyla doku veya sistem düzeyinde ele alınmaktadır. Bu iki yöntem, her ikisinin de interstisyel lipid kompartimanını içermesi nedeniyle birbirleriyle örtüşmemektedir.

1.2. Deri kıvrım kalınlığı

Vücuttaki en büyük yağ deposunu temsil eden bir ölçünün (örn subkutanöz) toplam vücut yağının makul bir tahminini sağlayabilir. Deri altı yağ depolarının çeşitli modellerine ve dört ana depo alanındaki farklı yağ oranlarına ilişkin daha fazla bilgi ortaya çıktıkça bu düşünce daha az savunulabilir hale gelmektedir (12). Bununla birlikte, deri kıvrım kalınlığından vücut yağ yüzdesini tahmin etmek için bu kadar çok denklem türetilmiş olması dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir ve deri kıvrım kaliperlerinin kullanımının altında yatan varsayımların incelenmesi bunu güçlendirmektedir. Deri kıvrımı yöntemi, bir dizi kalınlık üzerinde sabit bir pres sure uygulayan kumpaslar aracılığıyla deri ve deri altı yağının çift katını ölçer. Bu doğrusal mesafeyi yüzde yağ değerine dönüştürmek için çeşitli varsayımlar gereklidir (13). Öncelikle, sıkıştırılmış bir çift deri ve deri altı yağ tabakasının sıkıştırılmamış tek bir yağ dokusu tabakasını temsil ettiği kabul edilmelidir. Bu durum, deri kalınlığının göz ardı edilebilir veya sabit olduğu ve yağ dokusunun öngörülebilir bir şekilde yerleştiği anlamına gelmektedir. Deri kalınlığının ince bir deri kıvrımında kalın bir deri kıvrımına kıyasla daha büyük bir oran oluşturacağı açıktır ve bu ilişki sabit olarak kabul edilemez. Buna ek olarak, deri kalınlığının bireyden bireye ve bölgeden bölgeye değiştiği gösterilmiştir, bu da ihmal edilebilir olarak kabul edilemeyeceğini göstermektedir. Yağ dokusunun sıkıştırılabilirliği, yaş, cinsiyet, bölge, doku hidrasyonu ve hücre boyutu gibi faktörlere bağlı olarak değiştiğini gösteren kanıtlara dayanır. Sıkıştırılabilirlik, kaliperler bir deri kıvrımına uygulandığında ve iğne göstergesinde hızlı bir düşüş gerçekleştiğinde belirgin bir şekilde gözlemlenebilir. Deri kıvrımı kalınlığının, toplam vücut lipidlerinin bir göstergesi olabilmesi için yağ dokusunun lipid fraksiyonunun da sabit olması gereklidir. Yağ dokusu sadece yağ moleküllerini değil, aynı zamanda hücre zarları, çekirdekler ve organeller gibi diğer yapıları da içerir. Göreceli olarak boş bir adipositte, yağın diğer yapılarla oranı oldukça düşük olabilirken, görece dolu bir adipositte bu oran daha büyük bir hacmi kaplayacak şekilde daha yüksek olabilir (14).

1.3. Dört kompartmanlı bir model kullanılarak deri kıvrımı kalınlığı tahmin denklemlerinin doğruluğu test edilmiştir

En yaygın kullanılan genelleştirilmiş deri kıvrımı kalınlığı tahmin denklemlerinden üçü Durnin ve Womersley (15), Jackson ve Pollock (16) ve Jackson ve diğerleri (17) tarafından geliştirilen denklemlerdir. Bu denklemler, iki kompartmanlı bir model olan hidrodensitometriyle geliştirilmiş ve doğrulanmıştır. Ancak, bu denklemler yağsız yoğunluğun (vücut hidrasyon seviyeleri ve kemik mineral yoğunluğu gibi faktörler) sabit olduğunu varsayar. Ancak, farklı yaş, cinsiyet, ırk ve egzersiz durumlarındaki gruplar arasında hidrasyon seviyeleri ve mineral içeriklerinde önemli farklılıklar bulunmaktadır, bu da bu varsayımın sıklıkla geçerliliğini yitirmesine neden olur. Bu durum, vücut yağ yüzdesi tahminlerinde potansiyel olarak büyük hatalara yol açabilir. Bu sebeplerden dolayı, 681 sağlıklı Kafkas yetişkinden elde edilen verilerle dört kompartmanlı (4C) bir model kullanılarak yeni denklemler geliştirilmiş ve yukarıda bahsedilen denklemlerle karşılaştırılmıştır. Bu yeni denklemler, hidrodensitometriye dayalı üç deri kıvrımı kalınlığı yönteminden daha doğru sonuçlar vermiştir. (18).

1.4. Antropometri

Anthropometri, insan vücut ölçüsü boyutlarını, uzunluklar, genişlikler, çevreler ve deri kıvrımları gibi yüzey işaretleri kullanarak ölçme işlemidir. Diğer bilim alanları gibi, bu prosedürler ve süreçler ölçüm kurallarına bağlıdır ve bu kurallar ulusal ve uluslararası standart kuruluşları tarafından belirlenir. Bu bölümdeki tanımlamalar ve talimatlar, Uluslararası Kinantropometri İlerleme Derneği (ISAK) adlı uluslararası antropometri standartları kuruluşu ile uyumludur. Bununla birlikte, başka standartlara sahip diğer grupların da var olduğu unutulmamalıdır (19). Bu kısım, uygulayıcılara bir bireyin kapsamlı antropometrik profilini elde etmek için gerekli teknikleri tanıtmaktadır. İşlemi gerçekleştirmek bir deneyimli antropometrist için yaklaşık 25 dakika sürerken, deneyimsiz bir kişi neredeyse 1 saat veya daha fazlasına ihtiyaç duyabilir. Dahil edilen ölçüm noktaları, sporcuların izlenmesi amacıyla düzenli olarak alınanlar, büyüme, gelişme, yaşlanma ve hareketlilik izleme, fiziksel aktivite ve beslenme müdahalelerini vücut büyüklüğü, şekil ve kompozisyon değişiklikleriyle ilişkilendirmek içindir.

1.5. Antropometri Ekipmanları

Stadyometre

Bu kutu, güçlü ve dayanıklı malzemeden yapılmış olup, tüm kenarları yaklaşık olarak 40 ila 50 cm arasında bir uzunluğa sahip olmalıdır.

Laboratuvar ortamlarında kullanılan kutuların gerçek yüksekliği kesin olarak bilinmelidir. Önerilen bir tasarım, kutunun bir tarafında kesilmiş bir bölüm bulundurmasıdır; bu sayede Iliospinale yüksekliği ölçümlerinde bireyin ayaklarını kutunun altına yerleştirmesine olanak tanır. Özellikle segmometre gibi araçlarla Iliospinale ve Trochanterion gibi yüksekliklerin ölçümü için kutu oldukça faydalı olabilir. Bu durumlarda, kutudan ölçülen yüksekliğin belirlenen işaretlenmiş noktaya eklenmesi gerekmektedir. Bu yöntem, antropometristin daha verimli çalışmasına ve ölçüm yaparken sadece kutunun üstüne eğilerek, yerde eğilme ihtiyacının ortadan kalkmasına olanak sağlar. Ayrıca, diğer vücut uzunlukları ve genişlikleri ölçerken de kutu kullanışlı olabilir. Şekil 6a'da daha fazla detay bulabilirsiniz.



Şekil 4. Bir stadyometre

Tartı

Geleneksel tercih edilen enstrüman, en yakın 100 g'ye kadar doğru olan bir kollu denge idi. Ancak, şu anda daha yaygın olan modern kaliteli elektronik teraziler içerdikleri yük hücreleriyle donatılmıştır. Bu aletlerin doğruluğu 50 g'ye kadar. Taşınması kolaydır, bu nedenle laboratuvar ve sahada kullanılabilirler. Standart ekipman olarak bir hükümet ağırlık ve ölçü birimleri departmanı tarafından onaylanmış ve en az 150 kg'yi toplamış kalibrasyon ağırlıkları gereklidir. Şekil 5'e bakınız.



Şekil 5. Bir tartı

Antropometri kutusu

Bu kutu, güçlü ve dayanıklı malzemeden yapılmış olup, tüm kenarları yaklaşık olarak 40 ila 50 cm arasında bir uzunluğa sahip olmalıdır. Laboratuvar ortamlarında kullanılan kutuların gerçek yüksekliği kesin olarak bilinmelidir. Önerilen bir tasarım, kutunun bir tarafında kesilmiş

bir bölüm bulundurmasıdır; bu sayede Iliospinale yüksekliği ölçümlerinde bireyin ayaklarını kutunun altına yerleştirmesine olanak tanır. Özellikle segmometre gibi araçlarla Iliospinale ve Trochanterion gibi yüksekliklerin ölçümü için kutu oldukça faydalı olabilir. Bu durumlarda, kutudan ölçülen yüksekliğin belirlenen işaretlenmiş noktaya eklenmesi gerekmektedir. Bu yöntem, antropometristin daha verimli çalışmasına ve ölçüm yaparken sadece kutunun üstüne eğilerek, yerde eğilme ihtiyacının ortadan kalkmasına olanak sağlar. Ayrıca, diğer vücut uzunlukları ve genişlikleri ölçerken de kutu kullanışlı olabilir. Şekil 6a'da daha fazla detay bulabilirsiniz.



Şekil 6. Kesik bölüm içeren Antropometri kutusu

Antropometri Ölçü Şeridi

Çevre ölçümleri için santimetre cinsinden milimetre gradasyonlu ve esnek bir çelik şerit önerilir. Antropometristler genellikle, önerilen Lufkin

gibi metal şeritleri tercih ederler. Eğer fiberglas şeritler kullanılacaksa, metal olmayan şeritlerin zamanla uzayabileceği için düzenli olarak bir çelik şeritle karşılaştırılması ve kalibrasyonu gerekebilir. Farklı bir şerit türü kullanılacaksa, bu şerit esnek olmalıdır, ancak esneyemez ve 7 mm'den daha geniş olmamalıdır. Ayrıca, sıfır çizgisinden önce en az 4 cm'lik bir boş alan (sap) bulunmalıdır. Çevre ölçümlerinin yanı sıra, antropometrik bir şerit, deri kıvrım yerlerini doğru bir şekilde belirlemek ve kemik işaretlerinden uzaklıkları işaretlemek için gereklidir. Şeridin otomatik geri çekilme özelliğine sahip bir kılıf içinde olması tercih edilir. Daha fazla detay için Şekil 7'ye bakabilirsiniz.



Deri Kıvrım Kaliperi

Harpenden kaliperi, antropometristler tarafından standart bir ölçüm cihazı olarak kullanılır, ancak piyasada daha ekonomik tipler de bulunmaktadır. Yeni kaliperler genellikle 10 g/mm² sıkışma seviyesi sunar ve yaklaşık olarak 50 mm'ye kadar 0,2 mm bölümlerle kalibre edilir, bu da en yakın 0,1 mm'ye doğru interpolasyon yapılabilir anlamına gelir. Bazı kaliperler 80 mm'ye kadar hassas ölçüm yapabilir. Kalibrasyon kontrolleri yılda bir kez yapılmalıdır çünkü yaylar zamanla bozulabilir. Özellikle belirtilmesi gereken bir nokta, deri kıvrımı verilerinin, vücut yoğunluğu regresyon denklemleriyle veya karşılaştırmalarla değerlendirilirken, eğer orijinal kaliperden farklı kaliperler kullanılıyorsa, bu durumda ekstra dikkatli olunması gerektiğidir. Daha fazla detay için Şekil 8'e göz atabilirsiniz.



Şekil 8. Holtain ve Holway deri kıvrım kaliperi

Segmometre

Bu alet, çelikten yapılmış yaklaşık 100 cm uzunluğunda ve 15 cm genişliğinde bir şeritten oluşur. Eklenmiş olan iki düz dal ise yaklaşık 7–8 cm uzunluğundadır. Bu alet, segment uzunluklarını ölçmek için kullanılır. Kişinin belirli noktalarından ölçülen yükseklikler, antropometri kutusuna (kutu yüksekliği bu uzunluğa eklenir) seçilmiş ölçüm yerlerine (örneğin,

İliospinale ve Trochanterion yükseklikleri) doğrudan bir segmometre kullanılarak aktarılabilir. Segmometre, antropometri kutusuna alternatif olarak daha uygun maliyetli bir seçenektir (13). Şekil 9'a bakarak aletin özelliğini daha iyi anlayabilirsiniz.



Şekil 9. Segmometre

Büyük kayar kaliper

Bu cihaz genellikle insan vücut ölçümlerinin üst segmentini oluşturur. İki düz kol veya çubuktan oluşur ve Büüliokristal ve Biakromiyal gibi geniş kemik noktalarının ölçümünü sağlar. Bu kollar, kemik boyutlarının doğru bir şekilde ölçülmesini sağlayan sağlam bir metal cetvele bağlıdır. Kollar arasındaki mesafe, düzgün bir şekilde yerleştirilip yerleştirilmediğini kontrol etmek için periyodik olarak doğrulanmalıdır. Şekil 8a'a bakarak aletin yapısını daha detaylı görebilirsiniz.



Şekil 8. Büyük kayar kaliper

Küçük kayar kaliper

Bu kaliper, Biepikondiler humerus ve Femur genişliklerinin ölçümü için tasarlanmıştır. Mühendislik perçinli kaliperler, bu ölçümler için uyarlanabilir ve ideal bir alet olarak kabul edilir. Bu kaliperler, femur ve humerusun biepikondiler genişliğini kapsayabilen daha uzun kollar eklenmiş şekilde tasarlanmıştır ve son derece hassas ölçümler sağlar (0.1 mm'ye kadar). Dal uzunlukları en az 10 cm olmalı ve ölçüm yüzeyi 1.5 cm olmalıdır. Aletin yapısını daha iyi anlamak için Şekil 9'a bakabilirsiniz.



Şekil 9. Küçük kemik kaliper

1.5. DERİ KIVRIMLARININ ÖLÇÜLMESİ

tandart ISAK (Kinantropometri Gelişimi Uluslararası Derneği) tam profilinde 8 farklı deri kıvrımı ölçümü yer almaktadır. Herhangi bir test oturumunun düzenli ve sorunsuz geçmesi ile birlikte, deneklerin ölçüm esnasında rahat olmalarını sağlamak için belirlenmiş bir dizi prosedür mevcuttur. Bu prosedürler, aşağıdaki adımları içermelidir:

1. Ölçüm esnasında, katılımcı dik bir duruş sergilemeli ancak omuzları ve kolları doğal bir rahatlık içinde olmalıdır. Sıcak bir ortam, katılımcının gevşemesine yardımcı olabilir ve bu durum, ölçüm görevlisinin deri kıvrımı üzerinde daha hassas bir çalışma yapmasına yardımcı olabilir.
2. İşaretlemenin yapılabildiği durumlarda, bölgenin işaretlenmesi tercih edilir, ancak kesinlikle zorunlu değildir.

3. Öncelik, altında yatan kası etkilemeden, çift kat deri ve deri altı yağı doğru bir şekilde yükseltmektir.
4. Tüm deri kıvrımları, vücudun sağ tarafında ölçülmelidir ve ardışık ölçümler yapılmalıdır. Ölçümler arasında bölge değişimi, protokol tamamlanana kadar devam etmelidir.
5. Ölçüyü gerçekleştiren kişi, cildin doğal kıvrım hatlarını takip ederek sol elin başparmağı ve işaret parmağı arasındaki deri katmanını almalıdır.
6. Kaliper, sağ elde tutulur ve baskı plakaları, deri kıvrımına dik olarak ve kaldırılan deri kıvrımının yönüne bağlı olarak parmakların yaklaşık 1 cm altına veya sağına yerleştirilir.
7. Ölçüm, kumpasın 2 saniye boyunca sabitlenerek ve kavrama korunarak en yakın 0,2 mm'ye kadar kaydedilir. Büyük deri kıvrımlarında, iğnenin hafif bir hareketi mümkündür ancak yine de değer kaydedilmelidir.
8. Önerilen yöntem, çift ölçümlerin ortalaması veya ilk iki ölçüm arasında %5'ten fazla fark olduğunda üçüncü bir ölçüm olarak ortanca değer belirlenmesidir.

A. Triceps (Arka Üst Kol)

Triceps deri kıvrımı, başparmak ve işaret parmağı ile belirlenen bölgeden kaldırılır. Kıvrım, üst kolun uzun eksenine paralel bir konumda yer alır. Ölçüm öncesinde belirlenen deri kıvrım yeri, kas yapısını ve yağ dokusunun seviyesini değerlendirmek için el ile kontrol edilir.

Ölçüm esnasında, kol rahat bir şekilde uzatılmalı ve dirsek vücudun yanında olacak şekilde orta pozisyonda olmalıdır. Antropometrist, konunun arkasında dururken ölçümü gerçekleştirir. Detaylar için şekle bakınız.



B. Subskapular (Sırt)

Ölçümden önce, işaretlenmiş deri kıvrım yeri, kas yapısını ve yağ dokusunun seviyesini değerlendirmek için palpe edilmelidir. Konu, kollarını yanlarına sarkıtarak rahat bir pozisyon almalıdır. Antropometrist, konunun arkasında durur.



C. Biceps (Ön Üst Kol)

kolunu rahat bir şekilde aşağı sarkıtarak ve dirseğini uzatarak durur. Kıvrım, sağ kolun yüzeyinin en öne çıkan bölgesinde bulunur. Biceps deri kıvrımı için işaretlenmiş nokta, Midacromiale-radiale® çizgisinin seviyesinde, bicepsin ön yüzeyinin orta hattında kas karıncığı üzerindedir.



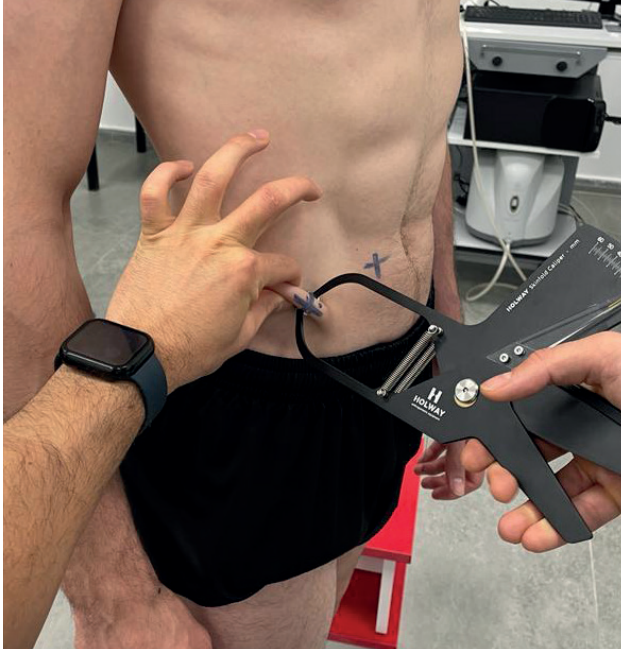
D. Iliac crest

Sağ kolunu yatay bir şekilde açar veya kolu göğsünün üzerine yerleştirir. Derinin doğal kıvrımı hafifçe vücudun medial yönüne doğru aşağı doğru uzanır.



E. Supraspinale (Yan)

Konu, kollarını yanlara doğru sallayarak rahat bir pozisyon alır. Supraspinale deri kıvrım yeri işaretlenmiştir ve genellikle yetişkin bireylerde Iliospinale'in yaklaşık 5-10 cm üzerinde konumlanır. Ancak, küçük bir çocukta bu mesafe daha az olabilir. Kıvrım, medial (orta hatta) bir açıyla aşağıya ve öne doğru yaklaşık 45 derecelik bir açıyla uzanır.



F. Abdominal (Karın Bölgesi)

Kollarını yanlarına doğru sarkıtarak rahat bir duruş alır. Bu bölgede ölçüm yapılırken, ölçücü özellikle başlangıç kavramasının sağlam ve geniş olduğundan emin olmalıdır. Çünkü bu bölge, genellikle kas yapısının zayıf gelişmiş olduğu için altta yatan dokunun subkutan tabakasının kalınlığının yanlış alt tahmin edilmesine neden olabilir. (Not: Kaliperi göbeğin içine yerleştirmeyin)



G. Mid Thigh (Ön üst bacak)

Konu, yan tarafa dönük bir şekilde uyluğunu yan tarafta duran bir kutuya veya oturarak düz bir pozisyonda dinlenmiş olarak yerleştirir. Deri kıvrımı ölçümü, bacağın uzatılmış olduğu bir pozisyonda yapılır. Eğer kıvrımı kaldırmak zor görünüyorsa, konudan uyluğun alt tarafını hafifçe kaldırması istenebilir, bu da derinin gerilmesine yardımcı olabilir. Eğer deri kıvrımları oldukça sıkıysa, bir yardımcı kaydedici (konunun uyluğunun iç tarafında duran) doğru anatomik belirginlikteki kıvrımı kaldırmak için iki elini kullanarak yardımcı olabilir; sağ el parmakları doğru anatomik belirginlikteki kıvrımı kaldırırken, sol el ise farklı bir kıvrımı hafifçe kaldırabilir. Kaliper daha sonra kaydedicinin elleri arasında, kaydedicinin baş parmağı ve işaret parmağından 1 cm uzaklıkta yer alır.



H. Medial calf (Baldır)

Konu ya oturur ya da sağ ayak kutuya yerleştirilmiş ve sağ diz yaklaşık 90° açıyla olacak şekilde durur. Bu sırada, baldır kası rahat olmalı ve bacak uzun eksenine paralel bir kıvrım, bacağın medial tarafında, maksimum çevrimin olduğu bir seviyede kaldırılır (vücut kütlesi her iki ayak üzerine eşit olarak dağıldığında işaretlenirken, ayakta dururken).



1.6. Yüzde Yağ Denklemleri

1. Durnin ve Womersley (1974) tarafından önerilen bu test, triceps, biceps, subskapula ve suprailiac deri kıvrım ölçümlerini kullanarak erkekler, kadınlar, erkek çocuklar ve kız çocuklar için vücut yağ yüzdesini tahmin eder. Vücut yoğunluğu hesaplama formülü, cinsiyete ve yaşa göre belirli deri kıvrım ölçümlerini içerir. Elde edilen vücut yoğunluğu değerleri, Siri (1956) tarafından geliştirilen formül ile vücut yağ yüzdesine dönüştürülür.

Vücut yoğunluğu formülleri cinsiyet ve yaşa göre farklılık göstermektedir:

Erkekler için: Vücut yoğunluğu = $1.1610 - 0.0632 \text{ Log}\Sigma 4$

Kadınlar için: Vücut yoğunluğu = $1.1581 - 0.0720 \text{ Log}\Sigma 4$

Erkek çocuklar için: Vücut yoğunluğu = $1.1533 - 0.0643 \text{ Log}\Sigma 4$

Kız çocuklar için: Vücut yoğunluğu = $1.1369 - 0.0598 \text{ Log}\Sigma 4$

%VY (Siri, 1956) = $[(4.95 / \text{Vücut Yoğunluğu}) - 4.5] \times 100$

Burada $\Sigma 4$, belirtilen triceps, biceps, subskapula ve suprailiac deri kıvrımı ölçümlerinin toplamıdır (mm).

2. JACKSON-POLLOCK 3-SİTE DERİ KIVRIM FORMÜLÜ TANIMI

Jackson ve Pollock (1978) - üç ölçüm yeri (erkekler)

3 Ölçüm Yeri Deri Kıvrım Denklemi

Vücut Yoğunluğu = $1.10938 - (0.0008267 \times \text{göğüs, karın ve bacak deri kıvrımlarının toplamı (mm)}) + (0.0000016 \times \text{göğüs, karın ve bacak deri kıvrımlarının toplamının karesi}) - (0.0002574 \times \text{yaş})$

(kaynak: Jackson, A.S. ve Pollock, M.L. (1978), 18-61 yaş aralığındaki bir örneğe dayanmaktadır)

%VY (Siri, 1956) = $[(4.95 / \text{Vücut Yoğunluğu}) - 4.5] \times 100$

Jackson ve Pollock (1978) - yedi ölçüm yeri

Vücut Yoğunluğu = $1.112 - (0.00043499 \times \text{deri kıvrımlarının toplamı}) + (0.00000055 \times \text{deri kıvrımı yerlerinin toplamının karesi}) - (0.00028826 \times \text{yaş})$, deri kıvrımı yerleri (mm cinsinden ölçülen) şunlardır: Göğüs, Orta koltuk Altı, Trisep, Subskapular, Karın, Suprailiac ve Bacak.

(kaynak: Jackson, A.S. ve Pollock, M.L. (1978), 18-61 yaş aralığındaki bir örneğe dayanmaktadır).

$$\%VY \text{ (Siri, 1956)} = [(4.95 / \text{Vücut Yoğunluğu}) - 4.5] \times 100$$

Jackson ve Pollock (1980) - üç ölçüm yeri (kadınlar)

3 Ölçüm Yeri Deri Kıvrım Denklemi

Vücut Yoğunluğu = 1.0994921 - (0.0009929 x triceps, thigh ve suprailiac deri kıvrımlarının toplamı) + (0.0000023 x triceps, thigh ve suprailiac deri kıvrımlarının toplamının karesi) - (0.0001392 x yaş)

(kaynak: Jackson, ve diğerleri (1980), 18-55 yaş aralığında bir örneğe dayanmaktadır).

$$\%VY \text{ (Siri, 1956)} = [(4.95 / \text{Vücut Yoğunluğu}) - 4.5] \times 100$$

$\Sigma 3F$ = Kadınlar için belirtilen $\Sigma 3$ deri kıvrımları (mm)

Jackson ve diğerleri (1980) - yedi ölçüm yeri

Vücut Yoğunluğu = 1.097- (0.00046971 x deri kıvrımlarının toplamı) + (0.00000056 x deri kıvrımı yerlerinin toplamının karesi) - (0.00012828 x yaş), deri kıvrımı yerleri (mm cinsinden ölçülen) şunlardır: Göğüs, Orta koltuk Altı, Trisep, Subskapular, Karın, Suprailiac ve Bacak.

(kaynak: Jackson, ve diğerleri (1980), 18-55 yaş aralığındaki bir örneğe dayanmaktadır)

Kaynaklar

1. Shahidi SH, Al-Gburi AH, Karakas S, Taşkıran MY. Anthropometric and Physical Performance Characteristics of Swimmers. *International Journal of Kinanthropometry*. 2023;3(1):1-9.
2. Shahidi SH, Yilmaz L, Esformes J. Effect of Maturity Status and Relative Age Effect on Anthropometrics and Physical Performance of Soccer Players Aged 12 to 15 Years. *International Journal of Kinanthropometry*. 2023;3(1):58-72.
3. Stewart AD, Sutton L. *Body composition in sport, exercise and health*: Routledge; 2012.
4. Wang Z-M, Pierson Jr RN, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American journal of clinical nutrition*. 1992;56(1):19-28.
5. Heymsfield S. *Human body composition*: Human kinetics; 2005.
6. Soetan K, Olaiya C, Oyewole O. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African journal of food science*. 2010;4(5):200-22.
7. Kuriyan R. *Body composition techniques*. *The Indian journal of medical research*. 2018;148(5):648.
8. B. Heymsfield S, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. *Human body composition: advances in models and methods*. *Annu Rev Nutr*. 1997;17(1):527-58.
9. Kasper AM, Langan-Evans C, Hudson JF, Brownlee TE, Harper LD, Naughton RJ, et al. Come back skinfolds, all is forgiven: a narrative review of the efficacy of common body composition methods in applied sports practice. *Nutrients*. 2021;13(4):1075.
10. Martin A, Ross W, Drinkwater D, Clarys J. Prediction of body fat by skin-fold caliper: assumptions and cadaver evidence. *Int J Obes*. 1985;9:31-9.
11. Norton K, Olds T. *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses*: UNSW press; 1996.
12. Orphanidou C, McCargar L, Birmingham CL, Mathieson J, Goldner E. Accuracy of subcutaneous fat measurement: comparison of skin-fold calipers, ultrasound, and computed tomography. *J Am Diet Assoc*. 1994;94(8):855-8.
13. PAŘÍZKOVÁ J, BŮŽKOVÁ P. Relationship between skinfold thickness measured by Harpenden caliper and densitometric analysis of total body fat in men. *Hum Biol*. 1971:16-21.
14. Drinkwater D, Martin A, Ross W, Clarys-Robion JP. Validation by cadaver dissection of Matiegka's equations for the anthropometric estimation

- of anatomical body composition. Perspectives in kinanthropometry: Human Kinetics Publishers, Champaign, IL; 1986. p. 21-227.
15. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(1):77-97.
 16. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(3):497-504.
 17. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(3):175-81.
 18. Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel RM. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *The American journal of clinical nutrition.* 2003;77(5):1186-91.
 19. Kinanthropometry ISftAo. International standards for anthropometric assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry© 2001. 2001.