



Vücut Kompozisyonun Belirlenmesi ve Çok Bileşenli Modeller

Determination of Body Composition and The Multi-Component Models

Nigar KÜÇÜKKUBAŞ^{1*}

¹Yalova Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, Yalova, Türkiye

Özet

Fiziksel uygunluk parametrelerinden biri olan vücut kompozisyonun belirlenmesi, klinik sağlık ve sportif performans ile ilgilenen araştırmacıların başlıca konularından biri olmuştur. Özellikle klinik sağlık uygulamalarında ve egzersiz etkisinin belirlenmesinde vücut kompozisyonunun detaylı bir şekilde ölçme ve değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Vücut kompozisyonunun ölçülmesinde, genellikle vücudu oluşturan yağ kütle ve yağsız vücut kütle (2-Bileşen modeli) bileşenlerinin ölçülmesi tercih edilmektedir. Bununla birlikte yağsız vücut kütlelerini oluşturan kas, su ve kemik kütlesi gibi bileşenlerin de ölçülmesiyle çok bileşenli modellerinin kullanıldığı gözlenmektedir. Çok bileşenli modellerde ölçülen değişkenlerin doğrudan referans yöntemlerle belirlenmesi, uygulama prosedürlerinin zorluğu, ölçüm tekniği maliyetinin yüksekliği ve yöntemle özel eğitim almış uzman gereksinimi nedeniyle antropometrik ölçümler ya da biyoelektrik impedans analizi gibi dolaylı yöntemlerin kullanılmasına neden olmaktadır. Ek olarak çok bileşenli modellerde referans yöntemlerle belirlenen yağ, kas, su ve kemik kütle içerik ve miktarlarını dikkate alan popülasyona özel regresyon formüllerinin geliştirilmesi bireyler arası farklılıkların dikkate alınmasını sağlamaktadır. Bu derlemede, vücut kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve regresyon formüllerinin; sağlık risklerinin tanımlanmasında, beslenme ve diyet uygulamalarının takibinde ve spor bilimlerinde kullanımı tartışılmıştır. Ayrıca, vücut kompozisyonunun belirlenmesinde yöntemlerin kullanımı ve çok bileşenli modeller hakkında bilgiler özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Vücut kompozisyonu, çok-bileşenli modeller, regresyon formülleri, yağ kütlesi, yağsız vücut kütlesi

Abstract:

Determination of body composition, which is one of the parameters of physical fitness, has been one of the utmost fields of researchers interested in clinical health and athletic performance. Particularly, a detailed measurement and evaluation of body composition is needed in clinical health interventions and in determining the effect of exercise. In determining body composition, it is generally preferred to measure the fat mass and lean body mass (2-Component model) components that make up the body. In addition, it is observed that multi-component models are used by measuring components such as muscle, water and bone mass that make up lean body mass. The difficulties of the application of the procedures, the high cost of the measurement technique, the need for trained specialists with determining direct reference methods in the measurement of variables in multi-component models, cause indirect methods to be used such as anthropometric measurements or bioelectrical impedance analysis. In addition, the development of population-specific regression formulas by determining the content and amounts of fat, muscle, water and bone mass with reference methods in multi-component models ensures that inter-individual differences are taken into account. In this review, the methods used in determining body composition and regression formulas; Its use in the definition of health risks, follow-up of nutrition and dietary intervention and sports sciences are discussed. In addition, the use of methods in determining body composition and up-to-date information about multi-component models are summarized.

Key words: Body composition, multi-component models, regression formulas, fat mass, lean body mass

© 2021 Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi. Tüm Hakları Saklıdır.

1. Giriş

Vücut kompozisyonu; büyümenin takibi, vücut ağırlığının kontrolü, klinik sağlık ve spor bilimleri için oldukça önemlidir (Lesinski, Prieske, Chaabene, ve Granacher, 2020; Ponti vd., 2020; Rojo-Tirado vd., 2021; Schroder vd., 2021; Sinha, Duffull, ve Al-Sallami, 2018). Sağlık durumu, yaş, cinsiyet, fiziksel aktivite düzeylerine göre vücut kompozisyonun belirlenmesinde ihtiyaç duyulan parametreler değişmektedir. Vücut kompozisyonunun belirlenmesi, bebeklik ve çocuklukta büyümenin takibinde önemliyken, okul döneminde büyüme ve beslenme (Malina, 1994), ilerleyen yaşlarda metabolik problemlerin teşhis, tedavi ve klinik kullanımında önem kazanmaktadır (Ponti vd., 2020). Atom, hücre, doku, organ gibi vücut yapı özelliklerini

kullanan modeller sıklıkla teşhis ve tedavi nedeniyle tercih edilirken, 2-Bileşen Modelinin (yağ kütlesi ve yağsız kütle) ölçülmesi ve değerlendirilmesi vücut ağırlığı kontrolü, sportif performans ve antrenman takibi amacıyla kullanılmaktadır.

Literatürde vücut kompozisyonunu ölçümünde doğrudan, dolaylı ve ikincil dolaylı (doubly indirect) yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler kolay ve ucuz saha yöntemleri olabileceği gibi karmaşık ve pahalı laboratuvar yöntemleri de olabilmektedir. Vücut kompozisyonunu doğrudan ölçebilmenin tek yöntemi kadavra çalışmalarıdır (Brozek, Grande, Anderson ve Keys, 1963). "Altın standart" olarak kabul edilen "Hidrostatik Tartım" ya da "Hidrodensitometri" ve "Hava Yer Değişimi Plethismografi" yöntemleri genellikle vücut yoğunluğun belirlenmesi ya da regresyon formülü geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Bunun dışında ileri teknolojileri içeren görüntüleme yöntemleriyle de vücut kompozisyonu belirlenebilmektedir (Fields ve Goran, 2000). Bu yöntemlerde vücut kompozisyonu bileşenlerinin daha detaylı belirlenmesi amacıyla Dual Energy X-ray Absorptiometri (DXA), İsoptop Dilusyonu, Potasyum 40 sayımı, Nötron Aktivasyonu Analizi, Yakın Kızılötesi İnteraktans (Near Infrared Interactance-NIR), Manyetik Rezonans görüntüleme (MRI) ve Biyoelektrik İmpedans Analizi (BİA) yöntemleri kullanılmaktadır (Fields ve Goran, 2000; Sinha vd., 2018; Wagner ve Heyward 1999). Bazı yöntemlerde ölçüm yapan kişinin becerisi, araç-gerecin farklılığı, katılımcı ile iletişim gibi faktörler ölçüm sonuçlarının geçerlilik ve güvenilirliğini etkilemektedir (Heyward ve Stolarsczyk, 1996). Yöntemin seçimi, belirlenmek istenen vücut kompozisyonu parametresine uygun olmalıdır. Çoğunlukla araştırma ve uygulama alanında çalışan klinik sağlık ekibi, diyetisyen ve spor bilimciler yağ kütlesi ya da yağsız vücut kütlelerinin bileşenlerini ayrıntılı olarak ölçmeye ihtiyaç duyabilmektedir (Fields ve Goran, 2000; Sinha vd., 2018; Wagner ve Heyward 1999).

Yöntemin seçiminde, ölçümün ne kadar zaman aldığı, kolaylığı, uzmana ya da teknikere olan ihtiyacı, uzmanın ilgili ölçüm tekniğinde tecrübeli ve eğitilmiş olması, maliyeti, laboratuvarında ya da alanda kullanılıp kullanılmayacağı, farklı etnik yapıdaki ve kültürlerdeki popülasyonlara, büyük gruplara ve farklı yaş gruplarına uygulanabilirliği, dijital veriye ulaşılabilirliği dikkat edilmesi gereken hususlardır. Örneğin yaşlı bireyler için, deri kıvrım kalınlığı ölçümlerinde derinin esneklik kaybı dikkate alınmalıdır. Eğitilmiş personel yeterliliği, araç-gereç ihtiyacı ve gerektiğinde hatırlanması gereken verilerin doğru hatırlanmasına olan ihtiyaç, düşük okuryazarlık düzeyleri ya da bireylerin kendilerini rapor etmeleri gerektiğinde hatırlama yanlılığının yüksek olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Vücut kompozisyonunun belirlenmesi, genellikle iki bölüme ayrılarak yağ kütlesi ve yağsız vücut kütlesi olarak ele alınmaktadır. Yağsız vücut kütlelerinin daha detaylı belirlenmesi için; element düzeyinde, kimyasal düzeyde, anatomik değişkenlerle ve sıvı metabolik düzeyde modellerin de kullanımı görülmektedir (Heyward ve Stolarsczyk, 1996). Vücut kompozisyonu modellerinin yer aldığı literatürde, vücudun kimyasal yapıları ya da bölümlerini tanımlamak için “kompartman” (compartment) ya da “bileşen” (component) terimleri kullanılmaktadır. Kimya terimleri Sözlüğü-2007 tanımına göre “Bileşen”, kimyasal bileşikler oluşturduğu daha yalın bileşikler ya da öğeler olarak tanımlanmıştır. Yöntembilim Terimleri Sözlüğü-1981 ise bileşeni, bir bileşim ya da birleşimi oluşturan öğelerden her biri olarak tanımlamaktadır. Vücut kompozisyonuyla ilgili bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılan “kompartman” sözcüğü de Türk Dil Kurumu sözlüğünde “Kompartıman” olarak Türkçe’ye aktarılan sözcükler arasında yer almaktadır. Biyoloji Terimleri Sözlüğünde (1998) kompartıman “Biyolojik yapılarda bulunan sınırları belirlenmiş kapalı bölgeler” olarak; Tıp Terimleri Sözlüğünde (2010) “bölüm” olarak tanımlanmıştır. Örneğin toplam vücut suyu ve kemik minerali gibi vücut bölümleri (kompartımanları) olarak sınıflandırılrsa da bunların içeriklerindeki değişimler, bileşenlerindeki farklılaşmadan kaynaklanmaktadır. Vücudun, sınırlarla birbirinden bölümler şeklinde ayrılarak incelenmesi in vivo çalışmalarda terminolojiyi sınırlandırdığı için “bileşen” olarak kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Klasik 2-Bileşen modelinde, yağ kütlesi tüm çıkarılabilir (ekstrakte edilebilir) yağlardan oluşurken yağsız vücut kütlesi, tüm rezidüel kimyasallar ve doku (su, kas, kemik, bağ dokusu ve iç organlar) bölümlerinden oluşmaktadır (Siri, 1956). Yağ ve yağsız vücut kütlelerinin belirlenmesi için öncelikle vücut yoğunluğunun belirlenmesi gereklidir. Yağ kütle ve yağsız vücut kütle yoğunluklarının belirlenmesinde 25, 35 ve 46 yaşlarındaki üç beyaz erkek kadavranın diseksiyonu sonucu ‘referans vücut’ temel alınmıştır (Brozek vd., 1963). Bu nedenle tüm bilimsel çalışmalarda 2-Bileşen modelinin varsayımları olan (yağ kütlesi yoğunluğu 0,901 g/cm³; yağsız vücut kütlesi yoğunluğu 1,100 g/cm³ olarak referans alınır) kadavra sonuçları tüm popülasyonlarda kabul edilerek çalışılmıştır. Bu varsayımla; yağsız vücut kütlelerinden oluşan dokuların yoğunluğu ve oranları (referans vücudun yağsız vücut kütleleri %73,8’i su, %19,4’ü protein ve %6,8’i mineralden oluşmaktadır) bireyler arası sabittir. Sonuç olarak Klasik 2-Bileşenli modelde ölçülen birey, referans vücuttan sadece yağ miktarı kadar farklılaşmaktadır (Heyward ve Stolarsczyk, 1996). Vücut yoğunluğunun belirlenmesinden sonra yağ ve yağsız kütle miktarları Siri (Siri, 1956) ve Brozek (Brozek vd., 1963) formülleriyle hesaplanabilmektedir.

Bu derleme, vücut kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan popülasyona özel regresyon ve indeks formülleri bilgisini kapsamamaktadır. Çok bileşenli modelin detayları bu derlemenin ilerleyen bölümlerinde açıklanmış olup vücut kompozisyonunun; sağlık risklerinin belirlenmesinde, beslenme ve diyet uygulamalarının takibinde ve spor bilimlerinde kullanımı alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

Sağlık Risklerinin Belirlenmesinde Vücut Kompozisyonu Kullanımı

Klinik sağlık uygulamalarında vücut kompozisyonu, hastalıkların önlenmesi, tanımlanması, tedavisi ve takibinde kullanılmaktadır (Toomey, Cremona, Hughes, Norton, ve Jakeman, 2015). Bu uygulamalarda vücut kompozisyonu belirleme yöntemi seçilirken hastalığa ya da risk faktörüne özel bileşen ya da antropometrik parametreler dikkate alınmaktadır. Kullanılacak yöntemlerde ölçülecek bileşene bağlı olarak; yağ kütlesi ya da yağsız vücut kütlesi bileşenlerinden su, kas, protein, kemik ve kemik dışındaki mineraller seçilebilmektedir. Ayrıca sağlıklı bireylerde tüm vücut bileşenlerine ilişkin içerik ve miktara ait norm değerlerin oluşturulması ve karşılaştırılması oldukça önemlidir. Böylece normal olmayan bir durumla ilgili hastalıklar tanımlanabilmektedir.

Periyodik olarak vücut kompozisyonu ölçümlerini gerektiren uygulamalarda, egzersizin, diyetin, büyüme ve gelişmenin takibi amacıyla antropometrik parametreler kullanılabileceği gibi (Wagner ve Heyward, 1999; O'Donoghue, Blake, Cunningham, Lennon, ve Perrotta, 2021; Rojo-Tirado vd., 2021; Valsdottir vd., 2021) metabolik problemleri içeren sağlık sorunlarında da vücudun birkaç bileşeninin takip edilmesi gerekebilir (Ponti vd., 2020; Toomey vd., 2015; Wang vd., 1999). Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde, teşhis, tedavi ve takip için kullanılacak yöntemler ayrı bir derleme konusudur.

Bunlara ek olarak, halk sağlığı ve sağlık risk faktörlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda vücut şeklini tanımlayan antropometrik parametreler kullanılmaktadır (de Morais vd., 2021; Toomey vd., 2015). Vücudun yağ dağılımı bilgisini veren ve tanımlanmış anatomik bölgeleri içeren indeksler, çevre ve çap ölçümleri sıklıkla kullanılmaktadır (Heyward ve Stolarczyk, 1996). Vücudun genel yağ kütlesinin çok önemli diğer bir göstergesi olan deri kıvrım kalınlığı ölçümleri (triseps, biseps, subskapular, göğüs, abdomen, midaksilla, suprailium, uyluk, kalf ya da anatomik bölgelere özgü 3, 4 ve 7 bölge toplamı) özellikle uzun dönem klinik sağlık uygulamaları takibinde tavsiye edilmektedir (Lohman, 1981). Ancak bu takiplerde deri kıvrım kalınlığı ölçümünü uygulayacak uzmanın eğitimi ve tecrübeli olması gerekmektedir. Genel olarak vücut ağırlığı, boy uzunluğu, çap, çevre (radius-ulnar, göğüs, karın, kalça, uyluk, kalf, biseps), deri kıvrım kalınlığı (anatomik bölgelere özgü tek bölge ya da 3, 4 ve 7 bölge toplamı) ve VKİ (Vücut Kütle İndeksi)

değerlerini kapsayan popülasyona özel regresyon formüllerinin kullanımı tavsiye edilebilir (Jackson ve Pollock, 1978; Jackson, Pollock, ve Ward, 1980; Küçükkubaş ve Korkusuz, 2020; Lohman, 1981). Ancak bu formüllerin daha önce belirtilen referans yöntemlerden geliştirilmiş, ikincil dolaylı ölçüm yöntemleri olduğu unutulmamalıdır.

Morbid obez ve anoreksia nevroza hastalarında yukarıda bahsedilen yöntemlerin kullanımı aşırı uç yağlılık düzeyleri nedeniyle yanıltıcı olabilmektedir çünkü bu bireylerde vücut suyu ve vücut yoğunluğu normal popülasyondan farklılık sergilemektedir (Valsdottir vd., 2021). Multidisipliner bir programla takip edilmesi gereken bu hastalıklara sahip bireylerde sağlık ve egzersiz uygulamalarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Vücut kompozisyonu ölçümleri takip edilirken antropometrik ham verileri (vücut ağırlığı, çevre, çap ve deri kıvrım kalınlığı ölçümleri), vücut suyunu ve mümkünse kemik mineral yoğunluğu ve içeriğini de kapsayan birkaç yöntem birlikte kullanılmalıdır. Örneğin sarkopenik obezite çalışmalarında, egzersizin vücut yoğunluğu, kas kütlesi, kemik mineral yoğunluğu ve içeriğine olan etkisinin belirlenmesi için DXA ve BIA yöntemleri birlikte kullanılarak tüm parametrelerdeki değişim incelenebilmektedir (Poggiogalle, Parrinello, Barazzoni, Busetto, ve Donini, 2021).

Son yıllarda vücudun şekli ve yağ kütlesinin dağılımı kullanılarak sağlık risklerini tanımlamak için VKİ dışında da indeksler ya da antropometrik ölçüm kesim noktaları (cut point) gibi yeni yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir. Bu indeksler ve yeni yaklaşımlarla vücut şeklinin tanımlanması ve buradan hareketle sağlık risklerinin belirlenmesi hedeflemektedir. Örneğin, Vücut Yağlılık İndeksi (Body Adiposity Index), Koniklik İndeksi (Conicity Index), Vücut Yuvarlaklık İndeksi (Body Roundedness Index), karın çevresinin boy uzunluğuna oranı ve karın çevresinin kalça çevresine oranı hesaplanarak sağlık risk faktörleri belirlenebilmektedir (de Moraes vd., 2021). Yağ kütle indeksi ve yağsız vücut kütle indeksi değerlerinin, genç yetişkin referans değerlerinden sapması (z-değeri) baz alınarak oluşturulan antropometrik fenotip modeliyle; sarkopenik obezite, sarkopeni, normal ve yağlı obez sınıflandırması farklı bir yaklaşıma örnek verilebilir (Toomey vd., 2015).

Vücut ağırlığının boy uzunluğunun karesine oranlanmasıyla hesaplanan VKİ sağlık risklerinin tanımlanmasında kullanılan yaygın bir indekstir. VKİ, halk sağlığı ve epidemiyolojik çalışmalarda kullanılsa da (Bosy-Westphal ve Müller, 2021) hastalıkların teşhisi için kullanımı yanıltıcı olabilmektedir. Çünkü VKİ tek başına yağ ya da yağsız kütlenin içerik, dağılım ve miktarıyla ilgili bilgi vermemektedir. Bu nedenle VKİ'yi kullanım alanlarına göre yorumlarken dikkatli olunması gerekmektedir. Vücut ağırlığı ve boy uzunluğu

aynı iki bireyin, yağsız vücut kütlesi dokularına ait hücre içeriği ve vücut tipi (somatotipi) farklı olsa da VKİ değeri sağlık riski sınıflandırmasında aynı kategoride değerlendirilebilir. Halbuki aynı vücut ağırlığında ve boy uzunluğundaki sedanter bir bireyin VKİ değeri sağlık risk unsuru iken, diğer birey için fitness yarışması şampiyonlukla sonuçlanmış olabilir. Bu nedenle, VKİ'nin değerlendirilmesi bireye özgü yapılmalı, yağlılık, kaslılık ya da somatotip ile birlikte değerlendirilmelidir.

Kemik mineral yoğunluğu ve içeriği popülasyona özel değişiklik gösteren vücut kompozisyonu bileşenlerinden biridir. Bu nedenle doğru ve kesin sonuca ulaşmak için daha detaylı ölçümlere (bileşen içeriği ve değişiminin ölçüldüğü) ya da değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulabilmektedir. Özellikle kadınlar için 40 yaş sonrası, morfolojik ve fizyolojik değişimlere bağlı sağlık risklerinin artmaya başladığı geçiş dönemi olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, bu yaş grubunda kemik ve yumuşak dokudaki değişimi ölçebilen DXA yöntemi oldukça değerlidir. Kemik mineral yoğunluğundaki ya da kas kütledeki azalmanın yanında yağ kütle miktarındaki artma ve yağ kütlelerinin dağılımı da kardiyovasküler risk faktörleri açısından takip edilmelidir. DXA ile vücut kompozisyonu ölçümüne ulaşılamıyorsa DXA'nın referans yöntem olarak kullanıldığı regresyon formülleriyle yağ kütlesi ve yağsız vücut kütlesi değerlendirilebilir. Örneğin Küçükkuş ve Korkusuz (2020) 40 yaş üzeri kadınlarda DXA yöntemini referans olarak geliştirdikleri regresyon formülünde, VKİ kullanarak vücut yağ yüzdesini belirlemişlerdir. Aynı popülasyon için antropometrik parametreleri de içeren açıklayıcılık katsayısı daha yüksek regresyon formülleri de geliştirilmiştir (Küçükkuş ve Korkusuz, 2020). Böylece bu formülde gösterildiği gibi deri kıvrım kalınlığı ölçülemediğinde, VKİ değişkeni ile vücut kompozisyonu değerleri bu yaş grubunda takip edilebilir.

Spor Bilimlerinde Vücut Kompozisyonunun Kullanımı

Yapılan çalışmalarda spor bilimlerinde vücut kompozisyonunun kullanımıyla ilgili yaklaşımlar değişkenlik göstermektedir. Vücut kompozisyonu, sporcunun sağlık durumunun belirlenmesi ve takibinde, yetenek seçiminde, sporcu performansının değerlendirilmesi ve geliştirilmesinde ve özellikle antrenman takibinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede; vücut kompozisyonunun sporcu takibi ile spor bilimleri araştırmalarında kullanımına yoğunlaşılmıştır.

Spor bilimleri alanında çalışan araştırmacılar, en iyi atletik performans için gerekli olan optimal vücut kompozisyonunu ortaya koymayı hedeflemektedirler. Vücut ağırlığının yarışma klasmanı olarak alındığı spor branşlarında sporcunun atletik performansının en üst düzey olduğu vücut suyu, kas ve yağ kütlesi belirleyici faktörlerdir. Uzun süren yarışmalarda ya da dayanıklılık performansı gerektiren sporlarda da

taşınan yükü en aza indirebilmek önem kazanmaktadır. Örneğin, yüzme branşında kinantropometrik özelliklerin sportif performansla ilişkisinin incelendiği çalışmada, kol açıklığı uzunluğu, üst kol kas alanı ve yağ yüzdesinin birlikte değerlendirildiği allometrik yaklaşımda en iyi 50 m yüzme performansı regresyon formülünde değişken olarak kullanılmıştır (Dos Santos vd., 2021). Sporda vücut kompozisyonunun belirlenmesinde; antropometrik ölçümler, yağ kütlesi, toplam yağsız kütle ya da segmental yağsız kütle performans parametrelerine etkisi (Dos Santos vd., 2021; Lesinski vd., 2020), antrenmanın kas hipertrofisi ve kuvvetine etkisi (Zaras vd., 2021) ya da antrenmansızlaşmanın (detraining) neden olduğu değişimler (Chen, Hsieh, Ho, Lin, ve Lin, 2021) dikkate alınmalıdır.

Sporcuların vücut yağ yüzdesi, yağ ve yağsız vücut kütlesi değişimlerinin takibinde spor branşına özel regresyon formülleri geliştirilse de sporcuların vücut kompozisyonlarının takibinde yetişkin kadın ve erkek popülasyon için geliştirilmiş olan "Genelleştirilmiş Denklem" in kullanıldığı gözlenmektedir (Jackson ve Pollock, 1978; Jackson, Pollock, ve Ward, 1980). Sporcu popülasyonunda bu formüllere ek olarak antropometrik ve BİA ham verilerini içeren (impedans, rezistans ve reaktans gibi), vücut kompozisyonunu belirleyebileceğimiz birçok regresyon formülü de kullanılmaktadır. Deri kıvrım kalınlığının ölçülemediği durumlar için geliştirilen formüllerle de vücut yoğunluğu, yağ kütlesi ve yağsız vücut kütlesi hesaplanabilmektedir (Heyward ve Stolarczyk, 1996; Küçükkubaş, 2007). Spora özel hem Türk hem de yabancı popülasyonunda geliştirilen ve literatürde yaygın olarak kullanılan antropometrik regresyon formüllerinin ve BİA regresyon formüllerinin sporcu popülasyonunda vücut kompozisyonunu belirlemede kullanıldığı görülmektedir (Özer K., 2009; Heyward ve Stolarczyk, 1996; Küçükkubaş, 2007).

Spor bilimleri araştırmalarında 2, 3 ya da 4 farklı vücut bileşeninin belirlenmesinde referans yöntemlerden yola çıkılarak daha doğru ve kesin sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır (Fields ve Goran, 2000). Sporda çok önemli olan yağsız vücut kütlesi bileşenlerinin ölçümünde; vücut suyu (isotope dilution), mineral (DXA) ve proteinin (neutron activation) çok-bileşenli modellerle değerlendirilmesi su ve mineral bileşenlerindeki bireysel farklılıkların dikkate alınmasını sağlamıştır.

BİA yöntemi ile vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan ölçüm aracının yaş grubu, cinsiyet, antrenmanlı olma durumu gibi değişkenleri dikkate alan içeriğe sahip olması önemlidir. BİA ölçüm aracının yazılımında bahsedilen değişkenlere uygun regresyon formülü yoksa, daha sonra yapılacak hesaplamalarda kullanılacak ham verilerin elde edilip edilemeyeceği kontrol edilmelidir. Elde edilen ham veriler (impedans, rezistans ve reaktans) ile boy, vücut ağırlığı, yaş ve antrenmanlı olma durumu gibi

değişkenleri dikkate alan regresyon formülleri kullanılarak, vücut suyu, yağ ve yağsız vücut kütlesi değerleri hesaplanabilir. Yapılan bilimsel çalışmalarda, yüksek şiddetteki egzersizlerde su kaybının (Hazır, Köse, Esatbeyoğlu, Ekinci, ve İşler, 2020); kadınların menstrual döngülerinde oral su alımının (Hazır vd., 2003) vücut kompozisyonu bileşenlerine etkisi hatta ölçümün doğruluğunu inceleyen geçerlik çalışmalarında (Küçükkuşbaşı, Aytar, Açıkada, ve Hazır, 2020; Zaras vd., 2021) BİA yönteminin kullanımında birçok tutarsız sonuç ortaya koyulmuştur. Bu tutarsızlıkların neden olduğu riskleri ortadan kaldırmak için özellikle spor bilimlari araştırmalarında; ölçüm aracından elde edilen sonuçlarla birlikte diğer ham veriler ile deri kıvrım kalınlıkları değerlerindeki değişimin de takip edilmesi önerilebilir.

Sporcularda vücut kompozisyonu belirlemede kullanılacak yöntemin branşa özel olması, sporcuların hem yağ kütlesi miktarının hem de yağsız vücut kütlelerinin içeriği ve yoğunluğunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Heyward ve Stolarczyk, 1996; Küçükkuşbaşı, 2007; Küçükkuşbaşı vd., 2020; Poggiogalle vd., 2021; Slaughter vd., 1984; Slaughter vd., 1988). Spor yapan çocuk ve yetişkinlerde yüksek fiziksel aktivite sonucu kemik mineralizasyonu ve kas kütlesi artmaktadır bu nedenle yağsız vücut kütlelerinin içeriği değiştirmektedir. Bu nedenle biyolojik ve gelişimsel farklılıklar dikkate alınarak branşa özel geliştirilmiş formüllerin geçerli ve güvenilir olması gerekmektedir (Hazır ve Açıkada, 2002; Küçükkuşbaşı vd., 2020). Bununla birlikte her spor branş için özel regresyon formülü geliştirmek oldukça zor ve zaman alan bir süreçtir. Sporcularda yağsız vücut kütlelerindeki yoğunluk ve içerik farklılığının en önemli nedenlerinden birisi de kemik mineral yoğunluğudur. Kemik mineral yoğunluğunun belirlenmesi, en yüksek kemik mineral yoğunluğu ve içeriğine ulaşılan genç yetişkinlik döneminde antrenman programının içeriğini oluşturmak ve etkisini ölçmek açısından da önem arz etmektedir. Bu nedenlerle DXA yönteminin, toplam vücut taraması ile vücut yoğunluğundaki değişimi belirlemesi, bölgesel yağ, kemik ve yağsız vücut kütlesi bilgisini vermesi nedeniyle sporcularda kullanımı önerilmektedir.

Beslenme ve Diyet Uygulamaları Takibinde Vücut Kompozisyonu Kullanımı

Beslenme ve diyet uygulamalarının yapıldığı merkezlerde, vücut kompozisyonunun ölçülmesi ve değerlendirilmesinde sıklıkla BİA kullanılmaktadır. BİA, kolay, hızlı, alan ve laboratuvar ölçümleri için oldukça kullanışlı bir vücut kompozisyonu belirleme yöntemidir. BİA yöntemi, vücut suyunun belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. İnsan vücudunda sulu dokular çözünmüş elektrolitleri nedeniyle elektrik akımını geçirir. Elektrik uyarıları gönderildiğinde elektrik akımının en geçirgen dokulardan geçişinin büyüklüğü dokuların geçirgenliğine bağlıdır. Geçerli BİA ölçümü için sabit doku hidrasyon durumu can alıcı noktadır.

Vücut suyu ve hücre içeriğinin değişmesi nedeniyle farklı popülasyonlarda, BİA yöntemi kullanılarak belirlenen vücut kompozisyonunda farklı değişkenlerin kullanıldığı regresyon formülleri geliştirilmiştir (Guo, Roche, Chumblea, Miles, ve Pohlman, 1987; Kushner, Schoeller, Fjeld, ve Danford, 1992). Vücut yağ kütlesi tipik olarak regresyon formülleriyle impedans indeksten doğrudan hesaplanabilir (Kushner vd., 1992). BİA oldukça kullanışlıdır ancak çok fazla metodoloji farklılığı vardır; cihazın modeli, elektrotların yerleştirilmesi, elektrik akımının frekansı ve modelin regresyon formülü geliştirilmesinde kullanılan referans yöntem ölçümde farklılığa ve tutarsızlığa neden olmaktadır (Küçükkubaş vd., 2020). Ölçüm yatar pozisyonda yapılıyorsa vücut suyunun yer değişimi nedeniyle ölçüm aralığının 0-10 dk içinde ve deneğin sağ tarafından yapılması gerekmektedir (Küçükkubaş, Hazır, ve Açıkada, 2006). Doğru ve kesin BİA ölçümü sırasında beş önemli kural uygulanır; ortam sıcaklığı yaklaşık 20-22°C olmalı, 4 saat öncesinde yeme ve içme yapılmaması, testten 12 saat önce fiziksel aktivite yapılmaması, en az 30 dakika içinde tuvalet ihtiyacının giderilmesi, 48 saat alkol kullanılmaması, 7 gün içinde diüretik kullanmaması ve ölçümler yatar pozisyonda alınıyorsa iletken olmayan yüzeyde yapılması gerekmektedir (Heyward ve Stolarsczyk, 1996). Ayrıca vücut kompozisyonu ölçümlerinde yağ ve yağsız vücut kütlesi belirlenmesinde normal olmayan hidrasyon durumundaki çocuk, pubertal durum, hamile, ani kilo kaybı yaşayanlar ve kronik hastalarda (örn. kronik böbrek yetmezliği, siroz) BİA kullanımı ideal bir yaklaşım değildir (Sinha vd., 2018).

Çocuklar yetişkinlere göre daha düşük yağsız vücut kütlesi ve kemik yoğunluğu, daha yüksek vücut su içeriği ve düşük potasyum düzeyine sahiptir. Bu nedenle çocuklarda yetişkinlere ait vücut kompozisyonu regresyon formüllerinin kullanılması halinde yağ oranı yüksek hesaplanacaktır (Heyward ve Stolarsczyk, 1996; Slaughter vd., 1984; Slaughter vd., 1988). Bu nedenle çocuklarda ister sağlık riskinin belirlenmesi ister beslenme ve diyet uygulamalarının takibi için vücut kompozisyonu belirlemede farklı bileşenlerin (yağ, kemik mineral kütlesi, protein ve su) ölçülmesi gerekmektedir. Yetişkinler için geliştirilen vücut kompozisyonu regresyon formülleri, vücut yağ yüzdesini fazla hesaplanmasına rağmen (%7-13) literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lohman, 1986; Lohman, 1981). Bu nedenle, çocuklarda vücut kompozisyonu belirlenirken regresyon formülü kullanılıyorsa bu formülün geliştirilmesinde kullanılan referans yöntem önem kazanmaktadır. Çocuklarda vücut kompozisyonunun belirlenmesinde özellikle vücut suyu, protein, kemik mineral ve yoğunluğunun dikkate alındığı çok bileşenli modellerin referans olarak kullanıldığı regresyon formülü tercih edilmelidir.

Sonuç olarak, obez ve aşırı zayıf bireylerde kullanılan beslenme ve diyet uygulamalarında vücut kompozisyonu ölçülürken; deri kıvrım kalınlığı parametrelerin kullanıldığı regresyon formüllerinin ve BIA yönteminin kullanımı tavsiye edilmemektedir. Bireylerin bir program uygulaması (kalori kısıtlaması ya da egzersiz programı) durumunda antropometrik profillerinin oluşturulmasında ve takibinde çevre ölçümleri kullanılabilir.

ÇOK BİLEŞENLİ MODELLER

Çok bileşenli modellerde vücut kompozisyonunu oluşturan bileşenler atomik, moleküler, hücrel ve doku sistemleri ve tüm vücut olmak üzere farklı düzeylerde ölçülebilmektedir. Çok bileşenli modellerin tümü, 2-Bileşenli modelden geliştirilmiştir. Çok bileşenli modellerde de derlemenin daha önceki bölümünde 2-Bileşen modeli için belirtilen protein ve mineral yoğunluğunun sabit olduğu varsayımı devam etmektedir. Çok bileşenli modellerde, incelenen bileşenler moleküler düzeyde incelenmektedir ve en önemlisi birçok laboratuvar yöntemi kullanıldığından 2-Bileşen modelindeki varsayımlarla ilgili hatalar en aza indirgenebilmektedir (Wagner ve Heyward, 1999). Örneğin, çok bileşenli modellerinin kullanımıyla yağsız vücut kütlesindeki iki varyasyonun (kemik minerali ve su) doğrudan ölçülmesi çocuklarda vücut yağının daha doğru hesaplanmasını sağlamıştır (Lohman, 1986).

Çok bileşenli modeller, incelenen bileşenin sayısına göre adlandırılır; 3-, 4- , 5- ya da 6- Bileşenli model olabilir. Örneğin; vücudun yağ, su, protein ve kemik mineral içeriğinin incelendiği bir vücut kompozisyonu değerlendirmesinde 4-Bileşenli modelin kullanımı söz konusudur (Tablo 1). Su, yağsız kuru vücut kütlesi (protein ve kemik kütle içeriği) ve kemik harici yumuşak doku mineral içeriğini (non-osseous) belirlemek için farklı modeller de kullanılmaktadır. Bu modellerdeki bileşen sayısının genişletilmesi vücut kompozisyonunun daha detaylı incelenmesini sağlayacaktır (Toomey vd., 2015). Derlemenin bundan sonraki bölümünde çok bileşenli modellerin vücut kompozisyonunun belirlenmesindeki kullanımından bahsedilecektir.

Tablo 1: 2-, 3-, 4-, 5- ve 6- Bileşen modellerinin özeti

2-BİLEŞENLİ	3-BİLEŞENLİ	4-BİLEŞENLİ	5-BİLEŞENLİ	6-BİLEŞENLİ
YAĞ KÜTLESİ	YAĞ KÜTLESİ	YAĞ KÜTLESİ	YAĞ KÜTLESİ	YAĞ KÜTLESİ
	SU	SU	SU	SU
YAĞ HARİCİ KÜTLE	YAĞ HARİCİ KÜTLE	PROTEİN	PROTEİN	PROTEİN
		KEMİK MİNERAL İÇERİĞİ	KEMİK MİNERAL KÜTLESİ	KEMİK MİNERAL KÜTLESİ
			KEMİK HARİCİ MİNERAL KÜTLESİ	KEMİK HARİCİ MİNERAL KÜTLESİ
				GLİKOJEN

2-Bileşen Modeli

2-Bileşen modeli, vücudu temelde iki kütleye ayırarak vücut kompozisyonunu değerlendirir. Bunlar “Yağ Kütle” ve “Yağsız Vücut Kütle”dir. 2-Bileşen modeli için vücut yoğunluğu hesaplandıktan sonra kolaylıkla vücut yağ kütle ve yağsız vücut kütle miktarları hesaplanabilir. Hidrostatik tartım, hava yer değiştirme plethismografi ve DXA gibi referans yöntemler kullanılarak vücut yoğunluğu elde edildikten sonra vücut yağ yüzdesini hesaplamak için Siri (1956) ve Brozek vd. (1963) formülleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında vücut yoğunluğundan vücut yağ yüzdesinin hesaplanabileceği popülasyona özgü geliştirilen yaş, cinsiyet ve etnik köken için geliştirilmiş regresyon formülleri bulunmaktadır (Heyward ve Stolarczyk, 1996).

2-Bileşenli Modelde sıklıkla DXA ve hidrostatik tartım yöntemleri referans yöntem alınarak vücut kompozisyonu regresyon formüllerine ulaşılmıştır. 2-Bileşenli modelin kullanıldığı hidrostatik tartım yönteminin dezavantajı, vücuttaki yağ dağılımı ile ilgili bilgi vermemesidir. DXA ile vücut kompozisyonu belirlemede ise vücut yoğunluğu, kemik mineral yoğunluğu ve içeriğiyle birlikte segmental bilgi de elde edilebilmektedir. Çevre, çap ve deri kıvrım kalınlıkları ve BIA ham verileri kullanılarak geliştirilen regresyon formülleriyle daha az maliyetli, kolay ve kullanışlı formüller geliştirilmiştir (Toomey vd., 2015). Örneğin, farklı popülasyonlarda olan ergen (15±1,2 yıl) ve yetişkin (23,6±2,2 yıl) erkeklerde yapılan çalışmada 2-Bileşen modeli olan hidrostatik tartım yönteminin çok-bileşenli modeller kadar vücut kompozisyonu parametrelerini açıkladığı ve doğru sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Horswill, Lohman, Slaughter, Boileau, ve Wilmore, 1990).

3-Bileşenli Modeller

3-Bileşenli modellerde vücut kompozisyonu, yağ kütle, su ve yağsız vücut kütlesi olarak incelemektedir. Yağsız vücut kütlesi, kimyasal ya da anatomik bileşenler olarak iki farklı şekilde incelenebilir (Toomey vd., 2015). Vücut kompozisyonunun belirlenmesinde sıklıkla kullanılan anatomik modelde, vücut suyunun ve yağsız vücut kütlelerinin sabit olduğunu varsayılmaktadır.

Farklı bir yaklaşımla, 3-Bileşen modellerde vücut kompozisyonu, yağ kütle, kemik mineral içeriği ve yağ harici kütle (organ gibi tüm mineral içermeyen dokular) olmak üzere de incelenebilmektedir. Kemik mineral içeriğinin ölçülmesini gerektiren bu çeşit 3-Bileşen modelinde DXA yöntemine gereksinim duyulmaktadır (Toomey vd., 2015).

4-Bileşenli Model

4-Bileşen modellerde vücut kompozisyonu, kimyasal (yağ, su, kemik mineral ve protein), sıvı metabolik (hücre içi ve dışı katı ve hücre içi ve dışı sıvı bileşenler) ve anatomik (yağ doku, iskelet kası olmayan yumuşak doku, iskelet kası ve kemik) bileşenler ile belirlenebilmektedir (Heyward ve Stolarsczyk, 1996). Bu model, protein ve kemik kütle içeriği (yağsız kuru kütle) ile yağ kütlesi ve vücut suyunun belirlenmesini kapsar. 4-Bileşenli modelde kemik mineral içeriğinin DXA ile ölçülmesi gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen modele ek olarak sadece kemik dokudaki mineral içeriği yerine, yumuşak dokudaki minerallerin Nötron Aktivasyon yöntemiyle belirlendiği 4-Bileşen model de geliştirilmiştir (Wang vd., 2002; Toomey vd., 2015). Bu modelde, yağsız vücut kütleindeki protein miktarının mineral miktarına oranı sabit olduğu varsayılır.

Sporcular gibi yağsız vücut kütlelerinin değişken olduğu popülasyonlarda 4-Bileşen modelinin kullanımı 2-Bileşen modellerine göre oldukça avantajlıdır. 4-Bileşen modelinin kullanımında, yağ kütlelerinin oranları ve yoğunluklarının sabit kabul edilmesi varsayımı elimine edilmiştir. 4-Bileşen modeli, vücut yağ oranının tahmininde yağsız vücut kütlelerinin olgunlaşma, hidrasyon durumu ve kemik mineralizasyonunun etkisini en aza indirir. Böylece daha kesin ve doğru sonuçlar elde edilmiş olur. Yaşlanmaya bağlı kas ve kemik dokudaki kayıplar, kadınlarda menopozun neden olduğu vücut bileşenlerindeki değişimler, özellikle vücut suyu ya da dokulardaki yoğunluk değişimlerinin önemi nedeniyle farklı popülasyonlar için 4-Bileşen modeli önerilebilir. 4-Bileşen modelinin maliyeti geniş çapta uygulama yapmaya izin vermemektedir. Ancak bu bileşenlerin direk ölçümlerinin sağlanamadığı durumlarda; Çok-Bileşenli modellerden geliştirilmiş vücut kompozisyonu regresyon formüllerinin kullanılması daha doğru sonuçlar elde etmeyi sağlayacaktır.

5 ve 6-Bileşenli Modeller

5-Bileşen modelinde toplam vücut kütlesi beş bileşende incelenmektedir. Bu bileşenler, su, yağ kütlesi, protein kütlesi, kemik mineral kütlesi ve kemik harici yumuşak doku mineralleridir. 6-Bileşenli modelde ise rezidüel yumuşak doku mineral kütlesi ve glikojen bileşenleri de incelenmektedir. Kemik harici mineral içeriği yumuşak doku minerallerini de kapsamaktadır (Wang vd., 2002).

2. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, vücut kompozisyonu birçok disiplinde farklı amaçlarla kullanılmakta ve bireye özel ölçüm ve değerlendirme yöntemleri gerektirmektedir. Vücut kompozisyonu bileşenlerinin belirlenmesi klinik sağlık, beslenme, büyüme, vücut ağırlığı kontrolü ve spor bilimlerinde kritik rol oynamaktadır. Vücut kompozisyonu ölçümlerinin elementler düzeyinde yapılması halinde daha güvenilir sonuçlara ulaşılır, böylece toplam vücut suyu, doku yoğunluğu ve yapı ile ilgili ölçüm varsayımları en aza indirilmiş olur. Vücut kompozisyonunu belirleme yönteminin seçimini ihtiyacımız belirlese de ölçüm yöntemleri için her zaman şartlar uygun olmayabilir. Bu durumda uygun referans yöntem ve popülasyona özel geliştirilen regresyon formüllerinin kullanımı tercih edilmelidir. Özellikle sağlıkla ilgili risk faktörlerinin belirlenmesinde yaş gruplarının yapısal özellikleri doğru yöntemlerle ölçülerek değerlendirilmelidir.

Sporcular için kullanılacak yöntemin seçiminde, yağsız vücut kütlesinin tüm bileşenlerinin takibi önem kazanmaktadır. Spor bilimlerinde farklı spor branşlarına özel regresyon formülleri, sporcuların sedanter bireylerden farklı antropometrik özellikleri olduğu dikkate alınarak geliştirilmiştir. Sporcuların yağsız vücut kütlesi yoğunluğunun yüksek olmasına neden olan parametrelerden biri kemik mineral yoğunluğu ve içeriğidir. Bu nedenle sporcularda yağsız vücut kütlesi yoğunluğunun takibinde maliyeti yüksek bir yöntem olsa da DXA önerilmektedir. Spor araştırmalarında ve performans takibinde DXA yönteminin en önemli avantajı hem toplam hem de bölgesel vücut kütle bilgisini detaylı olarak vermesidir. Spor branşına özel bir regresyon formülünün olmaması durumunda ya da olsa dahi antrenmana olan cevabın takibinde çok bileşenli modellerin kullanımı tercih edilmelidir. Ayrıca, yukarıda bahsedilen dolaylı ve ikincil dolaylı yöntemlerle birlikte (çok bileşenli modeller) özellikle antropometrik ölçümlerden deri kıvrım kalınlıkları (anatomik bölgelere özel ya da 3, 4 ya da 7 bölge toplamı), çevre ve çap ölçümlerinin sporcularda takibi de önerilebilir.

Aşırı uç yağlılık değerlerindeki bireylerin (aşırı yağlı ya da aşırı zayıf) vücut yoğunlukları normal popülasyondan farklıdır. Bu nedenle bu bireylerde yağsız vücut kütlesi içeriğinden elde edilen verilerdeki

sapmalar da dikkate alınmalıdır. Vücut suyu ve diğer bileşenlerin ölçümünde cihazların ya da normal bireylere ait regresyon formüllerinin kullanımında hatalar kaçınılmazdır. Bu bireylerde gerekirse çok bileşenli modellerle birlikte ham verilerin kullanılması da tercih edilebilmektedir. Sıklıkla obez bireylerin takibinde ve sağlık riskleri sınıflandırmasında kullanılan VKİ'nin yanıltıcı olabileceği dikkate alınmalıdır. Önemli ve dikkate alınması gereken noktalardan birisi de diyetle birlikte egzersiz reçetesi uygulamaları, uzun dönem yapıyorsa vücut kompozisyonunda meydana gelen yağsız vücut kütlesi bileşenleri değişiminin detaylı ölçülmesi tavsiye edilebilir.

Sonuç olarak, bilimsel çalışmalar vücut kompozisyonunun ölçümü ve değerlendirilmesinde kesinleşmiş tek bir yöntem olmadığı görülmektedir. Vücut kompozisyonu belirlenmesinde dikkate alınması gereken önemli noktalar; halk sağlığı açısından risk faktörlerinin belirlenmesinde popülasyonun özelliğine göre uygun vücut kompozisyonu yönteminin, regresyon formülünün ya da indeksinin kullanılmasıdır. Bireysel indeks değerleri kullanılması durumunda doğru değerlendirilmesi, mümkünse çok bileşenli modellerin kullanılması ve referans yöntemlerle ölçüm hatalarının en aza indirilmesi gerekmektedir. Tavsiye edilmemesine rağmen tek başına bir yöntem kullanılması durumunda; yöntemin sınırlılıkları, avantajları ve dezavantajlarının dikkate alınarak planlamanın yapılması (ham verilerin elde edilmesi), ölçümün ve değerlendirme yönteminin kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Bosy-Westphal, A. ve Müller, M. J. (2021). Diagnosis of obesity based on body composition-associated health risks-Time for a change in paradigm. *Obesity Reviews*, e13190. <https://doi.org/10.1111/obr.13190>
- Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T., ve Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110 (1), 113-140.
- Chen, Y. T., Hsieh, Y. Y., Ho, J. Y., Lin, T. Y., ve Lin, J. C. (2021). Two weeks of detraining reduces cardiopulmonary function and muscular fitness in endurance athletes. *European Journal of Sport Science*, 1-29. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1880647>
- Dos Santos, M. A., Henrique, R. S., Salvina, M., Silva, A. H. O., Junior, M. A. D. V., Queiroz, D. R., ... ve Nevill, A. M. (2021). The influence of anthropometric variables, body composition, propulsive force

- and maturation on 50m freestyle swimming performance in junior swimmers: An allometric approach. *Journal of Sports Sciences*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1891685>
- de Morais, N. D. S., Miranda, V. P. N., Ribeiro, S. A. V., Pereira, P. F., de Souza, E. C. G., Franceschini, S. D. C. C., ve Priore, S. E. (2021). Predictive capacity and cutoff points of adiposity indices for body fat prediction according to adolescent periods. *British Journal of Nutrition*, 1-31. <https://doi.org/10.1017/S0007114521000398>
- Fields, D.A. ve Goran, M.I. (2000). Body composition techniques and the four-compartment model in children. *Journal of Applied Physiology*, 89 (2), 613-20.
- Guo, S., Roche, A.F., Chumblea, W.C., Miles, D.S., ve Pohlman, R.L. (1987). Body composition predictions from bioelectric impedance. *Human Biology*, 59, 221-233.
- Hazır T. ve Açıkada C. (2002). Vücut Kompozisyonunun Değerlendirilmesinde Biyoelektrik İmpedans Analizinin Güvenirliği: Karşılaştırma Çalışması. *Spor Bilimleri Dergisi*, 13 (2), 2-18.
- Hazır, T., Harbili, S., Mavili, S., Pense, M., Açıkada, C., ve Güler, D. (2003). Menstrual döngünün ve oral su alımının total vücut suyu ve vücut kompozisyonu üzerine etkisi: Biyoelektrik impedans. *Spor Bilimleri Dergisi*, 14 (4), 144-161.
- Hazır, T., Köse, M. G., Esatbeyoğlu, F., Ekinci, Y. E., ve İşler, A. K. (2020). Yüksek şiddetli egzersizin biyoelektrik impedans yöntemi ile ölçülen vücut kompozisyonu üzerine etkisi. *Spor Hekimliği Dergisi*, 55 (2), 102-111.
- Heyward, V. H. ve Stolarczyk, L.M. (1996). Applied Body Composition Assessment. 4-5, USA. *Human Kinetics*.
- Horswill, C. A., Lohman, T. G., Slaughter, M. H., Boileau, R. A., ve Wilmore, J. H. (1990). Estimation of minimal weight of adolescent males using multicomponent models. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (4), 528-32.
- Jackson, A. S., Pollock, M. L., ve Ward, A. N. N. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12 (3), 175-81.
- Jackson, A. S. ve Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40 (3), 497-04.
- Özer, M. K. (2009). *Kinantropometri: sporda morfolojik planlama*. Nobel.

- Kushner, R. F. D. A., Schoeller, D. A., Fjeld, C. R., ve Danford, L. (1992). Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56 (5), 835-39.
- Küçükkuşbaşı, N. ve Korkusuz, F. (2020). Dual X-ray absorptiometry can predict total and regional body fat percentage: A comparative study with skinfold thickness and body mass index for adult women. *Progress in Nutrition*, 22 (3), <https://doi.org/10.23751/pn.v22i3.9315>
- Küçükkuşbaşı, N., Aytar, S. H., Açıkada, C., ve Hazır, T. (2020). Bioelectric impedance analyses for young male athletes: A validation study. *Isokinetics and Exercise Science*, 28 (1), 49-58.
- Küçükkuşbaşı, N. (2007). 15-17 Yaş antrenmanlı erkek ergenlerde vücut kompozisyonunun belirlenmesi. Yayınlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Küçükkuşbaşı, N., Hazır, T., ve Açıkada, C. (2006). 15-17 yaş ergen erkeklerde biyoelektrik impedans yönteminde ölçüm aralığının belirlenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 17 (2), 38-47.
- Lesinski, M., Prieske, O., Chaabene, H., ve Granacher, U. (2020). Seasonal effects of strength endurance vs. power training in young female soccer athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003564>
- Lohman, T. G. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biology*, 181-25.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 325-57.
- Malina, R. M. (1994). Physical activity and training: effects on stature and the adolescent growth spurt. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (6), 759-66.
- O'Donoghue, G., Blake, C., Cunningham, C., Lennon, O., ve Perrotta, C. (2021). What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis. *Obesity Reviews*, 22 (2), 1-19.
- Poggiogalle, E., Parrinello, E., Barazzoni, R., Busetto, L., ve Donini, L. M. (2021). Therapeutic strategies for sarcopenic obesity: a systematic review. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 24 (1), 33-41.
- Ponti, F., Santoro, A., Mercatelli, D., Gasperini, C., Conte, M., Martucci, M., ... Bazzocchi, A. (2020). Aging and imaging assessment of body composition: from fat to facts. *Frontiers in Endocrinology*, 10 (861), 1-17.

- Rojo-Tirado, M. A., Benito, P. J., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Romero-Moraleda, B., Butragueño, J., ve Gómez-Candela, C. (2021). Body composition changes after a weight loss intervention: A 3-Year Follow-Up Study. *Nutrients*, 13 (1), 164.
- Schroder, J. D., Falqueto, H., Mânica, A., Zanini, D., de Oliveira, T., de Sá, C. A., ve Manfredi, L. H. (2021). Effects of time-restricted feeding in weight loss, metabolic syndrome and cardiovascular risk in obese women. *Journal of Translational Medicine*, 19 (1), 1-11.
- Sinha, J., Duffull, S. B., ve Al-Sallami, H. S. (2018). A review of the methods and associated mathematical models used in the measurement of fat-free mass. *Clinical Pharmacokinetics*, 57 (7), 781-95.
- Siri, W. E. (1956). The gross composition of the body. Lawrence J. H. ve Cornelius A. T., (Der) *In advances in biological and medical physics*. 4, 239-80. London and New York, Academic Press Incorporated.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Stillman, R. J., Van Loan, M., Horswill, C. A., ve Wilmore, J. H. (1984). Influence of maturation on relationship of skinfolds to body density: a cross-sectional study. *Human Biology*, 56, 681-689.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Van Loan, M. D., ve Bembien, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60 (5), 709-23.
- Toomey, C. M., Cremona, A., Hughes, K., Norton, C., ve Jakeman, P. (2015). A review of body composition measurement in the assessment of health. *Topics in Clinical Nutrition*, 30 (1), 16-32.
- Valsdottir, T. D., Øvrebø, B., Falck, T. M., Litleskare, S., Johansen, E. I., Henriksen, C., ve Jensen, J. (2021). Low-carbohydrate high-fat diet and exercise: effect of a 10-week intervention on body composition and cvd risk factors in overweight and obese women—A randomized controlled trial. *Nutrients*, 13 (1), 1-24.
- Wagner, D. R. ve Heyward, V. H. (1999). Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70 (2), 135-49.
- Wang, Z., Deurenberg, P., Wang, W., Pietrobelli, A., Baumgartner, R.N., ve Heymsfield, S.B. (1999). Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69 (5), 833-41.

Wang, Z., Pi-Sunyer, F. X., Kotler, D. P., Wielopolski, L., Withers, R. T., Pierson Jr, R. N., ve Heymsfield, S. B. (2002). Multicomponent methods: evaluation of new and traditional soft tissue mineral models by in vivo neutron activation analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76 (5), 968-74.

Zaras, N., Stasinaki, A., Spiliopoulou, P., Mpampoulis, T., Had-jicharalambous, M., ve Terzis, G. (2021). Effect of inter-repetition rest vs. traditional strength training on lower body strength, rate of force development, and muscle architecture. *Applied Sciences*, 11 (1), 45.