

VÜCUT KOMPOZİSYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE BİYOELEKTRİK İMPEDANS ANALİZİNİN GÜVENİRLİĞİ: KARŞILAŞTIRMA ÇALIŞMASI

Tahir HAZIR, Caner AÇIKADA

Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan Biyoelektrik İmpedans Analizinin (BİA) güvenilirliğini, antropometrik yöntemlerle arasındaki tutarlılığını ve değişik BİA denklemleri arasındaki farkları değerlendirmektir. 20 erkek denegın (yaş: 24.05±2.80) boy, vücut ağırlığı, deri kıvrımı kalınlıkları, çap ve çevre ölçümleri ile standart partlarda üç kez ayakta-ayağa metodu ile impedans analizöründe (Tanita Inc, Tokyo, Japan, Model TBF 401 A) vücut yağ yüzdeleri (VYY), yağsız vücut kitleleri (YVK) ve impedans değerleri ölçülmüştür. Tekrarlı ölçümlerde impedans, VYY ve YVK'nin güvenilirlik katsayıları sırasıyla 0.979, 0.955 ve 0.988 olarak saptanmıştır. BİA ve antropometrik denklemlerden (Sloan, Lohman, Durnin-Womersley, Açıkada) elde edilen VYY'leri arasındaki ilişki katsayıları orta düzeyde ($r = 0.578-0.617$), YVK'ne ait ilişki katsayılarının yüksek ($r = 0.89-0.933$) olduğu gözlenmiştir. Bununla beraber BİA-Sloan VYY hariç, BİA'dan elde edilen vücut kompozisyonu değerleri antropometrik yöntemlerden saptananlardan önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). BİA ile kestirim denklemleri arasındaki tutarlılık alt ve üst sınırları yüksek olduğu gözlenmiştir. İmpedans ve antropometrik değişkenlerden vücut kompozisyonunu kestiren farklı denklemlerden elde edilen VYY ve YVK arasındaki ilişkiler çok yüksek olmakla beraber (VYY $r = 0.829-0.999$, YVK $r = 0.690-0.991$), tümü birbirinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu sonuçlar; BİA'nın vücut kompozisyonunu belirlemede yüksek bir güvenilirliğe sahip olduğunu, BİA'nın antropometrik yöntemlerle ve BİA kestirim

Geliş tarihi : 19.03.2002

Yayına kabul tarihi : 04.06.2002

Vücut Kompozisyonu ve Biyoelektrik İmpedans Analizi

denklemlerinin kendi içerisinde karşılaştırılabilir ve birbirinin yerine kullanılabilir olmadığını ve elde edildikleri popülasyonlara özgü olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoelektrik İmpedans, Antropometri, Vücut Kompozisyonu

RELIABILITY OF BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS FOR THE ASSESSMENT BODY COMPOSITION: A COMPARATIVE STUDY

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the reliability of the bioelectrical impedance analysis (BIA) for the assessment of body composition and to test the repeatability of it with anthropometric methods and to compare differences among various BIA equations. Height, body weight, skinfold thickness, circumferences and BIA were measured on 20 male subjects (Mean_(age) : 24.05±2.80). Each subject was tested three times on three different days by foot-to-foot impedance methodology (Tanita Inc, Tokyo, Japan, Model TBF 401 A) for the reliability of the impedance measurement and prediction of body fat percent (BF%) and lean body mass (LBM). Intra-class correlation coefficient was used to estimate reliability. Impedance, BF% and LBM measurements were all found to be reliable ($r = 0.979, 0.955$ and 0.988 respectively). There were moderate correlations between BIA and anthropometric equations (Sloan, Lohman, Dumin-Womersley, Açıkada) for the BF% ($r = 0.578-0.617$) and high correlations for the LBM ($r = 0.89-0.933$), but results indicated that there were significant differences between BIA and anthropometric equations ($p < 0.05$) except with BIA-Sloan BF%. There were considerable lack of agreement between BIA and anthropometric methods and upper and lower limit of agreement were high. There were high correlations among various BIA equations for both BF % and LBM (BF % $r = 0.829-0.999$, LBM $r = 0.690-0.991$), but it was found that there were significant differences among various BIA equations for both BF% and LBM ($p < 0.05$). In conclusion, the results indicated that BIA is extremely reliable technique for the assessment of body composition. In addition to this, there is considerable lack of agreement between BIA and anthropometric estimates. Moreover, BIA equations are specific to population and should not be used interchangeably.

Key Words: Bioelectrical Impedance, Anthropometry, Body Composition

GİRİŞ

Vücut kompozisyonu, egzersiz ve spor fizyolojisinde çok ilgi duyulan ve yoğun olarak değerlendirilen bir fiziksel özelliktir (di Prampero, Limas, Sassi, 1970). Vücut yapısı ve kompozisyonunun atletik performans üzerinde önemli etkisi olduğu bilinmektedir (Wilmore, 1979). Aynı şekilde egzersiz de vücut kompozisyonunu değiştirecek bir potansiyele sahiptir (Wilmore, 1983). Sadece egzersiz ve sporda değil, özellikle kardivasküler hastalıklarla vücut kompozisyonu arasında yakın ilişkinin saptanmış olması (Barakat ve ark., 1988) ve bazı hastalıkların klinik seyrinin vücut kompozisyonundaki değişimler üzerinden takip edilmesi (Cabre, 1995; Van dem Ham ve ark., 1999) bu ilgiyi artıran başka nedenlerdir.

Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde 4 farklı model kullanılmakla beraber (Heyward ve Stolarczyk, 1996), tüm vücut 2-C modeli (yağ kitle / yağsız vücut kitlesi) klasikleşmiş bir modeldir (Luskaski, 1987). Kadavra hariç doğrudan değerlendirme müm-

kün olmadığından hızlı, noninvaziv, güvenilirliği ve geçerliği yüksek ve aynı zamanda egzersiz veya diyetten kaynaklanan küçük değişimlere duyarlı tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır. Vücut kompozisyonunu değerlendiren çok sayıda yöntem mevcuttur (Lukaski, 1987). Bu yöntemlerin çoğu, bireyin vücut kimyasının ve YVK bileşenlerinin stabil olduğu varsayımına dayanır.

Hidrostatik tartım, hem VYY'nin saptanmasında hem de diğer yöntemler için bir referans olarak kullanılan çok yaygın bir yöntemdir. VYY, sualtı vücut ağırlığından saptanan vücut yoğunluğu yardımıyla Siri ve Brozek tarafından geliştirilmiş olan kestirim denklemleri kullanılarak saptanmaktadır (Brozek, 1963; Siri, 1956). Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde doğru ve güvenilir bir yöntem olarak kabul gördüğü için (Lohman, 1981), egzersiz ve spor fizyolojisinde kullanımı yaygındır. Ancak yağ yüzdesinin kestiriminde bazı sınırlılıklara sahiptir. Çünkü YVK'nin sporcularda sabit olmadığına dair bulgular vardır (Modlesky ve ark., 1996). Özellikle yoğun antrenman dönemlerinde yağsız vücut kitlesinin su ve kemik içeriği sporcu olmayan popülasyonlardan farklılık göstermektedir (Conroy ve ark., 1993; Eckerson ve ark., 1992; Lohman, 1986). Hidrostatik tartım çok zaman alan, oldukça teknik beceriye ihtiyaç duyan ve denekle ölçümü yapan arasında sıkı işbirliği gerektiren bir yöntemdir. Teknik zorluklar nedeniyle vücut yoğunluğu veya VYY, deri kıvrımı kalınlığı, çap ve çevre gibi antropometrik ölçümlerle de saptanmaktadır (Lohman, 1981). Antropometrik ölçümler yardımıyla vücut yoğunluğu veya VYY'yi kestiren çok sayıda regresyon modelleri geliştirilmiştir (Thorland ve ark., 1984). Antropometrik yöntemlerin en büyük dezavantajı; ölçücüler arasındaki güvenilirliğin düşük olmasıdır (Housh ve ark., 1989).

Vücut kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan bir diğer yol, total vücut suyunun (TVS) ölçülmesini temel alan yöntemleri kapsar. Bu yöntemlerden bir tanesi Biyoelektrik Impedans Analizidir (BİA). BİA, yağ dokunun su içermediği ve yağ harici dokularda da su miktarının sabit olduğu varsayımına dayanır. Söz konusu yöntemle VYY veya YVK, elektrik akımına karşı total vücut direnci ile TVS veya YVK arasındaki ters ilişkiden yola çıkılarak hesaplanır (Van Loan ve Mayclin, 1987). BİA oldukça hızlı, ekonomik, taşınabilir, çok deneyim gerektirmeyen ve özellikle saha çalışmaları ve büyük popülasyonları kapsayan epidemiyolojik araştırmalar için uygundur. Elektrik akımına karşı oluşan direnç, TVS ve elektrolitlerin dağılımı ile ters orantılıdır (Van Loan ve Mayclin, 1987). YVK, vücuttaki suyun ve elektrolitlerin büyük bölümünü içerdiği için elektrik akımına olan geçirgenliği (düşük direnç), yağ kitleden daha fazladır (yüksek direnç). Teorik olarak, ölçülen direncin boyutları YVK ve yağ kitlenin birbirinden ayrılmasına olanak sağlar.

BİA ile ilgili güvenilirlik çalışmalarının sonuçları birbirine uyumludur. Birçok çalışmada BİA'nin test-tekrar test güvenilirlik katsayıları $R = 0.96 - 0.99$ arasında bulunmuştur (Fornetti ve ark., 1999; Gutin ve ark., 1996; Lukaski ve ark., 1986; Segal ve ark., 1988; Vehrs ve ark., 1998; Wu ve ark., 1993). Ancak diğer yöntemlerle yapılan karşılaştırma çalışmalarının sonuçları çok tutarlı değildir (De Lorenzo ve ark., 2000; Housh ve ark., 1989; Moughan, 1993; Sinning ve ark., 1985; Thorland ve ark., 1984; Van den Ham ve ark., 1999; Vehrs ve ark., 1998; Williams ve Bale, 1998; Wu ve ark., 1993). BİA'de vücut kompozis-

yonu üretici firmaların sistemlerinde kullandıkları kestirim denklemlerinden saptanmaktadır. Sualtı tartım yöntemi ile yapılan karşılaştırma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan BİA sistemlerinin kabul edilemez düzeyde hatalı sonuçlar verdikleri saptanmıştır (Luskaski ve ark., 1987; Oppliger ve ark., 1991a ; Ross ve ark., 1989; Segal ve ark., 1988; Van Loan ve Mayclin 1987). Bu nedenle BİA ile vücut kompozisyonunu kestiren çok sayıda denklem geliştirilmiştir (Deurenberg ve ark., 1991; Kushner ve Schoeller, 1986; Luskaski ve ark., 1986; Oppliger ve ark., 1991b; Segal ve ark., 1988; Van Loan ve Mayclin, 1987).

Geleneksel yöntemler uygulamadaki yerini korumakla beraber, vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde BİA da giderek artan oranda egzersiz ve sporda kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı BİA yönteminin güvenilirliğini, BİA için geliştirilmiş olan kestirim denklemleri arasındaki farkları ve bazı antropometrik kestirim yöntemleriyle arasındaki tutarlılığı saptamaktır.

YÖNTEM

Denekler : Bu çalışmanın araştırma grubu rekreasyonel olarak aktif 20 erkek spor okulu öğrencisinden oluşturulmuştur (yaş(yıl) = 24.05 ± 2.80 ; Boy(cm) = 174.87 ± 5.56 ; Vücut Ağırlığı (kg) = 69.63 ± 7.07 ; Vücut Kitle İndeksi (VKİ) (kg/m^2) = 22.73 ± 1.75). Araştırma grubundan ölçümlerden önceki 48 saat ve ölçümler arasında yoğun fiziksel aktivite yapmamaları, beslenme alışkanlıklarını değiştirmemeleri, alkol ve kafein tüketmemeleri istenmiştir. Antropometrik ölçümler ilk ölçüm günü, Biyoelektrik İmpedans Analizi iki gün ara ile üç kez yapılmıştır. Denekler her seferinde bir gecelik açlık sonrası laboratuvara gelmişlerdir. Tüm ölçümler sabah 9.00-10.00 saatleri arasında yapılmıştır.

Antropometrik Ölçümler : Antropometrik ölçümler ilk ölçüm günü aynı kişi tarafından yapılmıştır. Vücut ağırlığı (VA); denekler standart spor kıyafeti içerisinde (şort, atlet), ayakkabısız ± 0.1 kg hata ile baskülde (Tanita TBF 401 A Japan), boy; baş frankfort düzlemindeyken, derin bir inspirasyonu takiben başın verteksi ile ayak arasındaki mesafe stadiyometrede (Holtain Ltd. U.K.) ± 1 mm hata ile ölçülmüştür. Vücut kitle indeksi (VKİ); $\text{VKİ}(\text{kg}/\text{m}^2) = \text{VA}(\text{kg}) / \text{boy}(\text{m}^2)$ formülünden hesaplanmıştır. Deri kıvrımı kalınlıkları; Harisson ve ark.'nın (1988) önerdiği şekilde kaliperle (Holtain Ltd., U.K.) ± 2 mm hata ile vücudun sağ tarafından, biceps, triceps, subscapula, suprailiac 1, suprailiac 2, abdominal, uyluk ve baldır olmak üzere 8 bölgeden ölçülmüştür. Biceps, fleksiyonda biceps, el bileği, uyluk ve baldır çevre ölçümleri Gulick antropometrik mezura; humerus ve femur epikondilar çaplar harpenden kaliperle (Holtain Ltd., U.K.) ± 1 mm hata ile Callaway ve ark.'nın(1988) önerdiği şekilde ölçülmüştür. Tüm antropometrik ölçümler iki kez yapılmıştır. Ölçümlere ait test-tekrar test sınıfı güvenirlilik katsayısı $R > 0.95$ olarak hesaplanmıştır. Kestirim denklemlerinde tekrarlı ölçümlerin ortalamaları kullanılmıştır. Vücut yoğunlukları(g.ml^{-1})(VY); Durnin-Womersley: $1.1429 - 0.0573(\log[\text{subscapula dk} + \text{suprailiac 1 dk}])$ (Durnin ve Womersley, 1974); Sloan : $1.1043 - 0.001327(\text{uyluk dk}) - 0.001310(\text{subscapula dk})$ (Sloan, 1967) ve Lohman: $1.0982 - 0.000815(\Sigma \text{triceps dk} +$

Hazır, Açıkada

subscapula dk + abdominal dk) + 0.00000084(Σ triceps dk + subscapula dk + abdominal dk)_ (Lohman, 1981) formülleri ile kestirilmiştir. VY'ler, Siri formülü (4.95 / VY - 4.5) kullanılarak VYY'ye dönüştürülmüştür (Siri, 1956). Dördüncü yöntem olarak Türk sporcu popülasyonu için geliştirilmiş olan ve deri kıvrımı kalınlıkları ile çevre ölçümlerinden VYY'yi doğrudan kestiren denklem kullanılmıştır (VYY = -14.2262 + 0.45118(triceps dk) - 0.73706(suprailiac 2 dk) + 0.42423(abdominal dk) + 0.99375(el bileği çevre (cm)) (Açıkada ve ark., 1991). Tekrarlı ölçümlerde VYY farkları Durnin-Womersley için (% -0.39 ile +0.34), Sloan için (% -0.87 ile +0.62), Lohman için (% -0.42 ile +0.07), Açıkada için (% -1.06 ile +0.54) arasında hesaplanmıştır. YVK: VA - (VA x VYY) formülünden saptanmıştır.

Biyoelektrik İmpedans Analizi : BİA, ayakta-ayağa metoduyla impedans analizöründe (Tanita Inc, Tokyo, Japan, Model TBF 401 A) yapılmıştır. Analizörün elektrotların bulunduğu baskül bölümü, her test günü sulandırılmış alkolle silinerek kurulanmıştır. Deneklerin boy uzunlukları ölçüldükten sonra, kişisel bilgileri analizöre kayıt edilmiştir. Deneklerden çıplak ayakla baskül üzerindeki elektrotlar ayak tabanına temas edecek şekilde analizörün üzerine çıkararak dik pozisyonda ve hareketsiz bir şekilde sonuçlar ekranda görünene kadar beklemeleri istenmiştir. VYY, YVK ve impedans yazıcı aracılığı ile kayıt edilmiştir. Farklı BIA denklemlerini değerlendirmek için ilk gün elde edilen impedans değerleri, Tablo 1'de verilen kestirim denklemleri ile YVK'ne dönüştürülmüştür. Bu denklemlere ait VYY = ((VA - YVK) / VA) x 100 formülü ile hesaplanmıştır.

Tablo 1. BİA'da YVK'nin kestirimi için geliştirilmiş denklemler.

No	Kaynak	Denklem	r	KSH
1	Tanita	-	-	-
2	Oppliger ve ark., 1991	$YVK = 1.949 + 0.701(VA) + .186(Boy^2/R)$	0.98	1.89
3	Lukaski ve ark., 1986	$YVK = 5.214 + 0.827(Boy^2/R)$	0.98	2.51
4	Segal ve ark., 1988	$YVK = 9.33285 + 0.0006636(Boy^2) - .02117(R) + 0.6284(VA) - 0.1238(Yaş)$	0.95	2.47
5	Van Loan ve Mayclin, 1987	$YVK = 17.7868 + 0.00085(Boy^2) + 0.3736(VA) - 0.02375(R) - 0.1531(Yaş)$	0.98	3.13
6	Deurenberg ve ark., 1991	$YVK = 3400.0(Boy^2/R) + 15.34(Boy) + 0.273(VA) - 0.127(Yaş) + 4.56(Cinsiyet) - 12.44$	0.96	2.63
7	Kushner ve Schoeller, 1986	$YVK = ((0.396(Boy^2/R) + 0.143(VA) + 8.399) / 1.04) / 0.73$	0.99	1.66

r : BİA ve sualtı tartım yöntemi arasındaki ilişki katsayısı; KSH : Kestirimin standart hatası; YVK : Yağsız vücut kitlesi (kg); VA : Vücut ağırlığı (kg); R : Direnç (ohm); Boy : (cm) (6 no'lu denklemden m); Cinsiyet : Erkek (1)

Verilerin Analizi : Tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistiği ($\bar{X} \pm SD$) yapıldıktan sonra farklı yöntemlerle kestirilen VYY ve YVK'ye ait varyasyon katsayıları (VK(%) = $SD \times 100 / \bar{X}$) hesaplanmıştır. Tekrarlı olarak ölçülen değişkenlerde ölçümler arası farklar Tekrarlı Ölçümlerde Tek Yönlü Varyans Analizi ile saptanmıştır. BİA'nın güvenilirliği, Tekrarlı Ölçüm-

Vücut Kompozisyonu ve Biyoelektrik İmpedans Analizi

lerde Tek Yönlü Varyans Analizi tekniği kullanılarak sınıfıçı korelasyon katsayısı olarak hesaplanmıştır (Alpar, 2001). BIA ve antropometrik yöntemlerle kestirilen VYY ve YVK arasındaki farklar Eşleştirilmiş İki Örnek Testi ile araştırılmıştır. BIA ile antropometrik yöntemler ve farklı BIA kestirim deklemleri arasındaki ilişkiler Pearson'un Korelasyon katsayısı ile saptanmıştır. BIA ile antropometrik yöntemler arasındaki tutarlılık, Bland ve Altman'nın geliştirdiği istatistik analize bağlı olarak yorumlanmıştır (Bland ve Altman, 1986). Değişik kestirim denklemlerinden elde edilen YVK ve VYY'leri arasındaki farklar Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi ile saptanmıştır. F anlamlı çıktığında farkın hangi denklemler arasında olduğu Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir. BIA ile antropometrik yöntemler arasındaki karşılaştırmalarda antropometrik ölçümlerin yapıldığı gün ölçülen BIA değerleri dikkate alınmıştır. Tüm istatistiksel işlemler Windows altında çalışan SPSS programında (ver. 9.0) yapılmış ve 0.05 güven aralığı kullanılmıştır.

BULGULAR

BIA'dan ölçülen VYY, YVK ve total vücut suyunun göstergesi olan impedansa test-tekrar test güvenilirlik katsayıları $R > 0.955$, ölçümün standart hatası (ÖSH) sırasıyla % 0.73, 0.60 kg ve 8.94 ohm bulunmuştur (Tablo 2). Hiçbir değişkende tekrarlı ölçümlerde anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). Araştırma grubundan kestirim yöntemleriyle elde edilen VYY'ye ait varyasyon katsayıları (VK) % 22.5 - 40.1 arasında olup yöntemden yöntem farklılık göstermektedir. VYY; BIA ve Sloan yöntemine göre heterojen, diğer yöntemlere göre daha homojen bir dağılım göstermiştir. BIA ve antropometrik yöntemlerle kestirilen VYY ve YVK'nin fark istatistikleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Sloan yöntemi hariç diğer antropometrik yöntemlerle kestirilen VYY, BIA'dan önemli derecede farklıdır. DW ve Lohman denklemlerinden kestirilen VYY, BIA'dan önemli miktarda yüksek (sırasıyla $t = 3.22$; $p < 0.01$, $t = 2.67$; $p < 0.02$), Açıkada denkleminde kestirilen düşüktür ($t = 4.15$; $p < 0.01$). Antropometrik yöntemler ile BIA'dan saptanan VYY arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı ancak orta düzeydedir (Tablo 4).

Tablo 2. BIA yöntemi ile ölçülen değişkenlerin test-tekrar test sınıfıçı güvenilirlik katsayıları.

	TEK ÖLÇÜM R	ÇOKLU ÖLÇÜM R	ÖSH	% 95 GÜVEN ARALIĞI
VYY (%)	0.876	0.955	0.73	0.905-0.980
YVK (kg)	0.964	0.988	0.60	0.974-0.995
IMPEDANS (Ω)	0.939	0.979	8.94	0.956-0.991

0.617 ile en yüksek ilişki BIA-DW arasında, ortalamaları arasında istatistiksel fark olmamasına rağmen en düşük ilişki 0.578 ile BIA-Sloan arasında bulunmuştur. Şekil 1'de tüm yöntemlerden saptanan VYY değerlerinin bireysel seviyedeki dağılımı verilmiştir. Dağılım grafiği ve ilişki katsayılarından da anlaşılacağı gibi BIA ile antropometrik yön-

Hazır, Açıkada

temler arasındaki farklar sistematik değildir. BIA ve antropometrik yöntemlerden saptanan YVK'nin VK'ları, VYY'nin aksine homojen bir dağılıma sahiptir (% 8.47-9.29). VYY'de olduğu gibi Sloan yöntemi hariç diğer yöntemlerden hesaplanan YVK, BIA'dan önemli derecede farklıdır (Tablo 3). DW ve Lohman denklemlerine göre hesaplanan YVK BIA'dan önemli derecede düşük (sırasıyla $t = 3.05$; $p < 0.01$, $t = 2.51$; $p < 0.05$), Açıkada denkleminden hesaplanan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($t = 4.29$; $p < 0.01$). Bununla beraber antropometrik yöntemlerden hesaplanan YVK, BIA ile yüksek ilişki içerisindedir (Tablo 4). En düşük ilişkinin BIA-Sloan ($r = 0.890$), en yüksek ilişkinin ise BIA-Açıkada ($r = 0.933$) arasında olduğu saptanmıştır.

Tablo 3. BIA ve antropometrik yöntemlerle saptanan VYY ve YVK'lerinin ortalamalarına ait farklar ($\bar{X} \pm SD$)

BIA	SLOAN	LOHMAN	DW	AÇIKADA
VYY (%)	-0.57±3.46	-1.88±3.16*	-2.15±2.99*	2.80±3.02*
YVK(kg)	0.36±2.50	1.24±2.22*	1.40±2.06*	-2.05±2.14*

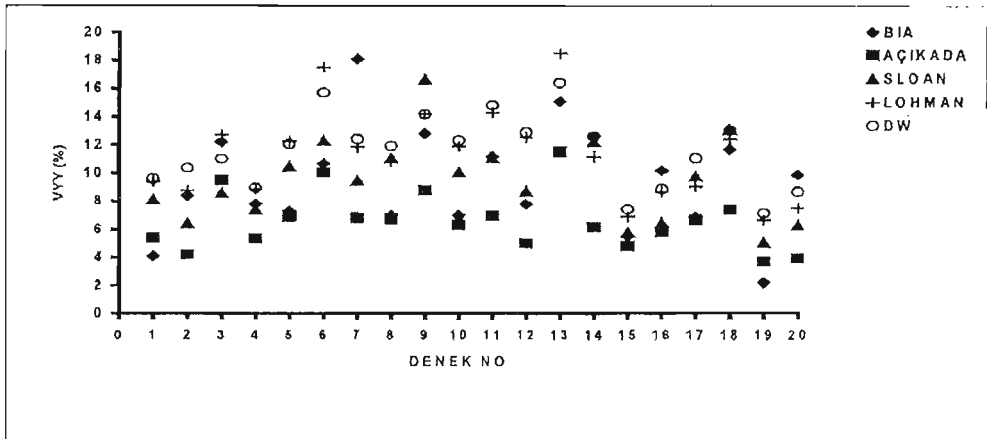
* $p < 0.05$

Tablo 4. BIA ile antropometrik yöntemlerden saptanan VYY ve YVK arasındaki ilişki katsayıları

BIA	SLOAN	DW	LOHMAN	AÇIKADA
VYY*	0.578	0.617	0.602	0.605
YVK**	0.890	0.932	0.917	0.933

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$



Şekil 1. BIA ve antropometrik yöntemlerden saptanan VYY'nin bireysel seviyede dağılımı

Vücut Kompozisyonu ve Biyoelektrik İmpedans Analizi

Bland-Altman analizine göre VYY ve YVK için BİA ve antropometrik yöntemler arasındaki tutarlık sınırları ve bu sınırlara ait güven aralıkları Tablo 5 ve 6'da, bu sınırlara göre fark dağılımları Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir. Bland-Altman analizi, hem VYY hem de YVK için antropometrik yöntemler ile BİA arasındaki tutarlık sınırlarının çok geniş olduğunu göstermiştir (Tablo 5 ve 6). Sloan denklemi VYY'yi BİA'dan 6.23 / -7.5, Lohman denklemi 4.44 / - 8.22, DW denklemi 3.83 / -8.13, Açıkada denklemi 8.85 / -3.24 birim yüksek veya düşük kestirmektedir. Benzer şekilde Sloan denklemi YVK'yi BİA'dan 5.36 /-4.64 kg, DW 5.52 / -2.71 kg, Lohman 5.68 / -3.91 kg, Açıkada 2.22 / -6.34 kg daha yüksek veya düşük hesaplamaktadır. VYY ve YVK'nin tutarlık alt ve üst sınırlarına ait % 95 güven aralıkları Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

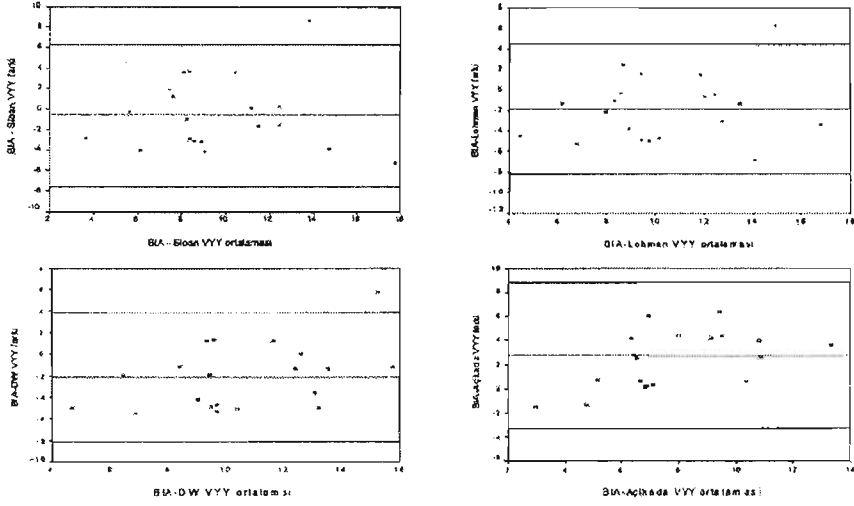
Tablo 5. Antropometrik yöntemlerden saptanan VYY'nin BİA'dan farklarına ait tutarlık sınırları.

	SLOAN	DW	LOHMAN	AÇIKADA
Fark ($\bar{X} \pm Sd$)	-0.57±3.46	-2.15±2.99	-1.88±3.16	2.80±3.02
Fark \bar{X} 'nin % 95 güven aralığı	1.05 /-2.19	-0.75 / -3.55	-0.41 / -3.37	4.22 / 1.39
Tutarlık üst sınırı	6.35	3.83	4.44	8.85
Tutarlık üst sınırı %95 güven aralığı	7.08 / 5.64	4.50 / -3.56	5.13 / 3.75	9.52 / 8.18
Tutarlık alt sınırı	-7.50	-8.13	-8.22	-3.24
Tutarlık alt sınırı %95 güven aralığı	-6.78 / -8.22	-7.47 / -8.81	-7.53 / -8.91	-2.57 / -3.91

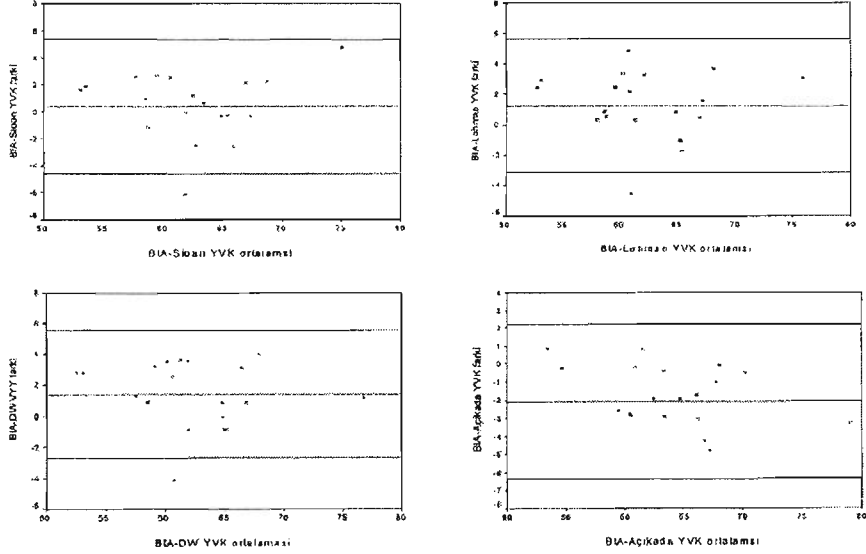
Tablo 6. Antropometrik yöntemlerden saptanan YVK'nin BİA'dan farklarına ait ortalamalar ve tutarlık sınırları.

	SLOAN	DW	LOHMAN	AÇIKADA
Fark ($\bar{X} \pm Sd$)	0.36±2.50	1.24±2.22	1.40±2.06	-2.05±2.14
Fark \bar{X} 'nin % 95 güven aralığı	1.53 /-0.81	2.36 / 0.44	2.28 / 0.21	-1.05 / -3.06
Tutarlık üst sınırı	5.36	5.52	5.68	2.23
Tutarlık üst sınırı %95 güven aralığı	5.97 / 4.75	6.08 / 4.96	6.26 / 5.1	2.79 / 1.66
Tutarlık alt sınırı	-4.65	-2.71	-3.19	-6.34
Tutarlık alt sınırı %95 güven aralığı	-4.03 / -5.25	-2.16 / -3.27	-2.62 / -3.77	-5.77 / -6.91

Değişik BİA denklemlerinden elde edilen YVK'leri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($F_{(6;114)} = 66.55$; $p < 0.01$). Benzer şekilde VYY arasında da anlamlı fark vardır ($F_{(6;114)} = 75.56$ $p < 0.01$). BİA denklemlerinden elde edilen YVK ve VYY'lerinin ortalamaları arasındaki farklara ait Bonferroni çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 7 ve 8'de gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bioelektrik impedans analizöründe (Tanita) üretici firmanın kullandığı denklem ile Oppliger ve ark.'nın geliştirdikleri denklemden kestirilen YVK benzer her ikisi diğer denklemlerden önemli derecede farklıdır (Tablo 7). Lukaski ve ark.'nın denklemiyle kestirilen YVK Segal ve ark., Van Loan ve Mayclin, Deurenberg ve ark. ve Kushner ve Schoeller'in kestirim denklemleriyle benzerdir. Segal ve ark.'nın denklemi YVK'ni Van Loan ve Mayclin, Deurenberg ve ark. ve Kushner ve Schoeller'in denklemlerinden, Van Loan ve Mayclin'de; Deurenberg ve ark. ve Kushner ve Schoeller'den önemli derecede farklı kestirmektedir. Bununla beraber Deurenberg ve ark. ve Kushner ve Schoeller denklemlerinin kestirimleri farklı değildir. VYY ile ilgili ikili karşılaştırmaların tümü, YVK'ye ait sonuçlara paraleldir (Tablo 8). Denklemlerden kestirilen YVK'leri arasındaki ilişki katsayıları $r = 0.690 - 0.995$ arasında olup tümü anlamlıdır (Tablo 9). VYY'ne ait ilişki katsayıları YVK'den daha yüksektir. VYY arasındaki ilişki katsayıları $r = 0.829 - 0.999$ arasında bulunmuştur (Tablo 10).



Şekil 2. BİA ve Antropometrik yöntemlerden elde edilen VYY'nin Bland-Altman analizi ile karşılaştırılması (Ortadaki çizgi fark ortalamaları, alt ve üst çizgiler tutarlılık sınırları).



Şekil 3. BİA ve Antropometrik yöntemlerden elde edilen VVK'nin Bland-Altman analizi ile karşılaştırılması (Ortadaki çizgi fark ortalamaları, alt ve üst çizgiler tutarlılık sınırları).

Vücut Kompozisyonu ve Biyoelektrik İmpedans Analizi

Tablo 7. BİA'da değişik kestirim denklemlerden hesaplanan YVK'lerin ortalama farklarına (kg) ait Bonferroni çoklu karşılaştırma sonuçları

	Kestirim denklemleri					
	2	3	4	5	6	7
1. Tanita	0.589	6.357*	3.276*	8.59*	6.909*	6.346*
2. Oppliger ve ark	-	5.768*	2.687*	8.001*	6.32*	5.757*
3. Lukaski ve ark	-	-	-3.081	2.233	0.552	-0.011
4. Segal ve ark	-	-	-	5.314*	3.632*	3.07*
5. V.Loan ve Mayclin	-	-	-	-	-1.682*	-2245*
6. Deurenberg ve ark	-	-	-	-	-	-0.563
7. Kushner ve Schoeller	-	-	-	-	-	-

* p< 0.05

Tablo 8. BİA'da değişik denklemlerden kestirilen VYY'lerinin ortalama farklarına (%) ait Bonferroni çoklu karşılaştırma sonuçları.

	Kestirim denklemleri					
	2	3	4	5	6	7
1. Tanita	1.006	9.014*	4.868*	12.357*	9.891*	9.026*
2. Oppliger ve ark	-	-8.009*	-3.862*	-11.351*	-8.885*	-8.020*
3. Lukaski ve ark	-	-	4.147	-3.342	-0.877	0.011
4. Segal ve ark	-	-	-	-7.489*	5.023*	-4.158*
5. V.Loan ve Mayclin	-	-	-	-	2.466*	3.331*
6. Deurenberg ve ark	-	-	-	-	-	0.865
7. Kushner ve Schoeller	-	-	-	-	-	-

*p< 0.05

Tablo 9. BİA'da değişik kestirim denklemlerinden hesaplanan YVK için korelasyon matrisi.

	Kestirim denklemleri					
	2	3	4	5	6	7
1. Tanita	0.957*	0.752*	0.968*	0.977*	0.963*	0.881*
2. Oppliger ve ark	-	0.690*	0.995*	0.977*	0.936*	0.851*
3. Lukaski ve ark	-	-	0.686*	0.743*	0.863*	0.967*
4. Segal ve ark	-	-	-	0.991*	0.949*	0.847*
5. V.Loan ve Mayclin	-	-	-	-	0.977*	0.882*
6. Deurenberg ve ark	-	-	-	-	-	0.881*
7. Kushner ve Schoeller	-	-	-	-	-	-

* p< 0.01

Tablo 10. BİA'da değişik kestirim denklemlerinden hesaplanan VYY için korelasyon matrisi.

	Kestirim denklemleri					
	2	3	4	5	6	7
1. Tanita	0.839*	0.829*	0.890*	0.883*	0.902*	0.851*
2. Oppliger ve ark	-	0.999*	0.914*	0.855*	0.936*	0.992*
3. Lukaski ve ark	-	-	0.912*	0.834*	0.922*	0.984*
4. Segal ve ark	-	-	-	0.932*	0.961*	0.910*
5. V.Loan ve Mayclin	-	-	-	-	0.980*	0.895*
6. Deurenberg ve ark	-	-	-	-	-	0.958*
7. Kushner ve Schoeller	-	-	-	-	-	-

* p< 0.01

TARTIŞMA

Vücut kompozisyonu günümüzde sadece spor ve egzersiz performansı arasındaki ilişkiler açısından değil, genel sağlık ve özellikle kronik hastalıkların klinik seyriyle olan ilişkileri açısından da önem kazanmıştır. Bu nedenle saha koşullarında büyük popülasyonlara uygulanabilen metodolojilerin önemi artmıştır. Vücut kompozisyonunu değerlendiren metodolojilerde ideal özellikler şöyle sıralanabilir; geçerlik, güvenilirlik, uygulamada kolaylık, uygulama için minimum bilgi ve beceri gereksinimi, taşınabilirlik ve ucuzluk. Son yıllarda yoğun olarak kullanılan BIA, yukarıda sayılan özelliklerin hemen hemen tümüne sahiptir. Bu çalışmada kullanılan BIA sisteminde saptanan vücut kompozisyonu bileşenlerine (VYY ve YVK) ait güvenilirlik katsayıları $R > 0.955$, literatürdeki değişik BIA sistemleriyle erkek, bayan, çocuk ve klinik takip altındaki hastalar gibi değişik popülasyonlardan elde edilen güvenilirlik katsayılarına benzerdir. Söz konusu çalışmalarda test-tekrar test güvenilirlik katsayıları $R > 0.94$ bulunmuştur (Jackson ve ark., 1988; Vehrs ve ark., 1998; Van den Ham ve ark., 1999; Wu ve ark., 1993).

Bu çalışmada iki gün ara ile üç kez ölçülen impedans (direnç) değerlerine ait güvenilirlik katsayısı ($R= 0.979$) literatürdeki güvenilirlik katsayılarıyla uyumludur. Helenius ve ark., (1987), impedansa ait test tekrar test güvenilirlik katsayısını $R = 0.99$ olarak bulmuşlardır. Daha yeni bir çalışmada kolejli bayan atletlerde impedansa ait güvenilirlik katsayısı $R = 0.987$ olarak saptanmıştır (Fornetti ve ark., 1999). Bu çalışmanın sonuçları da dahil impedans ölçümlerinin güvenilirlik katsayısının çok yüksek olması (Tablo 2), BIA sistemlerinin toplam vücut suyundaki değişimlere karşı duyarlılığının veya araştırma grubundaki bireylerin toplam vücut suyu değişimlerinin minimal olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bununla beraber, BIA'nın hiperhidrasyon, hipohidrasyon ve izohidrasyon gibi değişik hidrasyon durumlarına olan duyarlılığı ile ilgili şüpheler vardır. Gece boyunca damar yoluyla hipertonic tuz çözeltisi verilerek hiperosmolal izohidrasyon durumu yaratılmış sağlıklı erkeklerde total vücut suyu değişmediği ve osmolalite önemli ölçüde yükseldiği halde, impedansda önemli azalma olduğu gözlenmiştir (Bernies ve Keller, 2000). Aynı çalışmada; gece boyunca saf su içirilerek ve desmopressin verilerek hipoosmolal hiperhidrasyon durumu oluşturulduğunda, total vücut suyu önemli miktarda arttığı ve osmolalite önemli miktarda düştüğü halde, impedans ölçümlerinin değişmediği ve izoosmolal izohidrasyon (kontrol ölçümü) impedansından farklı olmadığı da gösterilmiştir. Benzer şekilde karın boşluğunda sıvı birikmiş sirozlu hastalardan bu sıvı alındığında, BIA ile saptanan total vücut sıvısının kontrol değerlerine göre azaldığı ancak bu azalmanın karın boşluğundan çekilen sıvı miktarına karşılık gelmediği saptanmıştır (Cabre 1995). Diet + egzersiz ile vücut kompozisyonlarında değişim yaratılan bireylerde bu değişimi, impedansdan çok antropometrik ölçümlerdeki değişimlerin yansıttığı saptanmıştır (Pennock, 1990; Ross ve ark., 1989). Bu bulgular, belirli bir fizyolojik durum veya egzersiz şartlarında veya bilinmeyen hidrasyon durumlarında vücut kompozisyonunun belirlenmesinde BIA'nın çok uygun olmadığını, yanıltıcı sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Cinsiyet, yaş ve fiziksel aktivite gibi faktörlerden etkilendiği için vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan metodlardan elde edilen sonuçlar değişmektedir

(Tablo 3). Antropometrik yöntemlerden kestirilen vücut kompozisyonu bileşenleri BIA'dan saptanandan farklı bulunmuştur. r değerleri, BIA ile antropometrik yöntemler arasındaki ölçüm farklarının sistematik olmadığını gösterir. Gerçekten de VYY bireysel seviyede incelendiğinde yöntemden yönteme büyük varyasyonların olduğu gözlenmiştir (Şekil 1). De Lorenzo ve ark.,(2000), judo, sutopu ve karate yapan erkek sporcularda BIA (dört termal Pletismografi yöntemi; MOD. BIA 101 SC Akern RJL System) ile belirledikleri VYY (% 9.9 ± 1.4) Lohman yönteminden yüksek (% 7.8 ± 0.9), YVK'yi düşük bulmuşlardır (69.4 ± 7.9 kg karşı 71.0 ± 8.2 kg). Maughan (1993) otuzlu yaşlarda erkek ve bayanlar üzerinde yaptığı çalışmada BIA (Bodystat 500) ve Durnin ve Rahaman denklemi ile kestirdiği VYY arasında anlamlı bir fark saptamazken, her iki yöntem arasında $r = 0.842$ gibi yüksek bir ilişki bulunmuştur. Kaminsky ve Whaley (1993) BIA'dan saptadıkları VYY'yi Jackson-Pollock denkleminde önemli derecede düşük bulmuşlardır. Sonuçlar, karşılaştırmalarda kullanılan antropometrik denklemlere ve araştırma grubuna göre değişiklik göstermektedir. BIA ile antropometrik yöntemlerden kestirilen vücut kompozisyonu bileşenleri arasındaki farkların nedeni tam olarak bilinmemektedir. BIA ve antropometrik yöntemlerle VYY'nin hesaplanmasıyla ilgili varsayımlar (vücut yoğunluğu ve suyu), özellikle düzenli fiziksel aktivite yapan gruplar için geçerli olmayabilir. Düşük VYY ve yüksek YVK'ye sahip kişilerde su, mineral ve protein oranı sedanter yaşayanlarla aynı oranda değildir (Lohman, 1984; Womersley, 1976). Bu çalışmadaki araştırma grubunun VYY % 9.42 (BIA yöntemi) olduğu için yüksek bir YVK'ye sahip oldukları söylenebilir. Bu nedenle su, mineral ve protein oranları normal bir popülasyondan farklı olabilir. Bu durum, BIA ile antropometrik yöntemler arasındaki YVK ve VYY'nin kestirimindeki farklılıkların nedeni olarak düşünülebilir. Üretici firmanın vücut kompozisyonunu kestiren denklemi elde ettiği popülasyon ile bu çalışmadaki araştırma grubunun farklı özelliklere sahip olma olasılığı da farkı yaratan bir başka faktör olarak dikkate alınabilir.

Fizyolojik çalışmalarda farklı yöntemlerle elde edilen ölçümler arasındaki tutarlılığın değerlendirilmesinde korelasyon katsayısı yanıltıcı olabilmektedir (Bland ve Altman, 1986). Her ne kadar bu çalışmada BIA-antropometrik yöntemlerden elde edilen VYY arasında yüksek ilişkiler bulunmamış olmakla beraber, Bland-Altman analizi yüksek ilişki elde edilen ölçümler arasındaki tutarlılığın değerlendirilmesinde de alternatif bir yaklaşım sunmaktadır (Gutin ve ark., 1996). Bland-Altman analizi BIA ve antropometrik yöntemlerden elde edilen vücut kompozisyonu bileşenlerinin birbirinin yerine kullanılmayacağına göstermektedir. Antropometrik yöntemler; hem VYY'yi hem de çok yüksek ilişki olmasına rağmen YVK'ni BIA'ya göre çok geniş bir aralıkta kestirmektedir. Bu yöntemler BIA'ya göre VYY'ni -8.22 ile 8.85 birim eksik veya fazla kestirmektedir (Tablo 5). Benzer şekilde aynı yöntemler BIA'ya göre YVK'yi -5.68 kg fazla veya -6.34 kg eksik kestirmektedir (Tablo 6) Bland-Altman analizi ile BIA- Lohman denklemini karşılaştıran bir çalışmanın sonuçları da bu çalışmadan elde edilen bulgulara paraleldir (De Lorenzo ve ark., 2000).

İmpedans, antropometri ve impedans+antropometri ölçümlerini bağımsız birer kestirici olarak kullanarak YVK'yi kestiren denklemlere, bu çalışmada elde edilen impedans

ve antropometrik ölçümler uygulandığında kestirilen YVK ve VYY'leri arasındaki ilişkiler oldukça yüksektir (Tablo 9 ve 10). Farklı denklemler arasındaki ilişkiler yüksek olmakla beraber, hem YVK hem de VYY'leri arasında istatistiksel olarak önemli farklar mevcuttur (Tablo 7 ve 8). Bu farklar birçok spor dalındaki sporcularda ölçülen VYY'lerden daha yüksektir (Withers ve ark., 1987). Bu nedenle bu denklemlerden kestirilen vücut kompozisyonu bileşenleri birbirinin yerine kullanılabilir değildirler. Denklemler arasındaki farklar muhtemelen kestirici olarak kullanılan değişkenlerin (Tablo 1) ve denklemlerin elde edildiği popülasyonların farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu denklemlerin elde edildiği ve sualtı tartım yöntemi ile geçerliliğinin araştırıldığı orjinal çalışmalarda YVK'ye ait $r > 0.95$ olmakla beraber, denklemleri topluca değerlendiren ve sualtı tartım yöntemini referans ölçüm olarak kabul eden bir çalışmada, sualtı tartım - BIA denklemleri arasındaki ilişkiler, orjinal çalışmalardan farklı ($r = 0.81 - 0.98$) bulunmuştur (Eckerson ve ark., 1992). Referans ölçümler orjinal çalışmalardaki ile aynı olmasına rağmen geçerlik katsayıları, ölçümün yapıldığı popülasyona göre değişim göstermektedir.

Teknik açıdan insan vücudundaki su ve elektrolitlerin çok büyük bölümü YVK'de bulunmakla beraber, BIA'nın temelini oluşturan impedans ile TVS arasındaki ilişkiler $r = -0.65 / -0.792$ arasında bulunmuştur (Segal ve ark., 1985; Van Loan ve Maycline, 1987). Impedans ve boy uzunluğundan elde edilen rezistif indeks (RI) ile TVS arasındaki ilişki impedans-TVS arasındaki ilişkiye daha yüksek ($r = 0.83 - 0.96$) olduğu saptanmıştır (Kushner ve Schoeller, 1986; Segal ve ark., 1985; Van Loan ve Maycline, 1987). TVS, YVK'ye bağlı olduğundan, RI-YVK arasındaki ilişkiler $r = 0.81 - 0.938$ arasında bulunmuştur (Eckerson ve ark., 1992; Maughan 1985, Segal ve ark., 1985; Van Loan ve Maycline, 1987). Bundan dolayı RI, YVK'yi kestiren BIA denklemlerinde bir kestirici olarak kullanılmaktadır. Ancak RI'nın sadece yağ yüzdesi yüksek olmayan popülasyonlarda TVS'nin kestiriminde hata varyansını azalttığı saptanmıştır (Helenius ve ark., 1987). YVK'nin kestiriminde antropometrik ölçümlerin de RI kadar değerli olduğu gözlenmiştir. Vücut ağırlığının YVK'yi kestirim gücü RI'dan daha yüksek bulunmuştur. Bir başka deyişle YVK'nin kestiriminde VA, toplam varyansın çok büyük bir bölümünü açıklamaktadır. Bu konuda yapılan çoklu regresyon analizinde, VA'nın tek başına YVK'de açıkladığı varyans $R^2 = 0.96271$ olarak bulunmuştur (Eckerson ve ark., 1992). Aynı çalışmada denkleme RI eklendiğinde, katkısı istatistiksel olarak anlamlı olmakla beraber R^2 'yi sadece 0.00484 birim artırarak 0.96755'e yükselttiği hesaplanmıştır. Bu istatistikler, YVK'nin kestiriminde VA'nın, impedans ve onunla beraber kullanılan diğer kestiricilerden daha önemli bir kestirici olduğunu göstermektedir (Jackson ve ark., 1988). Düşük VYY'ye sahip kişilerde VA'nın büyük bölümünü YVK'nin oluşturduğu düşünülürse bu durum beklenmedik değildir. İstatistiksel açıdan, YVK'si yüksek bireylerde RI'nın YVK'de açıkladığı varyansı, VA'nın yüklendiği söylenebilir. RI-VA arasında yüksek ilişki olması nedeniyle VA'nın YVK'de açıkladığı varyansı, RI'nın yüklendiği de söylenebilir ancak, VA'yı ölçmek impedansı ölçmekten daha kolaydır.

Bu araştırmanın sonuçları; BIA yönteminin vücut kompozisyonunu belirlemede yüksek bir güvenilirliğe sahip olduğunu, BIA'nın antropometrik yöntemlerle ve BIA kestirim

Vücut Kompozisyonu ve Biyoelektrik İmpedans Analizi

denklemlerinin kendi içerisinde karşılaştırılabilir ve birbirinin yerine kullanılabilir olmadığını, impedans, antropometri ve impedans+antropometri değerlerini kullanan kestirim denklemlerinin elde edildikleri popülasyonlara özgü olduğunu göstermektedir.

Yazışma Adresi (Corresponding address): Dr. Tahir Hazır, Hacettepe Ü., Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, 06532 Beytepe - ANKARA

e-posta: thazir@hacettepe.edu.tr

KAYNAKLAR

- Açıkada, C., Ergen, E., Alpar, R., Sarpyener, K. (1991). Erkek sporcularda vücut kompozisyonu parametrelerinin belirlenmesi. **Spor Bilimleri Dergisi**, 2(3):27-41.
- Alpar, R.(2001). **Spor Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik**. Ankara:Nobel Basım Dağıtım.
- Barakat, H.A., Burtons, D.S., Carpenter, J.W., Holbert, D., Israel, R.G.(1998). Body fat distribution, plasma lipoproteins and the risk of coronary heart disease of male subjects. **Int. J. Obes.**, 12(5):473-80.
- Bernies, K., Keller, U.(2000). Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. **Clin. Nutr.**, 19(5):361-366.
- Bland, J.M., Altman, D.G.(1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, 1:307-10.
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.J., Keys, A.(1963). Densitometric analysis of body composition:Revision some quantitative assumptions. **Annal.N.Y.Acad.Sci.**, 113-140.
- Cabre, E., Leon, R., Planas, R., Bertran, X., Domenech, E., Gassull M.A.(1995).Reliability of bioelectric impedance analysis as a method of nutritional monitoring in cirrhosis with ascites. **Gastroenterol Hepatol.**, 18(7):359-365.
- Callaway, W.C., Chumlea, W.C., Bouchard, C., John, H.H., Lohman, T.G., Martin, A.D., Mitchell, C.D., Mueller, W.H., Roche, A.Q.F., ve Seefeldt, W.D. (1988). Circumferences. In. T.G. Lohman, A.F. Roche, R. Martorell (Eds.) **Antropometric Standardization Reference Manuel** (s.39-54). Champaign, IL:Human Kinetics.
- Conroy, B.P., Kraemer, W.J., Maresh, C.M., Fleck, S.J., Stone, M.H., Fry, A.C., Miller, P.D., Dalsky, G.P. (1993). Bone mineral density in elite junior olympic weightlifters. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 25:1103-1109.
- De Lorenzo, A., Bertini, I., Iacopino, L., Pagliato, E., Testolin, T., Testolin, G. (2000). Body composition measurement in highly trained male athletes. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, 40:178-83.
- di Prampero, P.E., Limas, F.P., Sassi, G. (1970). Maximal muscular power, aerobic and anaerobic, in 116 athletes performing at the XIXth Olympic Games in Mexico. **Ergonomics**, 13(6):665-674.

- Deurenberg, P., Van der, K.K., Leenen, R., Weststrate, J.A., Seidell, J.K. (1991). Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. **Int. J. Obesity**, 15:17-25.
- Durnin, J.V.G.A., Womersley, J.(1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness:Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. **Br. J. Nutr.**, 32:77-97.
- Eckerson, J.M., Housh, T.J., Johnson, G.O.(1992). Validity of bioelectrical impedance equations for estimating fat-free weight in lean males. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 24:1298-1302.
- Fornetti, W.C., Pivarnik, J.M., Foley, J.M., Fiechtner, J.J. (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. **J. Appl. Physiol.**, 87(3):1114-1122.
- Gutin, B., Litaker, M., Islam, S., Manos, T., Smith, C., Treiber, F. (1996).Body-composition measurement in 9-11-y-old children by dual-energy x-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and bioimpedance analysis. **Am. J. Clin. Nutr.**, 63(3):287-292.
- Harrison, G.G., Buskirk, E.R., Carter, J.E.L., Johnston, F.E. Lohman, T.G., Pollock, M.L., Roche, A.F., ve Wilmore, J. (1988). Skinfold thicknesses and measurement technique. In. T.G. Lohman, A.F.Roche, R. Martorell (Eds.) **Antropometric Standardization Reference Manual** (s.55-70). Champaign, IL:Human Kinetics.
- Helenius, M.Y.T., Albanes, D., Micozzi, M.S., Taylor, P.R., Heinonen, P. (1987). Studies of bioelectric resistance in overweight, middle-aged subjects. **Human Biology**, 59(2): 271-279.
- Heyvard, V.H., Stolarczyk, L.M. (1996). **Applied Body Composition Assessment**, Champaign: Human Kinetics.
- Housh, T.J., Johnson, G.O., Kenney, K.B., McDowell, S.L., Hughes, R.A., Cisar, C.J., Thorland, W.G.(1989). Validity of anthropometric estimations of body composition in high school wrestlers. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. 60(3):239-245.
- Jackson, A.S., Pollock, M.L., Graves, J.L., Mahar, M.T. (1988). Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. **J. Appl. Physiol.**, 64:529-534.
- Kaminsky, L.A., Whaley, M.H.(1993). Differences in estimates of percent body fat using bioelectrical impedance. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, 33:172-177.
- Kushner, R.F., Schoeller, D.A. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. **Am. J. Clin. Nutr.**, 44:417-424.
- Lohman, T.G.(1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness:a review. **Human. Biology**, 53:181-225.
- Lohman, T.G.(1984). Research progress in validation of laboratory methods of assessing body composition. **Med. Sci.Sports Exerc.**, 16:596-603.
- Lohman, T.G.(1986). Applicability of body composition techniques and constant for children and youth. **Exercise and Sports Sciences Reviews**, 14:325-357.

Vücut Kompozisyonu ve Biyoelektrik İmpedans Analizi

- Lukaski, H.C., Bolonchuk, W.W., Hall, C.B., Sidrs, W.A.(1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. **J.Appl. Physiol.**, 60:1327-1332.
- Lukaski, H.C. (1987). Methods for the assessment of human body composition:traditional and new. **Am. J. Clin. Nutr.**, 46:537-556.
- Maughan, R.J.(1993). An evaluation of a bioelectrical impedance analyser for the estimation of body fat content. **Br. J. Sport Med.**, 27(1):63-66.
- Modlesky, C.M., Cureton, K.J., Lewis, R.D., Prior, B.M., Sloniger, M.A., Rowe, D.A.(1996). Density of the fat-free mass and estimates of body composition in male weight trainers. **J. Apply. Physiol.**, 80:2085-2096.
- Oppliger, R.A., Nielsen, D.H., Vance, C.G.(1991a). Wrestlers' minimal weight: anthropometry, bioimpedance, and hydrostatic weighing compared. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 23:247-253.
- Oppliger, R.A., Nielsen, D.H., Vance, C.G. (1991b). Bioelectrical impedance prediction of fat-free mass for high school wrestlers validated (Abstract). **Med. Sci. Sports Exerc.**, 23:S73.
- Pennock, B.E. (1990). Sensitivity of bioelectrical impedance to detect changes in human body composition. **J. Appl. Physiol.**, 68:2246.
- Ross, R., Leger, L., Martin, P., Roy, R.(1989). Sensitivity of bioelectrical impedance to detect changes in human body composition. **J. Appl. Physiol.**, 67(4): 1643-1648.
- Segal, K.R., Gutin, B., Presta, E., Wang, J., Van Itallie, T.B. (1985). Estimation of human body composition by electric impedance methods: a comparative study. **J. Appl. Physiol.**, 62: 529-534.
- Segal, K.R., VanLoan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgson, J.A., Van Itallie, T.B. (1988). Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. **Am. J. Clin. Nutr.**, 47:7-14.
- Sinning, W.E., Dolny, D.G., Little, K.D., Cunningham, L.N., Racaniello, A., Siconolfi, S.F., Sholes, J.L.(1985). Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 17(1):124-130.
- Sloan, A.W.(1967). Estimation of body fat in young men. **J.Appl. Physiol.**, 23:311-315.
- Siri, W.E.(1956). Gross composition of the body . In. J.H. Lawrence and C.A. Tobias (Eds.) **Advance in Biological and Medical Physics IV**, New York: Academic Press Inc.
- Thorland, W.G., Johnson, G.O., Tharp, G.D., Fagot, T.G., Hammer, R.W.(1984). Validity of anthropometric equations for the estimation of body density in adolescent athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 16(1): 77-81.
- Van den Ham, E.C., Kooman, J.P., Christiaans, M.H., Nieman, F.H., Van Kreel, B.K., Heiden-dal G.A., Van Hooff J.P. (1999). Body composition in renal transplant patients: bioimpedance analysis compared to isotope dilution, dual energy X-ray absorptiometry, and anthropometry. **J.Am. Soc. Nephrol.**, 10(5):1067-1079.
- Van Loan, M., Mayclin, P. (1987). Bioelectrical impedance analysis: Is it a reliable estimator of lean body mass and total body water? **Human Biology**, 59:299-309.

- Vehrs, P., Morrow, J.R., Butte, N. (1998). Reliability and concurrent validity of Futrex and bioelectrical impedans. **Int. J. Sports Med.**, 19(8):560-566.
- Williams, C.A., Bale, P.(1998). Bias and limits of agreement between hydrodensitometry, bioelectrical impedance and skinfold calipers measures of percentage body fat. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 77(3): 271-277.
- Wilmore, J.H.(1979). The application of science to sport: physiological profiles of male and female athletes. **Can. J. Appl. Sport Sci.**, 4(2):103-115.
- Wilmore, J.H.(1983).Body composition in sport and exercise:directions for future research. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 15(1): 21-31.
- Withers, R.T., Craig, N.P., Bourdon, P.C., Norton, K.I. (1987). Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 56:191-200.
- Womersley, J., Durnin, J.V.G.A., Boddy, K., Mahaffy, M.(1976). Influence of muscular development, obesity, and age on the fat-free mass of adults. **J. Appl. Physiol.**, 41:223-229.
- Wu, Y., Nielsen, D.H., Cassady, S.L., Cook, J.S., Janz, K.F., Hansen, J.R.(1994). Cross-validation of bioelectrical impedance analysis of body composition in children and adolescent. **Phys. Ther.**, 73:320-328.