

## Genç Erkek ve Kadınlarda Yağsız Vücut Kütlesinin Kestiriminde Kullanılan Biyoelektrik İmpedans Denklemlerinin Geçerliliği

Validity of Bioelectric Impedance Equations Used in Estimation of Fat Free Mass in Young Men and Women

Yasin Ergün ACAR  
ORCID No: 0000-0003-0206-0130

M. Gören KÖSE  
ORCID No: 0000-0002-8092-0557

Ayşe KİN İŞLER  
ORCID No: 0000-0001-9651-2067

Tahir HAZİR  
ORCID No: 0000-0002-0048-0281

Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara – Türkiye

Yazışma Adresi  
Corresponding Address:

Prof. Dr. Tahir HAZİR

Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü

E-posta: thazir@hacettepe.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 15.10.2024  
Kabul Tarihi (Accepted): 04.12.2024

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı genç erkek ve kadınlarda yağsız vücut kütlesinin (YVK) kestiriminde kullanılan biyoelektrik impedans analizi (BIA) denklemlerinin geçerliliğini belirlemektir. Çalışmaya yaşları 18 ila 25 arasında değişen 113 erkek, 82 kadın olmak üzere toplam 195 yetişkin gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların elden ayağa BIA yöntemi kullanılarak elde edilen rezistans (R) ve reaktans (Xc) değerleri yaygın olarak kullanılan 8 denkleme uygulanarak (Deurenberg 1990, Deurenberg 1991, Lohman 1992, Kyle 2001, Kyle 2003, Sun 2003, Lukaski ve Bolonchuk 1987, Segal 1988) YVK belirlenmiştir. BIA denklemlerinden elde edilen YVK değerleri referans yöntem olarak kullanılan Dual Enerji X-Işını Absorbsiyometre'den (DXA) elde edilen YVK değerleriyle karşılaştırılmıştır. BIA denklemlerinden ve DXA'dan elde edilen YVK değerleri arasındaki farklar Bağımlı Gruplarda t Testi ile analiz edilmiştir. BIA denklemlerinden ve DXA'dan elde edilen YVK değerleri arasındaki doğruluk düzeyi Lin'in uyum (Concordance) korelasyon katsayısı (pc) ile belirlenmiştir. Bireysel seviyede değerlendirme için her bir BIA denklemi ve DXA'dan elde edilen YVK arasında Bland-Altman grafikleme yapılmış ve %95 tutarlık sınırları belirlenmiştir. Erkeklerde Lukaski ve Bolonchuk 1987 denkleminde kestirilen YVK ve DXA'da ölçülen YVK arasında anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Benzer şekilde erkeklerde aynı denklemin DXA ile uyum korelasyon katsayısı  $pc = 0.93$  orta düzeydedir. Kadınlarda Deurenberg 1990, Deurenberg 1991 ve Sun 2003 ile kestirilen YVK ve DXA'da ölçülen YVK arasında anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Bu üç denklemden elde edilen YVK değerleri ve DXA arasındaki uyum korelasyon katsayıları (pc) sırasıyla 0.93, 0.91 ve 0.92'dir ve orta düzeydedir. Bu çalışmanın bulguları genç erkeklerde YVK'nın kestiriminde Lukaski ve Bolonchuk 1987, kadınlarda ise Deurenberg 1990, Deurenberg 1991 ve Sun 2003 formüllerinin kullanılabilirliğini göstermiştir. Bununla beraber, bu çalışmanın bulguları vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan BIA denklemlerinin popülasyon spesifik olduğunu da göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Vücut kompozisyonu, Biyoelektrik impedans analizi, Dual enerji x-ışını absorpsiyometre

### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the validity of bioelectrical impedance analysis equations used for the prediction of fat free mass (FFM) in young men and women. A total of 195 young adults, 113 males and 82 females between ages of 18 and 25 years, participated in this study voluntarily. The resistance (R) and reactance (Xc) values obtained from the participants' by using hand-to-foot BIA method were applied to 8 commonly used equations (Deurenberg 1990, Deurenberg 1991, Lohman 1992, Kyle 2001, Kyle 2003, Sun 2003, Lukaski and Bolonchuk 1987, Segal 1988) to determine the FFM. The FFM values obtained from the BIA equations were compared with the FFM values obtained from Dual Energy X-Ray Absorbsiometer (DXA), which was used as a reference method. Differences between FFM values obtained from BIA equations and DXA were analyzed by paired samples t-test. The level of accuracy between the FFM values obtained from BIA equations and DXA was determined by Lin's concordance correlation coefficient (pc). The limits of agreement were determined as 95% for FFM which was obtained from the BIA equations and DXA. Results indicated no significant difference between FFM obtained from Lukaski and Bolonchuk 1987 equation and measured from DXA in men ( $p>0.05$ ). In men the correlation coefficient between the same equation and DXA ( $pc = 0.93$ ) was moderate. On the other hand, no significant difference was found between the FFM estimated by Deurenberg 1990, Deurenberg 1991 and Sun 2003 and measured by DXA in women ( $p>0.05$ ). The concordance correlation coefficients between the FFM values obtained from these three equations and DXA were also moderate ( $pc$  0.93, 0.91 and 0.92 respectively). The findings of this study showed that Lukaski and Bolonchuk 1987 formula can be used for predicting body composition in young men and Deurenberg 1990, Deurenberg 1991 and, Sun 2003 equations can be used for predicting body composition in young women. The findings of this study also demonstrated that the BIA equations used in the assessment of body composition are population specific

**Keywords:** Body composition, Bioelectric impedance analysis, Dual energy x-ray absorptiometry

## GİRİŞ

Vücut yağ yüzdesi (VYY), yağsız vücut kütlesi (YVK), kemik mineral yoğunluğu gibi vücut kompozisyonu (VK) bileşenleri hem sağlık hem de sportif performansla ilişkilidir (Lukaski ve Raymond-Pope, 2021; Mazzoccoli, 2016). VK insanın yaşam kalitesini, iş yaşamını olumsuz yönde etkileyen ve ekonomik kayıplara neden olan sistemik ve metabolik hastalıkların değerlendirilmesinde önemli bilgiler sunmaktadır (Karelis ve diğ., 2004). Bunun yanında VK, antrenmanın ve egzersizin etkilerinin değerlendirilmesinde (Irving ve diğ., 2008), sporcuların beslenme durumunun takip edilmesinde ve spor dalına özgü optimal vücut kompozisyonunun sürdürülebilirliğinin sağlanmasında da kritik öneme sahiptir (Chiarlitti ve diğ., 2018; Moon, 2013; Ackland ve diğ., 2012). Sedanter bireyin yaşamı boyunca aktif sporcunun da antrenman dönemlerinde başta yağ kütlesi (YK) ve YVK olmak üzere vücudunda birçok değişiklik meydana gelir (Langer ve diğ., 2016). Bu nedenle VK'nın güvenilirliği ve geçerliği yüksek ve aynı zamanda kolay ulaşılabılır, ucuz, özel bilgi ve beceri gerektirmeyen yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi hem sağlık risklerinin tahmin edilmesinde ve egzersiz ve kilo verme programlarının etkilerinin izlenmesinde hem de sportif performansın sürdürülebilirliğinde kritik öneme sahiptir (Sergi ve diğ., 2017).

VK'nın analizinde kullanılan farklı yöntemlerden biri olan Dual enerji X-ışını absorpsiyometre (DXA) pratik, hassas ve kesin sonuçlarıyla referans yöntemlerden birisi olarak kabul edilmektedir (Eliakim ve diğ., 2000; Turnagöl, 2016). Bu nedenle birçok çalışmada vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan diğer yöntemlerin geçerliği için referans yöntem olarak kullanılmıştır. (Antonio ve diğ., 2019; Kyle ve diğ., 2001; Marra ve diğ., 2019). DXA, invaziv olmayan ve 5-10 dakikada tüm vücut taraması yaparak bölgesel vücut kompozisyonu analizi sağlayan bir yöntemdir; ancak, pahalı olması ve düşük erişilebilirliği önemli bir dezavantajdır.

Biyoelektrik İmpedans Analizi (BIA), total vücut suyunu temel alan vücudun elektrik iletkenliğine ve Ohm kanununa bağlı olarak ortaya çıkan direnç varsayımına dayanmaktadır (Marra ve diğ., 2019). Bu yöntem portatif, nispeten ucuz, kullanımı kolay ve kalabalık popülasyonların değerlendirilmesine olanak sağlaması nedeniyle VK'nın belirlenmesinde DXA, Bod Pot, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi daha invaziv ve pahalı yöntemlerin alternatifi olarak kullanılmaktadır (Antonio ve diğ., 2019; Sergi ve diğ., 2017).

BIA ölçümündeki dezavantaj YVK'yı belirlemede kullanılan denklemlerden kaynaklanmaktadır. BIA, kas ve yağ dokunun elektrik akımına karşı oluşturduğu direnç (elektrik akımını iletme) farklılıkları temelinde dayalı olarak vücut kompozisyonunun değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Lukaski ve diğ., 1985). Dokuların elektriği iletmeleri total vücut suyu ile elektrolit miktarına bağlıdır ve yaşa bağlı olarak değişkenlik gösterir (Deurenberg ve diğ., 1990). BIA'da yaygın olarak 50 kHz değerinde tek bir frekans kullanıldığı ve bu frekanstaki akım tüm vücut sıvılarına nüfuz etmediği için (Moon, 2013) vücut kompozisyonunun kestirim denklemlerinde BIA parametrelerinin (rezistans, reaktans, impedans) yanında fiziksel ve demografik özellikler de (yaş, boy, vücut ağırlığı, cinsiyet, etnik köken) tahmin edici olarak kullanılmaktadır (Deurenberg ve Deurenberg-Yap, 2003; Nickerson ve diğ., 2017). Nitekim Kyle ve diğerleri (2004) çalışmalarında BIA denklemlerinin ve referans değerlerinin etnik gruplar için geliştirilmesi gerektiğini ve farklı popülasyonlarla çalışılarak (ırk, yaş ve cinsiyete özgü) geçerliğinin sağlanmasını önermektedirler.

BIA yöntemiyle YVK kestirim denklemlerinin geçerliğinin karşılaştırıldığı ya da farklı yaş, ırk, cinsiyet, hastalık veya sporcu popülasyonlarına yönelik çok fazla çalışma bulunmaktadır. Örneğin Eliakim ve diğerleri (2000) ergen balerinler (n=59) üzerinde yaptıkları çalışmada deri kıvrım kalınlığı, BIA ve DXA yöntemleriyle belirlenen YVK değerleri arasında yüksek korelasyon olduğunu bildirmiştir. Buna karşılık Pichard ve diğerlerinin (2000) elit sporcular (n=17 elit sporcu, n=17 kontrol) üzerinde yaptıkları çalışmada 12 farklı BIA denklemlerinden elde ettikleri YVK değerlerini

DXA değerleri ile karşılaştırdıklarında, kontrol grubunda tüm denklemlerin yüksek ilişkili, sporcu grubunda ise yalnızca bir denklemin ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Langer ve diğerleri (2016) Brezilyalı askeri öğrencilerde (n=396) yaptıkları çalışmada DXA yöntemi ile karşılaştırdıklarında 8 BIA denkleminde kestirdikleri YVK değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğunu belirtmişlerdir.

BIA teknolojisi geniş popülasyonların vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir ancak VK, vücut boyutları (boy, vücut ağırlığı) ve BIA parametreleri (rezistans, reaktans, impedans) kullanılarak üretilmiş kestirim denklemleri ile belirlenmektedir. Mevcut BIA denklemlerinin sayısı ve her birinin farklı kriter yöntemlerine göre doğrulanmış olması nedeniyle, hangi denklem(ler)in en yüksek doğruluk derecesini sağladığını değerlendirmek için araştırmaya ihtiyaç vardır. Çünkü kestirim denklemlerinin genel olarak ürettikleri popülasyona özgü olduğu ve popülasyonun özelliklerini taşımayan bireylerde yüksek hata verdiği bilinmektedir (Deurenberg ve diğ., 1991; Kyle ve diğ., 2001; Sun ve diğ., 2003). Ülkemizde BIA teknolojisi kullanılarak üretilmiş popülasyona özgü denklem çalışmaları ve bir referans yöntemle karşılaştırarak BIA'dan elde edilmiş denklemlerin geçerliliği ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Buradan hareketle bu çalışmanın amacı, genç yetişkin erkek ve kadınlarda YVK'nın kestiriminde yaygın olarak kullanılan, daha önce çeşitli laboratuvar tekniklerinden geliştirilmiş ve yayınlanmış BIA denklemlerini referans yöntem DXA ile karşılaştırarak geçerliklerini belirlemektir. Çalışmamızın hipotezi, yayınlanmış BIA denklemlerinin, tahmin edildikleri popülasyona özgü olmaları nedeniyle genç erkek ve kadınlarda YVK tahmininde düşük geçerlik gösterdiği'dir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

**Araştırma Grubu:** Bu çalışmaya yaşları 18 ile 32 arasında değişen, sistemik veya metabolik hastalık teşhisi konulmamış 113 erkek (Yaş:  $21.5 \pm 2.9$  yıl, Boy:  $177.3 \pm 5.6$  cm, Vücut ağırlığı:  $76.7 \pm 9.2$  kg) ve 82 kadın (Yaş:  $22.3 \pm 3.3$  yıl, Boy:  $166.7 \pm 7.4$  cm, Vücut ağırlığı:  $60.2 \pm 9.9$  kg) olmak üzere toplam 195 yetişkin gönüllü olarak katılmıştır. Vücut kompozisyonunun belirlenmesinde vücudun sıvı seviyesi (hidrasyon durumu) önemli olduğu için katılımcılar, laboratuvara gelmeden 12 saat öncesinden ağır egzersiz yapmamaları, nikotin, alkol ve kafeinli içecekler tüketmemeleri, su tüketimini kısıtlamamaları ve ölçüm sabahında bir şey yememeleri konularında bilgilendirilmişlerdir. Tüm katılımcılara çalışmanın amacı, karşılaşılabilecekleri risk ve rahatsızlıklar anlatılmış ve aydınlatılmış onam formu imzalatılmıştır. Çalışma öncesinde Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan (Karar No: GO 18/50-12) izin alınmıştır.

**İşlem Yolu:** Tüm ölçümler sabah 09.00-11.00 saatleri arasında, bir gecelik açlık sonrasında yapılmıştır. Menstrual döngünün vücut kompozisyonu üzerindeki etkisini elimine etmek amacıyla kadın katılımcılar laboratuvara mid-foliküler fazda (7-9. günler) davet edilmişlerdir. Katılımcılara laboratuvara geldiklerinde Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi – Kısa Form uygulandıktan sonra (Saglam ve diğ., 2010) laboratuvar ortamında idrar örneği alınmıştır. Katılımcıdan idrarın bir kısmı geldikten sonraki idrarından kabın yarısından azını doldurması istenmiştir. İdrar yoğunluğundan vücudun hidrasyon durumu belirlenmiştir. İdrar dansitesi  $>1.030$  gr/cm<sup>3</sup> olan katılımcıların vücut kompozisyonu ölçümleri ertelenerek başka bir ölçüm günü belirlenmiştir. İdrar dansitesi belirlendikten sonra antropometrik ölçümler (boy ve vücut ağırlığı) yapılmış daha sonra sırasıyla DXA ve elden ayağa biyoelektrik impedans analizi (BIA(E-A)) yöntemleri kullanılarak vücut kompozisyonu ölçümleri tamamlanmıştır.

**Fiziksel aktivite düzeyinin belirlenmesi:** Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyleri, Türkiye'de geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmış olan Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi-Kısa Form ile değerlendirilmiştir (Öztürk, 2005; Saglam ve diğ., 2010). Yedi sorudan oluşan bu form yürüme, orta şiddetli ve şiddetli aktivitelerde ve otururken harcanan zaman hakkında elde edilen bilgiden (Oturma = 1.5 MET, Yürüme = 3.3 MET, Orta Şiddetli Fiziksel Aktivite

= 4.0 MET, Yüksek Şiddetli Fiziksel Aktivite = 8.0 MET) (Öztürk, 2005) katılımcıların günlük ve haftalık fiziksel aktivite düzeyleri hesaplanmıştır.

**İdrar yoğunluğu:** Katılımcılardan yaklaşık 5 ml idrar numunesi alınmıştır. Bir el refraktometresi (ATAGO, UR-NE d:1,000-1,050, Japonya) kullanılarak idrar yoğunluğu belirlenmiştir. Bunun için idrar numunesinin orta bölümünden Pasteur pipeti ile alınan yaklaşık 1 ml örnek refraktometrenin oküler lens camı üzerine yayılmış ve laboratuvarın ışık yoğunluğu yüksek bir bölümünde dansite değeri okunarak kaydedilmiştir. İdrar özgül ağırlığı değerinin  $\geq 1,030$  olması, hipohidrasyon durumunun göstergesi olarak kabul edilmiştir (Casa D. J., 2019).

**Antropometrik ölçümler:** Boy uzunluğu ayakkabısız, baş dik ve ileriye bakar konumda anatomik pozisyonda dururken  $\pm 0.1$  cm hata ile duvara monte Harpenden stadiyometrede (Holtain Ltd., Crosswell, Crymych, UK.) ölçülmüştür. Vücut Ağırlığı (VA), ayakkabısız ve minimal kıyafet içerisinde (şort, tişört) ve metal eşya bulunmadan hareketsiz şekilde dururken  $\pm 0.1$  kg hata ile elektronik baskül (Tanita SC330) kullanılarak ölçülmüştür. Her katılımcı için giysi ağırlığı 0.5 kg kabul edilmiştir.

**DXA ölçümleri:** Katılımcıların referans yöntem olarak kullanılacak VK değerleri, DXA tarayıcı (GE LunarProdigy 6847, Yazılım Ver.:14.10.022, GE Healthcare, Madison, WI, USA) kullanılarak yapılmıştır. Cihaz her ölçüm günü üretici firmanın protokolüne uygun olarak kalibre edilmiştir. Katılımcıların kişisel bilgileri (boy, VA, doğum tarihi, etnik köken) cihazın yazılımına girilerek ölçüme hazır hale getirilmiştir. Sonrasında katılımcıların cihazın masasına, üzerlerinde metal eşya bulunmadan ve ayakkabısız olarak anatomik pozisyonda sırtüstü yatmaları sağlanmıştır. Katılımcıların vücutları cihazın tarama aralığı sınırları içerisinde kalacak şekilde konumlandırıldıktan sonra ayak bilekleri ve diz eklemlerine takılan cırt cırtlı kemerler ile bacaklarının hareketsiz kalması sağlanmış ve katılımcılar ölçüm süresince kıpırdamaları konusunda bilgilendirilmişlerdir. Tarama katılımcıların vücut boyutlarına bağlı olarak 3-5 dakika içinde tamamlanmış ve ölçüm sonuçları raporlanarak kaydedilmiştir.

**Elden-ayağa BIA ölçümleri:** BIA ile VK ölçümleri elden ayağa yöntemi ile yapılmıştır. BIA ölçümleri DXA'dan sonra cihazın iletken olmayan masası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Katılımcı sırtüstü yatar pozisyonda avuç içi yere bakacak şekilde kolları vücudundan yaklaşık  $30^\circ$  ayrılmış ve bacakları yaklaşık  $45^\circ$  açık bir şekilde pozisyonlandırılmıştır. Ölçümler 50 kHz tek frekans ve  $800\mu A$  akım veren ikisi toprak ikisi kaynak (ölçüm) olmak üzere 4 elektrotlu tetrapolar analizörde (Biodynamics BIA 310e, ABD) yapılmıştır. Ölçümler için tek kullanımlık, kendinden yapışkanlı, elektriği çabuk ileten hidrojel ile kaplı (Ag/AgCl), 25,4 mm çapında pediatrik elektrokardiyografi (EKG) elektrotları (Beybi, Türkiye) kullanılmıştır. İki elektrot sağ el ve bileği üzerine; biri elin dorsal yüzeyine 3. metakarpofalangeal eklemin 1 cm proksimaline, diğeri bileğin dorsal yüzeyine ulnanın başı hizasında bilek çizgisinin merkezine olacak şekilde yapıştırılmıştır. İki elektrot sağ ayak ve bileği üzerine; biri ayağın dorsal yüzeyine 2. metatarsofalangeal eklemin 1 cm proksimaline, diğeri bileğin dorsal yüzeyine lateral ve medialmalleol arasını ortalayacak şekilde yapıştırılmıştır. Elektrotların yapıştırıldığı yerler alkolle silinerek gerektiğinde fazla kıllar temizlenmiştir. Tüm elektrotlar aralarında en az 5 cm mesafe olacak şekilde yerleştirilmiştir. BIA parametreleri (rezistans ve reaktans) çıktı olarak kayıt edilmiştir.

**Kestirim denklemleri:** Tek frekans ölçüm yapan (50 kHz) BIA cihazlarından geliştirilen, uygulamada YVK kestiriminde yaygın olarak kullanılan ve bu çalışmadaki katılımcıların yaş aralığını içeren 8 denklem değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan kestirim denklemleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1****BIA Denklemleri**

Kaynak	Denklem
Deurenberg ve diğ., 1990 (D90_BIA)	$YVK = -8,5 + (0,438 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / Z) + (0,308 \times VA) + (7,04 \times \text{Boy}(\text{m}) + (1,6 \times \text{CNS}))$
Deurenberg ve diğ., 1991 (D91_BIA)	$YVK = -12,44 + (0,34 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / Z) + (0,273 \times VA) + (0,127 \times YAŞ) + (15,34 \times \text{Boy}(\text{m}) + (4,56 \times \text{CNS}))$
Lohman, 1992 (L_BIA)	$YVK_{(\text{Erkek})} = +5,32 + (0,485 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,338 \times VA)$ $YVK_{(\text{Kadın})} = +5,49 + (0,476 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,295 \times VA)$
Kyle ve diğ., 2001 (K01_BIA)	$YVK = -4,104 + (0,518 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,231 \times VA) + (0,13 \times Xc) + (4,229 \times \text{CNS})$
Kyle ve diğ., 2003 (K03_BIA)	$YYY = -4,211 + (0,267 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,095 \times VA) + (0,058 \times Xc) + (-0,012 \times YAŞ) + (1,909 \times \text{CNS})$
Sun ve diğ., 2003 (S_BIA)	$YVK_{(\text{Erkek})} = -10,68 + (0,65 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,26 \times VA) + (0,015 \times R)$ $YVK_{(\text{Kadın})} = -9,53 + (0,69 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,17 \times VA) + (0,016 \times R)$
Lukaski ve Bolonchuk, 1987 (LU_BIA)	$YVK = -4,03 + (0,734 \times \text{Boy}(\text{cm})^2 / R) + (0,116 \times VA) + (0,096 \times Xc) + (0,878 \times \text{CNS})$
Segal ve diğ., 1988 (SEG_BIA)	$YVK_{(\text{Erkek})} = +22,66827 + (0,00132 \times \text{Boy}(\text{cm})^2) + (-0,04394 \times R) + (0,3052 \times VA) + (-0,1676 \times YAŞ)$ $YVK_{(\text{Kadın})} = +14,59453 + (0,00108 \times \text{Boy}(\text{cm})^2) + (-0,0209 \times R) + (0,23199 \times VA) + (-0,06777 \times YAŞ)$

CNS: Cinsiyet (Erkek=1 Kadın=0), VA: Vücut Ağırlığı (kg), Z: İmpedans, R: Rezistans, Xc: Reaktans

**Verilerin Analizi:** Verilerin Analizi: İstatistiksel analizler kadın ve erkekler için ayrı ayrı yapılmıştır. Tüm değişkenlerin normal dağılıma uyumu One-Sample Kolmogorov-Smirnov Testi ile kontrol edilmiştir ve normal dağılımdan sapma tüm değişkenler için önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Tanımlayıcı istatistikler yapıldıktan sonra erkek ve kadınlar için ayrı ayrı 8 BIA denkleminde elde edilen YVK değerlerinin referans yöntemden (DXA) farkları Bağımlı Gruplarda t Testi ile analiz edilmiştir. Her bir denklemden elde edilen YVK ayrı ayrı referans yöntem (DXA) ile karşılaştırılmıştır. Bu nedenle ikili karşılaştırmalarda  $\alpha$  yanılma düzeyi ( $\alpha = 0.05$ ) için Bonferroni düzeltmesi ( $\alpha = 0.05/8 = 0.00625$ ) uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farkların etki boyut (Effect Size (ES)) Cohen'in d istatistiği ile belirlenmiştir. Cohen's  $d \leq 0.2$  önemsiz,  $\leq 0.6$  küçük,  $\leq 1.2$  orta,  $\leq 2.0$  büyük  $\leq 4.0$  çok büyük,  $> 4.0$  mükemmel yakın etki olarak değerlendirilmiştir (Hopkins, 2002). Referans yöntem ve BIA formüllerinden kestirilen YVK değerleri arasındaki doğruluk düzeyi Lin'in uyum (Concordance) korelasyon katsayısı ( $\rho_c$ ) ile belirlenmiştir (Lawrence ve Lin, 1992). Lin'in korelasyon katsayısı  $\rho_c < 0.90$  "zayıf",  $0.90 - 0.95$  "orta",  $0.95 - 0.99$  "yüksek" ve  $> 0.99$  "mükemmel" olarak değerlendirilmiştir (McBride, 2005). Bireysel seviyede değerlendirme için her bir BIA denklemi ve DXA'dan elde edilen YVK arasında Bland-Altman grafikleme yapılmış ve %95 tutarlık sınırları belirlenmiştir. Her bir BIA denklemi ve DXA arasındaki YVK farkının ölçülen YVK değerlerinin boyutu ile ilişkili olup olmadığı (trend) iki yöntemden elde edilen YVK değerleri arasındaki farklar ve iki yöntemin ortalaması arasındaki Pearson korelasyon katsayısıyla belirlenmiştir. Tüm istatistik analizler SPSS (Ver. 15) ve Excel (2016) programlarında yapılmış ve 0.05 yanılma düzeyi kullanılmıştır.

**BULGULAR**

Katılımcıların Fiziksel Aktivite Değerlendirme Anketi-Kısa Formuna göre erkeklerde 6 katılımcının (%5) düşük (Kategori 1), 21 katılımcının (%18) orta (Kategori 2), 86 katılımcının ise (%76) yüksek (Kategori 3) fiziksel aktivite düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Kadınlarda ise 14 katılımcı (%17) düşük (Kategori 1), 39 katılımcı (%47) orta (Kategori 2), 29 katılımcı ise (%35) yüksek (Kategori 3) fiziksel aktivite düzeyine sahip olduğu gözlenmiştir.

Erkek ve kadınlarda DXA ile ölçülen ve BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerleri fark ortalamaları, t-Testi sonuçları, Etki boyutu (ES) ve Lin'in uyum (Concordance) korelasyon katsayıları ( $\rho$ ) Tablo 2'de gösterilmiştir. Erkeklerde 8 denklemden kestirilen YVK, DXA'da ölçülen ile karşılaştırıldığında sadece LU\_BIA formülünden kestirilen benzer bulunmuştur ( $p = 0.980$ ;  $ES = 0.16$ ). Buna karşılık D90\_BIA ( $p = 0.000$ ;  $ES = 1.90$ ), D91\_BIA ( $p = 0.000$ ;  $ES = 0.59$ ), K01\_BIA ( $p = 0.004$ ;  $ES = 0.28$ ), K03\_BIA ( $p = 0.000$ ;  $ES = 1.22$ ), S\_BIA ( $p = 0.000$ ;  $ES = 0.67$ ) denklemlerinden kestirilen YVK değerleri DXA'da ölçülenden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük (Tablo 2), L\_BIA ( $p = 0.000$ ;  $ES = 0.65$ ) ve SEG\_BIA ( $p = 0.001$ ;  $ES = 0.33$ ) denklemlerinden kestirilen YVK değerleri ise DXA'dan anlamlı derecede yüksektir (Tablo 2).

**Tablo 2**

*Erkek ve Kadınlarda DXA ile Ölçülen ve BIA Yöntemi ile Kestirilen YVK Değerlerinin Karşılaştırması*

	YVK	Fark	p	ES	Pc
<b>Erkek (n = 113)</b>					
DXA	62.32 ± 7.31	-	-	-	-
D90_BIA	58.65 ± 6.16	-3.7 ± 2.9	0.000	1.25	0.81
D91_BIA	60.37 ± 5.36	-1.9 ± 3.3	0.000	0.59	0.85
L_BIA	64.17 ± 6.60	1.9 ± 2.9	0.000	0.65	0.90
K01_BIA	61.54 ± 5.57	-0.8 ± 2.8	0.004	0.28	0.91
K03_BIA	56.02 ± 5.00	-6.3 ± 5.2	0.000	1.22	0.47
S_BIA	60.42 ± 6.69	-1.9 ± 2.8	0.000	0.67	0.90
LU_BIA	61.88 ± 6.46	-0.4 ± 2.7	<b>0.980</b>	0.16	0.93
SEG_BIA	63.40 ± 5.69	1.1 ± 3.3	0.001	0.33	0.88
<b>Kadın (n = 82)</b>					
DXA	41.47 ± 5.52	-	-	-	-
D90_BIA	41.09 ± 5.53	-0.4 ± 2.1	<b>0.101</b>	0.18	0.93
D91_BIA	41.73 ± 5.13	0.3 ± 2.2	<b>0.292</b>	0.12	0.91
L_BIA	44.39 ± 5.29	2.9 ± 2.1	0.000	1.42	0.81
K01_BIA	42.60 ± 4.46	1.1 ± 2.3	0.000	0.50	0.87
K03_BIA	49.50 ± 6.92	8.0 ± 3.9	0.000	2.07	0.44
S_BIA	41.50 ± 4.70	0.0 ± 2.1	<b>0.912</b>	0.43	0.92
LU_BIA	42.79 ± 4.77	1.3 ± 2.3	0.000	0.56	0.87
SEG_BIA	43.87 ± 4.84	2.4 ± 2.3	0.000	1.05	0.81

*YVK: Yağsız vücut kütlesi, Fark: DXA – BIA, ES: Etki boyutu, pc: Lin'in uyum korelasyon katsayısı, DXA: Dual enerji x-ışını absorpsiyometre, D90\_BIA:Deurenberg90, D91\_BIA:Deurenberg91, L\_BIA:Lohman, K01\_BIA:Kyle01, K03\_BIA:Kyle03, S\_BIA:Sun, LU\_BIA:Lukaski ve,Bolonchuk, SEG\_BIA:Segal,*

Kadınlarda ise DXA'da ölçülen YVK değerleri ile karşılaştırıldığında D90\_BIA (p = 0.101; ES = 0.18), D91\_BIA (p = 0.292; ES = 0.12) ve S\_BIA (p = 0.912; ES = 0.43) denklemlerinden kestirilen YVK değerleri benzer bulunmuştur (Tablo 2). Erkeklerin aksine diğer tüm denklemler YVK değerlerini DXA'dan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek kestirmiştir (L\_BIA (p = 0.000; ES = 1.42), K01\_BIA (p = 0.000; ES = 0.50), K03\_BIA (p = 0.000; ES = 2.07), LU\_BIA (p = 0.000; ES = 0.56), SEG\_BIA (p = 0.000; ES = 1.05)) (Tablo 2).

**Tablo 3**

*Erkek ve Kadınlarda Her Bir BIA Denklemi ile Kestirilen YVK Değerlerinin Referans Yöntem DXA'dan Elde Edilen YVK Değerleri Arasındaki Tutarlık Sınırları*

	%95 Tutarlık Sınırları		
	Alt sınır	Üst Sınır	Trend
<b>Erkek</b>			
D90_BIA	-9.4	2.1	-0.420*
D91_BIA	-8.4	4.5	-0.617*
L_BIA	-3.8	7.5	-0.260**
K01_BIA	-6.3	4.7	-0.641*
K03_BIA	-16.5	3.9	-0.486*
S_BIA	-7.4	3.6	-0.236**
LU_BIA	-5.7	4.9	-0.330*
SEG_BIA	-5.4	7.5	-0.515*
<b>Kadın</b>			
D90_BIA	-4.4	3.7	-0.004
D91_BIA	-4.1	4.6	-0.178
L_BIA	-1.1	7.0	-0.114
K01_BIA	-3.3	5.6	-0.477*
K03_BIA	0.4	15.6	0.377*
S_BIA	-4.1	4.1	-0.399*
LU_BIA	-3.3	5.9	-0.329*
SEG_BIA	-2.1	6.9	-0.303*

\*P < 0.000, \*\*p < 0.020 Trend: DXA ile ölçülen YVK değerleri ile BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerleri arasında farklar ve iki ölçümün ortalamaları arasındaki Pearson korelasyon katsayısı. Formül kısaltmaları Tablo 1'de olduğu gibidir.

DXA ile ölçülen YVK değerleri ve BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerlerinin saçılım grafikleri oluşturulmuş ve iki yöntem arasındaki uyum düzeyini gösteren çizgi (kesikli çizgi) ve bire bir çizgisi (x = y) eklenerek erkek katılımcıların grafikleri Şekil 1'de, kadın katılımcıların grafikleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Erkeklerde 8 BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerlerinden hiçbiri Lin'in korelasyon katsayısı değerlendirmesine göre mükemmel veya yüksek doğruluk düzeyine sahip değildir. LU\_BIA(pc=0.93), K01\_BIA(pc=0.91), L\_BIA(pc=0.90) ve S\_BIA(pc=0.90)

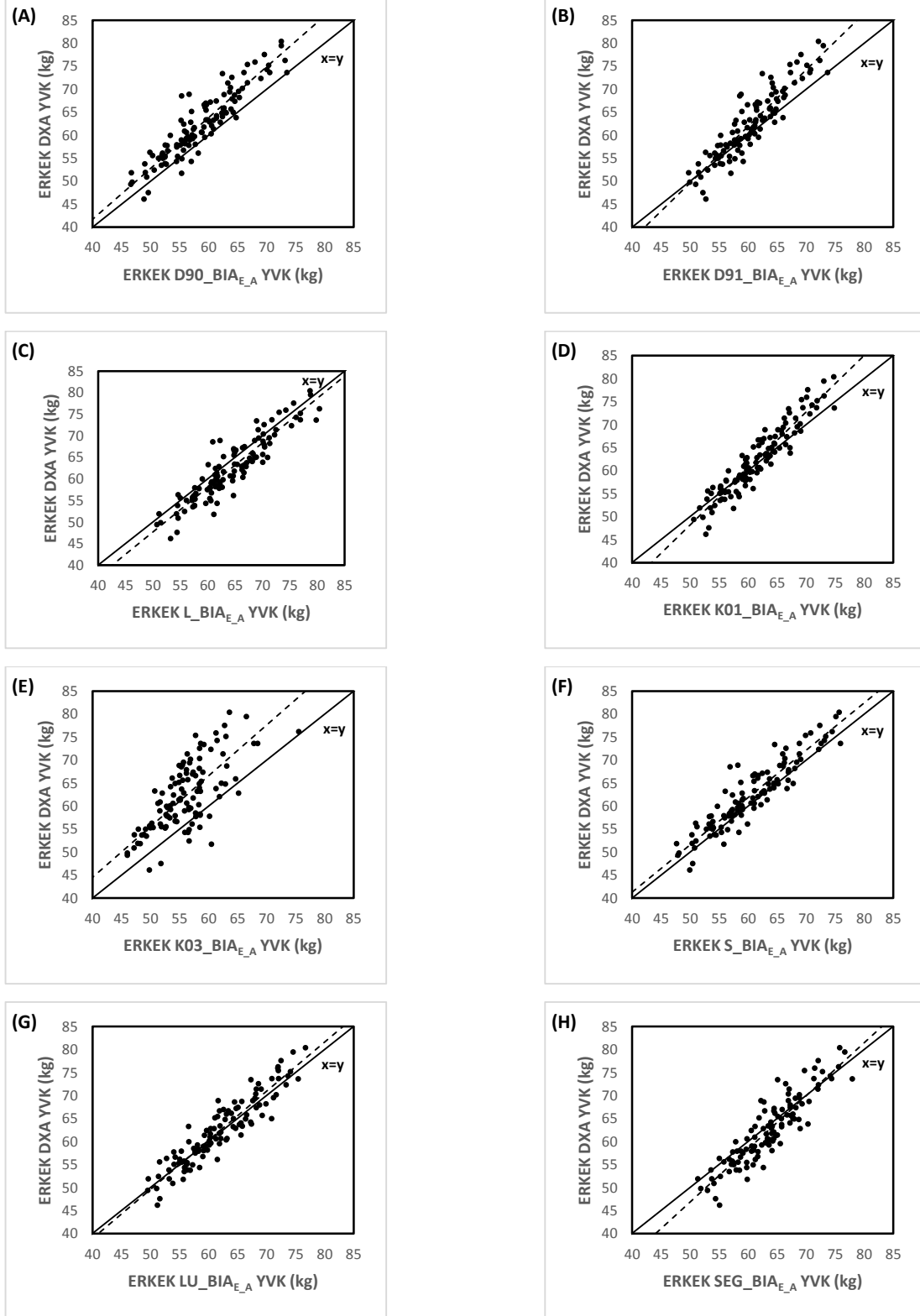
orta düzeyde doğruluk düzeyine sahiptir. Diğer BIA denklemleri ise zayıf ( $p < 0.90$ ) düzeyde oldukları saptanmıştır (Tablo 2). Kadınlarda da erkeklere benzer şekilde BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerlerinden hiçbiri referans yöntemle mükemmel veya yüksek uyum düzeyine sahip değildir. D90\_BIA( $p=0.93$ ), D91\_BIA( $p=0.91$ ) ve S\_BIA( $p=0.92$ ) orta düzeyde, diğer BIA denklemleri ise zayıf ( $p < 0.90$ ) düzeyde uyumlu olduğu saptanmıştır. Her iki cinsiyette de en düşük uyum K03\_BIA'da gözlenmiştir (Şekil 1 ve 2). Bunun yanında hem erkek hem de kadınlarda sadece S\_BIA formülü orta düzeyde uyum gösteren ortak formüldür (Tablo 2).

Erkek ve kadınlarda her bir BIA denklemi ile kestirilen YVK değerlerinin referans yöntem DXA'dan elde edilen YVK değerleri ile arasındaki tutarlık sınırları ve trend analizi Tablo 3'de gösterilmiştir. DXA ile ölçülen YVK değerleri ile BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerleri arasında fark (hata) ve iki ölçümün ortalamaları arasındaki Pearson korelasyon analizi, erkeklerde tüm denklemlerde trend olduğunu göstermiştir (Tablo 3). Bu bulgular erkeklerde tüm BIA denklemlerinde farkın (hata), YVK'nin ölçülen değerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Kadınlarda K01\_BIA, K03\_BIA, S\_BIA, LU\_BIA ve SEG\_BIA denklemlerinde fark (hata) ve ortalama değerler arasında anlamlı ilişki (trend) gözlenmiştir (Tablo 3). Buna karşılık D90\_BIA, D91\_BIA, L\_BIA denklemlerinde anlamlı ilişki (trend) saptanmamış olması, bu denklemlerde farkın (hata varyansının) sabit olduğunu, YVK'nin ölçülen değerlerinden bağımsız olduğunu göstermektedir (Tablo 3).



## Şekil 1

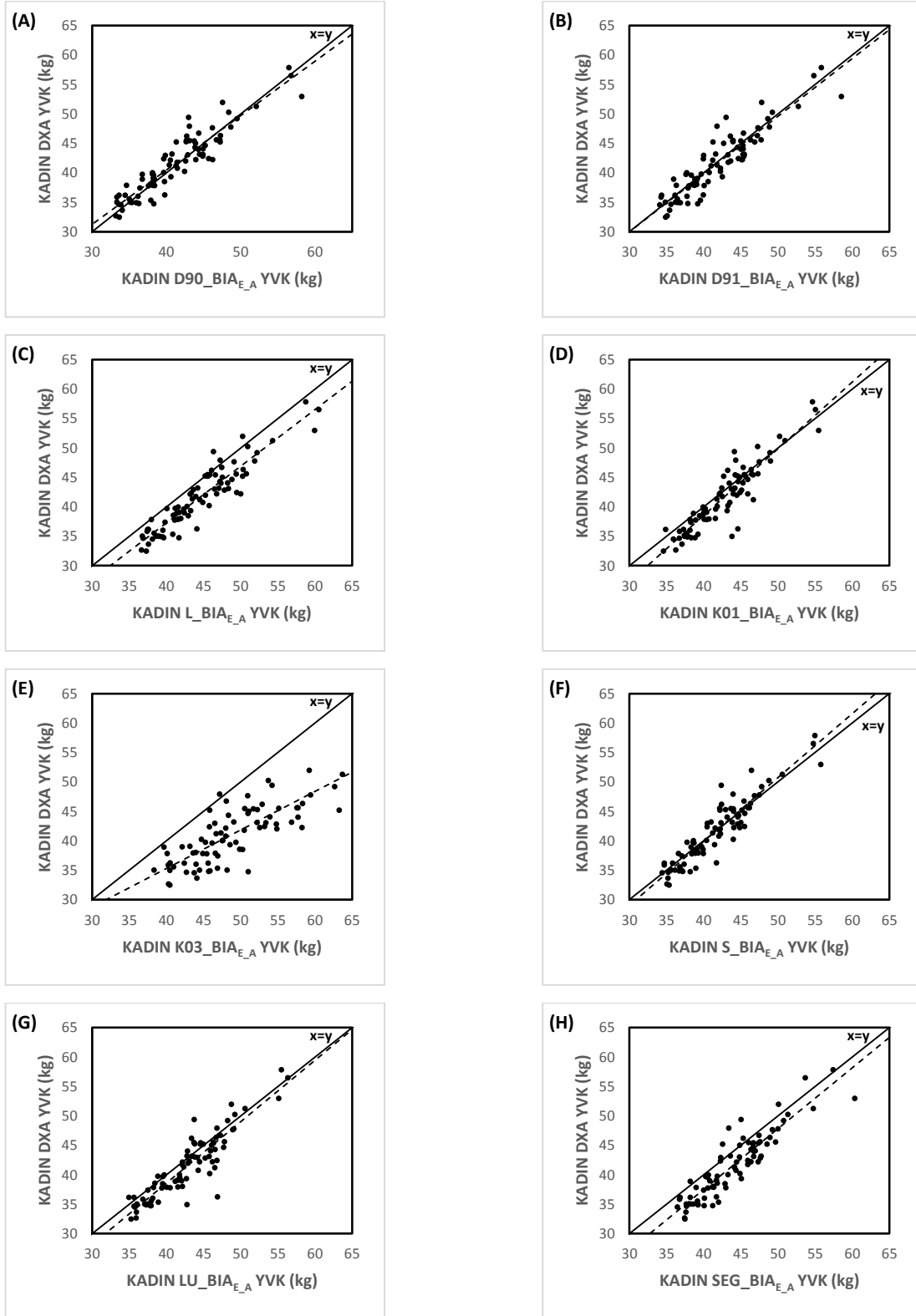
Erkek Katılımcıların DXA İle Ölçülen ve BIA Denklemlerinden Kestirilen YVK Değerlerinin Uyum (Concordance) Düzeyi



(x=y: Bire bir çizgisi, kesikli çizgi: iki yöntem arasındaki uyum düzeyi.) (YVK: Yağsız vücut kütlesi (kg))

**Şekil 2**

*Kadın Katılımcıların DXA ile Ölçülen ve BIA Denklemlerinden Kestirilen YVK Değerlerinin Uyum (Concordance) Düzeyi*



(x=y: Bire bir çizgisi, kesikli çizgi: iki yöntem arasındaki uyum düzeyi.) (YVK: Yağsız vücut kütesi (kg))

## TARTIŞMA

Bu çalışmada yetişkin genç erkek ve kadınlarda elden-ayağa BIA yöntemi ile elde edilen BIA parametrelerini kullanarak (rezistans ve reaktans) literatürde vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan 8 farklı tahmin denkleminin (D90\_BIA, D91\_BIA, L\_BIA, K01\_BIA, K03\_BIA, S\_BIA, LU\_BIA ve SEG\_BIA) hesaplanan YVK değerleri, referans yöntem olarak kabul edilen DXA ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca BIA denklemlerinden elde edilen YVK değerlerinin DXA'da ölçülenler ile arasındaki ilişki düzeyi, Lin'in uyum (Concordance) korelasyon katsayısı ( $\rho_c$ ) ile belirlenmiştir. Fark istatistikleri ve Lin'in uyum korelasyon katsayıları dikkate alındığında bu çalışmanın ana bulgusu; YVK'nın belirlenmesinde genç erkeklerde LU\_BIA ve genç kadınlarda da D90\_BIA, D91\_BIA, S\_BIA denklemlerinin diğer formüllere kıyasla geçerliliğinin yüksek olmasıdır. Bireysel seviyede değerlendirme için yapılan Bland-Altman grafikleme ve %95 tutarlık sınırları da, erkeklerde YVK açısından LU\_BIA denkleminin en düşük aralıkta tutarlık sınırlarına ve en düşük fark (hata) ortalamasına sahip olduğunu, kadınlarda da D90\_BIA, D91\_BIA ve S\_BIA denklemlerinin tutarlık sınırları ve fark (hata) ortalamalarının düşük olduğunu göstermiştir. Her iki cinsiyette de referans yöntemle karşılaştırıldığında K03\_BIA denkleminin en yüksek fark (hata) ortalamasına, en düşük uyum korelasyon katsayısına ve en geniş aralıkta tutarlık sınırlarına sahip denklem olduğu saptanmıştır (Tablo 2 ve 3). Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, tüm BIA denklemlerinin elde edildiği popülasyona özgü ve formüle bağımlı olduğu söylenebilir. Bu nedenle mevcut çalışma, LU\_BIA, D90\_BIA, D91\_BIA ve S\_BIA denklemlerinin tek seferlik değerlendirme için kullanılabilirliğini ancak vücut kompozisyonunun sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve dönemsel takip için elde edilen değerlerin dikkatli yorumlanması gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular aynı formülleri kullanan diğer çalışmaların bulguları ile uyumludur. Langer ve diğerleri (2016), DXA yöntemini referans olarak benzer yaş aralığında (17-24 yaş) Brezilyalı erkek askeri öğrencilerde ( $n=396$ ) 6 tanesi (D90\_BIA, D91\_BIA, L\_BIA, S\_BIA, LU\_BIA ve SEG\_BIA) bu çalışma ile ortak olan 8 BIA denkleminin geçerliliğini inceledikleri çalışmada, BIA denklemlerinden kestirilen YVK değerlerinin DXA'dan anlamlı derecede farklı olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda da erkeklerde LU\_BIA hariç diğer tüm ortak denklemlerden elde edilen YVK değerleri DXA'dan anlamlı derecede farklı bulunmuştur ve Langer ve diğerlerinin (2016) bulgularına benzer şekilde D90\_BIA, D91\_BIA YVK değerlerini düşük tahmin etmiştir. SEG\_BIA ve L\_BIA'dan elde edilen YVK değerleri ise yüksektir. Bu bulgular, BIA denklemlerinin popülasyondan popülasyona farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Aynı çalışmada Lin'in uyum korelasyon katsayısı dikkate alındığında ortak denklemlerden D91\_BIA ve S\_BIA için orta (sırasıyla  $\rho_c = 0.91$  ve  $\rho_c = 0.90$ ), diğer denklemler için zayıf uyum düzeyine sahip oldukları belirlenmiştir (Langer ve diğ., 2016) ve çalışmamızda elde edilen  $\rho_c$  değerlerine benzerdir (Tablo 2). Hem erkek hem de kadınlarda tüm BIA denklemlerinde Bland-Altman analizinde %95 tutarlılık sınırlarının çok geniş aralıkta değiştiği saptanmıştır. Dahası erkeklerde tüm denklemlerde trend olduğu gözlenmiştir. Bir başka deyişle ölçülen YVK değerinin boyutları ile referans yöntem arasındaki farklar (hata) sabit olmayıp YVK'nın aldığı değere bağlı olarak değiştiği saptanmıştır (Heteroscedastic veri). Benzer şekilde Langer ve diğerlerinin (2016) erkek askerlerde yaptıkları çalışmada da %95 tutarlılık sınırları çok geniştir ve bu çalışmadaki ortak denklemlerden L\_BIA ve S\_BIA hariç diğer denklemlerde trend olduğunu göstermişlerdir.

Nickerson ve diğerleri (2017), 18-40 yaş aralığındaki sağlıklı, aktif kadın ( $n = 40$ ) ve erkeklerde ( $n = 42$ ) yaptıkları çalışmada referans yöntem olarak DXA, sualtı tartımı ve biyoelektrik impedans spektroskopisi verilerinden oluşturdukları 4 bileşenli model ile 3'ü bu çalışmada da kullanılan (D91\_BIA, K01\_BIA ve S\_BIA) 4 BIA denkleminin geçerliliğini incelemişler ve sadece S\_BIA denkleminin her iki cinsiyette YVK ve VYY değerleri için yüksek geçerliliğe sahip

olduğunu göstermişlerdir. Buna karşılık bu çalışmada S\_BIA denkleminin geçerliliği Nickerson ve diğerlerinin (2017) çalışmasında olduğu gibi kadınlarda yüksek ancak erkeklerde daha düşük bulunmuştur (Tablo 2). Nickerson ve diğerleri, denklemlerden elde ettikleri YVK değerleri ve DXA arasında yüksek ilişki rapor etmişlerdir ancak YVK değerleri için %95 tutarlılık sınırlarının geniş bir aralıkta değiştiğini belirtmişlerdir (Nickerson ve diğ., 2017). Benzer şekilde, Eckerson ve diğerleri (1992) bir grup zayıf erkekte 7 farklı BIA denklemi kullanarak belirledikleri YVK değerlerinin, referans yöntem hidrostatik tartımdan elde edilen YVK değerleri ile yüksek ilişki göstermesine rağmen istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Eckerson ve diğerlerinin bulguları ile çelişkilidir. Erkeklerde L\_BIA ve SEG\_BIA'dan elde edilen YVK yüksek, diğer denklemlerden elde edilen YVK değerleri düşüktür. Bu bulgular BIA denklemlerinin YVK'yı popülasyona ve referans yöntemine bağlı olarak düşük veya yüksek tahmin ettiğini göstermektedir.

BIA ile vücut kompozisyonun değerlendirilmesinde elde edilen çıktılar, ölçüm sırasında vücut ve elektrotların pozisyonundan (Maw ve diğ., 1995; Roos ve diğ., 1992; Graves ve diğ., 1989), besin ve sıvı alımından (Schierbauer ve diğ., 2023; Gallagher ve diğ., 1998), vücut hidrasyon durumundan ve elektrolit dağılımından (Gomez ve diğ., 1993) ve bazı çalışmalarda belirlenmemiş olsa da egzersiz (Hazır ve diğ., 2023; Hazır ve diğ., 2020) Andreacci ve diğ., 2013) gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu çalışmada tüm bu faktörler kontrol edilmiş olmakla beraber, BIA denklemlerinden farklı sonuçların elde edilmesi, denklemlerin elde edildiği popülasyonun yanında BIA denkleminin geliştirilmesinde kullanılan ölçüt yöntem (referans yöntem) ile denklemlerin geçerliliğini araştıran çalışmalarda kullanılan referans yöntemlerin farklı olmasıyla da ilgili olabilir (Nickerson ve diğ., 2017). Örneğin DE91\_BIA denkleminin geliştirilmesinde hidrostatik tartım, K01\_BIA denkleminde DXA ve S\_BIA denkleminde 4C modeli referans yöntem olarak kullanılmıştır. Nitekim bu çalışmada da K01\_BIA denkleminde elde edilen YVK, her ne kadar DXA'da ölçülen değerlerden istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı ise de hem erkeklerde hem de kadınlarda en düşük ES ve en yüksek Lin'in uyum korelasyon katsayısına sahiptir. Ek olarak BIA, hidrostatik tartım ve deri kıvrımı kalınlığı gibi iki bileşenli (2C) modele dayalı olarak vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın üçüncü yöntemdir. 2C modeli, YVK'da sabit bir su, protein ve mineral oranı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bununla beraber kemik mineral kütlesi, su ve protein bireyler arasında farklılık gösterir ve yaş, cinsiyet, etnik ve genetik faktörler ile diyet ve egzersizden etkilenir (Andreoli ve diğ., 2009). Bunun yanında hidrostatik tartım ve DXA gibi vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan referans yöntemler için de bazı varsayımlar mevcuttur. Bu çalışmada referans yöntem olarak kullanılan üç bileşenli (3C) modele dayalı olan DXA metodu vücudun X-ışınını zayıflatma/emme özelliklerine bağlı olarak yağ, kemik minerali ve yağsız yumuşak dokudan oluştuğunu varsayar (Andreoli ve diğ., 2009). Ayrıca bu yöntem yumuşak dokunun yağ ve yağsız fraksiyonlara doğru şekilde ayrışacak düzeyde hidrate olduğu temeline de dayanır ve yağsız dokunun hidrasyonunun %73'te sabit kaldığını varsayar (Andreoli ve diğ., 2009). DXA'nın geçerliliği, katılımcıların vücut şekli ve boyutu, kalibrasyon prosedürleri, yazılım sürümü ve cihazın modeli gibi faktörlerden etkilenmektedir (Marra ve diğ., 2019). Ayrıca yaşa, cinsiyete ve fiziksel aktivite durumuna bağlı olarak değişen vücut sıvı ve mineral içeriğinin de DXA'dan elde edilen vücut kompozisyonunu etkilediği bilinmektedir. Nitekim 4C modeli ile karşılaştırıldığında genç ve yaşlı erkek ve kadınlarda DXA ile ölçülen vücut yağ yüzdesi değerlerinin yüksek olduğu rapor edilmiştir (Clasey ve diğ., 1999). Bu nedenle, 2C modelinden geliştirilen BIA yöntemleri ile ilgili karşılaştırma çalışmalarından elde edilen bulgular kullanılan referans yöntemlerin içerdiği hatalar da göz önüne alınarak yorumlanmalıdır.

## SONUÇ

Vücut kompozisyonu ile ilgilenen antrenörler, kondisyonerler, sporcu beslenmesi uzmanları ve egzersiz fizyologları, laboratuvar yöntemlerinin ulaşılabilir olmadığı durumlarda sahada kullanılacak pratik yöntemlere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle BIA temelli yöntemler pratik kullanım değeri yüksek ve uygulama süresinin kısa olması nedeniyle sıklıkla bir alternatif olarak kullanılmaktadır. BIA yoluyla vücut kompozisyonu elden ele, ayaktan ayağa veya elden ayağa cihazlar kullanılarak ölçülmektedir. Elden ele ve ayaktan ayağa BIA cihazlarının çoğu, uygulayıcıların empedans değerlerine erişmesine izin vermeyen yerleşik denklemlere sahiptir. Böylece kullanıcı bu tür BIA cihazlarıyla vücut kompozisyonu analizi yaparken sadece bir adet denklemle sınırlanır. Genellikle kestirim denklemleri popülasyon spesifik olduğu için elden ayağa BIA teknolojisi bu sorunun aşılmasını sağlamaktadır. Çünkü elde edilen BIA parametreleri (R, Xc) kullanılarak ilgili popülasyonda geçerliği gösterilmiş denklemlerin kullanılmasına olanak sağlar.

Fiziksel olarak aktif 18-32 yaş aralığında bir grup erkek ve kadında yapılan bu çalışmanın sonucunda, referans yöntem DXA ile karşılaştırılan 8 farklı BIA kestirim denkleminde, LU\_BIA genç erkeklerde YVK değerinin belirlenmesinde, D90\_BIA, D91\_BIA ve S\_BIA denklemleri ise genç kadınlarda YVK değerinin belirlenmesinde en düşük fark ortalamasına sahip denklemler olduğu gösterilmiştir. LU\_BIA, D90\_BIA, D91\_BIA ve S\_BIA kestirim denklemlerinin referans yöntem DXA ile uyum korelasyon katsayıları, bu denklemlerin DXA yerine kullanılabileceğini göstermekle beraber, fark ortalamaları ve Bland-Altman analizinde elde edilen tutarlık alt ve üst sınırları dikkate alındığında vücut kompozisyonunun dönemsel takibi ve klinik çalışmalar gibi hassas ölçümün önem kazandığı durumlarda dikkatli kullanılması gerektiğini göstermiştir. Bu çalışmanın bulguları aynı zamanda BIA teknolojisini temel alan yöntemlerden elde edilen denklemlerin genellenebilir olmadığı konusunda da aydınlatıcı bilgi vermiştir.

### Yazar Katkısı:

1. **Yasin Ergün ACAR:** Tasarım, Denetleme, Veri Toplama ve İşleme, Analiz-Yorum, Makale Yazımı
2. **M. Gören KÖSE:** Denetleme, Veri Toplama ve İşleme, Eleştirel İnceleme
3. **Ayşe KİN İŞLER:** Tasarım, Denetleme, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme
4. **Tahir HAZIR:** Fikir/Kavram, Tasarım, Denetleme, Analiz-Yorum, Makale Yazımı

### Etik Kurul İzni ile İlgili Bilgiler

**Kurul Adı:** Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

**Tarih:** 16.01.2018

**Sayı No:** 16969557-121

## KAYNAKÇA

1. Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., ve Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *Sports Medicine*, 42, 227-249.
2. Andreacci, J. L., Nagle, T., Fitzgerald, E., Rawson, E. S., ve Dixon, C. B. (2013). Effect of exercise intensity on percent body fat determined by leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analyses in adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84(1), 88-95.
3. Andreoli, A., Scalzo, G., Masala, S., Tarantino, U., ve Guglielmi, G. (2009). Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *La Radiologia Medica*, 114(2), 286-300.
4. Antonio, J., Kenyon, M., Ellerbroek, A., Carson, C., Burgess, V., Tyler-Palmer, D., Mike, J., Roberts, J., Angeli, G., ve Peacock, C. (2019). Comparison of dual-energy x-ray absorptiometry (dxa) versus a multi-frequency bioelectrical impedance (inbody 770) device for body composition assessment after a 4-week hypoenergetic diet. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 23-32. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7739224/pdf/jfkm-04-00023.pdf>
5. Chiarlitti, N. A., Delisle-Houde, P., Reid, R. E., Kennedy, C., ve Andersen, R. E. (2018). Importance of body composition in the national hockey league combine physiological assessments. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(11), 3135-3142.
6. Clasey, J. L., Kanaley, J. A., Wideman, L., Heymsfield, S. B., Teates, C. D., Gutgesell, M. E., Thorner, M. O., Hartman, M. L. ve Weltman, A. (1999). Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1728-1738.
7. Deurenberg, P., van der Kooij, K., Evers, P., ve Hulshof, T. (1990). Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged greater than 60 y. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(1), 3-6.
8. Deurenberg, P., Weststrate, J. A., ve Seidell, J. C. (1991). Body mass index as a measure of body fatness: Age-and sex-specific prediction formulas. *British Journal of Nutrition*, 65(2), 105-114.
9. Deurenberg, P., ve Deurenberg-Yap, M. (2003). Validity of body composition methods across ethnic population groups. *Acta Diabetologica*, 40(1), 246 - 249.
10. Eckerson, J. M., Housh, T. J., ve Johnson, G. O. (1992). Validity of bioelectrical impedance equations for estimating fat-free weight in lean males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(11), 1298-1302.
11. Eliakim, A., Ish-Shalom, S., Giladi, A., Falk, B., ve Constantini, N. (2000). Assessment of body composition in ballet dancers: Correlation among anthropometric measurements, bio-electrical impedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry. *International Journal of Sports Medicine*, 21(08), 598-601.
12. Gallagher, M. R., Walker, K. Z., ve O'Dea, K. (1998). The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(2), 94-97.
13. Gomez, T., Mole, P. A., ve Collins, A. (1993). Dilution of body fluid electrolytes affects bioelectrical impedance measurements. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 4(4), 291-298.
14. Graves, J. E., Pollock, M. L., Colvin, A. B., Van Loan, M., ve Lohman, T. G. (1989). Comparison of different bioelectrical impedance analyzers in the prediction of body composition. *American Journal of Human Biology*, 1(5), 603-611.
15. Hazır, T., Köse, M. G., Esatbeyoğlu, F., Ekinci, Y. E., ve İşler, A. K. (2020). Effects of high intensity exercise on body composition measured by bioelectrical impedance analysis. *Spor Hekimliği Dergisi/Turkish Journal of Sports Medicine*, 55(2).
16. Hazır, T., Köse, M. G., Kulaksızoğlu, T. N., Esatbeyoğlu, F., ve İşler, A. K. (2023). Menstrual döngü ve sirkadiyen ritme göre akut yüksek şiddette egzersizin biyoelektrik empedans analizinden ölçülen faz açısı üzerine etkisi: Pilot çalışma. *Spor Bilimleri Dergisi*, 34(4), 185-196.
17. Irving, B. A., Davis, C. K., Brock, D. W., Weltman, J. Y., Swift, D., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., ve Weltman, A. (2008). Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(11), 1863.
18. Karelis, A. D., St-Pierre, D. H., Conus, F., Rabasa-Lhoret, R., ve Poehlman, E. T. (2004). Metabolic and body composition factors in subgroups of obesity: What do we know? *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(6), 2569-2575.
19. Kyle, U. G., Genton, L., Karsegard, L., Slosman, D. O., ve Pichard, C. (2001). Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20–94 years. *Nutrition*, 17(3), 248-253. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23951>
20. Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., ve Pichard, C. (2003). Validation of a bioelectrical impedance analysis equation to predict appendicular skeletal muscle mass (ASMM). *Clinical Nutrition*, 22(6), 537-543.
21. Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., Pichard, C., ve Composition of the ESPEN Working Group. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243.

22. Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J.C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., ve Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430-1453.
23. Langer, R., Borges, J., Pascoa, M., Cirolini, V., Guerra-Júnior, G., ve Gonçalves, E. (2016). Validity of bioelectrical impedance analysis to estimation fat-free mass in the army cadets. *Nutrients*, 8(3), 121-133. <https://doi.org/10.3390/nu8030121>
24. Lawrence, I., ve Lin, K. (1992). Assay validation using the concordance correlation coefficient. *Biometrics*, 48(2) 599-604.
25. Lowry, D. W., ve Tomiyama, A. J. (2015). Air displacement plethysmography versus dual-energy x-ray absorptiometry in under weight, normal-weight, and overweight / obese individuals. *PloSone*, 10(1), e0115086.
26. Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., ve Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 41(4), 810-817.
27. Lukaski, H., ve Raymond-Pope, C. J. (2021). New frontiers of body composition in sport. *International Journal of Sports Medicine*, 42(07), 588-601.
28. Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L. M., Santarpia, L., Cataldi, M., Pisanisi, F., ve Contaldo, F. (2019). Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy x-ray absorptiometry (DXA): A critical overview. *Contrast Media & Molecular Imaging*, 2019, 1-9 . <https://doi.org/10.1155/2019/3548284>
29. Maw, G.J., Mackenzie, I.L. ve Taylor, N.A. (1995). Redistribution of body fluids during postural manipulations. *Acta Physiologica Scandinavica*, 155(2), 157-63.
30. Mazzoccoli, G. (2016). Body composition: Where and when. *European Journal of Radiology*, 85(8), 1456-1460.
31. McBride, G. (2005). A proposal for strength-of-agreement criteria for Lin's concordance correlation coefficient. *NIWA Client Report: HAM2005-062*.
32. Öztürk, M. (2005). *Üniversitede Eğitim-Öğretim Gören Öğrencilerde Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketinin Geçerliliği ve Güvenirliği ve Fiziksel Aktivite Düzeylerinin Belirlenmesi*[Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
33. Moon, J. R. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(1), S54-S59.
34. Nickerson, B. S., Esco, M. R., Bishop, P. A., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., Fedewa, M. V., Wingo, J. E., ve Welborn, B. A. (2017). Validity of Selected Bioimpedance equations for estimating body composition in men and women: A four-compartment model comparison. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 1963-1972. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001648>.
35. Pichard, C., Kyle, U. G., Bracco, D., Slosman, D. O., Morabia, A., ve Schutz, Y. (2000). Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition*, 16(4), 245-254.
36. Roos, A.N., Westendorp, R.G., Frolich, M. ve Meinders, A.E. (1992). Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46(1), 53-60.
37. Saglam, M., Arikan, H., Savci, S., Inal-Ince, D., Bosnak-Guclu, M., Karabulut, E., ve Tokgozoglul, L. (2010). International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Perceptual and Motor Skills*, 111(1), 278-284.
38. Schierbauer, J., Günther, S., Haupt, S., Zimmer, R. T., Herz, D., Voit, T., Zimmermann, P., Wachsmuth, N. B., Aberer, F.ve Moser, O. (2023). Acute fluid intake impacts assessment of body composition via bioelectrical impedance analysis. a randomized, controlled crossover pilot trial. *Metabolites*, 13(4), 473.
39. Sergi, G., De Rui, M., Stubbs, B., Veronese, N., ve Manzato, E. (2017). Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: A consideration of the pros and cons. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(4), 591-597. <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0622-6>
40. Sun, S. S., Chumlea, W. C., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Schoeller, D., Friedl, K., Kuczmarski, R.J., Flegal, K. M., Johnson, C. L., ve Hubbard, V. S. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(2), 331-340.
41. Turnagöl, H. H. (2016). Body composition and bone mineral density of collegiate American football players. *Journal of Human Kinetics*, 51(1), 103-112.