

Elden Ayağa ve Ayaktan Ayağa Biyoelektrik İmpedans Yöntemi ile Vücut Kompozisyonun Değerlendirilmesi: Menstrual Döngünün Etkisi

Assessment of Body Composition by Hand-to-Foot and Foot-to-Foot Bioelectrical Impedance Method: Effect of Menstrual Cycle

¹Tahir HAZIR

ORCID No: 0000-0002-0048-0281

²Aysu AKIN

ORCID No: 0000-0002-6194-7789

¹Yunus Emre EKİNCİ

ORCID No: 0000-0002-1799-2742

¹Ayşe KİN İŞLER

ORCID No: 0000-0001-9651-2067

¹Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Gençlik ve Spor Bakanlığı, Türkiye Olimpiyat Hazırlık Merkezi

Yazışma Adresi

Corresponding Address:

Prof. Dr. Tahir HAZIR

Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: tahirhazir@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 08.08.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 23.10.2025

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, elden-ayağa (BIA_{E-A}) ve ayaktan-ayağa (BIA_{A-A}) biyoelektrik impedans yöntemleri ile belirlenen vücut kompozisyonu parametrelerini karşılaştırmak ve menstrual döngünün farklı BIA yöntemleri üzerine etkisini incelemektir. Çalışmanın araştırma grubunu son 6 aydır düzenli menstrual döngüye sahip, 18-40 yaş aralığındaki sağlıklı 17 gönüllü aktif kadın sporcu (yaş = 20,6 ± 3,5 yıl, menstrual döngü süresi = 28,8 ± 1,2 gün) oluşturmuştur. Katılımcıların, rastgele sırayla, menstrual döngünün erken foliküler fazında (EFF) (2.- 5. günlerinde), ovulasyon fazında (OF) (13.- 15. günlerinde) ve luteal fazında (LF) (21.-25. günlerinde) BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile vücut yağ yüzdesi (VYY), yağsız vücut kütlesi (YVK) ve total vücut suyu (TVS) ölçülmüştür. Menstrual döngünün farklı fazları folikül stimulan hormon, luteinize edici hormon, estradiol ve progesteron hormon analizleri ile teyit edilmiştir. Her iki yöntemle menstrual döngünün farklı fazlarında elde edilen verilerin analizi için 2 x 3 (Yöntem x Menstrual faz) Tekrarlı Ölçümlerde Çift Yönlü Varyans Analizi kullanılmıştır. Menstrual döngünün farklı fazlarında ölçülen hormon düzeyleri anlamlı derecede farklıdır (p > 0.01). Menstrual döngünün vücut ağırlığı (EFF için 63,7 ± 11,2 kg, OF için 63,5 ± 10,7 kg, LF için 64,0 ± 11,1 kg) üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır (p > 0,05). Benzer şekilde menstrual döngünün VYY, YVK ve TVS üzerine etkisi de anlamlı değildir (p > 0,05). BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen VYY ve YVK değerleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır (p > 0,05). Buna karşılık BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen TVS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p < 0,01). BIA_{E-A} ile karşılaştırıldığında BIA_{A-A}'da ölçülen TVS anlamlı derecede yüksektir. Tüm değişkenler için Menstrual faz x Yöntem etkileşim istatistikleri anlamlı bulunmamıştır (p>0,05). Bu çalışmanın bulguları, kadınlarda BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen vücut kompozisyonu değişkenlerinin karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir. Ek olarak bulgular, menstrual döngünün farklı BIA teknolojileri ile ölçülen vücut kompozisyonu üzerinde kısıtlayıcı bir etkisi olmadığını da göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoelektrik impedans analizi, Menstrual döngü, Vücut kompozisyonu

ABSTRACT

The aim of this study was to compare body composition parameters determined by hand-to-foot (BIA_{H-F}) and foot-to-foot (BIA_{F-F}) bioelectrical impedance methods and to investigate the effect of menstrual cycle on different BIA methods. The subjects of the study were 17 healthy volunteer active female athletes aged 18-40 years (age = 20.6 ± 3.5 years, menstrual cycle = 28.8 ± 1.2 days) with a regular menstrual cycle for the last 6 months. Body fat percentage (BFP), lean body mass (LBM) and total body water (TBW) were measured by BIA_{A-A} and BIA_{E-A} methods during the early follicular phase (EFF) (days 2 to 5), ovulatory phase (OF) (days 13 to 15) and luteal phase (LF) (days 21 to 25) of the menstrual cycle in random order. Different phases of the menstrual cycle were confirmed by follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, estradiol and progesterone hormone analyses. A 2 x 3 (Method x Menstrual phase) repeated measures two-way analysis of variance was used to analyze the data obtained with both methods at different phases of the menstrual cycle. Hormone levels measured in different phases of the menstrual cycle were significantly different (p < 0.01). The effect of menstrual cycle on BW (63.7 ± 11.2 kg for EFF, 63.5 ± 10.7 kg for OF, 64.0 ± 11.1 kg for LF) was not significant (p > 0.05). The effect of menstrual cycle on BFP, LBM and TBW was also not significant (p > 0.05). There was no significant difference between BFP and LBM measured by BIA_{A-A} and BIA_{E-A} methods (p > 0.05). On the other hand, there was a statistically significant difference between TBW values measured by BIA_{A-A} and BIA_{E-A} methods (p < 0.01). When compared with BIA_{E-A}, the TBW measured by BIA_{A-A} was significantly higher. Menstrual phase x Method interaction statistics were not significant for all variables (p > 0.05). The results of this study showed that body composition variables measured by BIA_{A-A} and BIA_{E-A} methods are comparable in women. In addition, the findings of this study also showed that the menstrual cycle did not have a confounding effect on body composition measured by different BIA technologies.

Keywords: Bioelectrical impedance analysis, Menstrual cycle, Body composition

GİRİŞ

Vücut kompozisyonu analizi, vücuttaki yağ, kas ve diğer dokuların dağılımı ve değişimi ile ilgili bilgi verdiği için sağlıkla ilgili fiziksel uygunluğun, diyetteki veya fiziksel aktivitedeki değişimin (Bosy-Westphal ve diğ., 2018) ve atletik performansın değerlendirilmesinde (Hirsch ve diğ., 2016; Martín-Matillas ve diğ., 2014; Walker ve diğ., 2022) yaygın olarak kullanılmaktadır. Vücut kompozisyonunun geçerli ve güvenilir yöntemlerle ölçülmesi, hem klinik olarak metabolik sağlığın değerlendirilmesi (Goossens, 2017) hem de sporcuların beslenme stratejilerinin belirlenmesi (McManus ve diğ., 2017) için kritik öneme sahiptir. Vücut kompozisyonunu değerlendirmek için iki kompartımanlı modeli (vücut yağ kütlesi/yüzdesi (VYY)) ve yağsız vücut kütlesi (YVK) dikkate alan çeşitli yöntemler vardır ve her yöntemin sınırlılıkları olduğu gibi uygulanabilirliğinde de farklılıklar vardır. Vücut kompozisyonu parametrelerinin değerlendirilmesinde su altı tartım yöntemi (hidrostatik tartım), hava yer değiştirme pletismografi (Bod Pod), izotop dilüsyonu, tüm vücut potasyum-40 sayımı, antropometri, biyoelektrik impedans analizi (BIA), ultrason, çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisi (DXA), bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve termal görüntüleme gibi çok farklı yöntemler kullanılmaktadır (Rashmi ve Snehalatha, 2019). Referans olarak kullanılan bu yöntemlerden hidrostatik tartım çok teknik ve zaman alıcı, DXA, MRI ve Bod Pod ise pahalı ve ulaşılabilirliği sınırlıdır. BIA, invaziv olmayan, teknik bilgi ve beceri gerektirmeyen, düşük maliyetli ve kullanımı kolay bir yöntemdir. Popülasyonu temsil eden formülün kullanılması kaydıyla (Dehghan ve Merchant, 2008) özellikle kalabalık popülasyonların değerlendirilmesinde popülerlik kazanmıştır (Son ve diğ., 2025).

BIA, vücudun farklı dokularının su içeriği ve iyon dağılımındaki değişikliklerine bağlı olarak elektrik iletkenliğinin etkilenmesi prensibine göre çalışır (Kyle ve diğ., 2004). Bu analiz yöntemi kas ve yağ doku gibi su içeriği farklı olan biyolojik dokuların küçük bir elektrik akımına karşı direncini ölçerek VYY, YVK ve toplam vücut suyunun (TVS) tahmin edilmesini sağlar (Kushner, 1992). Geleneksel olarak biyoelektrik impedans ölçümleri, elden ayağa (BIA_{E-A}) ve ayaktan ayağa (BIA_{A-A}) olmak üzere iki ana elektrot konfigürasyonu kullanılarak gerçekleştirilir (Kyle ve diğ., 2004). BIA_{E-A} yöntemi, ellere ve ayaklara yerleştirilen elektrotları kullanarak vücut kompozisyonunun tüm vücut olarak tahmin edilmesini sağlarken, BIA_{A-A} yönteminde yalnızca vücudun alt bölgesinde ayaklara temas eden elektrotlar kullanılır. Her bir yöntem, ölçüm tekniği ve vücut segmenti katılımındaki farklılıklar nedeniyle VYY, YVK ve TVS'ye ilişkin farklı tahminler verebilir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar açısından klinikte ve farklı popülasyonlarda uygulanabilirliği sınırlı kalabilir. BIA_{E-A} ve BIA_{A-A} yöntemlerini karşılaştıran bir çalışmada beden kütle indeksi çok geniş bir aralıkta değişen 198 erkek ve kadında her iki yöntemle elde edilen YVK, yağ kütlesi ve VYY arasında çok yüksek ilişki saptanmış olmakla beraber, aşırı kilolu ve obez bireylerde BIA_{A-A} ile ölçülen YVK değerlerinin daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Gagnon ve diğ., 2010). Benzer şekilde 55 yaş ve daha yaşlı erkeklerde yapılan bir çalışmada da BIA_{E-A} ve BIA_{A-A} yöntemleri ile ölçülen VYY değerleri benzer bulunmuştur ve farklı yöntemler ile ölçülen VYY değerleri arasında yüksek ilişki olduğu saptanmıştır (Ritchie ve diğ., 2005). Ek olarak genç erkek ve kadın güreşçilerde 4 farklı BIA yöntemi ile ölçülen vücut kompozisyonu parametrelerinin geçerliğinin yöntemler arasında benzer olmadığı rapor edilmiştir (Montgomery ve diğ., 2017).

Hipotalamus, kardiyovasküler sistem ve böbrek tübülleri gibi sıvı düzenlemesiyle ilgili üreme dışı dokularda östrojen (E2) ve progesteron (PRO) reseptörlerinin varlığı gösterilmiştir (Stachenfeld, 2008). Ön hipotalamusta bulunan ve vücut suyunu kontrol eden birincil hormon olan antidiüretik hormonun sentezlendiği paraventriküler ve supraoptik çekirdek hücrelerinde menstrual döngüden sorumlu hormonların (E2 ve PRO) reseptörleri bulunduğu için bu hormonların susuzluğu, sıvı alımını, sodyum alımını ve böbrek sıvısını ve sodyum düzenlemesini kontrol eden sinirsel ve hormonal

sistemleri etkileme potansiyeli vardır (Stachenfeld, 2014). Üreme çağındaki kadınlarda, menstrual döngü boyunca steroid hormon seviyeleri dalgalanır (Dawson ve Reilly, 2009). Menstrual döngü sırasında E2 ve PRO hormon konsantrasyonlarındaki değişimin, ekstrasellüler alan sıvısının dağılımını etkileyerek özellikle plazma hacminde artışa neden olduğu gösterilmiştir (Sims ve diğ., 2008). Ek olarak bir başka çalışmada da yüksek E2 ve PRO seviyelerinin ekstrasellüler alan sıvısını azalttığı buna karşılık plazma sıvısını artırdığı rapor edilmiştir (Fortney ve diğ., 1988; Stachenfeld ve Taylor, 2004). İnsan vücudunun % 60-70'i sudan oluştuğu için (Stachenfeld, 2014) menstrual döngüye bağlı olarak gerçekleşen vücut sıvısı dağılımındaki dalgalanmalar, vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde TVS'nin dağılımını temel alan BIA yöntemi üzerinde akut etkiye neden olabilir (Lusseveld ve diğ., 1993).

BIA_{E-A} ve BIA_{A-A} yöntemlerinin geçerliği ve güvenilirliği ile ilgili çalışmalar yapılmış olmakla beraber (Küçükkubaş ve diğ., 2020; Nickerson ve diğ., 2019; Vasold ve diğ., 2029), hem birbirinin yerine kullanılabilirliği ile ilgili kapsamlı karşılaştırma çalışmaları hem de menstrual döngünün farklı fazlarının kullanılan BIA teknolojisi üzerine etkisini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, elden-ayağa (BIA_{E-A}) ve ayaktan-ayağa (BIA_{A-A}) biyoelektrik impedans yöntemleri ile belirlenen vücut kompozisyonu parametrelerini karşılaştırmak ve menstrual döngünün farklı BIA yöntemleri üzerine etkisini incelemektir.

YÖNTEM

Araştırma Grubu: Bu çalışmanın örneklem boyutu GPower analiz programı ile belirlenmiştir. Tekrarlı ölçümlerde $\alpha = 0,05$, güç $(1-\beta) = 0,90$ ve etki boyutu $= 0,2$ için $n = 17$ hesaplanmıştır. Olası veri kaybı için hesaplanan örneklem % 25 fazlası $n = 21$ katılımcıya ulaşılması hedeflenmiştir. Araştırma grubu son 6 aydır düzenli menstrual döngüye sahip, herhangi bir hormon preparatı ya da ilaç kullanmayan, 18-40 yaş aralığındaki 22 sağlıklı sporcu/aktif kadından oluşturulmuştur. PRO hormon seviyesi foliküler fazdan luteal faza geçerken yükselen ve luteal fazda minimum PRO seviyesi 16 nmol.L^{-1} olan katılımcılarda menstrual döngü sırasında ovülasyonun gerçekleştiği kabul edilmiş (Elliott-Sale ve diğ., 2021; Thompson ve Han, 2009) ve bu katılımcılar değerlendirmeye alınmıştır. Beş katılımcı (%23) bu kriterleri karşılamadığı için veri analizinden çıkarılmış ve çalışma 17 gönüllünün katılımıyla tamamlanmıştır (Yaş = $20,6 \pm 3,5$ yıl, Boy (cm) = $174,4 \pm 6,5$ cm, BKİ = $23,0 \pm 3,8 \text{ kg.m}^{-2}$, Menstrual gün sayısı $28,8 \pm 1,2$ gün). Çalışma süresince katılımcılardan rutin günlük antrenmanlarına ve beslenmelerine devam etmeleri, teste girmeden önceki gün en az 8 saat uyumaları, test öncesi ve test günlerinde yüksek şiddette egzersiz yapmamaları ve test öncesi alkol, bitkisel çay, kafein kullanmamaları istenmiştir. Diyetin etkisini sabitlemek için katılımcıların tüm ölçümlere, aynı kahvaltı içeriğini tüketerek katılmaları sağlanmıştır. Test ve ölçümler ile kahvaltı arasında en az 4 saatlik süre bırakılmıştır. Katılımcıların menstrual döngü gün sayıları test döneminde takip edilmiştir. Katılımcılar tüm ölçümlere standart kıyafet ile katılmıştır. Çalışma öncesinde Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (Karar no: GO22/984 22/16-05) etik kurul izni alınmıştır. Katılımcılara çalışma ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiş ve aydınlatılmış onam formu imzalatılmıştır. Çalışma Helsinki Bildirgesine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

İşlem Yolu: Katılımcılar 3 kez laboratuvarı ziyaret etmiş ve ölçümler menstrual döngü sırasında E2 ve PRO hormonunun en düşük seviyede olduğu menstruasyonun 2-5. günlerinde (erken foliküler faz (EF)), E2'nin yüksek seviyede olduğu 13- 15. günlerinde (ovulasyon fazı (OF)) ve PRO'nun yüksek seviyede olduğu 21-25. günlerinde (luteal faz (LF)) rastgele sıra ile yapılmıştır. Her bir faz sırasındaki ölçümler $20-22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklığında, 10.00-13.00 saatleri arasında yapılmıştır. Katılımcılara laboratuvara geldiklerinde bilgi formu, fiziksel aktivite düzeylerini belirlemek için fiziksel aktivite kısa formu ve her faz ölçümü öncesinde menstruasyona ilişkin tutumları ölçmek için geçerliği ve güvenilirliği Kulakaç ve diğerleri (2008) tarafından yapılan ve 5 alt boyut (1. Güçsüz bırakan bir olgu olarak menstruasyon,

2. Rahatsız edici bir olgu olarak menstruasyon, 3. Doğal bir olgu olarak menstruasyon, 4. Menstruasyonun olacağını önceden fark etme/sezinleme, 5. Menstruasyonun etkilerini inkar) içeren menstruasyon tutum ölçeği formu doldurtulmuştur. Muhtemel dehidrasyonu engellemek için BIA ölçümünden 60 dakika önce oturarak dinlenme esnasında katılımcıların 500 ml su tüketmeleri sağlanmış ve refraktometre ile idrar dansiteleri ölçülmüştür. İdrar dansitesi $\leq 1030 \text{ g/cm}^3$ olması durumunda (Armstrong, 2007) test ve ölçüm işlemlerine başlanmıştır. İdrar dansitesi 1030 g/cm^3 'den daha yüksek olan katılımcının test ve ölçümleri bir sonraki faza ertelenmiştir. Katılımcıların 20 dakika oturur pozisyonda dinlendirildikten sonra önce ayaktan ayağa (BIA_{A-A}) ve daha sonra 3 dakika içerisinde (Küçükkuşbaşı ve diğ., 2006) elden ayağa (BIA_{E-A}) BIA teknolojileri kullanılarak VYY, YVK ve TVS ölçümleri yapılmıştır. Elli kHz akım tüm vücut sıvılarına nüfuz etmediği için (Moon, 2013), TVS'nin alt bileşenleri (ekstra ve intrasellüler alan sıvıları) değerlendirilmemiştir.

Antropometrik ölçümler: Boy ölçümü, duvara monte stadiyometrede (Holtain Ltd, İngiltere) 0,01 cm hata ile ayaklar çıplak halde, topuk, kalça, sırt ve başın arka kısmı duvara bitişik iken derin bir inspirasyonu takiben ölçüm tablası başın verteks noktasına indirilerek, vücut ağırlığı (VA) katılımcının laboratuvara her gelişinde 0.1 kg hata ile elektronik bir baskülde (Tanita TBF401A, ABD) standart kıyafet içinde ve ağırlığın iki ayağa eşit olarak dağıtılmış olduğu anatomik pozisyonda ölçülmüştür (Danquet ve Carter, 2001).

Hidrasyon düzeylerinin belirlenmesi: Katılımcıların hidrasyon düzeylerini belirlemek için BIA ölçümleri öncesinde yaklaşık olarak 50 ml idrar örneği alınmıştır. Daha sonra bir pastör pipeti kullanılarak idrar örneğinin orta bölümünden alınan yaklaşık 5 ml idrar, refraktometrenin (Atago, URC-NE d 1,000 ~ 1,050, Japonya) lens camı üzerine yayıldıktan sonra dansite değeri okunmuştur (Capitán-Jiménez ve Aragón-Vargas, 2010).

Hormon analizi: Menstrual döngünün fazları (EFF için 2-5. gün, OF için 13-15. gün ve LF için 21-25. gün); folikül stimulan hormon (FSH), luteinleştirici hormon (LH), E2 ve PRO hormon analizleri ile teyit edilmiştir. Katılımcılar her bir faz için laboratuvara geldiklerinde testler öncesinde antekübital venden yaklaşık 5 ml venöz kan örnekleri saat 10.30 ile 11.00 arasında serum ayırma tüplerine alınmıştır. Pıhtılaşması için 60 dakika oda sıcaklığında bekletilen kan örnekleri $+4^\circ \text{C}$ 'de 8 dakika boyunca 3000 devirde santrifüj (Eppendorf 5430R, Kanada) edilmiştir. Eppendorf tüplerine alınan serum örnekleri analiz edilene kadar -20°C 'de saklanmıştır. Numuneler Roche Cobas e801 otoanalizörde ECLIA (Electrochemiluminescence Immunoassay) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Anckaert ve diğ., 2021).

Ayaktan ayağa bioelektrik impedans analizi: BIA_{A-A} için 50 kHz tek frekans ve 500 μA akım veren tetrapolar analizör (Tanita SC330) kullanılmıştır. Katılımcılardan üzerindeki tüm metal takıları çıkardıktan sonra çıplak ayakla analizörün üzerindeki elektrotlara basarak hareketsiz kalmaları istenmiştir. Üretici firmanın kullandığı kestirim formülünden VYY, YVK ve TVS değerleri çıktı olarak kaydedilmiştir (Küçükkuşbaşı ve diğ., 2020).

Elden ayağa bioelektrik impedans analizi: BIA_{E-A} ölçümleri BIA_{A-A} 'dan hemen sonra yapılmıştır. BIA_{E-A} ölçümü için katılımcı suni deri kaplı bir masaj masasına sırt üstü yattıktan sonra, kolları vücudundan yaklaşık 30° ve bacakları yaklaşık 45° açık bir şekilde pozisyonlandırılmıştır. BIA_{E-A} ölçümü için, 50 kHz tek frekans ve 800 μA akım veren ikisi toprak ve ikisi kaynak (ölçüm) olmak üzere 4 elektrotlu tetrapolar analizör (Biodynamics Model 310e) kullanılmıştır (Küçükkuşbaşı ve diğ., 2020). Ölçümlerden önce analizör 520 Ω rezistör kullanılarak kalibre edilmiştir. İki elektrotun (Ag/AgCl Asumed, Türkiye) biri katılımcının sağ elinin dorsal yüzeyine 3. metakarpofalangeal eklemin 1 cm proksimaline (toprak elektrotu), diğeri bileğinin dorsal yüzeyine ulnanın başı hizasında bilek çizgisinin merkezine (ölçüm elektrotu) yapıştırılmıştır. Diğer iki elektrotun (Ag/AgCl Asumed, Türkiye) biri katılımcının sağ ayağının dorsal yüzeyine

2. metatarsofalangeal eklem 1 cm proksimaline (toprak elektrodu), diğer elektrot ise sağ ayak bileğinin dorsal yüzüne lateral ve medial malleol arasını ortalayacak şekilde (ölçüm elektrotu) yapıştırılmıştır. Hem el hem de ayakta tüm elektrotlar aralarında en az 5 cm mesafe olacak şekilde yerleştirilmiştir. Üretici firmanın kullandığı kestirim formülünden VYY, YVK ve TVS değerleri cihazın yazıcısından otomatik çıktı şeklinde kaydedilmiştir.

Verilerin Analizi: Tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri için ortalama ve $\pm$ standart sapma hesaplanmış ve normal dağılıma uyum Kolmogorov-Smirnov Testi ile incelenmiştir. Tüm değişkenler için normal dağılımdan sapma önemsizdir ($p>0,05$). Farklı fazlarda hormon konsantrasyonları arasındaki farklar Tekrarlı Ölçümlerde Tek Yönlü Varyans Analizi ile belirlenmiştir. İki farklı BIA yöntemi ile menstrual döngünün farklı fazlarında (EF, OF ve LF) ölçülen vücut kompozisyonu değişkenleri (VYY, YVK ve TVS) 2×3 (menstrual faz x yöntem) Tekrarlı Ölçümlerde Çift Yönlü Varyans Analizi ile değerlendirilmiştir. Menstrual faz için F istatistikleri anlamlı çıktığında, farkın hangi fazdan kaynaklandığı Bonferroni Post Hoc Testi ile belirlenmiştir. Menstrual fazlarda tekrarlı ölçümlerde küresellik varsayımının geçerliği için Mauchly Testi kullanılmıştır. Küresellik varsayımı yerine gelmeyen değişkenlerde serbestlik dereceleri için Epsilon (ϵ) $< 0,75$ ise Greenhouse-Geisser, $\epsilon > 0,75$ ise Huynh-Feldt düzeltmesi uygulanmıştır (Winter ve diğ., 2001). Deneme etkisinin boyutu için kısmi eta kare (η^2) hesaplanmıştır. Kısmi η^2 ; 0,01 = küçük, 0,06 = orta ve 0,14 = büyük etki olarak kabul edilmiştir (Richardson, 2011). Veriler SPSS programında (Ver 23) analiz edilmiştir ve $p = 0,05$ yanılma düzeyi kullanılmıştır.

BULGULAR

Katılımcıların %88,2'sinin hesaplanan toplam fiziksel aktivite düzeyi (en az 3000 MET-dk/hafta egzersiz yapan) 1. kategoride, %11,8'i ise (601-3000 MET-dk/hafta aralığında egzersiz yapan) 2. kategoride yer almaktadır. Menstrual döngünün farklı fazlarında ölçülen idrar dansiteleri (EFF için $1,015 \pm 8,5$, OF için $1,010 \pm 7,5$, LF için $1,012 \pm 6,3$ gr/cm³) arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($F_{(2,32)} = 2,05$, $p = 0,146$, kısmi $\eta^2 = 0,113$). Benzer şekilde laboratuvar ortamı nemi (EFF için $57 \pm 10,7$, OF için $56 \pm 12,0$, LF için $56,3 \pm 10,2$) ve sıcaklığı (EFF için $22,7 \pm 2,7$ °C, OF için $21,6 \pm 2,8$ °C, LF için $21,3 \pm 2,7$ °C) da fazlar arasında farklı değildir (Sırasıyla $F_{(1,28;20,49)} = 0,19$, $p = 0,824$, kısmi $\eta^2 = 0,012$ ve $F_{(2,32)} = 1,35$, $p = 0,273$, kısmi $\eta^2 = 0,078$). Bu bulgular katılımcıların tüm fazlarda benzer hidrasyon düzeyinde olduklarını ve benzer çevresel şartlarda test ve ölçümleri tamamladıklarını göstermektedir. Menstruasyon Tutum Ölçeği'nin tüm alt boyutlarında katılımcıların menstruasyon duygu durumları, menstrual döngünün tüm fazlarında benzerdir (1. Güçsüz bırakan bir olgu olarak menstruasyon ($F_{(1,21;19,3)} = 1,88$, $p = 0,168$, $\eta^2 = 0,105$), 2. Rahatsız edici bir olgu olarak menstruasyon ($F_{(2,32)} = 0,65$, $p = 0,653$, $\eta^2 = 0,039$), 3. Doğal bir olgu olarak menstruasyon ($F_{(2,32)} = 0,00$, $p = 1,000$, $\eta^2 = 0,000$), 4. Menstruasyonun olacağını önceden fark etme/sezinleme ($F_{(2,32)} = 0,00$, $p = 1,000$, $\eta^2 = 0,000$), 5. Menstruasyonun etkilerini inkar ($F_{(2,32)} = 0,32$, $p = 0,728$, $\eta^2 = 0,020$)).

Tablo 1

Menstrual Döngünün Farklı Fazlarında (EFF, OF ve LF) Ölçülen Hormon Konsantrasyonları

	EFF	OF	LF
FSH (mIU/mL)	$6,3 \pm 0,9$	$5,4 \pm 2,1$	$2,9 \pm 0,9$
LH (mIU/mL)	$6,1 \pm 1,9$	$13,5 \pm 8,9$	$4,9 \pm 3,1$
PRO (nmol.L⁻¹)	$0,9 \pm 0,57$	$1,1 \pm 0,8$	$43,6 \pm 18,1$
E2 (pmol.L⁻¹)	$162,0 \pm 64,1$	$692,8 \pm 383,5$	$539,9 \pm 220,0$

FSH: Folikül stimulan hormon, LH: Lüteinleştirici hormon, PRO: Progesteron, E2: Östrojen, EFF: Erken folikül faz, OF: Ovulasyon fazı, LH: Luteal faz

Menstrual döngünün EFF, OF ve LF'de ölçülen hormon konsantrasyonları Tablo 1'de gösterilmiştir. Menstrual döngü sırasında serumdan ölçülen hormon düzeyleri fazlar arasında anlamlı derecede farklıdır (FSH için ($F_{(1.39;22.2)} = 26,06$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,620$; LH için ($F_{(1.18;18.8)} = 12,48$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,438$; E_2 için ($F_{(1.50;24.0)} = 21,33$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,571$; PRO için ($F_{(1.00;16.1)} = 95,09$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,861$). LF'de ölçülen FSH, EFF ve OF'den ($p = 0,000$) anlamlı derecede düşük, OF'de ölçülen LH ise EFF ve LF'den ($p = 0,000$) anlamlı derecede yüksektir. Benzer şekilde OF ve LF'de ölçülen E_2 , EFF'den ($p = 0,000$); LF'de ölçülen PRO ise EFF ve OF'den ($p = 0,000$) yüksektir.

Tablo 2

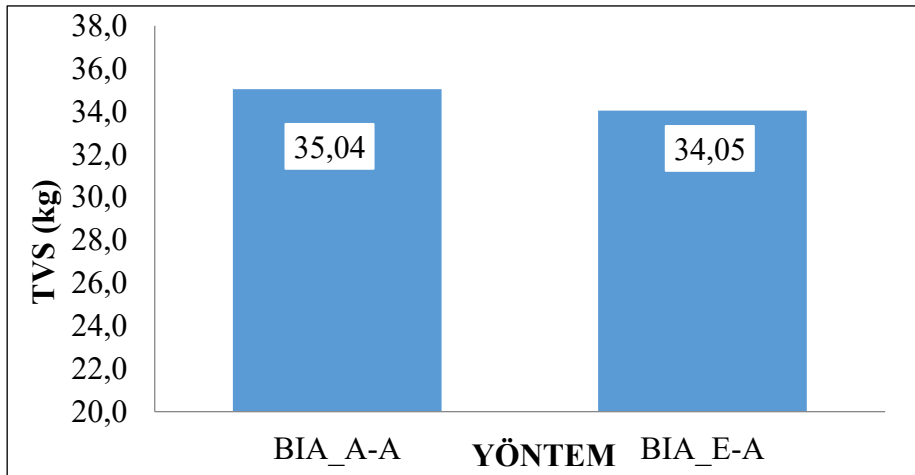
Menstrual Döngünün Farklı Fazlarında BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} Yöntemleri ile Ölçülen VYY, YVK ve TVS Değerleri

		EFF	OF	LF
VYY (%)	BIA _{A-A}	22,4 ± 6,2	22,4 ± 6,6	22,9 ± 6,5
	BIA _{E-A}	22,5 ± 5,3	22,2 ± 5,3	24,2 ± 8,7
YVK (kg)	BIA _{A-A}	49,0 ± 6,4	48,8 ± 5,4	48,9 ± 5,7
	BIA _{E-A}	49,0 ± 6,1	49,1 ± 5,9	49,2 ± 6,2
TVS (kg)	BIA _{A-A}	35,0 ± 3,7	35,1 ± 3,6	35,1 ± 3,9
	BIA _{E-A}	33,9 ± 4,4	34,0 ± 4,3	34,3 ± 4,6

Menstrual döngünün VA (EFF için $63,7 \pm 11,2$ kg, OF için $63,5 \pm 10,7$ kg, LF için $64,0 \pm 11,1$ kg) üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır ($F_{2;32} = 1,52$, $p = 0,232$, $\eta^2 = 0,087$). Menstrual döngünün farklı fazlarında BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen VYY, YVK ve TVS değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Menstrual döngünün VYY, YVK ve TVS üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır (VYY için $F_{2;32} = 1,36$, $p = 0,271$, $\eta^2 = 0,078$, YVK için $F_{2;32} = 0,02$, $p = 0,984$, $\eta^2 = 0,001$, TVS için $F_{2;32} = 0,50$, $p = 0,613$, $\eta^2 = 0,030$).

Şekil 1

BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} Yöntemleri ile Ölçülen TVS Değerleri



Benzer şekilde BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen VYY ($F_{2;32} = 0,37$, $p = 0,551$, $\eta^2 = 0,023$) ve YVK ($F_{2;32} = 0,41$, $p = 0,533$, $\eta^2 = 0,025$) değerleri arasında da anlamlı fark saptanmamıştır. Buna karşılık BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen TVS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($F_{2;32} = 9,57$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,374$). BIA_{E-A} ile karşılaştırıldığında BIA_{A-A}'da ölçülen TVS anlamlı derecede yüksektir (Şekil 1). Tüm değişkenler için Menstrual faz x Yöntem etkileşim istatistiksel olarak anlamlı değildir (VYY için $F_{2;32} = 9,57$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,374$, YVK için $F_{2;32} = 9,57$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,374$ ve TVS için $F_{2;32} = 9,57$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,374$). Bu bulgular, menstrual döngünün farklı fazlarına bağlı olarak vücut kompozisyonu bileşenlerinde ortaya çıkan değişimlerin BIA yöntemlerinden bağımsız olduğunu gösterir.

TARTIŞMA

Vücut kompozisyonu analizinde kullanılan birçok farklı BIA analizörü mevcut olduğu için, bu cihazların ölçüm kapasitelerinin eşitliğini veya bir analizörün diğerinin yerine kullanılabilirliğini belirlemeye ve BIA teknolojisini etkileme potansiyeli olan faktörlerin farklı analizörlerin çıktılarını değiştirip değiştirmediğini açıklamaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı iki farklı BIA yöntemi ile ölçülen vücut kompozisyonunu (VYY, YVK ve TVS) bileşenlerini karşılaştırmak ve menstrual döngünün farklı BIA teknolojileri üzerine etkisini incelemektir. Bu çalışmanın ana bulgusu, genç kadınlarda 50 kHz BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile belirlenen vücut kompozisyonu bileşenlerinin (VYY ve YVK) değerlendirmesi için kullanıma uygun olduğunu ve birbirinin yerine kullanılabileceğini, buna karşılık TVS değerlerinin kullanılan BIA teknolojisine göre değiştiğini göstermiştir. Ek olarak bu çalışmanın bulguları, menstrual döngünün vücut kompozisyonu ve kullanılan BIA yöntemleri üzerinde etkisi olmadığını, etkileşim istatistikleri ise menstrual döngünün farklı fazlarına bağlı olarak her iki yöntemle belirlenen vücut kompozisyonu bileşenlerinde ortaya çıkan değişimlerin benzer olduğunu göstermiştir.

Menstrual döngü sırasında hormon konsantrasyonlarındaki dalgalanma fazlar arasında anlamlı derecede farklıdır ve normal bir döngünün hormon profili ile uyumludur (D'Souza ve diğ., 2023; Elliott-Sale ve diğ., 2021). Katılımcıların menstruasyona karşı tutumları ile ilgili bulgular değerlendirildiğinde “Menstruasyonun olacağını önceden fark etme/sezinleme” alt ölçeği tüm fazlarda en yüksek, “Menstruasyonun etkilerini inkâr” en düşük puan ortalamasına sahiptir. Ölçekten elde edilen puanlar genel olarak katılımcıların, kadın olmanın ve kadın yaşamının doğal bir işlevi olarak menstrual döngüyü onayladıklarını (Kulakaç ve diğ., 2008) ve duygu durumlarının menstrual döngünün farklı fazlarında değişmediğini göstermiştir.

Menstrual döngü sırasında üç fazda ölçülen VA arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. LF’de ölçülen VA, aynı fazda BIA_{E-A} ile ölçülen TVS’ye uyumlu olarak (Tablo 2) diğer fazlardan daha yüksek ölçülmüş olmakla beraber, bu fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır. Bu çalışmada menstrual döngü sırasında VA’da meydana gelen değişimle ilgili bulgu, daha önceki çalışmaların bulgularıyla benzerdir (Chumlea ve diğ., 1987; Cumberledge ve diğ., 2018; Gleichauf ve Roe, 1989; Teixeira et al., 2013). Foliküler fazı idrardan LH analizi ile belirlenen üniversite çağındaki 43 kadında yapılan bir çalışmada menstrual döngünün 4 farklı fazında (mens, foliküler faz, erken luteal ve geç luteal) ölçülen VA değerleri benzer bulunmuştur (Cumberledge ve diğ., 2018). Benzer şekilde menstrual fazları hormon analizi ile teyit edilmemiş olan bir çalışmada da 44 üniversiteli kadının VA’larında anlamlı bir değişim saptanmamıştır (Teixeira ve diğ., 2013). Bu çalışmada katılımcıların menstrual döngü boyunca enerji alımı ölçülmemiştir ancak VA üzerinde önemli etkiye sahip olan enerji dengesinin ve dinlenik enerji harcamasının bir göstergesi kabul edilen dinlenik oksijen tüketimi, kalp atım hızı ve solunum değişim oranı gibi fizyolojik değişkenlerin menstrual döngünün farklı fazlarında benzer olduğu rapor edilmiştir (Dokumacı ve Hazır, 2019). Bu bulgular, VA’nın menstrual döngü sırasında hormonal dalgalanmadan etkilenmemesinin nedeni olarak kabul edilebilir.

Bu çalışmada menstrual döngünün vücut kompozisyonu bileşenlerinden VYY, YVK ve TVS üzerine etkisi gözlenmemiştir. Bu nedenle bu üç bileşen birlikte tartışılmıştır. Önceki çalışmaların bulgularıyla uyumlu olarak (Cumberledge ve diğ., 2018; Dokumacı ve Hazır, 2019; Hall ve diğ., 2009; Hazır ve diğ., 2020; Hicks ve diğ., 2018; Rael ve diğ., 2020; Teixeira ve diğ., 2013) bu çalışmada da menstrual döngünün EFF, OF ve LF fazlarında hem BIA_{A-A} hem de BIA_{E-A} yöntemleri ile ölçülen VYY, YVK ve TVS üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır. Örneğin, menstrual döngü fazları hormonla teyit edilmiş üniversite çağındaki 43 genç kadında erken foliküler fazda, geç foliküler fazda, erken luteal fazda ve geç luteal fazda tek frekans (Tanita TBF-300A; 50 kHz, Tanita TBC-418; 50 kHz) BIA_{A-A} ve ayak tabanından

ve ellerle tutulan temas elektrodu kullanılarak çoklu frekans BIA_{E-A} yöntemleri (InBody 520; 5, 50 ve 500 kHz, InBody 720; 1, 5, 50, 250, 500 ve 1000 kHz) ile elde edilen VYY ve YVK değerlerinde anlamlı fark saptanmamıştır (Cumberledge ve diğ., 2018). Benzer şekilde iyi antrenmanlı atletlerde yakın zamanda yapılan bir çalışmada da erken foliküler fazda (menstrual döngünün 2.-8.gün), geç foliküler fazda (10.-14.gün) ve geç luteal fazda (20.-24.gün) VYY, YVK ve TVS’de anlamlı bir fark saptanmamıştır (Rael ve diğ., 2021). Ek olarak 18-54 yaş aralığında 39 kadında tek (Tanita BC-418; 50 kHz) ve çoklu frekans (InBody 230; 20 ve 100 kHz, InBody 720; 1, 5, 50, 250, 500, and 1000 kHz) kullanarak üç farklı BIA analizörü ile yapılan bir çalışmada da bu çalışmada olduğu gibi menstruasyon ve ovulasyon fazlarında VYY ve YVK değerleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Hicks ve diğ., 2017). Rekreatif olarak aktif 30 genç kadında yapılan bir başka çalışmada da menstrual döngünün 7-9. günlerinde (midfoliküler faz) ve 21-23. günlerinde (midluteal faz) BIA_{A-A} yöntemi ile ölçülen VYY ve TVS değerleri benzer bulunmuştur (Koşar ve diğ., 2022). Yukarıdaki çalışmaların aksine bazı çalışmalarda da menstrual döngü sırasında vücut kompozisyonunda anlamlı değişimler rapor edilmiştir (Barnett ve diğ., 2002; Gleichauf ve Roe, 1989; Stachon, 2016; Tomazo-Ravnik ve Jakopič, 2006). Örneğin rekreatif olarak aktif kadınlarda, geç foliküler faza (menstrual döngünün 8.-12. gün) oranla luteal fazda (18.- 23.gün) VA, TVS ve YVK’da hafif bir artış rapor edilmiştir (Tomazo-Ravnik ve Jakopič, 2006). Vücut kompozisyonunda meydana gelen dalgalanma menstrual döngünün belirli aşamalarında şişkinlik olarak adlandırılan sıvı tutulmasındaki değişimlere bağlanmıştır (White ve diğ., 2011). Kadınlarda menstrual döngü sırasında şişkinlik hissinin $[Na^+]$ dengesindeki değişimden bağımsız olarak ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Olson ve diğ., 1996). Ek olarak vücutta sıvı tutulması ile E2 ve PRO hormon konsantrasyonlarındaki dalgalanma arasında bir ilişki saptanmamıştır (White ve diğ., 2011). Buna rağmen vücut kompozisyonundaki değişimlerin, menstrual döngünün belirli aşamalarında ortaya çıkan sıvı tutulmasından kaynaklandığına dair hâkim görüş mevcuttur (Tomazo-Ravnik ve Jakopič, 2006; White ve diğ., 2011). Buna karşılık düşük E2 (menstruasyon) ve yüksek E2 (ovulasyon) konsantrasyonlarında BIA yöntemi ile ölçülen VYY ve TVS’nin değişmediği rapor edilmiştir (Daniusevičiūtė ve diğ., 2010). Bu bulgu menstrual döngü sırasında sıvı tutulmadığını, tutulsa bile BIA çıktılarını etkilemediğini (Gleichauf ve Roe, 1989) gösterir. Buna rağmen kadınlarda BIA ile vücut kompozisyonu değerlendirilirken menstrual döngü nedeniyle birey tarafından vücudunda su tutulumu algısı bildirilmiş ise ölçüm yapılmaması tavsiye edilmektedir (Heyward ve Wagner, 2004).

E2 ve PRO reseptörleri vücut sıvı ve elektrolit dağılımını düzenleyen hipotalamus, kardiyovasküler sistem ve böbrek tübülleri gibi üreme dışındaki dokularda da bulunduğu için (Patel ve diğ., 2017), bu hormonların kan konsantrasyonundaki değişimi ekstra ve intrasellüler alanlardaki sıvı ve elektrolit dağılımını etkileyebilir (Sims ve diğ., 2008; Stachenfeld, 2008; Stachenfeld ve Taylor, 2004). Ayrıca PRO’nun elektrolit metabolizmasında özellikle de su ve $[Na^+]$ ’nın böbreklerden geri emiliminde önemli rol oynayan aldosteron hormonunun reseptörlerine bağlanma konusunda onunla yarışması (Komukai ve diğ., 2010), BIA teknolojisi gibi vücudun su ve elektrolit dağılımını temel alan bir yöntem kullanılarak vücut kompozisyonu belirlenirken menstrual döngünün dikkate alınma nedenini açıklar. Bununla beraber bu çalışmanın bulguları, menstrual döngü sırasında E2 ve PRO hormon konsantrasyonlarındaki önemli değişimin (Tablo 1) BIA teknolojisi ile vücut kompozisyonunun değerlendirilmesini etkileyecek kadar TVS’de anlamlı bir değişim yaratmadığını göstermiştir. Bunun yanında 466 mL isotonik tuzlu su tüketen bireylerde 50 kHz BIA_{A-A} (TBF-300A) yönteminin TVS’de meydana gelen değişimi ölçmede yetersiz kaldığının rapor edilmiş olması (Matthews ve Hosick, 2019), bu çalışmada da BIA yönteminin TVS’deki değişimi yansıtmada yetersiz kalma olasılığını düşündürülebilir.

Bu çalışmada 50 kHz tek frekans ve 500 μA akım veren tetrapolar analizörle BIA_{A-A} yönteminden ve 50 kHz tek frekans ve 800 μA akım veren vücudun sağ tarafında el ve ayağa bağlanan ikisi toprak ve ikisi ölçüm olmak üzere 4 elektrotlu tetrapolar analizörle BIA_{E-A} yönteminden elde edilen vücut kompozisyonu bileşenleri karşılaştırılmıştır.

Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi farklı BIA teknolojileri ile ölçülen VYY ve YVK değerlerinin benzer olduğunu göstermiştir. Buna karşılık bu çalışmanın bulguları vücudun su içeriğinin (yani TVS), kullanılan BIA yöntemine bağımlı olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular benzer karşılaştırma çalışmalarında farklı BIA yöntemleri ve analizörleri ile yapılan çalışmaların bulguları ile uyumludur. Örneğin bu çalışmada olduğu gibi vücudun sağ tarafında el ve ayağa bağlanan elektrotlarla RJL Quantum II vücut kompozisyonu analizörü ile BIA_{E-A} yöntemi, ayak tabanı ve ellerle tutularak temas elektrodu kullanan Omron HBF-510 W vücut kompozisyonu analizörü ile BIA_{E-A} yöntemi ve yine bu çalışmada olduğu gibi Tanita BC-534 InnerScan analizörü ile BIA_{A-A} yöntemi kullanılarak elde edilen YVK değerlerinden Omron BIA_{E-A} yöntemiyle (temas elektrodu kullanılan) ölçülen YVK hem referans yöntem (Bod Pod) hem de diğer yöntemlerden anlamlı derecede düşüktür ve RJL BIA_{E-A} ve Tanita BIA_{E-A} arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Vasold ve diğ., 2019). Benzer şekilde aynı çalışmada VYY değerleri Omron BIA_{E-A}'da yüksek, RJL BIA_{E-A} ve Tanita BIA_{E-A}'da benzer olduğu rapor edilmiştir. Buna karşılık Cumberledge ve diğerleri (2018) dört farklı ve Hicks ve diğerleri (2017) üç farklı tek ve çoklu frekans BIA teknolojilerini kullanarak menstrual döngünün vücut kompozisyonu üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarda doğrudan karşılaştırma analizi yapmamış olmakla beraber VYY ve/veya YVK değerleri için BIA analizörleri arasında klinik olarak önemli olduğu kabul edilebilecek düzeyde farklı değerler rapor etmişlerdir (Cumberledge ve diğ.,(2018): VYY için % 27.6 - 29.4, YVK için 44.4 - 45.5 kg; Hicks ve diğ.,(2017): VYY için % 26.1 - 27.0). Vücut kompozisyonu önemli ölçüde değişkenlik gösteren katılımcı gruplarında aynı BIA yöntemlerini karşılaştıran çalışmalardan elde edilen bulgular (Gagnon ve diğ., 2010; Montgomery ve diğ., 2017; Ritchie ve diğ., 2005), bu çalışmadan elde edilen bulguların dikkatli değerlendirilmesi gerektiğini ve genellenebilir olmadığını göstermektedir.

Bu çalışmada 50 kHz akım kullanıldığı ve bu akım intrasellüler alan sıvısına nüfuz edemediği için (Kyle ve diğ., 2004) tüm vücut suyu TVS olarak değerlendirilmiştir. TVS, VYY ve YVK'nın aksine kullanılan BIA yöntemine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi BIA_{A-A}'dan ölçülen (35,04 kg) TVS'nin BIA_{E-A}'dan (34,05 kg) anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermiştir (Şekil 1). BIA_{A-A}'dan ölçülen TVS, BIA_{E-A}'dan % 2.82 daha yüksektir. Genel olarak %2'den fazla sıvı kaybının hem takım sporlarında hem de dayanıklılık sporlarında %7-60 oranında performans kaybı rapor edilmiş olması (Maughan ve Shirreffs, 2010) BIA yöntemleri ile elde edilen TVS değerlerinin karşılaştırılabilir olmadığını ve dikkatli yorumlanması gerektiğini gösterir. Cumberledge ve diğerleri (2018) 50 kHz BIA_{A-A} ve BIA_{E-A} yöntemleri ile menstrual döngünün 4 farklı fazında belirledikleri TVS değerlerini BIA_{A-A} için 32,9 kg, BIA_{E-A} için 32,5 kg kaydetmişlerdir. Bu çalışmada olduğu gibi BIA_{A-A}'dan ölçülen TVS BIA_{E-A}'dan ölçülenden yüksek olmakla beraber iki yöntem arasındaki fark %1,2'dir. Çalışmalarda elde edilen bulgulardaki farklılıkların olası nedenleri örneklem büyüklüğü, teknoloji (jel-elektrot/temas-elektrot), tahmin denklemleri veya diğer bazı bilinmeyen değişkenler olabilir.

Bu çalışmada bazı sınırlılıklar mevcuttur. Birincisi, katılımcıların çalışma boyunca bir sonraki menstrual döngüleri takip edilmiş olmakla beraber, vücut kompozisyonu sadece tek döngü boyunca değerlendirilmiştir. Bunun yanında her ne kadar menstrual döngünün farklı fazlarında kadınların “şişkinlik” şikayetinde bulunmalarının vücutta [Na⁺] dengesinin/alımının değişmesi ile ilgili olmadığını gösteren bulgular mevcutsa da (Olson ve diğ., 1996) diyet alımı ve içeriğinin vücut kompozisyonu değişkenlerini etkilemesi mümkündür. Bu nedenle katılımcıların beslenme alışkanlıklarının izlenmemiş olması bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada menstrual döngü EFF, OF ve LF ile sınırlanmıştır. Menstrual döngünün bir faktör olarak ele alındığı çalışmalarda döngü menstrasyon, erken foliküler faz, geç foliküler faz, ovulasyon fazı, erken luteal faz ve geç luteal faz gibi beş faza ayrılmaktadır. Araştırmalar iki fazlı, bu çalışmada olduğu gibi üç fazlı, dört fazlı veya beş fazlı olmak üzere çok değişik şekilde dizayn edilmektedir. Böylece bu çalışmada menstrual döngünün üç fazında ölçüm yapılması bir sınırlılık olarak dikkate alınabilir. Bu çalışmanın

örneklem grubunun yaş, BKI ve VA gibi fiziksel özellikleri, elde edilen bulguların daha geniş yaş ve VA'ya sahip popülasyona genellenebilirliği için sınırlayıcıdır. Son olarak karşılaştırılan BIA ölçümlerinden biri yatay ve tüm vücut, diğeri dikey ve vücudun gövde altı bölümünü içermesi de sınırlılık olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları, 50 kHz tek frekans BIA_{E-A} ve BIA_{A-A} teknolojilerinden herhangi birinin sağlıklı sporcu/aktif kadın popülasyonunda menstrual döngünün fazlarını dikkate almadan vücut kompozisyonunun değerlendirmesi için kullanıma uygun olduğunu göstermiştir. Farklı teknolojilerle ölçülen vücut kompozisyonu bileşenlerinden YVK ve VYY'nin birbirinin yerine kullanılabilir olduğu da söylenebilir. Buna karşılık TVS değerleri, kullanılan BIA teknolojisine göre farklı sonuçlar üretmektedir. Ek olarak bu çalışmanın bulguları, menstrual döngünün hem vücut kompozisyonu hem de kullanılan BIA yöntemleri üzerinde etkisi olmadığını da göstermiştir. Dahası etkileşim istatistiklerinin anlamlı olmaması, menstrual döngünün farklı fazlarına bağlı olarak her iki yöntemle belirlenen vücut kompozisyonu bileşenlerinde ortaya çıkan değişimlerin benzer olduğunu gösterir.

Yazar Katkısı:

1. **Tahir HAZIR:** Fikir/Kavram, Tasarım, Denetleme, Makale Yazımı, Analiz-Yorum, Eleştirel İnceleme
2. **Aysu AKIN:** Veri Toplama ve İşleme, Analiz-Yorum, Makale Yazımı
3. **Yunus Emre EKİNCİ:** Veri Toplama ve İşleme, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme
4. **Ayşe KİN İŞLER:** Tasarım, Denetleme, Makale Yazımı, Analiz-Yorum, Eleştirel İnceleme

Etik Kurul İzni ile İlgili Bilgiler

Kurul Adı: Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Tarih: 18.10.2022

Sayı No: GO22/984 22/16-05

KAYNAKÇA

1. Anckaert, E., Jank, A., Petzold, J., Rohmann, F., Paris, R., Renggli, M., Schönfeld, K., Schiettecatte J., ve Kriner, M. (2021). Extensive monitoring of the natural menstrual cycle using the serum biomarkers estradiol, luteinizing hormone and progesterone. *Practical Laboratory Medicine*, 25, e00211.
2. Armstrong, L.E. (2007). Assessing hydration status: the elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5), 575-584.
3. Barnett, J.B., Woods, M.N., Rosner, B., McCormack, C., Floyd, L., Longcope, C., ve Gorbach, S.L. (2002). Waist-to-hip ratio, body mass index and sex hormone levels associated with breast cancer risk in premenopausal Caucasian women. *Journal of Medical Science*, 2(4), 170-176.
4. Bosy-Westphal, A., Braun, W., Geisler, C., Norman, K., ve Müller, M. J. (2018). Body composition and cardiometabolic health: the need for novel concepts. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(5), 638-644.
5. Capitán-Jiménez, C., ve Aragón-Vargas, L. F. (2010). Elimination of urine in response to water intake is consistent in well-hydrated individuals. *MHSalud*, 7(2), 1-9.
6. Chumlea, W.C., Roche, A.F., Guo, S., ve Woynarowska, B. (1987). The influence of physiologic variables and oral contraceptives on bioelectric impedance. *Human Biology*, 59(2), 257-269.
7. Cumberledge, E. A., Myers, C., Venditti, J. J., Dixon, C. B., ve Andreacci, J. L. (2018). The effect of the menstrual cycle on body composition determined by contact-electrode bioelectrical impedance analyzers. *International Journal of Exercise Science*, 11(4), 625-632.
8. Daniusevičiūtė, L., Brazaitis, M., Skurvydas, A., Sipavičienė, S., Linonis, V., Piečaitienė, J., ve Eimantas, N. (2010). Changes in concentration of creatine kinase, body composition and lipoprotein during menstrual cycle. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 2(77), 11-17.
9. Danquet W., ve Carter J.E.L. (2001). Somatotyping. Eston, R. G., and Reilly, T. (Eds.). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual* (Vol. 1). London, UK: Routledge. s 49-50.
10. Dawson, E. A., ve Reilly, T. (2009). Menstrual cycle, exercise and health. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 99-119.
11. D'Souza, A. C., Wageh, M., Williams, J. S., Colenso-Semple, L. M., McCarthy, D. G., McKay, A. K., ... and Phillips, S. M. (2023). Menstrual cycle hormones and oral contraceptives: a multimethod systems physiology-based review of their impact on key aspects of female physiology. *Journal of Applied Physiology*, 135(6), 1284-1299.
12. Dehghan, M., ve Merchant, A. T. (2008). Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies?. *Nutrition journal*, 7(1), 26.
13. Dokumacı, B., ve Hazır, T. (2019). Effects of the menstrual cycle on running economy: oxygen cost versus caloric cost. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(3), 318-326.
14. Elliott-Sale, K. J., Minahan, C. L., de Jonge, X. A. J., Ackerman, K. E., Sipilä, S., Constantini, N. W., Lebrun, C. M. ve Hackney, A. C. (2021). Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: a working guide for standards of practice for research on women. *Sports Medicine*, 51(5), 843-861.
15. Fortney, S. M., Beckett, W. S., Carpenter, A. J., Davis, J., Drew, H., LaFrance, N. D. ve Vroman, N. B. (1988). Changes in plasma volume during bed rest: effects of menstrual cycle and estrogen administration. *Journal of Applied Physiology*, 65(2), 525-533.
16. Gagnon, C., Menard, J., Bourbonnais, A., Ardilouze, J. L., Baillargeon, J. P., Carpentier, A. C., ve Langlois, M. F. (2010). Comparison of foot-to-foot and hand-to-foot bioelectrical impedance methods in a population with a wide range of body mass indices. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 8(5), 437-441.
17. Gleichauf, C.N., ve Roe, D.A. (1989). The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 50(5), 903-907.
18. Goossens, G. H. (2017). The metabolic phenotype in obesity: fat mass, body fat distribution, and adipose tissue function. *Obesity Facts*, 10(3), 207-215.
19. Hall, N., White, C., ve O'Sullivan, A.J. (2009). The relationship between adiponectin, progesterone, and temperature across the menstrual cycle. *Journal of Endocrinological Investigation*, 32(3), 279-283.
20. 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), 102-111.
21. Heyward, V. H., ve Wagner, D. R. (2004). Applied body composition assessment (No. Ed. 2, pp. 268-pp).
22. Hicks, C. S., McLester, C. N., Esmat, T. A., & McLester, J. R. (2017). A comparison of body composition across two phases of the menstrual cycle utilizing dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography, and bioelectrical impedance analysis. *International Journal of Exercise Science*, 10(8), 1235-1249.
23. Hirsch, K. R., Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T., ve Roelofs, E. J. (2016). Body composition and muscle characteristics of division I track and field athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1231-1238.

24. Komukai, K., Mochizuki, S., ve Yoshimura, M. (2010). Gender and the renin–angiotensin–aldosterone system. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 24(6), 687-698.
25. Koşar, Ş. N., Güzel, Y., Köse, M. G., Kin İşler, A., ve Hazır, T. (2022). Whole and segmental body composition changes during mid-follicular and mid-luteal phases of the menstrual cycle in recreationally active young women. *Annals of Human Biology*, 49(2), 124-132.
26. Kulakaç, Ö., Öncel, S., Fırat, M. Z., ve Akcan, A. (2008). Menstruasyon tutum ölçeği: geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Journal of Clinical Obstetrics & Gynecology*, 18(6), 347-356.
27. Kushner, R. F. (1992). Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *Journal of The American College of Nutrition*, 11(2), 199-209.
28. Küçükkuşbaşı, N., Aytar, S. H., Açıkkada, C., ve Hazır, T. (2020). Bioelectric impedance analyses for young male athletes: A validation study. *Isokinetics and Exercise Science*, 28(1), 49-58.
29. Küçükkuşbaşı, N., Hazır, T., ve Açıkkada, C. (2006). 15-17 yaş ergen erkeklerde biyoelektrik impedans yönteminde ölçüm aralığının belirlenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 17(2), 38-47.
30. Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., ve Composition of the ESPEN Working Group. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243.
31. Lusseveld, E. M., Peters, E. T. J., ve Deurenberg, P. (1993). Multifrequency bioelectrical impedance as a measure of differences in body water distribution. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 37(1), 44-51.
32. Martín-Matillas, M., Valadés, D., Hernández-Hernández, E., Olea-Serrano, F., Sjöström, M., Delgado-Fernández, M., ve Ortega, F. B. (2014). Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 137-148.
33. Matthews, E. L., ve Hosick, P. A. (2019). Bioelectrical impedance analysis does not detect an increase in total body water following isotonic fluid consumption. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(10), 1116-1120.
34. Maughan, R. J., ve Shirreffs, S. M. (2010). Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 40-47.
35. McManus, C. J., Murray, K. A., ve Parry, D. A. (2017). Applied sports nutrition support, dietary intake and body composition changes of a female athlete completing 26 marathons in 26 days: A case study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(1), 112-116.
36. Montgomery, M. M., Marttinen, R. H., ve Galpin, A. J. (2017). Comparison of body fat results from 4 bioelectrical impedance analysis devices vs. air displacement plethysmography in American adolescent wrestlers. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 5(4), 18-25.
37. 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.
38. Nickerson, B. S., Snarr, R. L., ve Ryan, G. A. (2019). Validity of foot-to-foot bioelectrical impedance for estimating body composition in NCAA division I male athletes: A 3-compartment model comparison. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(12), 3361-3366.
39. Olson, B. R., Forman, M. R., Lanza, E., McAdam, P. A., Beecher, G., Kimzey, L. M., ... ve Guttches-Ebeling, B. (1996). Relation between sodium balance and menstrual cycle symptoms in normal women. *Annals of Internal Medicine*, 125(7), 564-567.
40. Patel, S., Rauf, A., Khan, H., ve Abu-Izneid, T. (2017). Renin-angiotensin-aldosterone (RAAS): The ubiquitous system for homeostasis and pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 94, 317-325.
41. Rael, B., Alfaro-Magallanes, V.M., Romero-Parra, N., Castro, E.A., Cupeiro, R., ve Janse de Jonge, X.A. (2020). Menstrual cycle phases influence on cardiorespiratory response to exercise in endurance-trained females. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 860-871.
42. Rashmi, R., ve Snehalatha, U. (2019). Evaluation of body composition parameters using various diagnostic methods: A meta-analysis study. *Obesity Medicine*, 16, 100150.
43. Richardson, J.T.E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*, 6(2):135-47.
44. Ritchie, J. D., Miller, C. K., ve Smiciklas-Wright, H. (2005). Tanita foot-to-foot bioelectrical impedance analysis system validated in older adults. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(10), 1617-1619.
45. Sims, S. T., Rehrer, N. J., Bell, M. L., ve Cotter, J. D. (2008). Endogenous and exogenous female sex hormones and renal electrolyte handling: effects of an acute sodium load on plasma volume at rest. *Journal of Applied Physiology*, 105(1), 121-127.
46. Stachoń, A. J. (2016). Menstrual changes in body composition of female athletes. *Collegium Antropologicum*, 40(2), 111-122.
47. Son, J. W., Han, B. D., Bennett, J. P., Heymsfield, S., ve Lim, S. (2025). Development and clinical application of bioelectrical impedance analysis method for body composition assessment. *Obesity Reviews*, 26(1), e13844.
48. Stachenfeld, N. S. (2008). Sex hormone effects on body fluid regulation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(3), 152-159.
49. Stachenfeld, N. S. (2014). Hormonal changes during menopause and the impact on fluid regulation. *Reproductive Sciences*, 21(5), 555-561.

50. Stachenfeld, N. S., ve Taylor, H. S. (2004). Effects of estrogen and progesterone administration on extracellular fluid. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 1011-1018.
51. Teixeira, A.L., Dias, M.R., Damasceno, V.O., Lamounier, J.A., ve Gardner, R.M. (2013). Association between different phases of menstrual cycle and body image measures of perceived size, ideal size, and body dissatisfaction. *Percept Motor Skills*, 117(3):892-902.
52. Thompson, B. ve Han, A. (2009). Methodological recommendations for menstrual cycle research in sports and exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(12), 2610-2617.
53. Tomazo-Ravnik, T., ve Jakopič, V. (2006). Changes in total body water and body fat in young women in the course of menstrual cycle. *International Journal of Anthropology*, 21(1), 55-60.
54. Vasold, K. L., Parks, A. C., Phelan, D. M., Pontifex, M. B., ve Pivarnik, J. M. (2019). Reliability and validity of commercially available low-cost bioelectrical impedance analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(4), 406-410.
55. Walker, E. J., Aughey, R. J., McLaughlin, P., ve McAinch, A. J. (2022). Seasonal change in body composition and physique of team sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(2), 565-572.
56. White, C.P., Hitchcock, C.L., Vigna, Y.M., ve Prior, J.C. (2011). Fluid retention over the menstrual cycle: 1-year data from the prospective ovulation cohort. *Obstetrics and Gynecology International*.
57. Winter, E., Eston, R., ve Lamb, K. L. (2001). Statistical analyses in the physiology of exercise and kinanthropometry, *Journal of Sports Sciences*, 19(10), 761-775.