

## Menstrual Döngü ve Sirkadiyen Ritme Göre Akut Yüksek Şiddette Egzersizin Biyoelektrik Empedans Analizinden Ölçülen Faz Açısı Üzerine Etkisi: Pilot Çalışma

### The Effect of Acute High-Intensity Exercise During The Menstrual Cycle And Circadian Rhythm on Phase Angle Measured from Bioelectrical Impedance Analysis: A Pilot Study

<sup>1</sup>Tahir HAZIR

ORCID No: 0000-0002-0048-0281

<sup>1</sup>Mehmet Gören KÖSE

ORCID No: 0000-0002-8092-0557

<sup>2</sup>Tuğba Nilay KULAKSIZ

ORCID No: 0000-0001-9395-453X

<sup>3</sup>Ferhat ESATBEYOĞLU

ORCID No: 0000-0002-4184-5582

<sup>1</sup>Ayşe KİN İŞLER

ORCID No: 0000-0001-9651-2067

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü

<sup>2</sup>Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü

<sup>3</sup>Bozok Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü

**Yazışma Adresi**

**Corresponding Address:**

Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER

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

**E-posta:** aysekin@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 12.07.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 03.01.2024

#### ÖZ

Faz açısı (FA), hem yumuşak doku kütlelerinin miktarındaki hem de kalitesindeki değişiklikleri ifade eder. Bu çalışmanın amacı, akut yüksek şiddette kesintili egzersizin menstrual döngü (MD) ve sirkadiyen ritme (SR) göre biyoelektrik impedans yöntemi (BIA) ile ölçülen FA üzerine etkisini incelemektir. Düzenli menstrual döngüye sahip (menstruasyon gün:  $28.7 \pm 2.05$  gün) 10 gönüllü kadının (yaş =  $21.4 \pm 2.7$  yıl) menstrual döngünün midfoliküler (7–9. günler) ve luteal (21–23. günler) fazlarında sabah (08:30–10:00) ve akşam (18:00–19:00) bisiklet ergometresinde 5x6 saniye tekrarlı sprint testinden önce ve hemen sonra (1. dakika), 10. ve 20. dakikalarda elden ayağa BIA'dan "arktanjan(Reaktans/Rezistans) x  $(180/\pi)$ " formülü kullanılarak FA belirlenmiştir. Biyolojik döngüler ve akut egzersizin FA üzerine etkisi için 2 x 2 x 4 (menstrual faz x günün zamanı x egzersiz) Tekrarlı ölçümlerde çok yönlü varyans analizi kullanılmıştır. MD'nin ve SR'nin BIA ile ölçülen FA üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır (sırasıyla  $p=0.095$ ;  $\eta^2=0.279$ ,  $p=0.373$ ;  $\eta^2=0.089$ ). Akut yüksek şiddette egzersizin de FA üzerine etkisi anlamlı değildir ( $p=0.457$ ;  $\eta^2=0.090$ ). Benzer şekilde MD x SR ( $p=0.188$ ;  $\eta^2=0.184$ ), MD x egzersiz ( $p=0.889$ ;  $\eta^2=0.023$ ), SR x egzersiz ( $p=0.351$ ;  $\eta^2=0.112$ ), MD x SR x egzersiz ( $p=0.048$ ;  $\eta^2=0.251$ ) etkileşimleri de anlamlı değildir. Bu çalışmanın bulguları, kadınlarda BIA ile ölçülen faz açısının menstrual döngü ve sirkadiyen ritim ile kombine akut yüksek şiddetteki egzersizden etkilenmediğini göstermiştir. Ek olarak etkileşim istatistiklerinin anlamlı olmaması da faz açısında meydana gelen değişimlerin benzer olduğunu gösterir. Bu bulgular, kadınlarda yumuşak doku kütlelerinin miktar ve kalitesindeki değişiklikler belirlenirken, biyolojik döngülerin ve akut yüksek şiddette egzersizin kısıtlayıcı etkisinin olmadığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Menstrual döngü, Sirkadiyen ritim, Akut egzersiz, Faz açısı

#### ABSTRACT

Phase angle (PA) refers to changes in both the quantity and quality of soft tissue mass. Therefore, the aim of this study was to examine the effects of acute high intensity intermittent exercise on phase angle determined by bioelectrical impedance analysis (BIA) according to menstrual cycle (MC) and circadian rhythm (CR). Ten eumenorrheic women (menstrual cycle:  $28.7 \pm 2.05$  days, age:  $21.4 \pm 2.6$  yrs) performed 5x6 second repeated sprint tests (RST) on cycle ergometer in the morning (08:30–10:00) and evening (18:00–19:00) sessions during the midfollicular (7–9<sup>th</sup> days) and luteal phases (21–23<sup>rd</sup> days) of the MC. The PA was determined before and after the RST (1<sup>st</sup> minute), 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> minutes using the formula  $(\text{Arctangent}(\text{Reactance}/\text{Resistance}) * (180/\pi))$ . The effect of acute exercise and biological cycles on PA was determined by 2x2x4 (menstrual phase x time-of-day x exercise) repeated measures analysis of variance. The effects of MC and CR on PA value measured by BIA was not significant ( $p=0.095$ ;  $\eta^2=0.279$ ,  $p=0.373$ ;  $\eta^2=0.089$  respectively). The effect of acute high-intensity exercise on PA was also not significant ( $p=0.457$ ;  $\eta^2=0.090$ ). Similarly, MC x CR ( $p=0.188$ ;  $\eta^2=0.184$ ), MC x exercise ( $p=0.889$ ;  $\eta^2=0.023$ ), CR x exercise ( $p=0.351$ ;  $\eta^2=0.112$ ), MC x CR x exercise ( $p=0.048$ ;  $\eta^2=0.251$ ) interactions were also not significant. The results of this study showed that the PA measured by the BIA method in women was not affected by acute high-intensity exercise combined with the MC and CR. In addition, the insignificance of interaction statistics indicates that the changes in the PA are similar. These findings suggested that biological cycles and acute high-intensity exercise are not limiting factors when determining changes in the quantity and quality of soft tissue mass in women.

**Keywords:** Menstrual cycle, Circadian rhythm, Acute exercise, Phase angle

## GİRİŞ

Biyoelektrik impedans analizi (BIA), insan vücudunun elektriksel özelliklerine bağlı olarak vücut kompozisyonunu değerlendiren basit ve invaziv olmayan, hem laboratuvar hem de sahada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Lukaski ve diğ., 1985). BIA değişkenlerini ve genel olarak yaş, boy ve vücut ağırlığı değerlerini içeren denklemler aracılığıyla yağ kütlesi, yağsız vücut kütlesi ve iskelet kası kütlesi tahmin edilebilir (Dittmar, 2004). Bununla beraber BIA teknolojisi ile vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi, kestirim denkleminin elde edildiği popülasyona, seçilen denkleme ve uygulanan BIA yöntemine göre değişmektedir. Bu nedenle vücut kompozisyonunun ve beslenme dahil genel sağlık durumunun değerlendirilmesi ve izlenmesinde denklem ya da tahmin modeli kullanmaksızın doğrudan BIA'dan elde edilen ham verilerin (rezistans (R), impedans (Z), reaktans (Xc) ve impedans oranı) kullanımı gittikçe yaygınlık kazanmaktadır. Denklem veya model kullanmadan dokuların saf elektriksel özelliklerine bağlı olarak yapılan değerlendirmelerde temel avantaj, hem vücut kompozisyonu analizi hem de birçok klinik durum için "sabit bir doku hidrasyonunun sağlanması" gibi yerine getirilmesi zor bir ana varsayımdan dolayı olarak etkilenmesidir. Vücut kompozisyonu ve klinik değerlendirmeler için BIA'dan elde edilen ham verilere ait temel impedans parametresi, faz açısıdır (FA). FA, vücuttan geçen alternatif elektrik akımının ve voltajın sinüzoidal dalgaları arasındaki açısız kaymayı (faz farkını/gecikmeyi) tanımlar (Di Vincenzo ve diğ., 2021). Matematiksel olarak FA; reaktansın elektriksel dirence oranının arktanjanantının alınması ile elde edilir ve bu değer insan dokularında 5-15° arasında değişir (Baumgartner ve diğ., 1988). İnsan vücudunda alternatif akım, muhtemelen hücre zarlarının ve doku ara yüzeylerinin varlığından dolayı voltajdan sonra (gecikme) maksimum veya minimum zirve değerlerine ulaşır (Lukaski ve diğ., 2017). Bu nedenle FA, yumuşak doku kütlesinin hem miktarındaki hem de kalitesindeki (hücre zarı geçirgenliği ve yumuşak doku hidrasyonu) değişiklikleri ifade eder. Böylece FA, bir yandan dokuların elektron depolama davranışına (yani Xc) diğer yandan ise saf direnç davranışına (yani R) bağlıdır. Her iki davranış da dokunun hücre miktarı, hücre boyutu ve hücre zarının bütünlüğü ile ilişkilidir (Lukaski ve diğ., 2017).

FA, kas kuvveti ve kas kalitesi ile yakın ilişki içerisindedir (De Blasio ve diğ., 2017; Norman ve diğ., 2015) ve sarkopeni için bir indeks olarak kabul edilebileceği öne sürülmüştür (Cruz-Jentoft ve diğ., 2019). FA değeri sporcularda daha yüksek (Di Vincenzo ve diğ., 2019), sarkopenili bireylerde daha düşüktür (Di Vincenzo ve diğ., 2021). Bunun yanında hastalık, inflamasyon, yetersiz beslenme ve uzun süreli fiziksel hareketsizlik, yaşam kalitesinde azalma, 65 yaş üstü bireylerde mortalite, düşmeler, kaza sonucu sakatlık gibi olumsuz sonuçların bağımsız bir göstergesidir (Di Vincenzo ve diğ., 2021). FA değerleri yaş (Bosy-Westphal ve diğ., 2005; Bosy-Westphal ve diğ., 2006), cinsiyet (Bosy-Westphal ve diğ., 2006; Campa ve diğ., 2022), ırk (Gonzalez ve diğ., 2016), vücut kompozisyonu (Gonzalez ve diğ., 2016), BKİ (Bosy-Westphal ve diğ., 2005; Bosy-Westphal ve diğ., 2006; Mattiello ve diğ., 2020) fiziksel aktivite düzeyi (Mundstock ve diğ., 2019) ve spor dalı (Campa ve diğ., 2022) gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Endojen ve eksojen bileşenlerin bir kombinasyonu olarak gündüz-gece döngüsü, fizyolojik ve davranışsal işlevleri etkiler. Sağlıklı erkeklerde BIA yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada vücut hidrasyon durumunun sirkadiyen ritim gösterdiği ve 21.00-23.00 saatleri arasında maksimum değere ulaştığı gösterilmiştir (Buemi ve diğ., 2007). Benzer şekilde vücut kompozisyonunun tüm değişkenlerinin (yağsız vücut kütlesi, yağ vücut kütlesi, vücut hücre kütlesi, toplam vücut suyu, hücre içi ve hücre dışı vücut suyu, sodyum ve potasyum havuz) gün içinde değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir (Cugini ve diğ., 1996). Kadınlarda hormon profili ve vücut sıcaklığı gibi fizyolojik mekanizmalar üzerinde sirkadiyen ritim ve menstrual döngünün etkisi olduğu gibi bu iki biyolojik döngü arasında bir etkileşimin var olduğu da bilinmektedir (Baker & Driver, 2007; Stephenson & Kolka, 1985).

Menstrual döngü, sirkadiyen ritimden sonra en önemli ikinci biyolojik ritim olarak kabul edilmektedir. Hipotalamik, hipofiz ve yumurtalık hormonları arasındaki etkileşim ile oluşturulan bu döngü sadece kadın üreme sisteminde değil, vücudun diğer birçok dokusunda da çeşitli değişikliklere neden olur (Constantini ve diğ., 2005). Menstrual döngü sırasındaki hormonal dalgalanma ruh hali, bilişsellik ve uyarlma gibi beyin fonksiyonlarının yanında kardiyovasküler (kalp atım hızı, atım hacmi, kan basıncı, damar fonksiyonu, pıhtılaşma, sempatik aktivite) solunumsal, metabolik (vücut sıcaklığı, termoregülasyon, dinlenik oksijen tüketimi, substrat metabolizması, asit-baz dengesi), kuvvet, aerobik kapasite, anaerobik kapasite gibi genel sağlık ve atletik performansın bileşenlerini etkileyecek potansiyele sahiptir (Carmichael ve diğ., 2021; Constantini ve diğ., 2005). Vücut sıvısının düzenlenmesinde rol oynayan dokularda menstrual döngü hormonlarına ait reseptörlerin bulunması ve luteal fazda (LF) progesteronun aldesteron reseptörleriyle olan ilişkisindeki artış (Komukai ve diğ., 2010), bu hormonların vücut sıvılarını ve elektrolit dengesini düzenleyen fizyolojik mekanizmaları etkilediğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Menstrual döngü sırasında estradiol (E2) ve progesteron (PRO) konsantrasyonlarındaki dalgalanmalar vücut hidrasyon düzeyinde değişikliğe neden olabilir (Farge ve diğ., 2009). Tüm çalışmalarda değil (Gleichauf & Roe, 1989; Stachoń, 2016) ancak genel olarak menstrual döngünün farklı yöntemlerle değerlendirilen vücut kompozisyonu değişkenleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı rapor edilmiştir (Byrd & Thomas, 1983; Ellard ve diğ., 1991; Koşar ve diğ., 2022; Lebrun ve diğ., 1995; Rael ve diğ., 2020). Benzer şekilde akut aerobik veya kuvvet egzersizlerinin BIA çıktıları ve vücut kompozisyonu üzerine etkisi ile ilgili bulgular da çelişkilidir (Andreacci ve diğ., 2013; Demura ve diğ., 2002; Dixon ve diğ., 2008; Nickerson ve diğ., 2017). Biyolojik döngülerin ve egzersizin BIA teknolojisi ile elde edilen değişkenler yardımı ile kestirim denklemlerinden yapılan değerlendirmeler üzerine etkisi yoğun olarak çalışılmıştır ancak BIA temelli yöntemden elde edilen ham verilerden hesaplanan FA ile ilgili bilgi sınırlıdır. Buradan hareketle bu çalışmanın amacı akut yüksek şiddette kesintili egzersizin menstrual döngü ve sirkadiyen ritime göre biyoelektrik impedans yöntemi ile ölçülen faz açısı üzerine etkisini incelemektir.

## YÖNTEM

**Araştırma Grubu:** Bu araştırmanın örneklemini oluşturmak için yapılan GPower analizinde  $n = 14$  olarak belirlenmiştir. Araştırmaya son 6 aydır düzenli menstrual döngüye sahip (menstruasyon gün:  $28.7 \pm 2.1$  gün) ve herhangi bir hormon preparatı ya da başka bir ilaç kullanmayan, son bir ay içinde medikal destek almamış, sigara kullanmayan takım ya da bireysel sporlarda en az üç yıldır antrenman yapan veya müsabakaya çıkan 18 – 30 yaş arasında 16 kadın sporcu katılmıştır. Luteal fazda progesteron hormon konsantrasyonu 16 nmol/L'den düşük olduğu için 4, test ve ölçümlerden sonraki menstrual döngü gün sayısında sapma olduğu için ise 2 katılımcı değerlendirme dışı bırakılmıştır ve 10 katılımcının (yaş =  $21.4 \pm 2.6$  yıl) verileri değerlendirilmiştir. Araştırma için Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Etik Kurul'dan izin alınmıştır. Katılımcılara araştırma hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş, onam formu imzalatılmıştır. Araştırma Helsinki Bildirgesine uygun olarak yürütülmüştür. Katılımcılardan, 24 saat öncesinde yüksek şiddette aktivite yapmamaları, bir gece öncesinde alkol, kahve, kafeinli içecek ve bitkisel çay tüketmemeleri istenmiştir.

**İşlem Yolu:** Katılımcılar menstrual döngünün mid-foliküler (MF) ve LF'lerinde, sabah ve akşam olmak üzere toplamda 4 kere laboratuvara davet edilmişlerdir. Katılımcıların MF ölçümleri menstrual döngülerinin 7. ve 9. günlerinde, LF ölçümleri menstrual döngülerinin 21. ve 23. günlerinde, sabah ölçümleri 08:30-10:00, akşam ölçümleri ise 18:00-19:00 saatleri arasında yapılmıştır. Menstrual döngü ve sirkadiyen ritim ölçümleri rastgele sıra ile uygulanmıştır. Katılımcı laboratuvara geldiğinde boy ve vücut ağırlığı (VA) ölçüldükten sonra kan kortizol, östrojen (E2) ve progesteron (PRO) konsantrasyonları için kan örnekleri alınmıştır. Daha sonra telemetrik kalp atım monitörü bağlanarak en az 20

dakika oturur pozisyonda dinlendirilmişler ve vücut sıcaklıkları oral olarak ölçülmüştür. Katılımcıların egzersiz öncesi ilk BIA ölçümünden en az 60 dakika önce muhtemel dehidrasyonu engellemek için 500 ml su tüketmeleri sağlanmıştır. Su tüketimini takiben mesanelerini boşalttıktan sonra BIA ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra katılımcılar bisiklet ergometresinde tekrarlı sprint egzersizi yaptıktan sonra 1-3., 10. ve 20 dakikalarda BIA ölçümleri yapılmıştır.

**Boy ve vücut ağırlığı:** Katılımcıların boy uzunlukları çıplak ayaklı olarak duvara monte stadiyometrede (Holtain Ltd, UK)  $\pm 0.1$  cm hata ile ölçülmüştür. Vücut ağırlığı elektronik baskülde (Tanita TBF401A, USA)  $\pm 0.1$  kg hata ile kaydedilmiştir.

**Biyoelektrik impedans analizi:** BIA ölçümü suni deri kaplı bir masaj masası üzerinde elden ayağa yöntemi ile yapılmıştır. Katılımcı masaya sırt üstü yattıktan sonra, avuç içi yere bakacak şekilde kolları vücudundan yaklaşık  $30^\circ$  ayrılmış ve bacakları yaklaşık  $45^\circ$  açık bir şekilde pozisyonlandırılmıştır (Marini ve diğ., 2020). BIA 50 kHz tek frekans ve  $800\mu A$  akım veren ikisi toprak ikisi kaynak (ölçüm) olmak üzere 4 elektrotlu (Ag/AgCl) tetrapolar analizörde (Biodynamics Model 310e) ölçülmüştür. Dört elektrottan ikisi sağ el ve bileği üzerine; biri elin dorsal yüzeyine 3. metakarpofarengal eklemin 1 cm proksimaline, diğeri bileğin dorsal yüzeyine ulnanın başı hizasında bilek çizgisinin merkezine, diğeri iki elektrot sağ ayak ve ayak bileği üzerine; biri ayağın dorsal yüzeyine 2. metatarsofalangeal eklemin 1 cm proksimaline, diğeri ayak bileğin dorsal yüzeyine lateral ve medial malleol arasında ortalayacak şekilde yapıştırılmıştır (Hayward ve Stolarczyk, 1996). Elektrotların yapıştırıldığı yerler alkolle silinerek gerektiğinde fazla kıllar temizlenmiştir. Tüm elektrotlar aralarında en az 5 cm mesafe olacak şekilde yerleştirilmiştir. Rezistans (R) ve reaktans (Xc) değerleri cihazın yazıcısından otomatik çıktı şeklinde kaydedilmiştir. FA, arktanjanant( $Xc/R$ )  $\times 180^\circ/\pi$  denklemi ile hesaplanmıştır.

**5 x 6 saniye tekrarlı sprint testi:** Bu test bilgisayar bağlantılı mekanik bisiklet ergometresinde (Monark, 894 E, Sweden) yapılmıştır. Katılımcı, 90 – 120 W iş yükünde 5 dakika ısındırıldıktan sonra, 3 dakika pasif dinlenmenin ardından vücut ağırlığının %10'una karşılık gelen dış dirence karşı 30 saniye pasif toparlanmalı 5 x 6 saniye tekrarlı sprint egzersizi yapmıştır. Kalp atım hızı bir telemetrik KAH monitörü (Polar, RS 800, Finland) kullanılarak test boyunca 1 saniye zaman aralığı ile kaydedilmiştir. Güç çıktısı değerleri bilgisayardaki yazılım programı tarafından hesaplanmış ve yazıcı çıktısı olarak alınmıştır. Test esnasında ölçülen en yüksek kalp atım hızı  $KAH_{zirve}$ , 30 saniye toparlanma dönemleri dahil ölçülen kalp atım hızının ortalaması  $KAH_{ort}$  olarak dikkate alınmıştır. Test sonunda algılanan zorluk derecesi 15 dereceli (6-20 ölçekli) Borg skalası ile belirlenmiştir (Borg, 1982).

**Hormon analizleri:** Katılımcıların E2, PRO ve kortizol konsantrasyonları MF ve LF'de sabah ve akşam saatlerinde yapılan testler öncesinde laboratuvarında alınan kan örneklerinden belirlenmiştir. Katılımcılardan venöz olarak alınan kan örnekleri pıhtılaşması için 40 dk oda sıcaklığında bekletildikten sonra,  $4^\circ C$ 'de 4000 devirde 8 dakika santrifüj edilmiştir. Uygun koşullarda serum haline getirilen numuneler toplu olarak analize gönderilmek üzere  $-20^\circ C$ 'de 180 günü geçmemek koşulu ile saklanmıştır. Analiz edilmek üzere laboratuvara gönderilen numuneler Roche Cobas e801 otoanalizörde, aynı üreticinin kitleri kullanılarak ECLIA (Electrochemiluminescence Immunoassay) yöntemiyle analiz edilmiştir.

**Vücut sıcaklığı:** Katılımcıların dinlenik oral vücut sıcaklıkları dijital termometre ile  $\pm 0.1^\circ C$  hassasiyetle (Omron Eco Temp Smart, Japonya) ile her test öncesinde ölçülmüştür.

**Verilerin Analizi:** Tanımlayıcı istatistik yöntemleri ile ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandıktan sonra verilerin normal dağılıma uyumları Kolmogorof-Smirnov Testi ile belirlenmiştir. Sirkadiyen ritme ve menstrual döngüye

bağlı olarak vücut sıcaklığı ve hormon konsantrasyonlarındaki değişimler için 2 (Günün zamanı-sabah ve akşam) x 2 (Menstrual faz-MF ve LF) Tekrarlı Ölçümlerde Çift Yönlü Varyans Analizi kullanılmıştır. Menstrual döngü, sirkadiyen ritim ve egzersizin FA üzerine etkisi 2 (Menstrual faz-MF ve LF) x 2 (Günün zamanı-sabah ve akşam) x 4 (Egzersiz-öncesi, sonrası 1-3., 10. ve 20. dk) Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi ile test edilmiştir. Tüm istatistik işlemler SPSS paket programında (Ver.: 22.0) yapılmış ve 0.05 yanılma düzeyi kullanılmıştır.

## BULGULAR

Katılımcıların fiziksel özellikleri Tablo 1’de, menstrual döngünün MF ve LF’da sabah ve akşam ölçülen hormon konsantrasyonları, vücut sıcaklıkları ve güç çıktıları ise Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1

### *Katılımcıların Fiziksel Özellikleri*

	$\bar{X}$	SS
<b>Yaş (yıl)</b>	21.4	2.7
<b>VA (kg)</b>	60.8	7.3
<b>BKİ (kg.m<sup>-2</sup>)</b>	22.0	2.0
<b>YVK (kg)</b>	41.5	4.4
<b>VYY (%)</b>	28,3	4.0
<b>AY (yıl)</b>	10.2	3.1

VA: Vücut ağırlığı, BKİ: Beden kütle indeksi, YVK: Yağsız vücut kitlesi, VYY: Vücut yağ yüzdesi, AY: Antrenman yaşı

LF’da ölçülen menstrual döngü hormonları (PRO ve E2) MF’den anlamlı derecede yüksektir (Sırasıyla  $p = 0.000$ , kısmi  $\eta^2 = 0.96$  ve  $p = 0.000$ , kısmi  $\eta^2 = 0.86$ ). Buna karşılık sabah ve akşam ölçülen E2 ve PRO hormon konsantrasyonları benzerdir (Sırasıyla  $p = 0.498$ , kısmi  $\eta^2 = 0.052$  ve  $p = 0.422$ , kısmi  $\eta^2 = 0.073$ ). Ek olarak menstrual döngü hormonları için faz x günün zamanı etkileşim istatistiği de anlamlı değildir (Sırasıyla  $p = 0.553$ , kısmi  $\eta^2 = 0.041$  ve  $p = 0.147$ , kısmi  $\eta^2 = 0.016$ ). Plazma kortizol hormonu üzerine hem menstrual döngü hem de sirkadiyen ritim etkisi saptanmıştır. Plazma kortizol konsantrasyonu MF’de LF’den anlamlı derecede yüksektir ( $p = 0.004$ , kısmi  $\eta^2 = 0.623$ ). Benzer şekilde akşam ölçümü ile karşılaştırıldığında sabah plazma kortizol konsantrasyonu da anlamlı derecede yüksektir ( $p = 0.030$ , kısmi  $\eta^2 = 0.422$ ). Buna karşılık plazma kortizol konsantrasyonu için menstrual faz x günün zamanı etkileşimi anlamlı değildir ( $p = 0.459$ , kısmi  $\eta^2 = 0.062$ ).

Dinlenik (egzersiz öncesi) oral vücut sıcaklıkları üzerine menstrual döngünün etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $p = 0.430$ , kısmi  $\eta^2 = 0.070$ ). Benzer şekilde akşam ölçülen oral vücut sıcaklığı sabahtan yüksek olmakla beraber istatistik anlamlılığa ulaşmamıştır ( $p = 0.055$ ; kısmi  $\eta^2 = 0.350$ ). Oral vücut sıcaklığı için menstrual faz x günün zamanı etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p = 0.055$ ; kısmi  $\eta^2 = 0.350$ ). Tekrarlı sprint testinde Menstrual döngünün ve sirkadiyen ritmin zirve güç çıktıları üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır (Sırasıyla  $p = 0.770$ , kısmi  $\eta^2 = 0.010$  ve  $p = 0.401$ , kısmi  $\eta^2 = 0.080$ ). Benzer şekilde zirve güç çıktısı üzerine menstrual faz x günün zamanı etkileşimi de anlamlı değildir ( $p = 0.550$ , kısmi  $\eta^2 = 0.041$ ).

Tablo 2

*Menstrual Döngünün Farklı Fazlarında (MF ve LF) ve Günün Farklı Zamanlarında (Sabah ve Akşam) Ölçülen Hormon Konsantrasyonları, Vücut Sıcaklıkları ve Güç Çıktıları*

	MF_S	MF_A	LF_S	LF_A	Menstrual Faz (p)	Günün Zamanı (p)	Menstrual Faz x Günün Zamanı (p)
<b>Progesteron (nmol.L<sup>-1</sup>)</b>	1.03 ±0.24	0.82 ± 0.31	34.25 ±12.07	31.41 ± 6.75	<b>0.000</b>	0.498	0.553
<b>Estradiol (pmol.L<sup>-1</sup>)</b>	277.1 ±184.7	253.9 ±160.2	586.9 ±248.5	530.4 ±146.6	<b>0.000</b>	0.422	0.147
<b>Kortizol (µg.dl<sup>-1</sup>)</b>	13.50 ±3.47	9.35 ±2.95	11.42 ±2.46	8.51 ±3.49	<b>0.004</b>	<b>0.030</b>	0.459
<b>Vücut Sıcaklığı (°C)</b>	36.43 ±0.19	36.57 ±0.39	36.37 ±0.42	36.59 ± 0.80	0.430	0.055	0.055
<b>Zirve güç (W.kg VA<sup>-1</sup>)</b>	13.59 ±2.65	13.54 ± 2.27	13.80 ±2.73	13.47 ±2.38	0.770	0.401	0.550

MF\_S: Midfoliküler faz sabah, MF\_A: Midfoliküler faz akşam, LF\_S: Luteal faz sabah, LF\_A: Luteal faz akşam

Egzersiz öncesi ve sonrasında menstrual döngünün farklı fazlarında (MF ve LF) ve günün farklı zamanlarında (sabah ve akşam) hesaplanan faz açıları Tablo 3'te sunulmuştur. Akut yüksek şiddette egzersizin FA üzerine etkisi anlamlı değildir ( $p=0.457$ ;  $\eta^2=0.090$ ). Benzer şekilde hem menstrual döngünün farklı fazlarında ( $p=0.095$ ,  $\eta^2=0.279$ ) hem de günün farklı zamanlarında ( $p=0.373$ ,  $\eta^2=0.089$ ) hesaplanan FA değerleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Ek olarak FA için gün x egzersiz ( $p=0.351$ ,  $\eta^2=0.112$ ), gün x faz ( $p=0.188$ ,  $\eta^2=0.184$ ), faz x egzersiz ( $p=0.889$ ,  $\eta^2=0.023$ ) ve faz x gün x egzersiz ( $p=0.092$ ,  $\eta^2=0.579$ ) etkileşim istatistikleri de anlamlı değildir.

Tablo 3

*Menstrual Döngünün Farklı Fazlarında (MF ve LF) Ve Günün Farklı Zamanlarında (Sabah ve Akşam) Hesaplanan Faz Açıları.*

	Faz Açısı (°)			
	EÖ	ES_1-3.dk	ES_10.dk	ES_20.dk
<b>MF_S</b>	5.92 ± 1.55	5.69 ± 1.18	5.58 ± 1.45	5.52 ± 1.52
<b>MF_A</b>	5.69 ± 1.37	5.52 ± 1.36	6.05 ± 1.17	5.73 ± 1.02
<b>LF_S</b>	5.88 ± 1.54	5.69 ± 1.61	6.01 ± 1.14	6.14 ± 1.22
<b>LF_A</b>	6.52 ± 0.84	6.18 ± 1.00	6.53 ± 1.05	6.33 ± 0.92

MF\_S: Midfoliküler faz sabah, MF\_A: Midfoliküler faz akşam, LF\_S: Luteal faz sabah, LF\_A: Luteal faz akşam  
EÖ: Egzersiz öncesi; ES: Egzersiz sonrası

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı kadınlarda menstrual döngü ve sirkadiyen ritim ile kombine yüksek şiddetli egzersizin FA üzerine etkilerini değerlendirmektir. Bu çalışmanın ana bulgusu hem iki farklı biyolojik döngünün hem de yüksek şiddette

egzersizin klinik değerlendirme ve bilimsel çalışmalar için ölçülen FA açısı için kısıtlayıcı faktörler olmadığını ve kadınlarda BIA yönteminin pratik kullanım değerinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Gün içerisinde vücut sıcaklığındaki değişim içsel bir zamanlayıcı olduğu için (Weinert, 2005), sirkadiyen ritmin önemli belirteçlerinden birisidir (Waterhouse ve diğ., 2005). Vücut sıcaklığının sirkadiyen ritminin kaynağı, deri altı damarlardaki vazodilatasyonun aracılık ettiği, ekstremite yoluyla ısı kaybı miktarındaki ritmik değişikliklerdir (Waterhouse ve diğ., 2005). Bu çalışmada sabah ölçümü ile karşılaştırıldığında akşam ölçülen oral vücut sıcaklığı daha yüksek olmakla beraber, istatistik olarak anlamlı değildir ( $p=0.055$ ). Menstrual döngünün MF fazında sabah akşam oral vücut sıcaklığı değişimi ortalama  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , LF'da ise  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  dir. İnsan vücut sıcaklığı, gündüz en yüksek ve gece en düşük değerindedir ve  $0.8$  ila  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir salınma sahiptir (Baker ve Driver, 2007). Sistemik progesteron vücut sıcaklığında artışa neden olduğu için (Kolka ve Stephenson, 1997) kadınlarda menstrual döngü sırasında hormonal dalgalanmaya bağlı olarak ek bir sıcaklık ritmi mevcuttur. Foliküler fazla karşılaştırıldığında luteal fazda vücut sıcaklığının  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Baker ve Driver, 2007; Stephenson ve Kolka, 1985). Plazma kortizol konsantrasyonu da hem menstrual döngüye hem de sirkadiyen ritme göre önemli ölçüde dalgalanmıştır. Kortizol, en düşük seviyesi gece yarısı civarında olmak üzere en yüksek değerine sabah 09.00'da ulaşan güçlü bir sirkadiyen ritme sahiptir (Baker ve Driver, 2007). Bu çalışmada da saat 10.00'dan önce ölçülen plazma kortizol konsantrasyonu akşam ölçülenden anlamlı derecede yüksektir. Benzer şekilde menstrual döngünün luteal fazında ölçülen plazma kortizol konsantrasyonu da MF'de ölçülenden anlamlı derecede yüksektir. Menstrual döngü fazının kortizolün günlük ritmi üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular çelişkilidir. Sağlıklı kadınlarda foliküler faz ile karşılaştırıldığında luteal faz sırasında amplitüde herhangi bir değişiklik olmadığı ancak kortizolün zirve değerine daha erken (Parry ve diğ., 1994) veya daha geç (Parry ve diğ., 2000) ulaştığı rapor edilmiştir.

İnsan vücudunun elektriksel özelliklerinin kullanımı hem klinik çalışmalarda hem de egzersiz ve spor alanında gittikçe yaygınlık kazanmaktadır. Bireylerin elektriksel özellikleri günlük fizyolojik ritimlere veya çevresel değişikliklere bağlı olarak değişebilir ve bu durum hem klinikte hem de diğer bilimsel çalışmalarda yanıltıcı sonuçlar doğurabilir. Hastalık, enflamasyon, işlev bozukluğu, yetersiz beslenme ve sağlıksız yaşam tarzı dokuların elektriksel özelliklerinde bozulmalara yol açtığı için (Lukaski ve diğ., 2017; Mundstock ve diğ., 2019) FA değeri yüksek olduğunda hücreler o kadar sağlıklı, düşük olduğunda hücrelerin işlevi ve hücre zarının bütünlüğü hasarlı olarak değerlendirilmektedir (Norman ve diğ., 2012). Bununla beraber FA değerlerinin yaşa, cinsiyete, etnik kökene, hidrasyona, beslenmeye ve vücut kompozisyonuna göre değiştiği göz önüne alındığında popülasyona özgü referans değerlere ihtiyaç vardır. Bu çalışmada çok sınırlı boyutta bir örneklemeden elde edilen FA değerleri hakkında yorum yapmak zordur. Ülkemizde klinik ve bilimsel çalışmalar için FA'nın elde edilen değerlerini yorumlayacak referans değerler mevcut olmamakla beraber, 20-65 yaş arası kadınlarda hastane ortamında yapılan bir çalışmada FA  $5.9^{\circ}$  ölçülmüştür (Doğrusoy, 2018). Yaş ve cinsiyeti dikkate alarak farklı ülkelerde sağlıklı bireylerden elde edilen referans değerlerle karşılaştırıldığında FA, etnik kökene bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. BIA teknolojisi ile elde edilen R, Xc gibi değişkenler ve sonuç olarak FA üzerinde bağımsız bir etkiye sahip olduğu için popülasyonlar arasındaki FA farkı BKI farkından kaynaklanıyor olabilir (Bosy-Westphal ve diğ., 2005; Bosy-Westphal ve diğ., 2006; Mattiello ve diğ., 2020). Ortalama yaşı 36 yıl olan sağlıklı Alman kadınlarda  $6.5^{\circ}$  (Selberg ve Selberg, 2002), 20-29 yaş sağlıklı genç Amerikalı kadınlarda  $6.98^{\circ}$  (Barbosa-Silva ve diğ., 2005), Alman kadınlarda  $5.98$  (Bosy-Westphal ve diğ., 2006), ortalama yaşı 38 olan sağlıklı İtalyan kadınlarda  $7.18^{\circ}$  (Tsigos ve diğ., 2015) ve ortalama yaşı 33.9 yıl olan aşırı kilolu ve obez Çinli kadınlarda ortalama FA  $5.3^{\circ}$  (Fu ve diğ., 2022) ölçülmüştür. Benzer şekilde kadın sporcularda yapılan çalışmalarda 13-19 yaş ritmik jimnastikçilerde  $6.7^{\circ}$  (D'Alessandro ve diğ., 2007), ortalama 17 yaşında balerinlerde  $6.40^{\circ}$  (Marra ve diğ., 2009), 5 farklı

elit takım sporcularında (Voleybol, Softbol, Basketbol, Futbol ve Hentbol) 6.81-7.36° (Mala ve diğ., 2015), 11 farklı bireysel ve takım sporlarında aktif spor yapan ortalama 21 yaşında kadın sporcularda 6.80° (Marini ve diğ., 2020) olarak ölçülen FA değerleri genel olarak bu çalışmada elde edilen değerlerden yüksektir.

Kadınlarda FA üzerine sirkadiyen ritim, menstrual döngü ve kısa süreli anaerobik karakterli egzersizin etkisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna karşılık sirkadiyen ritim bozukluğunun kan basıncında artışa, özellikle alt ekstremitte vücut suyunun ve hücre içi ve hücre dışı sıvısının önemli ölçüde azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Meng ve diğ., 2021). Ayrıca sirkadiyen ritim bozukluğunun kas kütesinin, protein kalitesinin ve melatonin üretiminin azalmasına, ancak visseral yağ seviyelerinin ve insülin direncinin artmasına neden olduğu da gösterilmiştir (Meng ve diğ., 2021). Ek olarak sirkadiyen ritmin vücut hidrasyon durumunu etkilemesi (Buemi ve diğ., 2007), BIA yöntemi ile doku kalitesi ve hücrelerin hidrasyon durumunun değerlendirilmesinde bir başka deyişle FA üzerinde potansiyel bir karıştırıcı faktör olabileceğini göstermektedir. Bununla beraber bizim çalışmamızda günün farklı zamanlarında ölçülen FA'da sirkadiyen ritim etkisi gözlenmemiştir. Benzer şekilde BIA ve elektrodermal aktivite kullanarak insan vücudunun hem alternatif akım hem de doğru akım elektriksel tepkileri üzerine yapılan bir çalışmada elektrodermal aktivitenin sirkadiyen ritim gösterdiği ancak BIA verilerinin ölçüm süresi boyunca önemli değişim göstermediği rapor edilmiştir (Kim ve diğ., 2018).

Değişik şiddetlerde aerobik ve kuvvet egzersizlerinin BIA teknolojisi üzerine etkileri daha çok bu teknoloji kullanılarak belirlenen vücut kompozisyonu parametrelerinde meydana getirdiği değişikliklere odaklanmıştır (Andreacci ve diğ., 2013; Demura ve diğ., 2002; Dixon ve diğ., 2008; Nickerson ve diğ., 2017); . Yüksek şiddette egzersizler sırasında su ve elektrolitlerin plazma ve kas dokusu arasında önemli ölçüde yer değiştirdiği ve böylece vücut bölümleri arasında elektrolit dengesinde ve plazma osmolalitesinde önemli değişime neden olduğu rapor edilmiştir (Boone ve diğ., 2016; Lindinger ve diğ., 1992; McKenna ve diğ., 1997; Ploutz-Snyder ve diğ., 1995). Intra ve ekstrasellüler alan sıvısının dağılımına, elektrolit içeriğine ve hücre zarlarının biyokimyasal yapısına bağlı olarak dokuların elektriği iletme özellikleri değiştiği için (Lukaski ve diğ., 1985) sıvı dağılımını etkileyen egzersiz (Pivarnik ve diğ., 1986) gibi bir faktör, BIA teknolojisi çıktılarından impedans, rezistans ve reaktans değerlerini değiştirme potansiyeline sahiptir (Deurenberg ve diğ., 1988). Bununla beraber çalışmamızda elde edilen bulgular, kısa süreli ve kesintili anaerobik karakterli egzersizlerin FA üzerinde anlamlı etkisi olmadığını göstermiştir. Her ne kadar BIA teknolojisi kullanılarak kestirim denklemlerinden vücut kompozisyonunun belirlendiği çalışmalarda egzersizin BIA çıktıları üzerindeki potansiyel etkisi nedeniyle uygulamadan en az 10-48 saat önce şiddetli egzersizin sonlandırılması tavsiye ediliyorsa da (Chen ve diğ., 2016; Lee ve diğ., 2017; Matias ve diğ., 2016; Unick ve diğ., 2006) elde ettiğimiz bulgular, kadınlarda BIA teknolojisi ile FA'nın belirlenmesinden önce şiddetli fiziksel aktivite kısıtlamasının gerekli olmadığını göstermektedir.

İyi antrenmanlı kadınlarda, menstrual döngü boyunca cinsiyet hormonundaki dalgalanmalar, BIA teknolojisi ile ölçülen vücut kompozisyonu değişkenleri ve vücut suyunu etkilemediği için (Rael ve diğ., 2020) ömenoreik kadınlarda döngünün herhangi bir döneminde BIA uygulaması yapılabilir. Benzer şekilde sedanter kadınlarda menstrual döngünün üç farklı fazında BIA teknolojisi ile ölçülen vücut kompozisyonu değişkenlerinde ve idrar spesifik gravitenin benzer bulunması, menstrual döngünün BIA teknolojisi için dikkate alınmasına gerek olmadığını desteklemektedir (Thompson ve diğ., 2021). Buna karşılık BIA (Tomazo-Ravnik ve Jakopič, 2006) ve manyetik rezonans görüntüleme (Fowler ve diğ., 1990) yöntemi ile yapılan önceki çalışmalarda menstrual döngünün vücut kompozisyonu ve vücut sıvıları üzerinde döngüsel etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Vücut sıvılarındaki değişim, erken foliküler fazdan önce vücut sıvılarının tutulmasını destekleyen yüksek aldosteron konsantrasyonu ile ilişkilendirilmiştir (Carmichael ve diğ., 2021). Aldosteron



konsantrasyonundaki artışa ek olarak vücut sıvılarını düzenleyen dokularda bu hormonla etkileşen progesteron ve döngünün diğer hormonlarına ait reseptörlerinin var olması da (Komukai ve diğ., 2010) hormonal dalgalanmanın vücut sıvılarını ve dengesini düzenleyen mekanizmalar üzerinde potansiyel bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir. Adı geçen çalışmalardan elde edilen bulgular, menstrual döngünün vücudun elektriksel özelliklerini doğrudan etkileyen total vücut suyu üzerindeki etkisinin çok açık olmadığı göstermektedir. Bununla beraber kadın futbolcular üzerinde yapılan bir çalışmada birbirini takip eden iki menstrual döngü sırasında total vücut suyu için erken foliküler fazda yüksek, ovulasyon fazında düşük olacak şekilde bir dalgalanma rapor edilmesine rağmen bizim çalışmamızla uyumlu olarak FA’da anlamlı fark saptanmamıştır (Campa ve diğ., 2021). Bu bulgular menstrual döngüye bağlı olarak total vücut suyu değişse bile FA’nın ölçüm değerlerini ve yorumunu etkilemediğini göstermektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Hem klinik değerlendirmelerde hem de spor bilimleri alanında kullanımı gittikçe yaygınlık kazanan FA için bu çalışmada elde edilen metodolojik bulgular, iki farklı biyolojik döngünün yanında yüksek şiddetli egzersizin kısıtlayıcı etkisi olmadığı ve pratik kullanım değerinin yüksek olduğu konusunda umut vericidir. Bununla beraber menstrual döngünün erken foliküler, ovulasyon ve geç luteal fazlarını; sirkadiyen ritmin ikiden fazla zaman dilimini ve aerobik egzersizleri içeren daha ileri çalışmalar yapılarak FA’nın kullanım değeri ile ilgili mevcut bulguların desteklenmesi gerekmektedir.

## Yazarlık Katkısı

1. **Tahir HAZIR:** Fikir/Kavram, Tasarım, Mali destek, Analiz-Yorum, Makale yazma
2. **Mehmet Gören KÖSE:** Veri Toplama ve İşleme
3. **Tuğba Nilay KULAKSIZ:** Veri Toplama ve İşleme, Katılımcı grubu oluşturma
4. **Ferhat ESATBEYOĞLU:** Veri Toplama ve İşleme
5. **Ayşe KİN İŞLER:** Fikir/Kavram, Tasarım, Denetleme, Katılımcı grubu oluşturma, Uygulama, Eleştirel inceleme-düzenleme

### Etik Kurul İzni ile İlgili Bilgiler

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

**Tarih:** 24.04.2019

**Sayı No:** 2019/11-10

## KAYNAKÇA

1. **Andreacci, J. L., Nagle, T., Fitzgerald, E., Rawson, E. S., and 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.
2. **Baker, F. C., and Driver, H. S. (2007).** Circadian rhythms, sleep, and the menstrual cycle. *Sleep Medicine*, 8(6), 613-622.
3. **Barbosa-Silva, M. C. G., Barros, A. J., Wang, J., Heymsfield, S. B., and Pierson Jr, R. N. (2005).** Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex-. *The American journal of clinical nutrition*, 82(1), 49-52.
4. **Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. (1988).** Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr.*, 48(1):16-23. doi: 10.1093/ajcn/48.1.16. PMID: 3389323.)
5. **Boone, C. H., Hoffman, J. R., Gonzalez, A. M., Jajtner, A. R., Townsend, J. R., Baker, K. M., Fukuda, D. H., and Stout, J. R. (2016).** Changes in plasma aldosterone and electrolytes following high-volume and high-intensity resistance exercise protocols in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1917-1923.
6. **Borg, G. A. (1982).** Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
7. **Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R.-P., Piccoli, A., and Müller, M. J. (2005).** Patterns of bioelectrical impedance vector distribution by body mass index and age: implications for body-composition analysis-. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(1), 60-68.
8. **Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R. P., Later, W., Wiese, S., and Müller, M. J. (2006).** Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 30(4), 309-316.
9. **Buemi, M., Campo, S., Sturiale, A., Aloisi, C., Romeo, A., Nostro, L., Crasci, E., Ruello, A., Manfredini, R., and Floccari, F. (2007).** Circadian rhythm of hydration in healthy subjects and uremic patients studied by bioelectrical impedance analysis. *Nephron Physiology*, 106(3), p39-p44.
10. **Byrd, P. J., and Thomas, T. R. (1983).** Hydrostatic weighing during different stages of the menstrual cycle. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(3), 296-298.
11. **Campa, F., Micheli, M. L., Pompignoli, M., Cannataro, R., Gulisano, M., Toselli, S., Greco, G., and Coratella, G. (2021).** The influence of menstrual cycle on bioimpedance vector patterns, performance, and flexibility in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(1), 58-66.
12. **Campa, F., Thomas, D. M., Watts, K., Clark, N., Baller, D., Morin, T., Toselli, S., Koury, J. C., Melchiorri, G., and Andreoli, A. (2022).** Reference percentiles for bioelectrical phase angle in athletes. *Biology*, 11(2), 264.
13. **Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., and Wycherley, T. P. (2021).** The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1667.
14. **Chen, K.-T., Chen, Y.-Y., Wang, C.-W., Chuang, C.-L., Chiang, L.-M., Lai, C.-L., Lu, H.-K., Dwyer, G. B., Chao, S.-P., and Shih, M.-K. (2016).** Comparison of standing posture bioelectrical impedance analysis with DXA for body composition in a large, healthy Chinese population. *PloS One*, 11(7), e0160105.
15. **Constantini, N. W., Dubnov, G., and Lebrun, C. M. (2005).** The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), e51-e82.
16. **Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., and Sayer, A. A. (2019).** Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), 16-31.
17. **Cugini, P., Salandri, A., Petrangeli, C. M., Capodaglio, P. F., and Giovannini, C. (1996).** Circadian rhythms in human body composition. *Chronobiology International*, 13(5), 359-371.
18. **D'Alessandro, C., Morelli, E., Evangelisti, I., Galetta, F., Franzoni, F., Lazzeri, D., Piazza, M., and Cupisti, A. (2007).** Profiling the diet and body composition of subelite adolescent rhythmic gymnasts. *Pediatric Exercise Science*, 19(2), 215-227.
19. **De Blasio, F., Santaniello, M., Mazzarella, G., Bianco, A., Lionetti, L., Franssen, F., and Scalfi, L. (2017).** Raw BIA variables are predictors of muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(11), 1336-1340.
20. **Demura, S., Yamaji, S., Goshi, F., and Nagasawa, Y. (2002).** The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analyses methods: Comparison between before and after exercise with sweat loss, and after drinking. *Journal of Sports medicine and Physical fitness*, 42(1), 38.
21. **Deurenberg, P., Weststrate, J., Paymans, I., and Van der Kooy, K. (1988).** Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 42(12), 1017-1022.

22. **Di Vincenzo, O., Marra, M., Di Gregorio, A., Pasanisi, F., and Scalfi, L. (2021).** Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle in sarcopenia: a systematic review. *Clinical Nutrition*, 40(5), 3052-3061.
23. **Di Vincenzo, O., Marra, M., and Scalfi, L. (2019).** Bioelectrical impedance phase angle in sport: A systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 49.
24. **Dittmar, M. (2004).** Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 16(5), 593-597.
25. **Dixon, C., Andreacci, J., and Ledezma, C. (2008).** Effect of aerobic exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults. *International Journal of Body Composition Research*, 6(1), 27.
26. **Doğrusoy, M. (2018).** 20-65 yaş arası kadınların biyoelektrik impedans yöntemiyle faz açısı ölçümlerinin ve besin tüketimlerinin değerlendirilmesi [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Haliç University, İstanbul.
27. **Ellard, C., Thompson, W., and Burks, S. (1991).** Effects of the menstrual cycle on body composition. *Scandinavian Journal of Medicine and Science In Sports*, 1(3), 147-150.
28. **Farage, M. A., Neill, S., and MacLean, A. B. (2009).** Physiological changes associated with the menstrual cycle: a review. *Obstetrical and Gynecological Survey*, 64(1), 58-72.
29. **Fowler, P., Casey, C., Cameron, G., Foster, M. A., and Knight, C. (1990).** Cyclic changes in composition and volume of the breast during the menstrual cycle, measured by magnetic resonance imaging. *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 97(7), 595-602.
30. **Fu, L., Ren, Z., Liu, X., Wu, N., Zhao, K., Luo, G., Yang, H., Zhang, Y., Yan, T., and Liu, Y. (2022).** Reference data of phase angle using bioelectrical impedance analysis in overweight and obese Chinese. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 924199.
31. **Gleichauf, C., and Roe, D. (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.
32. **Gonzalez, M. C., Barbosa-Silva, T. G., Bielemann, R. M., Gallagher, D., and Heymsfield, S. B. (2016).** Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 712-716.
33. **Hayward, V., and Stolarczyk, L. (1996).** Applied body composition. *Human Kinetics, Champaign*.
34. **Kim, J., Ku, B., Bae, J.-H., Han, G.-C., and Kim, J. U. (2018).** Contrast in the circadian behaviors of an electrodermal activity and bioimpedance spectroscopy. *Chronobiology International*, 35(10), 1413-1422.
35. **Kolka, M. A., and Stephenson, L. A. (1997).** Interaction of menstrual cycle phase, clothing resistance and exercise on thermoregulation in women. *Journal of Thermal Biology*, 22(2), 137-141.
36. **Komukai, K., Mochizuki, S., and Yoshimura, M. (2010).** Gender and the renin-angiotensin-aldosterone system. *Fundamental and Clinical Pharmacology*, 24(6), 687-698.
37. **Koşar, Ş. N., Güzel, Y., Köse, M. G., Kin İşler, A., and 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.
38. **Lebrun, C. M., McKenzie, D. C., Prior, J. C., and Taunton, J. E. (1995).** Effects of menstrual cycle phase on athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 437-444.
39. **Lee, L.-W., Liao, Y.-S., Lu, H.-K., Hsiao, P.-L., Chen, Y.-Y., Chi, C.-C., and Hsieh, K.-C. (2017).** Validation of two portable bioelectrical impedance analyses for the assessment of body composition in school age children. *PloS One*, 12(2), e0171568.
40. **Lindinger, M. I., Heigenhauser, G., McKelvie, R., and Jones, N. (1992).** Blood ion regulation during repeated maximal exercise and recovery in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 262(1), R126-R136.
41. **Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., and 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.
42. **Lukaski, H. C., Kyle, U. G., and Kondrup, J. (2017).** Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 20(5), 330-339.
43. **Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., and Tuma, M. (2015).** Body composition of elite female players in five different sports games. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 207-215.
44. **Marini, E., Campa, F., Buffa, R., Stagi, S., Matias, C. N., Toselli, S., Sardinha, L. B., and Silva, A. M. (2020).** Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clinical Nutrition*, 39(2), 447-454.
45. **Marra, M., Caldara, A., Montagnese, C., De Filippo, E., Pasanisi, F., Contaldo, F., and Scalfi, L. (2009).** Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females, ballet dancers and patients with anorexia nervosa. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(7), 905-908.

46. **Matias, C. N., Santos, D. A., Júdice, P. B., Magalhães, J. P., Minderico, C. S., Fields, D. A., Lukaski, H. C., Sardinha, L. B., and Silva, A. M. (2016).** Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models. *Clinical Nutrition*, 35(2), 468-474.
47. **Mattiello, R., Amaral, M. A., Mundstock, E., and Ziegelmann, P. K. (2020).** Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clinical Nutrition*, 39(5), 1411-1417.
48. **McKenna, M. J., Heigenhauser, G. J., McKelvie, R. S., MacDougall, J. D., and Jones, N. L. (1997).** Sprint training enhances ionic regulation during intense exercise in men. *The Journal of Physiology*, 501(3), 687-702.
49. **Meng, R., Cao, Y., Kong, Y., Wang, K., Yang, Z., Jia, Y., Dong, C., Duan, H., and Han, M. (2021).** Effects of circadian rhythm disorder on body composition in women aged 31-40 years. *Ann Palliat Med*, 10(1), 340-349.
50. **Mundstock, E., Amaral, M. A., Baptista, R. R., Sarria, E. E., Dos Santos, R. R. G., Detoni Filho, A., Rodrigues, C. A. S., Forte, G. C., Castro, L., and Padoin, A. V. (2019).** Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 38(4), 1504-1510.
51. **Nickerson, B. S., Esco, M. R., Kliszczewicz, B. M., and Freeborn, T. J. (2017).** Comparison of bioimpedance and underwater weighing body fat percentage before and acutely after exercise at varying intensities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1395-1402.
52. **Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., and Bosy-Westphal, A. (2012).** Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition*, 31(6), 854-861.
53. **Norman, K., Wirth, R., Neubauer, M., Eckardt, R., and Stobäus, N. (2015).** The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. *Journal of the American Medical Directors Association*, 16(2), 173. e117-173. e122.
54. **Parry, B. L., Hauger, R., Lin, E., LeVeau, B., Mostofi, N., Clopton, P. L., and Gillin, J. C. (1994).** Neuroendocrine effects of light therapy in late luteal phase dysphoric disorder. *Biological Psychiatry*, 36(6), 356-364.
55. **Parry, B. L., Javeed, S., Laughlin, G. A., Hauger, R., and Clopton, P. (2000).** Cortisol circadian rhythms during the menstrual cycle and with sleep deprivation in premenstrual dysphoric disorder and normal control subjects. *Biological Psychiatry*, 48(9), 920-931.
56. **Pivarnik, J., Goetting, M., and Senay, L. (1986).** The effects of body position and exercise on plasma volume dynamics. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(4), 450-456.
57. **Ploutz-Snyder, L., Convertino, V., and Dudley, G. (1995).** Resistance exercise-induced fluid shifts: change in active muscle size and plasma volume. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 269(3), R536-R543.
58. **Rael, B., Romero-Parra, N., Alfaro-Magallanes, V. M., Barba-Moreno, L., Cupeiro, R., de Jonge, X. J., and Peinado, A. B. (2020).** Body composition over the menstrual and oral contraceptive cycle in trained females. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 375-381.
59. **Selberg, O., and Selberg, D. (2002).** Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 509-516.
60. **Stachoń, A. J. (2016).** Menstrual changes in body composition of female athletes. *Collegium Antropologicum*, 40(2), 111-122.
61. **Stephenson, L., and Kolka, M. A. (1985).** Menstrual cycle phase and time of day alter reference signal controlling arm blood flow and sweating. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 249(2), R186-R191.
62. **Thompson, B. M., Hillebrandt, H. L., Sculley, D. V., Barba-Moreno, L., and Janse de Jonge, X. A. (2021).** The acute effect of the menstrual cycle and oral contraceptive cycle on measures of body composition. *European Journal of Applied Physiology*, 121, 3051-3059.
63. **Tomazo-Ravnik, T., and 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.
64. **Tsigos, C., Stefanaki, C., Lambrou, G. I., Boschiero, D., and Chrousos, G. P. (2015).** Stress and inflammatory biomarkers and symptoms are associated with bioimpedance measures. *European Journal of Clinical Investigation*, 45(2), 126-134.
65. **Unick, J. L., Utter, A. C., Schumm, S., and McInnis, T. (2006).** Evaluation of leg-to-leg BIA in assessing body composition in high-school-aged males and females. *Research in Sports Medicine*, 14(4), 301-313.
66. **Waterhouse, J., Drust, B., Weinert, D., Edwards, B., Gregson, W., Atkinson, G., Kao, S., Aizawa, S., and Reilly, T. (2005).** The circadian rhythm of core temperature: origin and some implications for exercise performance. *Chronobiology International*, 22(2), 207-225.
67. **Weinert, D. (2005).** The temporal order of mammals. Evidence for multiple central and peripheral control mechanisms and for endogenous and exogenous components: some implications for research on aging. *Biological Rhythm Research*, 36(4), 293-308.