

15-17 YAŞ ERGEN ERKEKLERDE BİYOELEKTRİK İMPEDANS YÖNTEMİNDE ÖLÇÜM ARALIĞININ BELİRLENMESİ

Nigar KÜÇÜKKUBAŞ, Tahir HAZIR, Caner AÇIKADA

Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, yatar pozisyonda tetrapolar biyoelektrik impedans analizinde (BIA) 10 dakikalık ölçüm zamanının rezistans ve reaktans değerlerinde meydana getirdiği değişimleri incelemektir. Çalışmaya, 15-17 yaşında 30 erkek ergen (11 voleybol, 8 uzun mesafe koşucusu, 1 basketbol, 5 futbolcu ve 5 sedanter) gönüllü olarak katılmıştır. Deneklerin vücut ağırlığı (VA), boy ve BIA ölçümleri kahvaltıdan en az 4 saat sonra ve 11.0-13.00 saatleri arasında yapılmıştır. Deneklerin yatar pozisyona geçtikleri 0. dk ve 10. dk'lık zaman aralığında her dakika başında rezistans ve reaktans değerleri kaydedilmiştir. Sıfırıncı dakikadan 10. dakikaya kadar yapılan rezistans değerlerinde ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($F_{(29,290)}=1.054$; $p=0.39$) belirlenmiştir. Aynı zaman dilimlerinde ölçülen reaktans değerleri, rezistansın aksine zamana bağlı olarak ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($F_{(29,290)}=2.212$; $p=0.017$) bulunmuştur. Bununla beraber, farkın hangi dakikalarda ortaya çıktığını belirlemek için yapılan Bonferroni çoklu karşılaştırma testinde bu fark ortadan kalkmıştır. Bu sonuç, reaktans değerlerinde de 10 dk içerisinde yapılan tekrarlı ölçümlerde anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, yatar pozisyonda 0. dakikadan 10. dakikaya kadar biyolojik dokuların direnç özelliklerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bu çalışmanın bulguları, popülasyonlar üzerinde yapılan BIA çalışmaları esnasında deneklerin yatar pozisyonda 10 dk ve daha kısa süre içerisinde ölçülmesinin postüral değişimden kaynaklanan rezistans veya reaktans değişkenliği üzerinde önemsiz olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Biyoelektrik impedans, Rezistans, Reaktans

DETERMINING THE MEASUREMENT TIME INTERVAL IN BIOELECTRIC IMPEDANCE METHOD IN 15-17 YEARS OLD MALES

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the changes in resistance and reactance values in lying position over 10 minutes. Thirty male (11 volleyball, 8 endurance runners, 1 basketball players, 5 football players, 5 sedentaries) between the ages of 15-17 years old parti-

Geliş tarihi : 17.01.2007
Yayına kabul tarihi : 26.02.2007

cipated in this study as volunteers. Body weight (BW), height and Bioelectric Impedance (BIA) measurements were performed at least 4 hours after breakfast between 11.00 and 13.00 hrs. Each subject's resistance and reactance values were recorded 11 times, at the beginning of the lying position (0th min) and each minute over 10 minutes. According to the results of Repeated Measure ANOVA there was significant time effect in reactance values ($F_{(29,290)}=2.212$; $p=0.017$) measured over 10 minutes, however, no time effect was found in resistance values ($F_{(29,290)}=1.054$; $p=0.39$). Bonferroni multiple post-hoc tests were performed to determine which minute(s) created the difference in reactance values. However, Bonferroni test results showed no significant change in reactance values over 10 minutes. In conclusion, resistance and reactance values of BIA measurements were not affected by postural changes over 10 minutes in lying position indicating no considerable change in conductance characteristics of biological tissues over that time. Therefore, BIA measurements in population studies can be performed with confidence within the first 10 minutes after lying down.

Key Words: Bioelectric impedance, Resistance, Reactance

GİRİŞ

Vücut kompozisyonu (VK) ölçümü, vücut ağırlığı kontrolü, egzersiz bilimleri ve klinik sağlık bakımı için önemli bir faktördür. Vücut kompozisyonu çok değişik yöntemlerle ölçülebilir; Hidrostatik tartım (HT) veya Hidrodensitometri, BOD POD, İzotop dilusyonu, Dual energy X-ray absorpsiyometri (DEXA), Manyetik rezonans görüntüleme (MR), Potasyum 40 sayımı, Nötron aktivasyonu analizi, antropometri ve Biyoelektrik impedans analizi (BIA) (Wagner ve Heyward, 1999) yaygın olarak kullanılanlardır. Bu yöntemlerin çalışma ilkeleri, teknik zorlukları ve uygulanabilirlikleri, geçerlilikleri, güvenilirlikleri ve maliyetleri değişkendir.

BIA uygulaması kolay, ucuz, çok zaman almayan, klinikte ve spor bilimlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. BIA'da impedans ve reaktans olmak üzere iki parametre ölçülerek vücut kompozisyonu belirlenebilmektedir. İm-

pedans, vücut dokularında elektrik akımına karşı ortaya çıkan dirençtir ve dokuların su ve elektrolit içeriği ile ters orantılıdır. Reaktans, hücre zarlarının kapasitans özelliği ile ilgilidir ve hücre zarının yapısı, özellikleri ve fonksiyonlarına göre değişkenlik gösterir. BIA'da vücut kompozisyonu rezistans, reaktans, yaş, cinsiyet ve değişik antropometrik parametreler kullanılarak farklı kestirim denklemleriyle belirlenir. Örneğin, impedans ve antropometrik değişkenleri kullanılarak farklı cinsiyetler için yağ oranını hesaplayan formüller geliştirilmiştir (Guo, Roche ve Houtkooper, 1989; Mueller, Harrist, Doyle, Ayars ve Labarthe, 1999). Bu değişkenlere ek olarak, farklı yaklaşımla reaktans değerleri kullanılarak vücut kompozisyonunu kestiren formüller de geliştirilmiştir (Kyle, Genton, Karsgaard, Slosman ve Pichard, 2001; Troiano, Flegal, Kuczmarski, Campbell ve Johnson, 1995). BIA'nın çocuk, genç, yaşlı ve sporcu gibi değişik popülasyon-

larda güvenilirliği ve geçerliği çok yüksek olmakla beraber, ölçümler sırasında impedans ve reaktans değerlerini etkileyen hata kaynakları tümüyle belirlenememiştir. Örneğin, BIA bilinmeyen hidrasyon durumlarında, özellikle egzersize bağlı olarak toplam vücut suyunda meydana gelen değişimlerin değerlendirilmesi için uygun değildir (Berneis ve Keller, 2000; Koulmann ve ark., 2000). Günün farklı zamanlarında yapılan ölçümler (Oshima ve Shiga, 2006), elektrotların özelliği ve yerleştirme pozisyonu (Graves, Pollock, Colvin, Van Loan ve Lohman, 1989), deri sıcaklığı (Gudivaka, Schoeller ve Kushner, 1996; Liang, Su ve Lee, 2000), egzersiz (Khaled ve ark., 1988; Shell ve Gross, 1987), yeme-içme (Gallagher, Walker ve O'Dea, 1998), yemek sonrası farklı açlık saatleri (Kaminsky ve Whaley, 1993), menstrual döngü (Gliedhauf ve Rose, 1989; Hazır ve ark., 2003) ve postürel değişim (Maw, Mackenzie ve Taylor, 1995; Roos, Westendorp, Frolich ve Meinders, 1992) BIA'yı etkileyen faktörlerdir.

Elektrotların el veya ayak için proksimal olarak 1 cm yanlış yerleştirilmesinin rezistans ölçümlerini %2.1 değiştirdiği, her iki ekstremitede hatalı yerleştirmenin ise impedans ölçümlerindeki değişimi ikiye katladığı (%4.1) belirlenmiştir (Baumgartner Chumlea ve Roche, 1990). Derinin alkolle temizlenmesi, iletken madde içeren jel kullanımı gibi deri direncini etkileyen uygulamaların standartlaştırılması, BIA ölçümlerinden elde edilen vücut kompozisyonu değişkenle-

rinin güvenilirliğini artırdığı bildirilmiştir (Nakadomo, Tanaka, Hazama, ve Maeda, 1990). Deri sıcaklığındaki değişim ile impedans ve reaktans değerleri arasında ters ilişkinin belirlenmiş olması da hem deri hem de ortam sıcaklığının standartlaştırılması gerektiğini göstermektedir (Gudivaka ve ark., 1996; Liang ve ark., 2000).

İmpedans ölçümlerinin alındığı vücut pozisyonu vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Oniki saat yatar pozisyonda aralıklı olarak 16 defa ölçülen impedans değerlerinden elde edilen vücut yağ oranında ilk ölçüm ile son ölçüm arasında önemli farklar belirlenmiştir (Slinde, Bark, Jansson ve Rossander-Hulthen, 2003). İmpedans ölçümlerinden hemen önce postürde meydana gelen ani değişimlerin; örneğin yatar pozisyondan ayağa kalkıldığında veya ayakta yatar pozisyonda, özellikle elden-ele impedans ölçümleriyle belirlenen vücut yağ oranı değerlerini önemli ölçüde değiştirdiği bildirilmiştir (Demura, Yamaji, Goshi ve Nagasawa, 2001). Altı etnik grup ve 6-89 yaş arası erkek ve bayanlarda elden ayağa impedans ölçümlerinin yapıldığı bir çalışmada; ayakta veya yatar pozisyonda postürel değişim sonrasında impedans değerlerinin ortalama 75 sn içerisinde stabil hale geldiği ancak her iki postürel pozisyonda da 11. dk'den sonra ayakta ölçülen impedans değerlerinin düştüğü, yatar pozisyonda ise arttığı belirlenmiştir (Rush, Crowley, Freitas ve Luke, 2006). Biyoelektrik impedansla ilgili klinik çalış-

malar (Di Iorio, Scalfi, Terracciano ve Bellizzi, 2004; Donadio ve ark., 2005) için uzun süreli postüral değişimlerin tüm vücut impedans değerleri üzerindeki etkileri sorgulanmıştır (Fenech ve Jaffrin, 2004; Gualdi-Russo ve Toselli, 2002; Shirreffs ve Maughan, 1994; Slinde ve ark., 2003). Spor bilimlerinde tüm vücut impedansına bağlı olarak vücut kompozisyonunun değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalarda denekler kısa bir süre oturur pozisyonda dinlendirildikten sonra impedans ölçümleri yapılmaktadır. Ancak, elden ayağa impedans ölçümlerinde denek oturur pozisyondan yatar pozisyona geçtikten sonra ölçümün alınacağı standart süre bilinmediği gibi, postüral değişimden hemen sonra kısa süreli olarak tüm vücut impedans ve reaktans değerlerinde ne gibi değişimlerin ortaya çıktığı da çok incelenmemiştir.

Bu çalışmanın amacı, yatar pozisyonda tetrapolar biyoelektrik impedans analizinde ölçüm zamanının rezistans ve reaktans değerlerinde meydana getirdiği değişimleri incelemektir.

YÖNTEM

Denekler: Bu çalışmaya 15-17 yaş grubu; 11 voleybol, 8 uzun mesafe koşucusu, 1 basketbol, 5 futbolcu ve 5 sedanter erkek gönüllü olarak katılmıştır. Deneklerin fiziksel özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Verilerin Toplanması: Deneklere BİA ölçümünde dikkat edilmesi gereken kurallar önceden bildirilmiştir. Denekler-

Tablo 1. Deneklerin tanımlayıcı istatistikleri (n=30).

Fiziksel Özellikler	\bar{X}	Ss
Yaş (yıl)	15.90	0.759
Boy (cm)	176.92	7.582
Vücut Ağırlığı (kg)	62.12	7.114

den, test öncesinde son yedi günde diüretik kullanmamaları, son 24 saatte spor yapmamaları ve alkol tüketmemeleri, test günü hafif kahvaltı yapmaları ve kahvaltıda çay, kahve veya kolalı içecekler tüketmemeleri istenmiştir. BİA ölçümleri kahvaltıdan en az 4 saat sonra ve 11.00–13.00 saatleri arasında yapılmıştır. Önce antropometrik ölçümler, daha sonra biyoelektrik impedans ölçümleri yapılmıştır.

Vücut Ağırlığı ve Boy Ölçümü: Vücut ağırlığı için ± 0.1 kg hassasiyetle ölçüm yapan bir baskül (Tanita, Model TBF 401A, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Denekler, çıplak ayak, hafif tişört ve şortla tartılmışlardır. Boy ölçümü ± 1 mm duyarlılıkla duvara monte edilmiş stadiometre (Holtain Ltd., UK) kullanılarak yapılmıştır. Boy ölçümü çıplak ayakla, baş Frankfort düzleminde, kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış pozisyonda alınmıştır.

Biyoelektrik İmpedans Analizi: BİA ölçümlerinde tetrapolar, koldan-bacağa biyoelektrik impedans analizörü kullanılmıştır (Biodynamics Model 310e, Washington-ABD). Analizör, 50kHz sabit frekansta 800 μ A alternatif akımla çalışmaktadır. Ölçüm sırasında, 2 elektrot el

Biyoelektrik İmpedans Analizi

ve el bileğine, iki elektrot ayak ve ayak bileğine yerleştirilmiştir. Elektrotlardan distal bölgeye yerleştirilenleri, el ve ayağın ikinci ve üçüncü metakarpal-falangeal eklem bölgelerine yerleştirilmiştir. Proksimal bölgeye yerleştirilen elektrotlardan; ele yerleştirilen elektrotun üst bölümü, ulnanın başına gelecek şekilde el bileğinin dorsal yüzeyine, ayağa yerleştirilen elektrot ise, ayak bileğinin dorsal yüzeyine medial ve lateral malleolar arasına yerleştirilmiştir.

Proksimal ve distal elektrotların arasındaki mesafenin en az 5 cm olmasına, deneğin kollarının gövdeden ve bacaklarının birbirinden en az 45° uzak olmasına, bacaklar arasında, kol ve gövde arasında herhangi bir temasın olmamasına dikkat edilmiştir. Tek kullanımlık tablet pediatrik elektrot (Skintact RT34, Innsbruck, Avusturya) kullanılmıştır. Ayak ve el üzerinde elektrot yerleştirme noktaları ölçülüp belirlendikten sonra alkolle temizlenmiş ve elektrotlar yapıştırılmıştır. Denekler yalıtkan bir yere uzandıkları anda 0. dakikada rezistans ve reaktans değerleri alınmış ve 10. dakikaya

kadar kronometre ile her dakikanın başlangıcında impedans ölçümleri tekrarlanmıştır. Ölçümler sırasında laboratuvarın sıcaklığının 20-25°C arasında olmasına dikkat edilmiştir.

Verilerin Analizi: Tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ($\bar{x} \pm Ss$) yapıldıktan sonra ölçüm zamanının impedans ve reaktans üzerine etkisi Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA ile test edilmiştir. F anlamlı çıktığında farkların hangi dakikalardan kaynaklandığı Bonferroni çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Yanılma düzeyi $p < 0.05$ olarak belirlenmiştir.

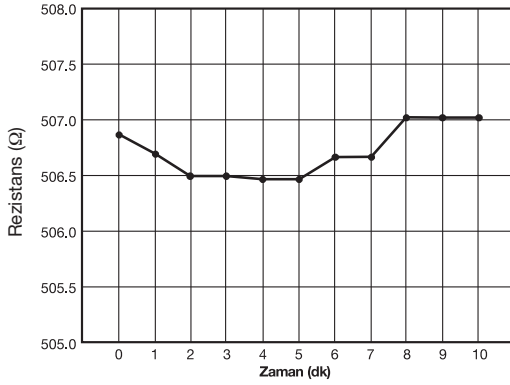
BULGULAR

Sıfırıncı dakikadan 10. dk'ya kadar bir dakika arayla ölçülen rezistans değerleri ve ANOVA sonucu Tablo 2'de gösterilmiştir. Rezistans ölçümlerinde zamana bağlı olarak ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($F(29,290)=1.054$; $p=0.39$) belirlenmiştir (Tablo 2). En düşük impedans değerleri 2. ile 5. dakikalar arasında ölçülmüştür (Şekil 1).

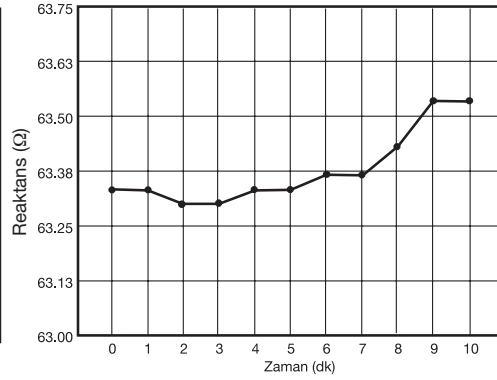
Tablo 2. Deneklerin her dakika başında alınan rezistans ve reaktans değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri (n=30).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F
Rezistans												
\bar{X}	506.87	506.70	506.50	506.50	506.47	506.47	506.67	506.67	507.03	507.03	507.03	1.054
Ss	46.45	46.44	46.50	46.50	46.34	46.34	46.46	46.46	46.40	46.40	46.40	
Reaktans												
\bar{X}	63.33	63.33	63.30	63.30	63.33	63.33	63.37	63.37	63.43	63.53	63.53	2.212*
Ss	7.35	7.35	7.36	7.36	7.39	7.39	7.35	7.35	7.26	7.29	7.29	

* $p < 0.05$



Şekil 1. Ölçüm zamanına bağlı olarak rezistans değerlerindeki değişim.



Şekil 2. Ölçüm zamanına bağlı olarak reaktans değerlerindeki değişim.

Aynı zaman dilimlerinde ölçülen reaktans değerleri ve ANOVA sonucu Tablo 3'de verilmiştir. Rezistansın aksine reaktans değerlerinde zamana bağlı olarak ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($F_{(29,290)}=2.212$; $p=0.017$) belirlenmiştir (Tablo 2). Bununla beraber, farkın hangi dakikalarda ortaya çıktığını belirlemek için yapılan Bonferroni çoklu karşılaştırma testinde bu fark ortadan kalkmıştır. Bu sonuç, ölçüm zamanı uzadıkça reaktans değerlerinde artış eğilimi olmakla beraber, 0 ile 10 dk arasında yapılan tekrarlı ölçümlerde anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir (Şekil 2).

TARTIŞMA

Vücut kompozisyonunu belirlemek için basit ve kolay bir yöntem olarak BIA, spor bilimlerinde saha ölçümlerinde ve klinikte yaygın olarak kullanılmaktadır. BIA'da elden ele ve ayakta ayağa rezistans ve reaktans ölçümleri yapılmakla beraber, yatar pozisyonda elden ayağa

ölçüm temel yöntemdir. Elden ayağa yöntemi başlıca uygulanan yöntem olmakla beraber ölçüm esnasında denegün uzun süre yatar pozisyonda kalması temel problemdir. Tüm BIA yöntemlerinde vücut suyu ve elektrolit dağılımının, ölçülen impedans değerlerinde ortaya çıkan değişkenliğin temel kaynağı olduğu kabul edilmektedir (Heyward ve Stolarczyk, 1999). Roos ve ark., (1992) yatar pozisyonda impedans değerlerinin yükseldiğini ve impedans değerlerindeki değişimin interstisyel alandan vasküler alana kayan sıvı miktarı ile pozitif ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Maw ve ark., (1995) postural manipülasyonların (ayakta, oturur ve yatar pozisyonlar) vücut bölümleri arasında sıvı değişimine neden olduğunu göstermişlerdir. Postüral değişimlerde total vücut suyunda değişim olmamakla beraber, ayakta vasküler alandaki önemli miktarda sıvının interstisyel alana, yatar pozisyonda ise aksi yöne (vasküler alana) kaydığı belirlenmiştir. Zhu,

Schneditz, Wang ve Levin (1998) segmental impedans ölçümlerine bağlı olarak ayakta yatar pozisyona geçildiğinde bacak ve kolda hücre dışı alan sıvılarının sırasıyla %10.96 ve %2.59 azaldığını buna karşılık gövdede %4.2 oranında artış olduğunu belirlemişlerdir. Postüre bağlı olarak hücre dışı alan sıvısının 3.8 litreye kadar değiştiği gözlenmiştir (Scharfetter ve ark., 1996). Bu bulgular, postüral değişimin tüm vücut impedansı ve buna bağlı olarak vücut kompozisyonu parametrelerinin belirlenmesinde potansiyel hata kaynağı olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada, tetrapolar BIA'da 10 dakika yatar pozisyonda bir dakika ara ile alınan hem rezistans hem de reaktans değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Tablo 2). Postüral değişimin vücudun hidrasyon durumu ve biyolojik dokuların direnç özellikleri üzerine etkisiyle ilgili çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Bazı çalışmalarda postüral değişimin tüm vücut impedansında önemli değişime neden olduğu belirlenmiştir (Roos ve ark., 1992; Scharfetter ve ark., 1997; Shirreffs ve Maughan, 1994). Shirreffs ve Maughan (1994), bir saat ayakta kaldıktan sonra bir saat yatar pozisyonda impedans ölçümleri yaptıkları 10 denekte impedansın ortalama 13_ arttığını (6-32_), ve yatar pozisyonda kalma süresi arttıkça impedans değerlerinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Fenech ve Jaffrin (2004) 30 dakika oturur pozisyonu takiben 30 dakika yatar pozisyon sonrasında ekstrasellüler bacak direncinde

%18.2, intrasellüler gövde direncinde %21.4 artış olduğunu bildirmişlerdir. Gualdi-Russo ve Toselli (2002), 30 dk yatar pozisyondan sonra 1, 5, 10, 50 100 kHz frekanslarda ölçtükleri impedans ve buna bağlı olarak hesapladıkları vücut kompozisyonu değişkenlerinde hem erkeklerde hem de bayanlarda sistematik olarak artış olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, çok uzun süreli (12 saat) sabit postürde (yatar pozisyon) impedans değerlerinde önemli artış olduğu bildirilmiştir (Slinde ve ark., 2003). Bu çalışmaların sonuçları uzun süreli yatar pozisyonda tüm vücut impedansında önemli değişimler ortaya çıktığını göstermektedir.

Buna karşılık, diğer çalışmaların sonuçları bu çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir. Demura ve ark., (2001) değişik postürlerde (ayakta veya yatar pozisyonda) dinlenme sonrasında değişken postürlerde yaptıkları elden ayağa impedans ölçümlerinden hesapladıkları vücut kompozisyonu parametrelerinde anlamlı bir fark saptamamışlardır. Örneğin, beş dakika yatar pozisyonda dinlendikten sonra 6. dakikada yapılan impedans ölçümlerinden belirledikleri vücut yağ oranı ile ayağa kalktıktan hemen sonra yapılan impedans ölçümlerinden belirlenen vücut yağ oranını benzer bulmuşlardır. Bu bulgu, yatış pozisyonunda geçirilen kısa sürenin vücut dokularının direnç özelliklerinde önemli bir değişim yaratmadığını göstermektedir. Ayakta ve yatar pozisyonda postüral değişime ve zamana bağlı olarak impe-

dans ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği bir çalışmanın bulguları bu çalışmadan elde edilen bulgularla uyumludur. Rusch ve ark., (2006) ayaktan yatar pozisyona geçildiğinde veya yatar pozisyondan ayağa kalkıldığında 11. dk'dan itibaren impedans değerlerinin artma eğimi gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada da yatar pozisyonda kalış süresine bağlı olarak istatistiksel anlam taşımamakla beraber, impedans ve reaktans değerlerinde artış eğilimi gözlenmiştir.

Sonuç olarak, yatar pozisyonda 10 dakika süre içerisinde 0. dakikadan 10. dakikaya kadar vücut dokularının direnç özelliklerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bu çalışmanın bulguları, popülasyonlar üzerinde yapılan BIA çalışmaları esnasında deneklerin yatar pozisyonda 10 dakikadan daha kısa süre içerisinde ölçülmesinin postüral değişimden kaynaklanan impedans veya reaktans değişkenliğinin vücut kompozisyonu parametreleri üzerinde önemsiz olduğunu göstermektedir.

Yazışma Adresi (Corresponding Address)

Dr. Nigar KÜÇÜKKUBAŞ
Hacettepe Üniversitesi
Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu
06800 Beytepe / ANKARA
e-posta: nigars@hacettepe.edu.tr

KAYNAKLAR

Baumgartner, R.N., Chumlea, W.C. & Roche, A.F. (1990). Bioelectrical impedance for body composition. **Exerc Sport Sci Rev.** 18, 193-224.

Berneis, K. & Keller, U. (2000). Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. **Clin Nutr.** 19(5), 361-6.

Demura, S., Yamaji, S., Goshi, F. & Nagasawa, Y. (2001). The influence of posture change on measurements of relative body fat in the bioimpedance analysis method. **J Physiol Anthropol Appl Human Sci.** 20(1), 29-35.

Di Iorio, B.R., Scalfi, L., Terracciano, V. & Bellizzi, V. (2004). A systematic evaluation of bioelectrical impedance measurement after hemodialysis session. **Kidney Int.** 65(6), 2435-40.

Donadio, C., Consani, C., Ardini, M., Bernabini, G., Caprio, F., Grassi, G., Luccchesi, A. & Nerucci, B. (2005). Estimate of body water compartments and of body composition in maintenance hemodialysis patients: comparison of single and multifrequency bioimpedance analysis. **J Ren Nutr.** 15(3), 332-44.

Fenech, M. & Jaffrin, M.Y. (2004). Extracellular and intracellular volume variations during postural change measured by segmental and wrist-ankle bioimpedance spectroscopy. **IEEE Trans Biomed Eng.** 51(1), 166-75.

Gallagher, M., Walker, K.Z. & O'Dea, K. (1998). The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance. **Eur J Clin Nutr.** 52(2), 94-7.

Graves, J.E., Pollock, M.L., Colvin, A.B., Van Loan, M. & Lohman, T.G. (1989). Comparison of Different Bioelectrical Impedance Analysers in the prediction of body composition. **Am J Hum Biol.** 1, 603-611.

Gliechauf, C.H. & Roe, D.A. (1989). The Menstrual Cycle's effect on the Reliability of Bioimpedance measure-

- ments for assessing body composition. **Am J Clin Nutr.** 50, 903-907.
- Gudivaka, R., Schoeller, D. & Kushner, R.F. (1996). Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. **J Appl Physiol.** 81, 838-845.
- Guo, S., Roche, A.F. & Houtkooper, L. (1989). Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. **Am J Clin Nutr.** 50, 435-43.
- Gualdi-Russo, E. & Toselli, S. (2002). Influence of various factors on the measurement of multifrequency bioimpedance. **HOMO.** 53(1), 1-16.
- Hazır, T., Harbili, S., Mavili S., Pense, M., Açıkada, C., & Güler D. (2003). Menstrual Döngünün ve Oral Su Alımının Total Vücut Suyu ve Vücut Kompozisyonu Üzerine Etkisi: Biyoelektrik İmpedans. **Spor Bilimleri Dergisi.** 14(4), 144-161.
- Heyward, H.V. & Stolarczyk, L.M. (1996). **Applied Body Composition Assessment.** Bioelectrical impedance methods. (pp. 44-55). Human Kinetics, Champaign, IL.
- Kaminsky, L.A. & Whaley, M.H. (1993). Differences in estimates of percent body fat using bioelectrical impedance. **J Sports Med Phys Fitness.** 33(2), 172-177.
- Khaled, A.M., McCutcheon, M.J., Reddy, S., Pearman, P.L., Hunter, G.R. & Weinsier, R.L. (1988). Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. **Am J Clin Nutr.** 47, 789-792.
- Koulmann, N., Jimenez, C., Regal, D., Bolliet, P., Launay, J.C., Savourey, G. & Melin, B. (2000). Use of bioelectrical impedance analysis to estimate body fluid compartments after acute variations of the body hydration level. **Med Sci Sports Exerc.** 32(4), 857-64.
- Kyle, U.G., Genton, L., Karsegard, L., Slosman, D.O. & Pichard, C. (2001). Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. **Nutrition.** 17(3), 248-53.
- Liang, M.T., Su, H.F. & Lee, N.Y. (2000). Skin temperature and skin blood flow affect bioelectric impedance study of female fat-free mass. **Med Sci Sports Exerc.** 32, 221-227.
- Maw, G.J., Mackenzie, I.L. & Taylor, N.A. (1995). Redistribution of body fluids during postural manipulations. **Acta Physiol Scand.** 155(2), 157-63.
- Mueller, W.H., Harrist, R.B., Doyle, S.R., Ayars, C.L. & Labarthe, D.R. (1999). Body Measurement Variability, Fatness, and Fat-Free mass in Children 8, 11, and 14 years of Age: Project HeartBeat. **Am J Hum Biol.** 11, 69-73.
- Nakadomo, F., Tanaka, K., Hazama, T. & Mameda, K. (1990). Assessment of body composition by bioelectrical impedance analysis: effects of skin resistance on impedance. **Ann Physiol Anthropol.** 9(2), 109-14.
- Oshima, Y. & Shiga, T. (2006). Within-day variability of whole-body and segmental bioelectrical impedance in a standing position. **Eur J Clin Nutr.** 60, 938-941.
- Roos, A.N., Westendorp, R.G., Frolich, M. & Meinders, A.E. (1992). Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. **Eur J Clin Nutr.** 46(1), 53-60.
- Rush, E.C., Crowley, J., Freitas, I.F. & Luke, A. (2006). Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position. **Obesity.** 14, 252-257.

- Shell B. & Gross, B. (1987). The reliability of bioelectrical impedance measurements in the assessment of body composition in healthy adults. **Nutr Rep Int.** 35, 449-459.
- Scharfetter, H., Wirnsberger, G.H., Laszlo, Z., Hinghofer-Szalkay, H., Hutten, H. & Holzer, H. (1996). Impedance-spectroscopy after postural changes. **Nephrol Dial Transplant.** 11, A213.
- Scharfetter, H., Monif, M., Laszlo Z., Lambauer, T., Hutten, H. & Hinghofer-Szalkay, H. (1997). Effect of postural changes on the reliability of volume estimations from bioimpedance spectroscopy data. **Kidney Int.** 51(4), 1078-87.
- Shirreffs, S.M. & Maughan, R.J. (1994). The effect of posture change on blood volume, serum potassium and whole body electrical impedance. **Eur J Appl Physiol.** 69(5), 461-463.
- Slinde, F., Bark, A., Jansson, J. & Rossander-Hulthen, L. (2003). Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. **Clin Nutr.** 22(2), 153-7.
- Wagner, D.R. & Heyward, V. (1999). Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. **Res Q Exerc Sport.** 70(2), 135.
- Troiano, R.P., Flegal, K.M., Kuczmarski, R.J., Campbell, S.M., Johnson, C.L., (1995). Overweight prevalence and trends for children and adolescent, The National Health and Nutrition Examination Surveys, 1963 to 1991. **Arch Pediatr Adolesc Med.** 149, 1085-91.
- Zhu, F., Schneditz, D., Wang, E. & Levin, N.W. (1998). Dynamics of segmental extracellular volumes during changes in body position by bioimpedance analysis. **J Appl Physiol.** 85(2), 497-504.