

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Spor Bilimleri Anabilim Dalı**

**TAHMİN EDİLEN VE ÖLÇÜLEN REZİDÜEL
VOLÜMÜN BEDEN YOĞUNLUĞUNA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Selma CİVAR

Doktora Tezi

Antalya 2008

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Spor Bilimleri Anabilim Dalı**

**TAHMİN EDİLEN VE ÖLÇÜLEN REZİDÜEL
VOLÜMÜN BEDEN YOĞUNLUĞUNA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Selma CİVAR

Doktora Tezi

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. M. Kamil ÖZER**

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir.
(Proje No: 2005.03.0122.010)

“ Kaynakça Gösterilerek Tezinden Yararlanılabilir”

Antalya 2008

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kurulu ve Akdeniz Üniversitesi Senato Kararı

Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 22/06/2000 tarih ve 02/09 sayılı Enstitü Kurul kararı ve 23/05/2003 tarih ve 04/44 sayılı senato kararı gereğince "Sağlık Bilimleri Enstitülerinde lisansüstü eğitim gören doktora öğrencilerinin tez savunma sınavına girebilmeleri için, doktora bilim alanında SCI tarafından taranan dergilerde en az bir yurtdışı yayın yapması gerektiği" ilkesi gereğince yapılan yayınların listesi aşağıdadır (orjinalleri ekte sunulmuştur).

- 1. CIVAR, S., ÖZER, K., AKTOP, A., TERCAN E., AYÇEMAN, N.;** (2003). "Validity Of Leg-To-Leg Bioelectrical Impedance Measurement In Highly Active Males", *Biology of Sport, a Quarterly Journal of Sport and Exercise Sciences*. Number 20(3), 209-219.
- 2. CIVAR, S., AKTOP, A., TERCAN E., OZDOL, Y., OZER, K.;** (2006). "Validity of leg-to-leg Bioelectrical impedance Measurement in Highly Active Women", *Journal of Strength and Conditioning Reserch, Pharmaceutical Index*, 20(2);359-365.

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Spor Bilimleri Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir./...../.....

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa Kamil ÖZER
Akdeniz Üniversitesi
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Hareket ve Antrenman Bilimleri A.B.D.

Üye : Prof. Dr. Kemal TAMER
Gazi Üniversitesi
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Beden Eğitimi ve Spor A.B.D.

Üye : Prof. Dr. Ümit Kemal ŞENTÜRK
Akdeniz Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Fizyoloji A.B.D.

Üye : Doç. Dr. Hakan YAMAN
Akdeniz Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Aile Hekimliği A.B.D.

Üye : Doç. Dr. Yaşar Gül ÖZKAYA
Akdeniz Üniversitesi
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Hareket ve Antrenman Bilimleri A.B.D.

ONAY :

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Nurettin OĞUZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Tahmin edilen ve ölçülen rezidüel volümün beden yoğunluğu üzerine etkisini incelemektir. Aynı zamanda kullanılan rezidüel volüm kestirme eşitliklerinin 18-27 yaş aktif üniversiteli gençlerde geçerliğinin araştırılması ve çalışmadaki verileri temel alarak, 18-27 yaş grubundaki üniversiteli gençler için rezidüel volüm kestirme eşitliğinin geliştirilmesi hedef alınmıştır.

Çalışmaya Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda öğrenim gören, yaş ortalamaları 22.01 ± 1.64 yıl olan 67 bayan öğrenci ve yaş ortalamaları 23.47 ± 1.86 yıl olan 99 erkek öğrenci olmak üzere toplam 166 öğrenci gönüllü olarak katılmıştır. Ölçümler sonucunda bayanların ağırlık ortalamaları 54.02 ± 5.66 kg, boy ortalamaları 164.45 ± 5.73 cm ve BMI ortalamaları 19.93 ± 0.167 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Erkeklerin ağırlık ortalamaları 74.13 ± 9.09 kg, boy ortalamaları 177.72 ± 6.82 cm ve BMI ortalamaları 23.46 ± 0.26 kg/cm² olarak tespit edilmiştir.

Ölçülen rezidüel volüm değeri, açık devre metoduna dayalı nitrojen wash-out tekniği ile ölçülmüştür. Tahmin edilen rezidüel volüm değerleri ise, bayanlar için; Tahmin Denklemi-1 (Wilmore); $RV = VC \times 0.28$, Tahmin Denklemi-2 (Goldman); $RV = 0.032 \times \text{boy}(\text{cm}) + 0.009 \times \text{yaş} - 3.9$, Tahmin Denklemi-3 (Pollock&Wilmore); $RV = 0.009 \times (\text{yaş}) + 0.08128 \times \text{boy}(\text{inç}) - 3.9$, Tahmin Denklemi-4 (Paoletti); $RV = 0.0158 \times (\text{yaş}) + 0.0181 \times \text{boy}(\text{cm}) - 1.3963$, Tahmin Denklemi-4 (Grimby&Söderholm); $RV = 0.007 \times (\text{yaş}) + 0.0268 \times \text{boy}(\text{cm}) - 3.42$, Tahmin Denklemi-5 (Hail); $RV = 0.016 \times (\text{yaş}) + 0.0280 \times \text{boy}(\text{cm}) - 3.54$ kullanılırken, erkekler için; Tahmin Denklemi-1 (Wilmore); $RV = VC \times 0.24$, Tahmin Denklemi-2 (Boren); $RV = 0.019 \times \text{boy}(\text{cm}) + 0.0115 \times \text{yaş} - 2.24$, Tahmin Denklemi-3 (Pollock&Wilmore); $RV = 0.017 \times (\text{yaş}) + 0.6858 \times \text{boy}(\text{inç}) - 3.477$, Tahmin Denklemi-4 (Paoletti); $RV = 0.0179 \times (\text{yaş}) + 0.0243 \times \text{boy}(\text{cm}) - 2.8364$, Tahmin Denklemi-4 (Grimby&Söderholm); $RV = 0.022 \times (\text{yaş}) + 0.0198 \times \text{boy}(\text{cm}) - 1.54$, Tahmin Denklemi-5 (Chin&Allen); $RV = 0.0158 \times (\text{ağırlık}) + 0.0239 \times (\text{tri.} + \text{sscap.}) + 0.00048 \times (\text{yaş}) - 2.261$ kullanılarak hesaplanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda hem bayan hem de erkek deneklerde Ölçülen rezidüel volüm değeri ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0.001$).

Ölçülen rezidüel volüm değeri kriter alınarak geliştirmiş olduğumuz regresyonlarda bayan sporcular için kestirme oranı %45, standart hata ise 0.132 bulunurken [**RegRV = 0.01137(boy)-0.797**], erkek sporcular için geliştirdiğimiz kestirme oranı %32, standart hatası da 0.111 bulunmuştur [**RegRV= 0.01316(Yaş) + 0.01004(Boy) - 0.502**]. Tüm grup için geliştirilen regreyonda ise, kestirme oranı %63, standart hata ise 0.114 olarak bulunmuştur [**RegRV=0.01137(Boy) + 0.01381(Yaş) + 0.1(cins) - 0.725**].

Anahtar Kelimeler: Rezidüel Volüm, Beden Yoğunluğu, Beden Kompozisyonu

ABSTRACT

The aim of the study is to examine the effect of predicted and measured residual volume on body density. In addition to this, the validity of current residual volume estimation equations were tested for 18-27 years old active university students. The data collected during the study was taken as basis for developing an equation for estimating residual volume in 18-27.

The subjects of the study consisted of 67 girls with mean age of 22.01 ± 1.64 years old and 99 boys with mean age of 23.47 ± 1.86 years old. All of the 166 subjects joined the study voluntarily and were students in Akdeniz University School of Physical Education and Sport. At the end of the measurements, the mean values for girls were found to be as follows: weight; 54.02 ± 5.66 kg, height; 164.45 ± 5.73 , BMI; 19.93 ± 0.67 kg/cm², for boys: weight; 74.13 ± 9.09 kg, height; 177.72 ± 6.82 cm, BMI; 23.46 ± 0.26 kg/cm².

The measured residual volume was calculated with the nitrogen wash-out technique. Predicted residual volume equations were used in calculations as follows: for girls: Prediction Equation -1 (Wilmore); $RV = VC \times 0.28$, Prediction Equation-2 (Goldman); $RV = 0.032 \times \text{height(cm)} + 0.009 \times \text{age} - 3.9$, Prediction Equation-3 (Pollock&Wilmore); $RV = 0.009 \times \text{age} + 0.08128 \times \text{height(inches)} - 3.9$, Prediction Equation-4 (Paoletti); $RV = 0.0158 \times \text{age} + 0.0181 \times \text{height(cm)} - 1.3963$, Prediction Equation-4 (Grimby&Söderholm); $RV = 0.007 \times \text{age} + 0.0268 \times \text{height(cm)} - 3.42$, Prediction Equation-5 (Hail); $RV = 0.016 \times \text{age} + 0.0280 \times \text{height (cm)} - 3.54$ were utilized, for boys; Prediction Equation-1 (Wilmore); $RV = VC \times 0.24$, Prediction Equation -2 (Boren); $RV = 0.019 \times \text{height(cm)} + 0.0115 \times \text{age} - 2.24$, Prediction Equation-3 (Pollock&Wilmore); $RV = 0.017 \times \text{age} + 0.6858 \times \text{height (inches)} - 3.477$, Prediction Equation-4 (Paoletti); $RV = 0.0179 \times \text{age} + 0.0243 \times \text{height (cm)} - 2.8364$, Prediction Equation-4 (Grimby&Söderholm); $RV = 0.022 \times \text{age} + 0.0198 \times \text{height (cm)} - 1.54$, Prediction Equation-5 (Chin&Allen); $RV = 0.0158 \times \text{weight} + 0.0239 \times \text{tri.+ssc.} + 0.00048 \times \text{age} - 2.261$.

According to the statistical analysis performed, the measured residual volume values were statistically significantly different from predicted residual volume values in both girls and boys ($p < 0.001$)

The regressions developed in this study by taking the measured residual volume as criteria, for girls, the estimation ratio was 45%, standard error of estimate was 0.132, [**RegRV = 0.01137(height)-0.797**], for boys the estimation ratio was 32%, and standard error of estimate was 0.111 [**RegRV = 0.01316(age) + 0.01004(height) - 0.502**]. For the whole group the estimation ratio was 63%, and Standard error of estimate was 0.114 [**RegRV=0.01137(Boy) + 0.01381(Yaş) + 0.1(cins) - 0.725**].

Keywords: Residual Volume, Body Density, Body Composition

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleşmesinde, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara katkılarından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Sayın Prof. Dr. M. Kamil ÖZER, danışman hocam olarak tez konumun belirlenmesinden gerekli çalışma ortamının sağlanmasına kadar büyük özveri ve titizlik göstererek çalışmamın gerçekleşmesini sağlamıştır.

Sayın Yrd. Doç. Dr. Evren TERCAN AĞYAR tezin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, büyük bir özveri ile yardımcı olmuştur.

Tez çalışmalarında beni sabırla destekleyen değerli aile üyelerim; Biricik annem Neriman CİVAR, babam Mehmet CİVAR, sevgili kardeşlerim Emine, Sema, Yunus'a ve değerli eşim Muhammet YAVUZ'a,

Tez çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma,
Akdeniz Üniversitesi, Araştırma ve Uygulama Merkezi çalışanlarına,

Tez çalışmama gönüllü denek olmayı kabul eden ve büyük bir sabır gösteren,
Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda öğrenim gören öğrencilerimize,

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	SAYFA
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜRLER	VI
İÇİNDEKİLER	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XV
GİRİŞ ve AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER	
2.1. Kadavra Çalışmaları	5
2.2. Beden Kompozisyonu Modelleri	5
2.2.1. Çift Komponentli Modeller	5
2.2.2. Üç Komponentli Modeller	6
2.2.3. Dört Komponentli Modeller	6
2.2.4. Çok Komponentli Modeller	7
2.3. Beden Yoğunluğu	9
GEREÇ VE YÖNTEM	
3.1. Denekler	11
3.2. Kullanılan Araç Gereçler	11
3.2.1. Antropometrik Ölçümler	11
3.2.1.1. Boy ve Ağırlık Ölçümü	11
3.2.1.2. Deri Kıvrım Kalınlığı Ölçümleri	11
3.2.1.3. Çevre Ölçümleri	12
3.2.1.4. Çap Ölçümleri	13

3.2.1.5.	Uzunluk Ölçümleri	14
3.2.2.	Biyoelektrik İmpedans Analizi	14
3.2.3.	Rezidüel Volüm ve Vital Kapasite Ölçümü	14
3.2.4.	Sualtı Tartımı	15
3.3.	Hesaplamalar	15
3.3.1.	Sualtı Tartımı	15
3.3.2.	Rezidüel Volümü Hesaplamak için Kullanılan Regresyonlar	16
3.4.	İstatistiksel Analiz	16

BULGULAR

4.1.	Tüm Deneklerin Test-Retest Ölçümleri	18
4.2.	Bayan Denekler	18
4.2.1.	Bayan Deneklerin Fiziksel Özellikleri	18
4.2.2.	Bayan Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri	18
4.2.3.	Bayan Deneklerin Rezidüel Volüm Ölçümleri	20
4.2.4.	Bayan Deneklerin Ölçülen RV İle Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar	21
4.2.5.	Bayan Deneklerin Tah. Ed. RV Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar	22
4.2.6.	Bayan Deneklerin Beden Volümleri	22
4.2.7.	Bayan Deneklerin Beden Yoğunlukları	23
4.2.8.	Bayanların Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	24
4.2.9.	Bayan Deneklerin Beden Yağ Yüzdesi	25
4.2.10.	Bayanların Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	26
4.3.	Erkek Denekler	27
4.3.1.	Erkek Deneklerin Fiziksel Özellikleri	27
4.3.2.	Erkek Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri	27
4.3.3.	Erkek Deneklerin Rezidüel Volüm Ölçümleri	28

4.3.4.	Erkek Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm İle Tahmin Edilen RV Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar	29
4.3.5.	Erkek Deneklerin Beden Volümleri	30
4.3.6.	Erkek Deneklerin Beden Yoğunlukları	30
4.3.7.	Erkek Deneklerin Beden Yağ Yüzdesi	31
4.3.8.	Erkeklerin Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerleri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	32
4.3.9.	Erkeklerin Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	33
4.4.	Bayanlar Korelasyon Analizleri	34
4.4.1.	Bayan Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyonu	34
4.4.2.	Bayan Deneklerin Beden Yoğunluklarının Korelasyonu	34
4.4.3.	Bayan Deneklerin Ölçülen RV ile Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu	35
4.5.	Erkek Deneklerin Korelasyonu	35
4.5.1.	Erkek Deneklerin Ölçülen ile Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Korelasyonu	35
4.5.2.	Erkek Deneklerin Beden Yoğunluğu Değerlerinin Korelasyonu	35
4.5.3.	Erkek Deneklerin RV İle Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu	36
4.6.	Bayan Deneklerin Regresyon Analizi	36
4.6.1.	Bayanlarda RV'nin Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi	36
4.6.2.	Bayanlarda BV'nin Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi	37
4.7.	Erkek Deneklerin Regresyon Analizi	38
4.7.1.	Erkeklerde RV'nin Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi	38
4.7.2.	Erkeklerde BV'nin Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi	39
4.8.	Tüm Grup Regresyon Analizi	40
4.8.1.	Tüm Grup RV'nin Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi	41
4.8.2.	Tüm Grup BV'nin Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi	41
4.9.	Bayan ve Erkek Deneklerin Dijital Fotoğraf Tekniği Ölçüm Sonuçları ile Ölçülen Beden Volüm Değeri ile Korelasyonu	41

TARTIŞMA	42
SONUÇLAR	51
ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	65

EKLER

- Ek 1.** Bayan Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi ile Diğer Eşitliklerden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdelerinin Korelasyonu
- Ek 2.** Bayan Deneklerin RVÖlç. ile Uzunluk Ölçümlerinin Korelasyonu
- Ek 3.** Bayan Deneklerin RVÖlç. İle Skinfold Ölçümleri Arasındaki Korelasyon
- Ek 4.** Bayan Deneklerin RVÖlç. İle Çap Ölçümleri Arasındaki Korelasyon
- Ek 5.** Bayan Deneklerin RVÖlç. İle Çevre Ölçümlerinin Korelasyonu
- Ek 6.** Erkek Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi ile Diğer Eşitliklerden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdelerinin Korelasyonu
- Ek 7.** Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Uzunluk Ölçümlerinin Korelasyonu
- Ek 8.** Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Skinfold Ölçümlerinin Korelasyonu
- Ek 9.** Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Çap Ölçümlerinin Korelasyonu
- Ek 10.** Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Çevre Ölçümlerinin Korelasyonu
- Ek 11.** Bayanlar RVÖlç. ile RVTh1 İçin Bland Altman
- Ek 12.** Bayanlar RVÖlç. ile RVTh2 İçin Bland Altman
- Ek 13.** Bayanlar RVÖlç. ile RVTh3 İçin Bland Altman
- Ek 14.** Bayanlar RVÖlç. ile RVTh4 İçin Bland Altman
- Ek 15.** Bayanlar RVÖlç. ile RVTh5 İçin Bland Altman
- Ek 16.** Bayanlar RVÖlç. ile RVTh6 İçin Bland Altman
- Ek 17.** Bayanlar BVÖlç. ile BVTh1 İçin Bland Altman
- Ek 18.** Bayanlar BVÖlç. ile BVTh2 İçin Bland Altman
- Ek 19.** Bayanlar BVÖlç. ile BVTh3 İçin Bland Altman
- Ek 20.** Bayanlar BVÖlç. ile BVTh4 İçin Bland Altman
- Ek 21.** Bayanlar BVÖlç. ile BVTh5 İçin Bland Altman
- Ek 22.** Bayanlar BVÖlç. ile BVTh6 İçin Bland Altman
- Ek 23.** Bayanlar BYÖlç. ile BYTh1 İçin Bland Altman
- Ek 24.** Bayanlar BYÖlç. ile BYTh2 İçin Bland Altman

- Ek 25.** Bayanlar BYÖlç. ile BYTh3 İçin Bland Altman
Ek 26. Bayanlar BYÖlç. ile BYTh4 İçin Bland Altman
Ek 27. Bayanlar BYÖlç. ile BYTh5 İçin Bland Altman
Ek 28. Bayanlar BYÖlç. ile BYTh6 İçin Bland Altman
Ek 29. Bayanlar YağÖlç. ile YağTh1 İçin Bland Altman
Ek 30. Bayanlar YağÖlç. ile YağTh2 İçin Bland Altman
Ek 31. Bayanlar YağÖlç. ile YağTh3 İçin Bland Altman
Ek 32. Bayanlar YağÖlç. ile YağTh4 İçin Bland Altman
Ek 33. Bayanlar YağÖlç. ile YağTh5 İçin Bland Altman
Ek 34. Bayanlar YağÖlç. ile YağTh6 İçin Bland Altman
Ek 35. Erkekler RVÖlç. ile RVTh1 İçin Bland Altman
Ek 36. Erkekler RVÖlç. ile RVTh2 İçin Bland Altman
Ek 37. Erkekler RVÖlç. ile RVTh3 İçin Bland Altman
Ek 38. Erkekler RVÖlç. ile RVTh4 İçin Bland Altman
Ek 39. Erkekler RVÖlç. ile RVTh5 İçin Bland Altman
Ek 40. Erkekler RVÖlç. ile RVTh6 İçin Bland Altman
Ek 41. Erkekler BVÖlç. ile BVTh1 İçin Bland Altman
Ek 42. Erkekler BVÖlç. ile BVTh2 İçin Bland Altman
Ek 43. Erkekler BVÖlç. ile BVTh3 İçin Bland Altman
Ek 44. Erkekler BVÖlç. ile BVTh4 İçin Bland Altman
Ek 45. Erkekler BVÖlç. ile BVTh5 İçin Bland Altman
Ek 46. Erkekler BVÖlç. ile BVTh6 İçin Bland Altman
Ek 47. Erkekler BYÖlç. ile BYTh1 İçin Bland Altman
Ek 48. Erkekler BYÖlç. ile BYTh2 İçin Bland Altman
Ek 49. Erkekler BYÖlç. ile BYTh3 İçin Bland Altman
Ek 50. Erkekler BYÖlç. ile BYTh4 İçin Bland Altman
Ek 51. Erkekler BYÖlç. ile BYTh5 İçin Bland Altman
Ek 52. Erkekler BYÖlç. ile BYTh6 İçin Bland Altman
Ek 53. Erkekler YağÖlç. ile YağTh1 İçin Bland Altman
Ek 54. Erkekler YağÖlç. ile YağTh2 İçin Bland Altman
Ek 55. Erkekler YağÖlç. ile YağTh3 İçin Bland Altman
Ek 56. Erkekler YağÖlç. ile YağTh4 İçin Bland Altman

Ek 57. Erkekler YağÖlç. ile YağTh5 İçin Bland Altman

Ek 58. Erkekler YağÖlç. ile YağTh6 İçin Bland Altman

Ek 59. Antropometrik Ölçüm Formu

Ek 60. Ölçüm Formu

Ek 61. Validity of Leg-to-Leg Bioelectrical Impedance Measurement in Highly Active Women

Ek 62. Validity of Leg-to-Leg Bioelectrical Impedance Measurement in Highly Active Males

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

RV	:	Rezidüel Volüm
RVÖlç.	:	Ölçülen Rezidüel Volüm
RVTh.	:	Tahmin Edilen Rezidüel Volüm
RVTh1	:	1. Eşitlikten Hesaplanan Rezidüel Volüm
RVTh2	:	2. Eşitlikten Hesaplanan Rezidüel Volüm
RVTh3	:	3. Eşitlikten Hesaplanan Rezidüel Volüm
RVTh4	:	4. Eşitlikten Hesaplanan Rezidüel Volüm
RVTh5	:	5. Eşitlikten Hesaplanan Rezidüel Volüm
RVTh6	:	6. Eşitlikten Hesaplanan Rezidüel Volüm
BV	:	Beden Volümü
BVÖlç.	:	Ölçülen Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh.	:	Tahmin Edilen Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh1	:	1. Eşitlikten hesaplanan Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh2	:	2. Eşitlikten hesaplanan Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh3	:	3. Eşitlikten hesaplanan Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh4	:	4. Eşitlikten hesaplanan Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh5	:	5. Eşitlikten hesaplanan Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BVTh6	:	6. Eşitlikten hesaplanan Rezidüel Volüm üzerinden hesaplanan Beden Volümü
BY	:	Beden Yoğunluğu
BYÖlç.	:	Ölçülen Beden Yoğunluğu
BYTh.	:	Tahmin Edilen Beden Yoğunluğu
BYTh1	:	1. Eşitlikten Elde Edilen Rezidüel Volümden bulunan Beden Volümü üzerinden hesaplanan Beden Yoğunluğu
BYTh2	:	2. Eşitlikten Elde Edilen Rezidüel Volümden bulunan Beden Volümü üzerinden hesaplanan Beden Yoğunluğu
BYTh3	:	3. Eşitlikten Elde Edilen Rezidüel Volümden bulunan Beden Volümü üzerinden hesaplanan Beden Yoğunluğu
BYTh4	:	4. Eşitlikten Elde Edilen Rezidüel Volümden bulunan Beden Volümü üzerinden hesaplanan Beden Yoğunluğu
BYTh5	:	5. Eşitlikten Elde Edilen Rezidüel Volümden bulunan Beden Volümü üzerinden hesaplanan Beden Yoğunluğu
BYTh6	:	5. Eşitlikten Elde Edilen Rezidüel Volümden bulunan Beden Volümü üzerinden hesaplanan Beden Yoğunluğu

BMI	:	Beden Ktle İndeksi
W_{su}	:	Su altındaki ağırlık
W	:	Ağırlık
SAT	:	Sualtı Tartım Yöntemi (Hidrostatik Tartım)
f_{TBW}	:	Toplam beden suyu / beden ağırlığı
f_{MIN}	:	Toplam mineral / beden ağırlığı
f_{Kemik}	:	Kemik minerali / beden ağırlığı
NAA	:	Nötron Aktivasyon Analizi
D₂O	:	Deuterium dilüsyon
TB	:	Tüm beden
O	:	Oksijen
C	:	Karbon
H	:	Hidrojen
N	:	Nitrojen
Ca	:	Kalsiyum
P	:	Fosfor
K	:	Potasyum
Cl	:	Klor
Na	:	Sodyum
Mg	:	Magnezyum
BMC	:	Kemik Mineral İçeriği
DEXA	:	Dual X-Ray Absorbsiyometresi
CT	:	Computer Tomography (Bilgisayar Tomografisi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Beden Kompozisyonunun Temel Çift Kompartmanlı Modeli ve Beş Düzey Çok Kompartmanlı Modeli	7
4.1. Bayan Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerleri	8
4.2. Bayan Deneklerin Beden Volümleri	10
4.3. Literatürde kullanılan Rezidüel Volüm Eşitliklerinin Karşılaştırılması	10
4.4. Bayan Deneklerin Beden Yoğunlukları	26
4.5. Bayan Deneklerin Yağ Yüzdesi Değerleri	28
4.6. Erkek Deneklerin Rezidüel Volüm Değerleri	31
4.7. Erkek Deneklerin Volümü Değerleri	32
4.8. Erkek Deneklerin Beden Yoğunlukları	33
4.9. Erkek Deneklerin Beden Yağ Yüzdesi Değerleri	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
2.1. Beden Yağ Yüzdesinin İçin 2-C, 3-C ve 4-C Modellerinin Eşitlikleri	9
2.2. Beden Yağ yüzdesi Hataların Etkileri	10
2.3. Literatürde kullanılan Rezidüel Volüm Eşitliklerinin Karşılaştırılması	10
4.1-a. Deneklerin Re-Test Ölçümlerinin sınıfıçi korelasyon katsayısı, %95 güven aralığı ve p değerleri	18
4.1-b. Deneklerin Re-Test Ölçümlerinin sınıfıçi korelasyon katsayısı, %95 güven aralığı ve p değerleri	19
4.2. Bayan Deneklerin yaş, boy, ağırlık ve BMI değerleri	19
4.3. Bayan Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri	20
4.4. Bayan Deneklerin Vital Kapasite ve Rezidüel Volüm Ölçüm Değerleri	21
4.5. Bayanların RVTh Değerlerinin RVÖlç. ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar (L)	22
4.6. Bayanların Tahmin Edilen RV Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar	22
4.7. Bayan Deneklerin Beden Volümü Değerleri	23
4.8. Bayan Deneklerin Beden Yoğunluğu Değerleri (kg/L)	24
4.9. Bayanların Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar (kg/L)	25
4.10. Bayan Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerleri	25
4.11. Bayanların Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	26
4.12. Erkek Deneklerin yaş, boy, ağırlık ve BMI değerleri	27
4.13-a. Erkek Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri	27
4.13-b. Erkek Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri	28
4.14. Erkek Deneklerin Vital Kapasite ve Rezidüel Volüm Ölçüm Değerleri	28
4.15. Erkeklerin Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ölçülen Rezidüel Volüm ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	29

4.16.	Erkek Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Volümü Değerleri	30
4.17.	Erkek Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerleri	30
4.18.	Erkek Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerleri	32
4.19.	Erkeklerin Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	33
4.20.	Erkeklerin Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar	33
4.21.	Bayan Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyonu	34
4.22.	Bayan Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu ile Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Korelasyonu	34
4.23.	Bayan Deneklerin Ölçülen RV İle Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu	35
4.24.	Erkek Deneklerin Ölçülen ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyon	35
4.25.	Erkek Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu ile Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Korelasyonu	36
4.26.	Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu	36
4.27-a	Bayanlarda RV Regresyon analizinin R, R ² ve SEE Değerler	37
4.27-b	Bağımlı Değişken RV Ölç. Kullanılarak, Rezidüel Volümün Kestirimi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri	37
4.28-a	Bayanlarda Regresyon analizinin R, R ² ve SEE Değerleri	38
4.28-b	Bağımlı Değişken BV Ölç. Kullanılarak, Beden Volümünün Kestirimi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri	38
4.29-a	Erkeklerde RV Regresyon analizinin R, R ² ve SEE Değerleri	38
4.29-b	Bağımlı Değişken RV Ölç. Kullanılarak, Rezidüel Volümün Kestirimi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri	39
4.30-a	Erkeklerde Beden Volümü Regresyon analizinin R, R ² ve SEE Değerler	39
4.30-b	Bağımlı Değişken BV Ölç. Kullanılarak, Beden Volümünün Kestirimi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri	40

4.31-a Tüm Grup RV Regresyon analizinin R, R ² ve SEE Değerler	40
4.31-b Bağımlı Değişken RV Ölç. Kullanılarak, Rezidüel Volümün Kestirimi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri	40
4.32-a Tüm Grup İçin Regresyon analizinin R, R ² ve SEE Değerleri	41
4.32-b Bağımlı Değişken BV Ölç. Kullanılarak, Beden Volümünün Kestirimi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri	41
4.9.1. Bayan Deneklerin Digital fotoğraf tekniği ve Ölçülen Beden volümü ile Piksel Değerlerinin Korelasyonu	41
4.9.2. Bayan Deneklerin Digital fotoğraf tekniği ve Ölçülen Beden volümü ile Piksel Değerlerinin Korelasyonu	41

GİRİŞ ve AMAÇ

Beden kompozisyonu sağlığa ilişkin fiziksel uygunluğun önemli bir unsurudur. Ayrıca beden kompozisyonunun ölçümü örneğin güreş ve yakın dövüş sporları gibi ağırlığın ve beden yağ yüzdesinin önemli olduğu spor dallarında önemli bir ölçüt niteliğini taşımaktadır ⁽¹⁾. Amerikan Üniversiteleri Spor Birliği, güreşçilerin resmi müsabakalara katılabilmek için ağırlıklarını onaylatma zorunluluğunu resmi olarak açıklamıştır ^(2,3).

Spora katılımın giderek artması, egzersiz uygulamalarının çoğalması, bazı spor branşlarında beden ağırlığı ve beden kompozisyonunun performansla çok sıkı ilişki içinde olması beden kompozisyonu ile ilgili çalışmalara daha büyük yoğunluk verilmesine neden olmuştur. Beden kompozisyonu ölçümleri, antrenörlerin, sporcuların, araştırmacıların ve fiziksel olarak zayıflama ve görünüme önem veren bireylerin ilgi alanı olmuştur. Beden yağ yüzdesinin, genel performans testleri ⁽⁴⁾, motor beceriler ⁽⁵⁾ ve fiziksel uygunluk dereceleri ile ^(6,7) ters orantılı olduğu kanıtlanmıştır. Antrenmanın, yağsız beden ağırlığını azaltarak performansı olumlu yönde etkilediği bilinmektedir ⁽⁸⁾.

Bayan ve erkek sporcular üzerinde yapılan birçok çalışma, bazı spor branşlarında sporcuların benzer beden kompozisyonu özelliklerine sahip olduklarını göstermiştir. Dayanıklılık temeline dayalı spor dallarında, oldukça düşük yağ yüzdesi ve ektomorfik yapı gözlenirken; anaerobik ağırlıklı spor branşlarında, sporcuların yağsız beden kütlelerinin yüksek ve mezomorfi özelliklerinin baskın olduğu gözlemlenmiştir ⁽⁹⁾.

Sporla ağırlığın kontrolü ile ilgili karşımıza iki sorun çıkmaktadır. Birincisi performansı koruyabilmek için uzun yıllar düşük bir ağırlığı sürdürebilmek, ikincisi de güreş gibi bazı spor dallarında bir yarışma için kısa sürede dehidrasyon ve diyet ile kısa sürede ve güvenli kilo verebilmektir. Yüksek bir performans için sporcunun ağırlığını belirli bir düzeyde koruması için her gün tartılması gerekecektir. Tartı değerlerinin yanı sıra sporcunun yağ oranının da belirlenmesi gerekecektir. Çünkü performansta ağırlık değeri olduğu gibi ağırlığı oluşturan yağ unsurunun oranı etkilidir.

Sporcuların sedanterlere göre daha düşük beden yağ kütlelerine sahip oldukları bilinmektedir ⁽¹⁰⁻¹³⁾. Düzenli egzersiz beden yağ kütlelerinin azalmasına neden olmaktadır ⁽¹⁴⁾. Beden yağ yüzdesi, motor performans ile negatif ilişkilidir. Ayrıca düşük yağ yüzdesinin bazı hastalıklara karşı koruyucu rolünün de olduğu bilinmektedir ⁽¹⁵⁾. Bu nedenlerden dolayı sporda, egzersiz merkezlerinde ve obezite çalışmalarında beden kompozisyonunun ölçümü, antrenörler, araştırmacılar, sporcular ve fiziksel uygunluk çalışmalarına katılanları yakından ilgilendirmektedir.

Beden kompozisyonunu değerlendirmede genellikle antropometrik, hidrostatik, biyoelektrik impedans, DEXA, CT gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Beden kompozisyonu, cinsiyetler arasında olduğu gibi, farklı antrenman biçimi ve yoğunluğu uygulanan bireyler arasında da farklılık göstermektedir. Aynı spor branşının antrenmanlarına katılan sporcuların fiziksel ve fizyolojik adaptasyonlarının başında beden yağ kitlesi oranının değişimi gelmektedir. Aynı branştaki bireyler arasında da yağ dokusunun dağılımı ve oranı benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra farklı sosyo-ekonomik koşullarda yaşayan bireyler arasında da farklılıklar bulunmaktadır^(15,16). Alt sosyo-ekonomik koşullarda yaşayan bireylerin deri altı yağ doku dağılımları benzerlik gösterirken üst sosyo-ekonomik koşullarda yaşayan bireylerin deri altı yağ dokuları dağılımları farklılıklar göstermektedir. Beden kompozisyonu ölçümlerinde yaşa, cinsiyete ve olgunlaşma düzeylerine bağlı olarak deri altı yağ dokusu ve iç yağ dokusunda değişimler gözlenmiştir. Beden kompozisyonu etnik gruplar arasında da farklılık göstermektedir⁽¹⁵⁻¹⁸⁾. Farklı etnik gruplar üzerinde yapılan çalışmalarda deri altı yağ dokusunun dağılımının yaşlara göre de farklılık gösterdiği bulunmuştur. Özellikle sporcu bayanlarda menarş yaşının ve menstruasyon düzeninin kalıtsal olmakla birlikte yapılan antrenmanın türüne ve sporcunun antrenmana cevabı sonucunda azalan yağ dokusuna bağlı olabileceği konusunda birçok araştırma yapılmıştır^(16,18).

Beden yoğunluğunun değişmesine etki eden en önemli etken, beden yağ miktarının değişmesidir. Toplumlar arasında fark olduğu gibi farklı spor branşlarındaki sporcularda ve aynı dalda farklı ağırlık kategorilerinde de farklılık göstermektedir. Özellikle bireysel spor dallarında beden yağ oranlarının yanı sıra sporcularda deri altı yağ dağılımı da benzerlik göstermektedir. Bir çok çalışmada ilk dereceleri paylaşan sporcuların daha düşük yağ ve daha yüksek yağsız beden ağırlığına sahip olduğu gözlenmektedir^(18,19-24).

Yağ, yağsız dokuya oranla düşük yoğunluğa sahiptir⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Buna bağlı olarak fazla yağ dokusu bulunanların genel beden yoğunlukları, daha az yağ dokusuna sahip olanlara oranla daha düşüktür. Beden ağırlığının beden hacmine oranı, beden yoğunluğunu vermektedir. Beden yoğunluğunun bulunması ile, beden yağ miktarı ile yağsız beden miktarının hesaplanması mümkün olmaktadır⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Beden hacmini ölçmek için çok yaygın olarak kullanılan yöntem, hidrostatik tartım tekniğidir.

Hidrostatik tartım tekniği, Archimet ilkesine dayanmaktadır. Bu ilkeye göre yapılan beden yağ miktarı ölçümlerinin geçerliliği, yapılan direkt ve indirekt ölçümler yardımı ile gözlemlenmiştir. Yapılan değişik çalışmalar, insan bedenindeki yağ yoğunluğunu 0.92-0.96 g/cm³ olarak göstermiştir^(16,18-32). Brozek ve çalışma arkadaşları⁽²¹⁾ ile Chien ve çalışma arkadaşları⁽²³⁾, yağ dokusu yoğunluğunu 0.92 g/cm³ ve yağsız dokunun yoğunluğunu 1.099 g/cm³ olarak belirlemişlerdir. Buna karşılık genel olarak yağ doku yoğunluğu 0.90 g/cm³, yağsız doku yoğunluğu 1.10 g/cm³ olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşımlara bağlı kalınarak beden yağ miktarının belirlenmesinde Pace ve Rathburn, Brozek et. al.⁽²¹⁾ ve Siri⁽³²⁾ formülleri kullanılmıştır. Ancak bu konu ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda Brozek et. al.⁽²¹⁾ ile Siri'nin⁽³²⁾ formülleri daha yaygın olarak kullanılmıştır.^(16,17,33-39)

Bu çalışmanın amacı, tahmin edilen ve ölçülen rezidüel volümün beden yoğunluğuna etkisini incelemek,

Kullanılan rezidüel volüm kestirme eşitliklerinin 18-27 yaş aktif üniversiteli gençlerde geçerliğinin araştırılması,

Çalışmadaki verilerle 18-27 yaş grubundaki üniversiteli gençler için rezidüel volüm kestirme eşitliğinin geliştirilmesidir.

GENEL BİLGİLER

2.1. Kadavra Çalışmaları

Biyopsi doku analizleri, tıp alanının önemli bir çalışma alanıdır ve insan beden metabolizmasının ve temel fizyolojisinin önemli bilgilerini sağlamada büyük bir rol oynamaktadır. Canlı bir denekten kemik, kas, deri, yağ veya yüzeysel küçük bir doku alımı her zaman risksiz ya da uygun olmayabilir. Kesip çıkarılan dokunun doğru bir şekilde analiz edilmesi, günümüz gelişen teknolojileri ile oldukça yüksektir. Ayrıca bir organdan alınan küçük bir örnekle, tüm beden için çok doğru bir tahmin yapmak, oldukça zor olabilir. Eğer tüm beden için bir tahmin yapılmak isteniyorsa, bu şekilde bir tahmin oldukça büyük bir hatalara neden olabilir. Bu çalışmalar insan beden yapısı hakkında yüksek doğrulukta bilgiler vermesine karşılık, yıllardır bu alandaki çalışmalar sürdürülmekte ve daha incelikli bilgiler toplanmaya çalışılmaktadır⁽⁴⁰⁾.

İnsan fetüsü ve bebeklerde yapılan çalışmaların çoğu yirminci yüzyılın başından itibaren⁽⁴¹⁻⁴⁴⁾ yürütülmektedir. Yetişkinlerde, tüm beden için yapılan direkt kimyasal analizler oldukça sınırlıdır. Widdowson ve çalışma arkadaşlarının 1950-1970 yılları arasında hem bebeklerde hem de yetişkinlerde yapılan klasik çalışmaları bulunmaktadır⁽⁴⁵⁻⁴⁷⁾. Forbes ve çalışma arkadaşlarının⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾ ise sadece yetişkinlerde kadavra çalışmaları bildirilmiştir. Bebek ve ergenlik dönemi arasındaki yaşlar için, menenjitten ölen 4.5 yaşındaki bir erkek çocuğununki hariç, yapılmış bir tüm beden kadavra analizi bulunmamaktadır⁽⁴⁷⁾. Son zamanlarda Knight ve çalışma arkadaşları⁽⁵¹⁾ toplam beden nitrojenini belirlemek için çift kadavra çalışmasını yapmışlardır. Ancak bedenin moleküler ve kimyasal parametreleri hariç, yani bu parametreler incelenmeden, yetişkin insan organları tamamen parçalara ayrılmış ve bunu izleyen raporlarda da, organ ağırlıklarındaki değişik varyasyonlar bildirilmiştir⁽⁵²⁻⁵⁷⁾.

Bu sınırlı veriler, beden farklı dokularının kimyasal kompozisyonunun, bireyler arasında değişmediğini göstermektedir. Bu veriler, insan bedeni üzerinde yapılan doğrudan kimyasal deneyleri tanımlamaktadır ve insan beden kompozisyonunun farklı modellerinin geliştirilmesi için yardımcı olmaktadır.

2.2. Beden Kompozisyonu Modelleri

İnsan bedeni üzerine antropometrik verilerin kapsamında, belirli bölgelerden alınan deri altı yağ kalınlıkları ve beden farklı bölgelerinden alınan uzunluk ve çevre ölçümleri, boy ve ağırlık gibi ölçümler bulunmaktadır. Bu antropometrik verilere dayalı olarak oluşturulan modeller, tüm yaş grubundaki insanların beden kompozisyonlarını hesaplamak için geliştirilmiştir⁽⁵⁸⁻⁶¹⁾.

2.2.1. Çift Kompartmanlı Modeller (2-C)

İnsan beden kompozisyonu hakkında yakın zamanda elde edilen bilgilerin çoğu, tüm bedenin kimyasal analizlerine dayanmaktadır. Beden kompozisyonunun klasik çift kompartmanlı modelinin (2-C) uygulaması ve gelişimi, kardiyovasküler hastalıkların risk faktörlerinin beden yağı ile ilişkilendirilmesi ile birlikte son yıllarda hız kazanmıştır. Çift kompartmanlı modelde beden iki bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm beden yağından oluşmaktadır ve diğer bölüm ise yağsız beden kütlesi (FFM) olarak bildiğimiz yağın haricindeki dokular ve organlardan oluşmaktadır. Beden yağ kütlesinin direkt ölçümü kolay değildir ve çoğu beden kompozisyonu tekniğinde farklılıkları beraberinde getirmektedir. Ayrıca toplam yağsız beden kütlesi hesaplanabilir ve daha sonra buradan yağsız beden kütlesi ve beden ağırlığı arasında fark olarak beden yağı indirekt olarak tanımlanabilir.

Günümüzde ve genellikle kullanılan çift kompartmanlı model, toplam beden yoğunluğunun ölçümüne dayanmaktadır. En çok kullanılan ortak yöntem ise Behnke ve arkadaşlarının öncü çalışmaları izlenerek geliştirilen hidrodensitometre ya da sualtı tartım yöntemidir ^(62,63). Bu yöntem başta üniversiteler olmak üzere beden uygunluğu, egzersiz, insan hareketleri ve spor performansı ölçümlerinde özel olarak geliştirilmiştir ⁽⁶²⁾.

2.2.2. Üç Kompartmanlı Modeller (3-C)

İki C modelle yapılan ölçümlerdeki sınırlamaları azaltmak için mantıksal olarak 3 kompartmanlı konfigürasyona ulaşılmıştır. Bu yaklaşım STÖ'e toplam beden suyunun ölçümünü dahil eder. Toplam beden suyu genellikle izotopik dilisyon yöntemi ile ölçülür. Bu 3C modelinde yağsız beden kütlesi iki bölüme ayrılır 1. su içeriği 2 diğer protein ve mineraller. Üç C modeli için suyun yoğunluğu yağ ve bedenin katı dokuları kullanılır. Bu modeli kullanarak elde edilen verilerde sağlıklı yetişkinler ve çocuklarda temel 2 C modelinin üzerinde bazı gelişmeler sağlanmıştır.

Ancak beden protein kütlesi ve/veya kemik mineral kütlesi aşırı azalmış hastalarda, katı bölümün tahmini yoğunluk değerleri, yanlış olacak ve bundan dolayı beden yağ kütlesinin tahmini de yanlış belirlenecektir ⁽⁶²⁾.

2.2.3. Dört Kompartmanlı Modeller (4-C)

Temel 2-C sualtı tartım modelini, dört kompartmanlı modele doğru geliştirmek için ihtiyaç duyulan, toplam beden suyu ölçümü ile birlikte hatasız protein ve mineral bölümlerinin ölçümüdür. Bu dört kompartmanlı sualtı tartım modeli için, beden protein ve kemik mineral yoğunlukları sırasıyla 1.34 ve 3.075kg/l olarak kabul edilebilir ⁽⁴⁰⁾. Ancak bu beden kompartmanlarının her birinin kütlesinin ölçümünü elde edebilmek için, beden protein miktarını belirlemede; nötron aktivasyon analizi, kemik mineral yoğunluğunu belirlemek için; dual-enerji absorpsiyometresi (DEXA) gibi iki ölçüm daha gerekecektir.

4-C sualtı tartım modelinde, yaş ve cinsiyetten bağımsız olarak, protein kütlesinin kemik mineral kütlesine orantılı olduğunu varsaymak, daha çok kullanılan bir uygulamadır. Eğer yağ kütlesindeki kısa dönemli değişimler izlenmek istenirse, mineral kütlenin tahmini kabul edilebilir. Çünkü 4-C modelinin bu komponenti (mineral kütlesi) birey için uzun süreli zaman aralıklarında bile, aşırı değişmez. Ancak doğru hesaplanmazsa, protein komponentinin kütlesindeki değişimlere, daha fazla dikkat edilmelidir. Buna ek olarak, yağ kütlesindeki aşırı değişmelerin, beden

hücre kütlesinin boyutundaki veya protein kütlesindeki değişimlerle birlikte olmaması çok enderdir ⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾.

Sualtı tartım ölçümünü gerektirmeyen bir alternatif 4-C modeli de geliştirilmiştir. Bu modelde, yağsız beden kütlesi, üç temel hücrel veya fizyolojik kompartmanlara bölünmüştür. Bunlar; beden hücre kütlesi (BCM), hücre dışı su sıvısı veya suyu (ECW), ve hücre dışı katı yapılarıdır (ECS). Moore ve arkadaşları ⁽⁶⁷⁾ tarafından tanımlandığı gibi, beden hücre kütlesi, tüm beden potasyum (40K sayımı ile elde edilen) ölçümü veya radyoaktif 42K izleyicili dilüsyon ölçümüne dayandırılabilir. Hücre dışı su (ECW) kompartmanının belirlenmesinde, promid veya sülfatı izleyici olarak kullanan dilüsyon metodları geliştirilmiştir ⁽⁶⁸⁻⁷⁰⁾. Hücre dışı yapı bölümleri, kemik mineral içeriği veya tüm beden kalsiyumuna dayanarak tanımlanabilir (40,65,71). O zaman yağsız beden kütlesi; beden hücre kütlesi (BCM) + hücre dışı su (ECW) + hücre dışı yapılar (ECS) ve toplam beden yağ kütlesi de; beden ağırlığı – yağsız beden kütlesi (FFM) olarak tanımlanır. Yağsız beden kütlesi için olan 3-C modelinin kısıtlamalarından bir tanesi, ölçüm hatalarının kümülatif olması ve bu hatanın, kütle birimlerinden son aşamada belirlenen beden yağ kütlesi tahminine kadar aktarılmasıdır.

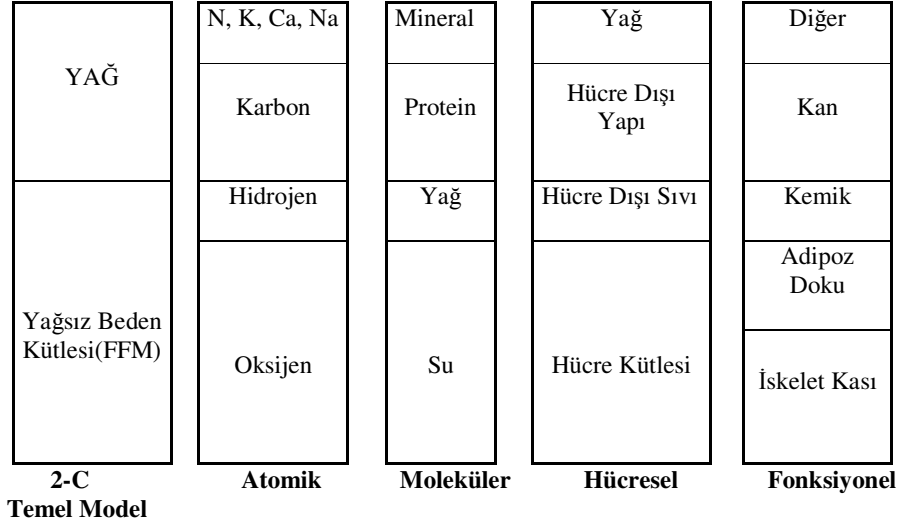
2.2.4. Çok Kompartmanlı Modeller (5-C)

Ek ölçümlerle beden kompozisyonu modelindeki kompartman sayılarını genişletmek oldukça anlaşılır görünmektedir. Ancak her bir ek ölçüm, eski ölçümlere kompozisyonel olarak bağımsız olmak zorundadır. Örneğin, tüm beden klorürü ölçümü, hücre dışı su volümünün tahmini için bromür dilüsyon yöntemi yerine kullanılabilir ⁽⁷²⁻⁷⁴⁾.

Ancak hem toplam beden klorürü hem de bromür dilüsyonü aynı zamanda uygulanırsa, hücre dışı su ile ilgili ek bir bilgi elde edilemez. Diğer taraftan bu iki ölçüm uygulanırsa, hücre dışı su hacminin, birbirinden bağımsız doğrulaması sağlanır. Ancak bu durum tek ölçümlü teknikle elde edilemez; Örneğin, tek bir model kullanılırsa olağan üstü bir durumda ortaya çıkan hata oldukça büyük olabilecektir. Eğer sadece bir yöntem kullanılıyorsa, o zaman teknik veya model sınırlamaları vardır. Bu da, bu modelden dolayı ortaya çıkan belirsizliklere sebep olmaktadır.

Diğer bir örnek; eşzamanlı olarak nötron aktivasyon analizi ile yapılan karbon ve hidrojen ölçümleridir, çünkü bu ölçümlerle toplam beden su miktarı ve beden yağ kütlesi ayrı ayrı ölçülür ^(73,75,76). Yağ kütlesinin ölçümü için DEXA, toplam beden suyunun ölçümü için deuterium dilüsyon tekniği kullanılır. Alternatif olarak, beden nitrojen ve potasyum ölçümleri iskelet kası, kas harici kütle ve visceral kütlenin tahmini için sürekli kullanılmaktadır ^(71,77-79). Bilgisayarlı tomografi (CT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi teknikler anatomik yapı hakkında bilgi edinmeyi sağlar ve spesifik organların görüntülenmesinde de kullanılabilir. Eğer yoğunluk biliniyorsa, kütlenin tahmin edilebilmesi için volümlerin tek tek incelenmesine ihtiyaç vardır. Her iki tarama tekniği temel kimyasal modeller için eşdeğer görülmemelidir. Çünkü kimyasal kompozisyon önemli derecede anormal olduğu zaman bile, bazı hastalıklarda açık bir şekilde normal görüntü verebilir ⁽⁶²⁾.

Son 50 yılın literatürleri beden kompozisyonu modellerinden popüler 4-C yönteminin 2-C yönteminin zamanla gelişen bir biçimi olduğunu göstermektedir. Wang ve arkadaşları⁽⁸⁰⁾ tüm bu bilgileri derleyerek beden kompozisyonunun beş düzey modelini yayınlamışlardır. Beş düzey modeli şekil: 2.1'de görülmektedir. Bu beden kompozisyonu modelleri için bir standart oluşturmuştur⁽⁶²⁾.



Şekil: 2.1. Beden Kompozisyonunun Temel Çift Kompartmanlı Modeli ve 5-Düzye Çok Kompartmanlı Modeli

Modelin beş düzeyi şu şekildedir; elementsel düzey, moleküler düzey, hüresel düzey, doku sistemleri düzeyi ve tüm beden düzeyi. Her bir yöntem temel olarak 2-C modelini almıştır. Hibrit ya da karma düzey modelleri gibi düzeyler arası geçiş yapan eşitlikler de bulunmaktadır. Genellikle kimyasal (oksijen, karbon, hidrojen, nitrojen, kalsiyum) ya da elementsel kompozisyon ile dokuların (su, protein, lipitler, kemik minerali) moleküler yapıları arasındaki ilişki, hastalık ve sağlık durumlarında göreceli bir şekilde sabit kalmaktadır⁽⁶²⁾.

Çizelge: 2.1. 5-Düzye Çok Kompartmanlı Model için Seçilen Eşitlikler

Elementsel Düzey

Beden Ağırlığı = TBO + TBC + TBH + TBN + TBCa + TBP + TBK + TBCI + TBNa + TBMg + ...

Moleküler Düzey

Beden Ağırlığı = Yağ Kütlesi + Toplam Beden Suyu + Toplam Beden Proteini (TBPr) + Kemik Minerali (OM) + Yumuşak Doku Minerali (STM)

Hüresel Düzey

Beden Ağırlığı = Beden Hücre Kütlesi (BCM) + Hücre Dışı Su (ECW) + Hücre Dışı Yapılar + Yağ

Doku Sistem Düzeyi

Beden Ağırlığı = Adipoz Doku (yağ + hücre) + iskelet kası + Kemik (mineral+sıvı+ilik) + diğer dokular

Hücreler, Moleküller ve Elemental Düzeyler Arasında Dönüştürme Yapan Eşitlikler

TBCa = 0.340 BMC, TBN = 0.161 TBPr, TBC = 0.759 TBLipit + 0.532 TBPr + 0.018 BMCa

TBK = 120 BCM, TBCI = 111 ECW, TBLipit = 1.318 TBC - 4.353 TBN - 0.070 TBCa

TBPr = 6.21 TBN, OM = 2.941 TBCa, STM = 2.75 TBK + TBNa + 1.43 TBCI - 0.038 TBCa

TB, Tüm beden; O, Oksijen; C, Karbon; H, Hidrojen; N, Nitrojen; Ca, Kalsiyum; P, Fosfor; K, Potasyum; Cl, Klor; Na, Sodyum; Mg, Magnezyum; BMC, Kemik Mineral İçeriği

2.3. Beden Yoğunluğu

1930'ların sonlarında ve 1940'ların başlarında Behnke, Feen ve Wenham (1942) su altı ölçümü ile beden yoğunluğunu tahmin eden ilk kişiler iken, Goldman ve Buskirk 1961'lerde, laboratuvar teknikleri hakkında detaylı yayınlar yapan kişiler olmuşlardır⁽⁸⁰⁾.

Beden yoğunluğu (BD) ölçümlerinin giderek yaygınlaşması ve gelişmesinden dolayı, 2-C modeli beden kompozisyonu ölçümlerinde altın standart olarak sık sık refere edilmektedir. Beden yoğunluğunun tanımlanması için en sık kullanılan yöntem, deneğin tamamıyla suya batmasını gerektiren sualtı tartım yöntemidir⁽⁶³⁾. Su yoğunluğu, deneğin sualtı ağırlığı ve normal ağırlığı, beden yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılır. Beden ağırlığının doğru bir şekilde ölçümünde küçük bir problem bulunmaktadır⁽⁶⁰⁾. Bu sınırlamalar ve kısıtlamalar beden yoğunluğu ve rezidual volümün tahmin edilmesinde ortak bir özelliğe sahiptirler⁽⁸¹⁻⁸⁴⁾.

Büyüme, ergenlik, yaşlanma ve çeşitli hastalıklarla oluşan, kütledeki bireysel değişimlerin yanında cinsiyete ve ırka bağlı bireysel değişimler olabilir. Beden kompozisyonunun klasik 2-C modelinde beden ağırlığı, yağ ve yağsız bölümlere ayrılmıştır. Yağ yoğunluğunun değişmediği varsayımı oldukça mantıklıdır^(54,85). Ayrıca yağsız beden kütlelerinin heterojen yapısı, yoğunluğun değişmeyen geçerliliği sorusuna açıklık getirmektedir. Yoğunluktaki bireysel değişimlere ek olarak büyüme, seksüel gelişim, yaşlanma, fiziksel aktivite ve hastalıkların türleri^(86,87) gibi bireysel varyasyonlar, etnik ve cinsiyet ile ilişkili olabilir^(88,89). Bundan dolayı yağsız beden kütlelerinin su, protein ve mineral olarak adlandıracağımız primer komponentlerinin ek ölçümlerini gerektiren, sualtı tartımının 3-C ve 4-C modelleri geliştirildi^(90,91). Beden yağını belirlemek için hala birçok eşitlik tipleri kullanılmaktadır. Bu ölçüm modellerinin her biri için gerekli beden kompozisyon tekniği ve beden yağ yüzdesinin belirlenmesinde kullanılan 2-C, 3-C ve 4-C modellerinin eşitlikleri görülmektedir⁽⁶²⁾.

Çizelge: 2.2. Beden Yağ Yüzdesinin Belirlenmesi İçin 2-C, 3-C Ve 4-C Modellerinin Eşitlikleri

Model	Yağ Yüzdesi Eşitlikleri	Ek Ölçümler
2C	$100 * (4.95 / BY - 4.5) * 100$ $100 * (4.57 / BY - 4.142)$	
3C	$100 * (2.118 / BY - 0.78 f_{TBW} - 1.354)$ $100 * (6.386 / BY - 3.96 f_{MIN} - 1.354)$	D ₂ O DEXA ya da NAA
4C	$100 * (2.747 / BY - 0.714 f_{TBW} + 1.146 f_{Kemik} - 2.0503)$	D ₂ O ve DEXA

BY, Beden Yoğunluğu; f_{TBW} , toplam beden suyu / beden ağırlığı; f_{MIN} , toplam mineral / beden ağırlığı; f_{Kemik} , kemik minerali / beden ağırlığı; NAA, Nötron Aktivasyon Analizi, D₂O, Deuterium dilüsyon

Sualtı tartım yöntemi, temel olarak beden volümünün ölçümü, beden yağ yüzdesinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Eğer beden ağırlığı ve volümü hatasız ölçülebilseydi, beden hidrasyonu, proteini ve mineral yapısında normal varyasyonlar için bireylerin beden yağ yüzdesinin tahmini ile ilgili olarak büyük bir şüphe

olmazdı. Beden yağı için kümülatif hatalar, bireylerin beden ağırlıklarının %3-4'ünün üzerinde olduğu belirlenmiştir^(87,92,93). Bundan dolayı yağsız beden kütesinin mineral yapılar ve sudaki varyasyonları için gerekli olan düzeltmeler yapılmadan, heterojen popülasyonlar için referans yöntem ya da kriter olarak kullanılmaması gerektiği tavsiye edilmektedir⁽⁹⁴⁾.

Ne yazık ki, tüm sualtı tartım modelleri için gerekli olan rezidüel volüm düzeltmeleri veya 3-C ve 4-C modelleri için gerekli beden suyu ve kemik mineral ölçümleri gibi teknik ayarlamalar rutin olarak uygulanmamaktadır. Fakat onun yerine tahmin denklemleri kullanılarak belirlenmektedir. Bundan dolayı, bu şartlar altında elde edilen beden yağ yüzdesi tahmin kesinliğinin sınırlarını anlamak önemlidir. Rezidual volüm düzeltmeleri için genellikle kapalı devre spirometrik sistem ile oksijen dilüsyon tekniği kullanılmaktadır. Yaşlı ya da pulmoner fonksiyonları bozulmuş bireyler için kapalı devre nitrojen washout tekniği daha iyi ölçüm sonuçlarını vermektedir⁽⁸⁴⁾. Bir diğer sorunda, beden yağ yüzdesi için major hata kaynaklarının ortaya çıkmasıdır. Örneğin, rezidüel volümün 100 ml'lik bir hatası, %1'lik bir belirsizliğe dönüşmektedir. Eğer rezidüel volüm ölçülüyor ama eşitliklerden tahmin ediliyorsa, denekten dolayı oluşabilecek 300-400 ml'lik hata payı, beden yağ yüzdesinin belirlenmesinde %3-4'lük bir belirsizliği oluşturmaktadır. Beden yağ yüzdesi üzerinde oluşacak ölçüm hatalarının farklı türlerinin etkileri çizelge: 2.2'de görülmektedir. Örneğin; sualtı tartımı ya da rezidüel volümdeki eşit orandaki bir hata, beden yağ yüzdesi üzerinde aynı şekilde etkili olacaktır. Beden ağırlığında yapılacak benzer hatalar, beden yağ yüzdesi üzerinde daha düşük bir etki gösterir. Aynı şekilde su ısısındaki 1 derecelik bir değişim de, beden yağ yüzdesi üzerinde çok küçük bir etki göstermektedir⁽⁶²⁾.

Çizelge: 2.2. Beden Yağ Yüzdesi %15 Kabul Edilen Bir Bireyin Rezidüel volüm, Sualtı Tartımı, Beden Ağırlığı ve Su Isısı Değerlerinin Hatalarının Etkileri⁽⁶²⁾

Hata	Düşük Tahmin	Doğruluk Değeri	Yüksek Tahmin
Δ Rezidual Volüm, ml	-400 -100	1.2L	+100 +400
	% Yağ=17.8 15.7	15.0	14.3 12.2
Δ Sualtı Tartımı, g	-50 -20	3.36kg	+50 +20
	% Yağ=15.4 15.1	15.0	14.9 14.6
Δ Beden Ağırlığı, kg	-0.5 -0.1	70.0kg	+20 +50
	% Yağ=15.3 15.1	15.0	15.1 15.3
Δ Su Isısı, °C	-1.0 -0.5	36°C	+1.0 +0.5
	% Yağ=15.4 15.1	15.0	15.1 15.2

Rezidüel volüm ölçümü ile birlikte kullanılan sualtı tartımı, sporcularda minimal ağırlığı belirlemek için altın standart ya da kriter ölçümdür. Ancak rezidüel volümün ölçümü oldukça zordur ve bu sebepten dolayı bir çok rezidüel volüm kestirim denklemleri geliştirilmiştir. Örneğin; rezidüel volümün kestirilmesinde kullanılan eşitlikler, beden yoğunluğunun hesaplanması için kullanılmıştır⁽⁹⁵⁻⁹⁸⁾. Bu rezidüel volüm tahmin eşitlikleri genellikle yaş, boy ya da vital kapasite değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. Tahmini rezidüel volümü kullanmak, beden yağının

hesaplanmasındaki hatanın büyümesine neden olabilir. Bu durum, özellikle beden yağ oranının incelikli izlendiği alanlarda (hastalıklar bazı spor dalları) önemli sonuçlar doğurabilir.

Çizelge: 2.3. Literatürde kullanılan Rezidüel Volüm Eşitliklerinin Karşılaştırılması ⁽⁴¹⁾.

Referanslar	Cins	N	Eşitlik	R	SEE
Boren et. Al.	M	422	0.019*Boy+0.0115*Yaş-2.24	0.33	0.530
Chinn and Allen	M	35	0.0158*Ağr.+0.0239*(tri+ss)+ 0.00048*Yaş-0.261	-	0.275
Goldman and Becklake	M	44	0.017*Yaş+0.027*Boy-3.447	0.64	-
	F	50	0.009*Yaş+0.032*Boy-3.90	0.55	-
Grimby and Söderholm	M	152	0.022*Yaş+0.0198*Boy-0.015*Ağr.-1.54	-	0.380
	F	58	0.007*Yaş+0.0268*Boy-3.42	-	0.320
Hall et. Al.		113	0.016*Yaş+0.0280*Boy-3.54	-	-
	F	113	0.019*Yaş+0.0275*Boy-0.032* BMI-2.79	-	-
Paoletti etl. Al.	M	80	0.0179*Yaş+0.0243*Boy-2.8364	0.46	-
	F	279	0.0158*Yaş+0.0181*Boy-.0054*Ağr- 1.3963	0.42	-

Archimet ilkesine göre, suya batırılmış olan bir beden, kaldırma kuvveti etkisine bağlı olarak ağırlığından kaybeder. Kaybedilen ağırlık, bedenin suya batarak taşıdığı suyun ağırlığına eşittir. Buna göre, su altında tartılan bedenin hacmi, kaybettiği ağırlığın miktarına eşittir. Bu nedenle, ölçüm sırasında suyun yoğunluğu, bulunduğu ısıya göre düzeltilerek beden yoğunluğu hesaplanır.

Ancak su içindeki ölçümler sırasında akciğerler ve bağırsaklarda olan havanın, bedeni kaldırma özelliğinden dolayı, ölçümü olumsuz etkilemesini engellemek için, düzeltme faktörünün kullanılması gerekir ⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Bağırsaklarda bulunan hava akciğerlerdeki kadar önemli olmamakla birlikte, Bushirk ⁽⁹⁹⁾ bu miktarın 100 ml. olduğunu belirlemiştir. Buna karşılık akciğerlerde maksimal ekspirasyonu takiben kalan hava miktarı yani rezidüel volüm, ölçümleri önemli şekilde etkilemektedir. Rezidüel volümün çok büyük değişkenliğe sahip olması nedeni ile, toplam beden hacminin belirlenmesinde gerçek değerine çok yakın olarak ölçülmesi önemlidir ^(16,25,100).

Yoğunluk, volüm başına kütle olarak tanımlanmıştır. Beden suya batırılmışsa, Arşimet prensibine göre beden yoğunluğu belirlenir. Beden kompozisyonu üzerine çalışma yapan araştırmacılar, suya batma zamanındaki su yoğunluğu ve solunum sistemindeki gaz volümü için ek düzeltmeler yapmaktadır. Bu sebepten dolayı beden yoğunluğu oldukça doğru bir şekilde ölçülebilmektedir ^(101,102). Relatif beden yağ yüzdesi de, Siri'nin geliştirmiş olduğu eşitlik ile hesaplanmaktadır ⁽¹⁰³⁾. Rezidüel volüm ile ilişkilendirilen hatalar, beden yoğunluğunun ölçümündeki teknik hatalardan kaynaklanmakta ve bundan dolayı beden yağ yüzdesi tahmininde de hatalar oluşmaktadır ⁽⁹⁷⁾.

Rezidüel volümün büyük bir değer olması nedeniyle hacim hesaplamalarını önemli derecede etkileyebilmektedir. Rezidüel volüm ölçümleri su içinde veya su dışında olacak şekilde yapılabilmektedir. Bunların hangisinin daha güvenilir olduğu

konusunda çelişkili görüşler vardır ^(16,17,29,34,35,37,104-111). Su içinde iken, gaz dilüsyonu ile yapılan rezidüel volüm hesaplamalarında bir kısım araştırmacı volümün arttığını, bir kısmı azaldığını ve bir kısmı da aynı kaldığını gözlemişlerdir ⁽¹¹²⁾. Lohman ⁽¹¹³⁾, rezidüel volüm ölçümünün su içinde veya dışında yapılmasının aynı ölçüm hatalarını yansıttığını gözlemiştir. Marks ve Katch ⁽¹¹⁴⁾, rezidüel volüm hesaplamalarındaki biyolojik ve teknolojik değişimleri incelemiştir. Gözlemler, deneğe bağlı değişkenlerin %72'sinin biyolojik, %19'nun teknolojik etkilere bağlı olduğunu göstermiştir. Bütün deneklerde güvenilirlik katsayısı $r=0.95$ değeri ile oksijen dilüsyon tekniği en güvenilir tekniği oluşturmuştur.

Dilüsyon teknikleri içinde nitrojen dilüsyon ^(110,115) helyum dilüsyonu ve oksijen dilüsyonu teknikleri bulunmaktadır. Hangisinin tercih edileceği daha çok elde bulunan laboratuvar düzeneğine göre belirlenmektedir. Bununla birlikte rezidüel volümün dilüsyon teknikleri ile ölçülmesinde gerekli laboratuvar ortamı yoksa, rezidüel volümün vital kapasite üzerinden tahmin yolu ile yapılabileceği gözlemlenmiştir ^(110,115,116). Buna göre ölçülen vital kapasitenin bayanlarda %28'i erkeklerde %24'ü rezidüel volümü vermektedir. Wilmore'un ⁽¹⁰⁰⁾ yapmış olduğu çalışmalara göre yaş ve cinsiyete bağlı olarak, rezidüel volüm katsayıları belirlenmiş ve güvenilir olarak kullanılabilir ⁽¹⁰⁸⁾.

Hidrostatik veya sualtı tartımı beden yağ yüzdesini büyük bir geçerlilik ve güvenilirlik ile kestirebilmektedir ⁽¹¹⁷⁾. Hidrostatik tartım, skinfold metodu veya kolay uygulanabilen biyoelektrik impedans metodunun kullanılabilirliğini test ederken, geçerliliğin kriteri olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ⁽¹¹⁸⁾.

Sualtı tartımında, rezidüel volümü ve sualtı ağırlığını çok iyi bir şekilde belirledikten sonra, Brozek ve Keys ⁽¹¹⁹⁾ veya Siri'nin ⁽¹²⁰⁾ denklemleri kullanılarak beden yağ yüzdesi tahmin edilir. Beden yoğunluğu 5 değişkenden hesaplanabilir, bunlar; sualtı ağırlığı, karadaki ağırlık, rezidüel volüm, bağırsaklardaki gaz miktarı ve tartım yapılan suyun yoğunluğudur. Sualtı ağırlığı ve karadaki ağırlık hassas bir şekilde ölçülebilir ve aynı zamanda su yoğunluğu da su ısı korunarak kolaylıkla kontrol edilebilir. Ölçülmesi zor olan bağırsaklardaki gaz, 100- 150 ml arasında olduğu varsayılır. Her ne kadar bir çok çalışma beden yoğunluğu tahminindeki hatayı, rezidüel volümdeki bireysel değişikliklerin oldukça etkilediğini belirtse de, rezidüel volümün ölçülmesi zor olduğundan, genelde bayanlarda 1000 ml. erkeklerde 1300 ml olduğu varsayılmıştır ⁽¹²¹⁾. Yakın zamanda rezidüel volüm özel bir alet yardımı ile veya vital kapasite, ağırlık, boy ve buna benzer değişkenleri kullanan denklemler ile tahmin edilmiştir ⁽¹²¹⁻¹²⁸⁾. Fakat Akers ve Buskirk ⁽¹²⁸⁾ ve Wilmore ⁽¹²¹⁾ ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm arasında anlamlı farklılıklar olabileceğini işaret etmişlerdir. Buna ek olarak Akers ve Buskirk rezidüel volümün beden yoğunluğunun belirlenmesinde en fazla hata oluşturan veya etkileyen faktör olduğunu rapor etmişlerdir. Going' de ⁽¹¹⁷⁾ rezidüel volümün ölçüm hatalarının beden yağ yüzdesindeki hatalara büyük ölçüde yansıdığını belirtmiştir. Örneğin; 100 ml'lik rezidüel volüm, en fazla 0.7%'lik beden yağ oranına denk gelir. Bu hata sualtı ağırlığının 100 gram daha fazla tartılması ile eşdeğerdir. Sualtı tartımındaki hata, genelde bu seviyeyi aşmamaktadır. Bir çok deneysel çalışmada ölçülen rezidüel volüm kullanılmıştır ^(123-125,127,130-133). Mark, Katch ⁽¹³⁴⁾ ve Morrov ⁽¹³⁵⁾ güvenilirliği ve geçerliliği kontrol ederken ölçülen rezidüel volümün hassasiyeti veya doğruluğunun, beden yoğunluğu tahminini kayda değer bir şekilde etkilediğine işaret

etmişlerdir. Bu sebepten dolayı ve pratik kullanımda rezidüel volümün kestirilmesi için birçok kestirme eşitlikleri önerilmiştir. Fiziksel özelliklerin vital kapasiteyi etkilediği ve popülasyonlara göre değişiklikler gösterdiği bilinmektedir ^(136,137-144). Bundan dolayı popülasyona özgü ve sporcular için yeni rezidüel volüm denklemleri oluşturmak gerekmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Denekler

Bu çalışmaya Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda öğrenim gören, yaş ortalamaları 22.01 ± 1.64 yıl, boy ortalamaları 164.45 ± 5.73 cm, beden ağırlık ortalamaları 54.02 ± 5.66 kg olan 67 bayan öğrenci ve yaş ortalamaları 23.47 ± 1.86 cm, boy ortalamaları 177.72 ± 6.82 cm, beden ağırlık ortalamaları 74.13 ± 9.09 kg olan 99 erkek öğrenci olmak üzere toplam 166 öğrenci gönüllü olarak katılmıştır.

Araştırma grubundan ölçümlerden önceki 48 saat ve ölçümler arasında yoğun fiziksel aktivite yapmamaları, beslenme alışkanlıklarını değiştirmemeleri, alkol ve kafein tüketmemeleri istenmiştir.

Araştırma grubuna katılanlar 10'arlı gruplara bölünerek, her gün 10 kişiden oluşan grupların ölçümleri alınmıştır. Ölçümler saat 09:00-11:00 arasında olup, grupların aynı saatler arasında ölçümlerinin alınmasına özen gösterilmiştir.

Denekler her seferinde bir gecelik açlık sonrası ölçümlere katılmışlardır.

3.2. Kullanılan Araç Gereçler

3.2.1. Antropometrik Ölçümler

Tüm antropometrik ölçümler, Antropometrik Standardization Reference Manuel'e göre yapılmıştır. (90).

3.2.1.1. Boy ve Ağırlık Ölçümü

Boy ölçümü, topuklar bitişik, baş frankfort düzlemindeyken, derin bir inspirasyonu takiben, başın verteksi ile ayak arasındaki mesafe, 0.01 cm hassaslıktaki duvara sabitlenmiş Holtain marka stadiometre (Made in Britain, Holtain Limited, Crymych, Dyfed) aletiyle ölçülmüştür.

Ağırlık ölçümleri, şort ve atletten oluşan spor kıyafetleri ile, ayakkabısız olarak 0.1 kg hassaslıktaki Tanita (TBF-300 A Japan) aracı ile alınmıştır.

3.2.1.2. Deri Kıvrım Ölçümleri

Skinfold ölçümleri (deri kıvrım kalınlıkları), Lohman'ın önerdiği gibi Holtain marka kaliper ile bedenin sağ tarafından iki kez ölçüm yapılmış, iki ölçüm arasındaki fark 0.4'den büyük olduğu durumlarda üçüncü bir ölçüm yapılmıştır⁽¹⁴⁵⁾. Ölçümler, biceps, triceps, supscapular, suprailiac, abdomen, midaksillar, önkol, uyluk, calf ve göğüs olmak üzere toplam 10 bölgeden alınmıştır. İki ölçümün ortalaması alınarak milimetre cinsinden kaydedilmiştir. Skinfold ölçümlerine ilişkin bilgiler şu şekildedir.

Biceps Deri Kıvrım Ölçümü: Ölçüm, biceps kasının anteriorel olarak en fazla çıkıntı yaptığı bölgede, dirsek çukuru ile akromion çizgisi üzerindeki noktadan, ayakta, kollar serbestçe bırakılmış ve hafif anterior durumda iken dikey katlanarak alınmıştır.

Triceps Deri Kıvrımı Ölçümü: Acromion ile olecrenon arasındaki orta noktadan, ayakta kolları yanlara serbestçe sarkıtılmış durumda, belirlenen noktadan katlanarak alınmıştır.

Subscapular Deri Kıvrımı Ölçümü: Scapulanın inferior açısının altından 45 derece diagonal olarak, ayakta, kollar serbestçe bırakılmış pozisyonda ölçüm alınmıştır. Bedenin arka bölümünün deri altı yağ dokusu ve ve deri kalınlığının ölçüsüdür.

Suprailiac Deri Kıvrımı Ölçümü: Midaksiller ekseninde, iliak krestin üstünden 45 derece diagonal olarak, ayaklar birleşik ve beden dik durumda iken ölçüm alınmıştır.

Abdominal Deri Kıvrımı Ölçümü: Umbilicus'un yaklaşık olarak 3 cm sol tarafından ve 1 cm kadar orta noktasının altından yatay olarak alınmıştır.

Midaksillar Deri Kıvrımı Ölçümü: Koltukaltı çizgisi üzerinde xipsi-sternal nokta seviyesinden yatay olarak, dik duruşta, ölçüm alınan taraftaki kol bükülü ve yere paralel olacak şekilde alınmıştır.

Önkol Deri Kıvrımı Ölçümü: Omuz ve kollar serbest bir pozisyonda, önkolun maksimal bölgesinden, kolun arka-orta çizgisi üzerinden alınmıştır.

Uyluk Deri Kıvrımı Ölçümü: Uyluğun anterior yüzeyinden, yaklaşık olarak orta noktadan, dikey olarak alınmıştır. Orta nokta, inguinal katlantı ile patellanın üst kenarı arasındaki mesafenin orta noktası olarak alınmıştır.

Calf Deri Kıvrım Ölçümü: Otururken pozisyonda, bacaklar 90 derece bükük, tabanları yere basar durumda, baldırın en geniş bölgesinde, medialden dikey olarak alınmıştır.

3.2.1.3. Çevre Ölçümleri

Çevre ölçümleri Behnke ve Wilmore'nin önerdiği gibi, boyun, omuz, göğüs, bel, kalça, uyluk, diz, calf, ayak bileği, biceps, önkol ve el bileği olmak üzere toplam 13 bölgeden, mezura ile alınmıştır. Çevre ölçümlerine ilişkin ölçümler şu şekildedir.

Boyun Çevresi: Larinks'in hemen altından, boyun eksenine dik olacak şekilde alınmıştır.

Göğüs Çevresi: Göğüs çevresi, 4. kaburga sternal bağlantısı düzeyinden, yanlarda 6. kaburga seviyesine karşılık gelecek şekilde, yatay doğrultuda, normal soluk vermenin sonunda, denek ayakta iken ölçülmüştür.

Bel Çevresi: Ölçüm gövdenin dar yerinden, yere paralel olarak, denekte ayakta iken, mesura yere paralel olacak şekilde, normal soluk vermenin sonunda alınmıştır.

Karın Çevresi: Karın çevresi, göbek çukuru seviyesinden yere paralel olarak şekilde, mesura yere paralel olacak şekilde, denek ayakta iken, normal soluk vermenin sonunda alınmıştır.

Kalça Çevresi: Kalçanın en geniş bölgesinden, mesura yere paralel olacak şekilde, denek ayakta iken alınmıştır.

Uyluk Çevresi: Uyluk çevresi denek ayakta, proksimal patella ile inguinal noktanın ortasından, mesura yere paralel olacak şekilde, ekstremiteye dik olacak şekilde alınmıştır.

Baldır Çevresi (Calf): Baldır çevresi, oturur pozisyonda, mesura yere paralel olacak şekilde, en geniş bölgeden dik olarak alınmıştır.

Ayak Bileği Çevresi: Ayak bileği çevresi, malleolinin üst tarafından minimum bölgeden olmak üzere uzun eksene dik açıda olacak şekilde ölçümüdür.

Biceps Çevresi: Biceps çevresi, kollar yanlarda serbestçe sarkıtılmış durumda, akromion ile olekranon arasındaki orta noktasından, uzun eksene dik olarak şekilde alınmıştır.

Önkol Çevresi: Önkol çevresi, ayakta dik duruşta, kollar yanlarda serbestçe sarkıtılmış ve bedenden hafifçe açılmış ve öne doğru çevrilmiş pozisyonda, önkolun en geniş bölgesinden ölçülmüştür.

El Bileği Çevresi: El bileği ölçümü, radius ve ulnanın styloidlerinin distal bölgesi üzerinden, uzun eksene dikey olarak alınmıştır.

3.2.1.4. Çap Ölçümleri

Humerus, femur, biacromial ve bitrochantric çap ölçümleri, callaway ve arkadaşlarının önerdiği şekilde, Holtain kaliper (Holtain, Made in U.K.) ile alınmıştır.

Humerus Çap: Humerus bikondiler genişlik, kol 90 derece bükülü pozisyonda, humerusun lateral ve medial epikondilleri tespit edilerek ölçülmüştür.

Femur Çap: Femurun en dış ve en iç kondilleri arasındaki mesafeyi ölçmek için, lateral ve medial epikondiller, denek oturur pozisyonda ve bacaklar 90 derece iken ölçülmüştür.

Biacromial Çap: Deneğin arkasından, omuzlar serbest bir pozisyonda iken, acromionların en lateral noktalarından ölçülmüştür.

Bitrocanter Çap: Büyük tronhanterlerin en dış kenarlarından, denek ayakta iken, bacaklar birleşik pozisyonda ölçülmüştür.

3.2.1.5. Uzunluk Ölçümleri

Kulaç Uzunluğu: Kollar yanlara açılmış pozisyonda, iki elin en uzun parmakları arasındaki mesafe tespit edilerek ölçülmüştür.

El Uzunluğu: Radius'un stiloidinin distali ile en uzun parmak arasındaki mesafe tespit edilerek ölçülmüştür.

Ayak Uzunluğu: Topuk arkası ile en uzun parmak arasındaki mesafe tespit edilerek ölçülmüştür.

3.2.2. Biyoelektrik İmpedans Analizi

Biyoelektrik impedans analizi, ayaktan ayağa metodu ile TANİTA inc, Tokyo, Japan, Model TBF 300 A impedans analizatörü ile yapılmıştır. Analizatörün elektrotlarının bulunduğu baskül bölümü, her test günü silinerek temizlenmesine dikkat edilmiştir. Deneklerin boy uzunlukları ölçüldükten sonra, kişisel bilgileri analizatöre kayıt edilmiştir. Deneklerin çıplak ayak ile baskül üzerindeki elektrotlar ayak tabanına temas edecek şekilde, analizatörün üzerine çıkararak, dik pozisyonda ve hareketsiz bir şekilde sonuçlar ekranda görünene kadar hareketsiz bir şekilde beklemeleri istenmiştir. Beden yağ yüzdesi, yağsız beden kütlesi ve impedans değerleri yazıcı aracılığıyla kayıt edilmiştir.

3.2.3. Rezidüel Volüm Ölçümü

Rezidüel volümün vital kapasite üzerinden hesaplanmasında kullanılacak olan vital kapasite ölçümlerinde, Cosmed pony marka spirometre (Model; Le Ronkato, CIAK-101, Pony Cosmed Inc., Rome, Italy) kullanılmıştır. İlk olarak ölçümün nasıl yapılacağı deneklere açıklanmış ve test aracına alışabilmeleri için, spirometreye birkaç kez üflemleri istenmiştir. Denek kendisini hazır hissettiği zaman teste başlanmıştır.

Denek ayakta ve iki eli spirometrenin üfleme hortumunu tutmuş pozisyonunda iken, burundan havanın kaçmaması için, burna klips takılmıştır. Cihaza üflemeden önce normal bir nefes vermesi sağlanmış ve daha sonra cihazdan uyarı gelene kadar normal nefes alış veriş devam etmiştir. Cihazın uyarısı ile birlikte maksimal bir şekilde nefes alıp vermeye başlamıştır. Mümkün olabilen en yüksek vital kapasiteyi elde edebilmek için, maksimal bir zorlama gerektiğinden, denek sözlü olarak da motive edilmiştir. Kısa dinlenme aralıkları ile denek ölçümü üç kez tekrar etmiş ve elde edilen en yüksek vital kapasite değeri milimetre cinsinden yazılarak, rezidüel volüm hesaplanması için kullanılmıştır. Buna göre, Wilmore'un formülüne göre rezidüel volüm aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır ⁽¹⁴⁶⁾.

Bayanlarda Rezidüel Volüm: Vital kapasite x 0.28

Erkeklerde Rezidüel Volüm: Vital Kapasite x 0.24

Doğrudan rezidüel volüm ölçümü ise; Akdeniz Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Spor Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Egzersiz Fiziyojisi laboratuvarında bulunan cihazda (Vmax SPECTRA 229LV, Sensematics Corporations 22705 Savi Ranch Parkway, Yorba Linda, California 92687), açık devre metoduna dayalı nitrojen washout tekniği ile ölçülmüştür. Rezidüel volüm ölçümü laboratuvar ortamında, boy ve ağırlık ölçümlerinden sonra sualtı ölçümü sırasındaki gibi benzer duruşlarda, iki kez ölçüm yapılmıştır. İki ölçüm arasındaki fark %5'den büyük olduğu takdirde 3. bir ölçüm yapılmıştır.

3.2.4. Sualtı Tartımı

Sualtı tartımı, Akdeniz Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Egzersiz Fizyolojisi Laboratuvarında bulunan, dijital ağırlık göstergeli ve termostatlı sualıtı tartım sisteminde uygulanmıştır. Sistem içinde, ölçümün yapılabilmesi için su tankı, dijital olarak sualıtı tartım ağırlığını gösteren gösterge, deneğin su içinde oturabilmesi için, dijital ağırlık ölçüm cihazına bağlı sandalye ve dijital termometre bulunmaktadır.

Ölçüm öncesi, sualıtı tartım sırasında yapılacak olan işlemler teker teker açıklanmıştır. Test için şu sıra takip edilmiştir.

- a) Denekten ölçüm öncesi tuvalete giderek boşaltım yapması istenmiştir.
 - b) Denek su tankına girerek, başı da dahil olmak üzere, bedeninin tüm bölgesini ıslatması istenmiştir.
 - c) Denek su tankının içindeki sandalyeye oturmuş ve iki eli ile yanlardan metal çubuklardan tutması istenmiştir.
 - d) Deneğe, suya tamamen batıldığı zaman, nasıl nefesini boşaltıp hareketsiz kalması gerektiği konusunda tekrar hatırlatma da bulunularak, birkaç deneme yapması istenmiştir.
- Akciğerlerdeki havayı tamamen boşaltabilmesi için, denek sözel olarak motive edilmiştir. Deneğin tüm havayı boşaltmasının ardından suyun altında hareketsiz bir şekilde 10'a kadar saymaları istenmiştir.
- e) Denemelerin ardından ölçümlere geçilmiş ve kısa süreli dinlenme aralıkları ile her denekten 10 kez ölçümü yapmaları istenmiştir. Ölçümler 10 gram hassaslıkta ölçülmüştür.
 - f) Su yoğunluğunun hesaplanabilmesi için, su sıcaklığı, tanka sabitlenmiş elektronik termometre ile tespit edilerek kaydedilmiştir.

3.3. Hesaplamalar

3.3.1. Sualtı Tartımı

Sualtı tartım değerleri, beden yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılmıştır. Beden yoğunluğu, sualıtı tartımı, rezidüel volüm hesaplamaları ve suyun yoğunluğu dikkate alınarak şu formülde hesaplanmıştır.

$$a) \text{Beden Volümü} = [\text{Ağırlık} - \text{Sualtı Ağırlığı} / \text{Su yoğunluğu}] - \text{Rezidüel Volüm}$$

$$b) \text{Beden Yoğ.} = \text{Ağırlık} / \text{Beden Volümü}$$

Beden yoğunluğu hesaplandıktan sonra, beden yüzde yağı, Siri'nin şu formülü ile hesaplanmıştır.

$$c) \text{Yüzde Yağ} = [(4.95 / \text{Beden Yoğ.}) - 4.5] * 100 \text{ (Siri)}$$

3.3.2. Rezidüel Volümü Hesaplamak İçin Kullanılan Regresyonlar

Bayanların rezidüel volümünü hesaplamak için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır;

Tahmin Denklemi-1 (Wilmore): $RV=VCx0.28$ ⁽¹⁴⁷⁾

Tahmin Denklemi-2 (Goldman): $RV=0.032xboy(cm)+0.009xyaş-3.9$ ⁽¹⁴⁷⁾

Tahmin Denklemi-3 (Pollock&Wilmore): $RV= 0.009x(yaş)+0.08128xboy$ (inç)–
3.9 ⁽¹⁴⁷⁾

Tahmin Denklemi-4 (Paoletti): $RV= 0.0158x(yaş)+0.0181xboy$ (cm)–1.3963 ⁽¹⁴⁸⁾

Tahmin Denklemi-4 (Grimby&Söderholm): $RV= 0.007x(yaş)+0.0268xboy$ (cm)–
3.42 ⁽¹⁴⁸⁾

Tahmin Denklemi-5 (Hail): $RV= 0.016x(yaş)+0.0280xboy$ (cm)–3.54 ⁽¹⁴⁸⁾

Erkeklerin rezidüel volümünü hesaplamak için ise aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır;

Tahmin Denklemi-1 (Wilmore): $RV= VCx0.24$ ⁽¹⁴⁷⁾

Tahmin Denklemi-2 (Boren): $RV= 0.019xboy(cm)+0.0115xyaş-2.24$ ⁽¹⁴⁷⁾

Tahmin Denklemi-3 (Pollock&Wilmore): $RV= 0.017x(yaş)+0.6858xboy$ (inç)–
3.477 ⁽¹⁴⁷⁾

Tahmin Denklemi-4 (Paoletti): $RV= 0.0179x(yaş)+0.0243xboy$ (cm)–2.8364 ⁽¹⁴⁸⁾

Tahmin Denklemi-4 (Grimby&Söderholm): $RV=0.022x(yaş)+0.0198xboy$ (cm)–
1.54 ⁽¹⁴⁸⁾

Tahmin Denklemi-5 (Chin&Allen): $RV=0.0158x(ağırlık)+0.0239x(tri.+ sscap.)+$
 $0.00048x(yaş)-2.261$ ⁽¹⁴⁸⁾

3.3.3. Digital Fotografik Beden Volümü Ölçümü (DDPA):

Deneklerden ölçüm sırasında mayo giyen deneklerin ayaklarının yerleştirileceği yerler işaretlenmiş durumda (43 cm aralıkla), fotoğraf makinesi 3 ayaklı sehpa, deneğin 300cm uzağında, lens merkezi 90 cm yükseklikte olarak ayarlanmıştır. Deneklerin net görünümünün alınması için, beyaz perdeye ışık yansıtılmıştır. Bunun için dört ışık kaynağı (her biri 100w bulb) uygun açılarda yerleştirilmiştir. Deneklerden ellerini baş üzerinde kenetleyerek, dirseklerini yanlara doğru açmaları ve dik durmaları, çekim esnasında deneklerden nefeslerini sonuna kadar vermeleri ve pozisyonlarını değiştirmemeleri istenmiştir. Deneklerden digital kamera ile ön cepheden 2 ve sağ yandan 2 olmak üzere 4 poz alınmış, alınan resimler bir yazılım aracıyla siyah ve beyaz görüntüye dönüştürülerek, ön ve yan cephelerden alınan siyah görüntünün eliptik piksel alanı hesaplanmıştır. Baştan ayağa kadar eliptik alanlar toplanarak beden volümünü kestirmek için, gerekli kübik piksel hesaplanmıştır. Kübik piksel değerleri sualtı tartımı ile elde edilen beden volümü değerleri ile korelasyon ve regresyon analizinde değerlendirilmiştir.

3.4. İstatistiksel Analiz

Erkek ve bayan sporcuların antropometrik ölçümlerinin, biyoelektrik impedans ölçümlerinin, ve sualtı tartımı ve spirometrik ölçümlerinin, beden yüzde yağ bulgularının tanımlayıcı istatistikleri ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum olarak verilmiştir.

Verilerin dağılımının homojenliğini sağlamak için, bayanlar ve erkeklerden uç değere sahip denek çıkarılmıştır.

Rezidüel volüm, beden volümü ve yüzde yağ değerlerinin ölçülen değerleriyle formül değerleri arasındaki tutarlılığı belirlemek için, Repeated Measures of ANOVA yapılmıştır. İkili karşılaştırmalarda paired t-test kullanılmıştır

Korelasyon analizleri için Pearson Korelasyon Analizi kullanılmıştır.

Test re-test güvenilirliği de intra class korelasyon katsayısı (ICC) ile belirlenmiştir.

Rezidüel volüm ve beden volümü ile ilgili formüllerin kestirimi için Doğrusal Regresyon Analizi yapılmıştır ve Backward Stepwise prosedürü kullanılmıştır

Çoklu bağlantı (multicollinearity)'nin kontrolü için VIF (Variation inflation factor) değerlerinin 10'dan küçük olmasına ve otokorelasyon için Durbin Watson katsayısının da 2 ve 2'ye çok yakın değerlerden oluşmasına dikkat edilmiştir

Paired t-testleriyle yapılan karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır ve anlamlılık düzeyi buna göre belirlenmiştir

İstatistiksel Analizde SPSS 10.0.1 paket programı kullanılmıştır.

Korelasyon analizleri iki farklı ölçüm yönteminin uyumluluk düzeylerini görsel olarak vermekle birlikte, istatistiksel bakımdan iki yöntemle elde edilen verilerin birbirleri yerine kullanılabilmesini öngörebilmek için, daha duyarlı analizler gerekmektedir. Korelasyon bakımından çok yüksek ve anlamlı olmasına karşılık, iki ayrı yöntemin birbirleri yerine kullanılmasını, yani uyumunu daha iyi kesin analizlerle ortaya koyabilmek için, iki ölçümün ortalamalarının birbirinden farklı olması, %95 güven aralığında $SD \pm 1.96$ sınırları içinde yer alması istenir ⁽¹⁴⁹⁻¹⁵²⁾. Bunun için çalışmamızda korelasyonun yanı sıra tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ile iki ölçümün farklı olup olmadığı test edildikten sonra Bland&Altman analiziyle de uyumlu bir biçimde dağılıp dağılmadığına, sistematik bir değişim gösterip göstermediğine ve dağılımın $SD \pm 1.96$ sınırları içinde olup olmadığına bakılmıştır ⁽¹⁴⁹⁻¹⁵²⁾.

BULGULAR

4.1. Tüm Deneklerin Test-Retest Ölçümleri

Deneklere uygulanan tüm ölçümlerin test re-test güvenilirliğini belirlemek amacıyla, 21'i erkek, 15'i bayan olmak üzere toplam 36 deneye, farklı zamanlarda ikinci kez; boy, ağırlık, biyoelektrik impedans ölçümü, antropometrik ölçümler, uzunluk ölçümleri, deri kıvrım kalınlığı ölçümleri, çap ölçümleri, çevre ölçümleri, vital kapasite ölçümü, rezidüel volüm ölçümü ve sualtı tartımı ölçümleri uygulanmıştır. Bu ölçümlerin re-test sonuçlarının sınıfıçı korelasyon katsayısı, %95 güven aralığı ve p değerleri çizelge:4.1-a ve 4.1-b'de görülmektedir.

Çizelge: 4.1-a. Deneklerin Re-Test Ölçümlerinin sınıfıçı korelasyon katsayısı, %95 güven aralığı ve p değerleri

Değişkenler (n=36)	Sınıfıçı Korelasyon Katsayısı (ICC)	%95 Güven Aralığı		P
		Alt Sınır-Üst Sınır		
Boy (cm)	0.9978	0.9956-0.9993	0.00	
Ağırlık (kg)	0.9992	0.9992-0.9999	0.00	
Biyoelektrik İmpedans Ölçümü				
BMI	0.9948	0.9869-0.9979	0.000	
OHM	0.9865	0.9663-0.9947	0.000	
BİA	0.8793	0.7207-0.9504	0.000	
FM	0.7520	0.4731-0.8939	0.000	
FFM	0.8360	0.7743-0.9646	0.000	
TBW	0.9501	0.8787-0.9800	0.000	
Uzunluk Ölçümleri (cm)				
Oturma Yüksekliği	0.9507	0.8799-0.9802	0.000	
Kulaç Uzunluğu	0.9999	0.9999-0.9999	0.000	
El Uzunluğu	0.9999	0.9999-0.9999	0.000	
Ayak Uzunluğu	0.9999	0.9999-0.9999	0.000	
Skinfold Ölçümleri (mm)				
Triceps	0.9999	0.9999-0.9999	0.000	
Biceps	0.9985	0.9962-0.9994	0.000	
Supscapula	0.9919	0.9796-0.9968	0.000	
Suprailiac	0.9970	0.9925-0.9988	0.000	
Abdominal	0.9979	0.9947-0.9992	0.000	
Midaxillar	0.9995	0.9988-0.9998	0.000	
Önkol	0.9982	0.9956-0.9993	0.000	
Uyluk	0.9907	0.9766-0.9963	0.000	
Calf	0.9993	0.9983-0.9997	0.000	
Göğüs	0.9990	0.9976-0.9996	0.000	
Çap Ölçümleri (cm)				
Humerus	0.9928	0.9820-0.9972	0.000	
Femur	0.9025	0.7707-0.9602	0.000	
Biacromial	0.9664	0.9172-0.9866	0.000	
Bitrochanter	0.9999	0.9999-0.9999	0.000	
Biiliac	0.9999	0.9999-0.9999	0.000	

Çizelge: 4.1-b. Deneklerin Re-Test Ölçümlerinin sınıfıçı korelasyon katsayısı, %95 güven aralığı ve p değerleri

Değişkenler	Sınıfıçı Korelasyon Katsayısı (ICC)	%95 Güven Aralığı		P
		Alt Sınır	Üst Sınır	
Çap Ölçümleri (cm)				
Humerus	0.9928	0.9820-0.9972		0.000
Femur	0.9025	0.7707-0.9602		0.000
Biacromial	0.9664	0.9172-0.9866		0.000
Bitrochanter	0.9999	0.9999-0.9999		0.000
Biliac	0.9999	0.9999-0.9999		0.000
Çevre Ölçümleri (cm)				
Omuz	0.9999	0.9999-0.9999		0.000
Göğüs	0.9917	0.9793-0.9967		0.000
Bel	0.9958	0.9895-0.9983		0.000
Karın	0.9963	0.9906-0.9985		0.000
Kalça	0.9968	0.9918-0.9987		0.000
Uyluk	0.9899	0.9746-0.9960		0.000
Diz	0.9916	0.9789-0.9967		0.000
Calf	0.9568	0.8955-0.9874		0.000
Ayak Bileği	0.9982	0.9954-0.9993		0.000
Biceps	0.9963	0.9904-0.9979		0.000
Önkol	0.9951	0.9877-0.9981		0.000
El Bileği	0.9747	0.9373-0.9899		0.000
Boyun	0.9919	0.9797-0.9968		0.000
Rezidüel Volüm Ölçümleri (ml)				
Vital Kapasite	0.9886	0.7967-0.9877		0.000
Rezidüel Volüm	0.9793	0.7401-0.9947		0.000
Sualtı Tartımı	0.9962	0.9904-0.9985		0.000

4.2. Bayan Denekler

4.2.1. Bayan Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Yaşları 17.76-25.43 yıl arasında olan 67 bayan deneğin yaş, boy, ağırlık ve beden kütle indeksi değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge-4.2.'de görülmektedir.

Çizelge: 4.2. Bayan Deneklerin yaş, boy, ağırlık ve BMI değerleri.

n=67	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Yaş (yıl)	22.01±01.64	17.76	25.43
Boy (cm)	164.45±05.73	150.00	176.00
Ağırlık (kg)	54.02±05.66	41.20	70.60
BMI (kg/cm ²)	19.93±01.67	16.90	24.10

4.2.2. Bayan Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri

Bayan deneklerin antropometrik ölçümlerini oluşturan uzunluk, skinfold, çap ve çevre ölçümlerine ait değerlerinin, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.3'de görülmektedir.

Çizelge: 4.3. Bayan Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri.

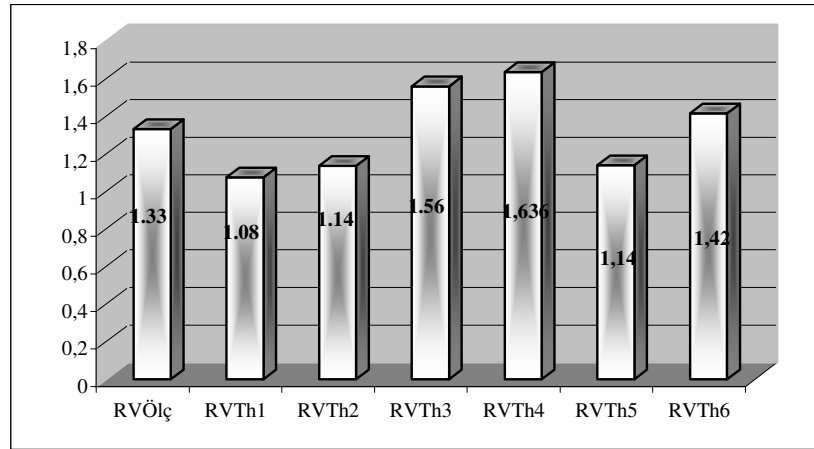
n=67	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Uzunluk Ölçümleri (cm)			
Oturma Yüksekliği	88.20±03.78	71.50	97.30
Kulaç Uzunluğu	165.03±06.56	148.60	177.50
Bacak Uzunluğu	98.53±04.49	86.40	108.60
Kol Uzunluğu	72.84±03.09	65.70	79.20
El Uzunluğu	17.78±00.90	15.80	19.60
Ayak Uzunluğu	24.09±01.11	21.20	26.20
Skinfold Ölçümleri (mm)			
Triceps	12.88±02.99	05.00	20.85
Biceps	05.57±01.69	03.00	11.70
S.Scapular	09.58±02.51	04.30	17.30
S.İliac	08.13±03.04	03.50	18.50
Abdominal	16.52±05.31	05.30	29.10
Midaxillar	08.17±02.56	05.00	16.70
Önkol	06.21±01.19	03.40	08.30
Uyluk	20.56±05.02	05.00	35.10
Calf	12.81±03.28	05.30	21.30
Göğüs	05.32±02.39	02.00	16.30
Çap Ölçümleri (mm)			
Humerus	05.77±00.49	05.20	07.50
Femur	08.66±00.80	07.50	10.00
Biacromial	35.73±01.87	30.90	40.00
Bitrochanter	30.93±01.49	25.50	34.50
Biiliac	26.95±02.01	20.50	30.50
Çevre Ölçümleri (cm)			
Omuz	95.51±05.33	80.60	119.20
Göğüs	85.15±04.78	74.90	97.60
Bel	67.03±03.97	60.00	77.60
Karm	77.90±05.09	68.70	88.80
Kalça	92.71±04.13	82.70	106.30
Uyluk	52.12±03.63	42.70	59.30
Diz	36.18±01.83	32.50	40.40
Calf	35.02±01.78	31.10	39.80
Ayak Bileği	22.10±01.20	19.20	25.70
Biceps	25.28±01.87	20.60	32.20
Önkol	23.35±01.23	20.80	28.60
El Bileği	15.85±00.82	14.20	18.50
Boyun	32.32±01.81	29.40	40.00

4.2.3. Bayan Deneklerin Vital Kapasite ve Rezidüel Volüm Ölçümleri

Bayan deneklerin rezidüel volümün indirek yöntemle spirometre ile ölçülen vital kapasite değerinin, tahmin denklemlerinden elde edilen rezidüel volüm değerlerinin (RVTh1, RVTh2, RVTh3, RVTh4, RVTh5, RVTh6) ve direk yöntemle açık devre metoduna dayalı nitrojen washout tekniği ile Vmax SPECTRA 229LV, Sensormedics marka cihazla ölçülen rezidüel volüm (RVÖlç.) ölçümünün ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ve çizelge: 4.4'de görülmektedir. Ölçülen ve tahmin edilen rezidüel volüm değerleri şekil:4.4'de görülmektedir.

Çizelge: 4.4. Bayan Deneklerin Vital Kapasite ve Rezidüel Volüm Ölçüm Değerleri.

n=67	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Nitrojen Washout Tekniği			
Rezidüel Volüm (RVÖlç.)	01.33±00.15	01.01	01.61
¹ Rezidüel Volüm (RVTh1)	01.08±00.14	00.82	01.50
² Rezidüel Volüm (RVTh2)	01.14±00.11	00.84	01.33
³ Rezidüel Volüm (RVTh3)	01.56±00.19	01.08	01.91
⁴ Rezidüel Volüm (RVTh4)	01.64±00.10	01.40	01.81
⁵ Rezidüel Volüm (RVTh5)	01.14±00.16	00.74	01.44
⁶ Rezidüel Volüm (RVTh6)	01.42±00.17	00.98	01.71
Vital Kapasite (VC)	03.84±00.51	02.92	05.37
¹ Tahmin Denklemi-1 (Wilmore)	RV=VCx0.28		
² Tahmin Denklemi-2 (Goldman)	RV= 0.032xboy(cm)+0.009xyaş-3.9		
³ Tahmin Denklemi-3 (Pollock&Wilmore)	RV= 0.009x(yaş)+0.08128xboy (inç)-3.9		
⁴ Tahmin Denklemi-4 (Paoletti)	RV= 0.0158x(yaş)+0.0181xboy (cm)-1.3963		
⁵ Tahmin Denklemi-4 (Grimby&Söderholm)	RV= 0.007x(yaş)+0.0268xboy (cm)-3.42		
⁶ Tahmin Denklemi-5 (Hail)	RV= 0.016x(yaş)+0.0280xboy (cm)-3.54		



Şekil:4.1. Bayan Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerleri (ml)

4.2.4. Bayan Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm İle Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar

Bayan deneklerin ölçülen rezidüel volüm (RVÖlç.) ile tahmin edilen Rezidüel volümlerinin (RVTh1, RVTh2, RVTh3, RVTh4, RVTh5, RVTh6) ortalamalarına ait farkın ortalama, standart sapma, t ve p değerleri çizelge: 4.5’de görülmektedir.

Tahmin edilen rezidüel volüm ölçümlerinden tahmin edilen rezidüel volüm 1 (RVTh1) tahmin edilen rezidüel volüm 2 (RVTh2), tahmin edilen rezidüel volüm 5 (RVTh5) sırasıyla 0.26, 0.19 ve 0.19 birim düşük tahmin ederken, tahmin edilen rezidüel volüm 3 (RVTh3) 0.23, tahmin edilen rezidüel volüm 4 (RVTh4) 0.30 ve tahmin edilen rezidüel volüm 6 (RVTh6) 0.08 birim yüksek tahmin etmesine rağmen, ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0.001$).

Çizelge: 4.5. Bayanların Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ölçülen Rezidüel Volüm ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar (L).

n=67	Ortalama \pm S.D.	t Değeri	P Değeri
RVÖlç.			
RVTh1	0.26 \pm 0.16	13.08	0.000
RVTh2	0.19 \pm 0.14	11.68	0.000
RVTh3	-0.23 \pm 0.18	-10.50	0.000
RVTh4	-0.30 \pm 0.13	-18.68	0.000
RVTh5	0.19 \pm 0.16	09.97	0.000
RVTh6	-0.08 \pm 0.16	-04.18	0.000

4.2.5. Bayan Deneklerin Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar

Tahmin edilen rezidüel volüm değerlerinin birbirleri ile olan ortalamalarına ait farklara bakıldığı zaman, her tahmin edilen rezidüel volümün değerlerinin birbirleri ile olan ortalamaları arasındaki farkın, istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($P<0.001$).

Bayan deneklerin tahmin edilen rezidüel volüm değerlerinin ortalamalarına ait farkların ortalama, standart sapma, t ve p değeri çizelge:4.6’da görülmektedir.

Çizelge: 4.6. Bayanların Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar (L)

n=67	Ortalama \pm S.D.	t Değeri	P Değeri
RVTh1-RVTh2	-0.061 \pm 0.015	-03.96	0.000
RVTh1-RVTh3	-0.485 \pm 0.020	-23.86	0.000
RVTh1-RVTh4	-0.560 \pm 0.016	-34.17	0.000
RVTh1-RVTh5	-0.065 \pm 0.018	-03.63	0.000
RVTh1-RVTh6	-0.341 \pm 0.018	-18.39	0.000
RVTh2-RVTh3	-0.423 \pm 0.011	-46.77	0.000
RVTh2-RVTh4	-0.498 \pm 0.004	-118.59	0.000
RVTh2-RVTh5	-0.064 \pm 0.005	-02.69	0.000
RVTh2-RVTh6	-0.279 \pm 0.007	-42.61	0.000
RVTh3-RVTh4	-0.075 \pm 0.012	-06.19	0.000
RVTh3-RVTh5	0.419 \pm 0.003	114.94	0.000
RVTh3-RVTh6	0.144 \pm 0.023	49.93	0.000
RVTh4-RVTh5	0.495 \pm 0.073	55.84	0.000
RVTh4-RVTh6	0.219 \pm 0.079	22.69	0.000
RVTh5-RVTh6	-0.275 \pm 0.018	-128.37	0.000

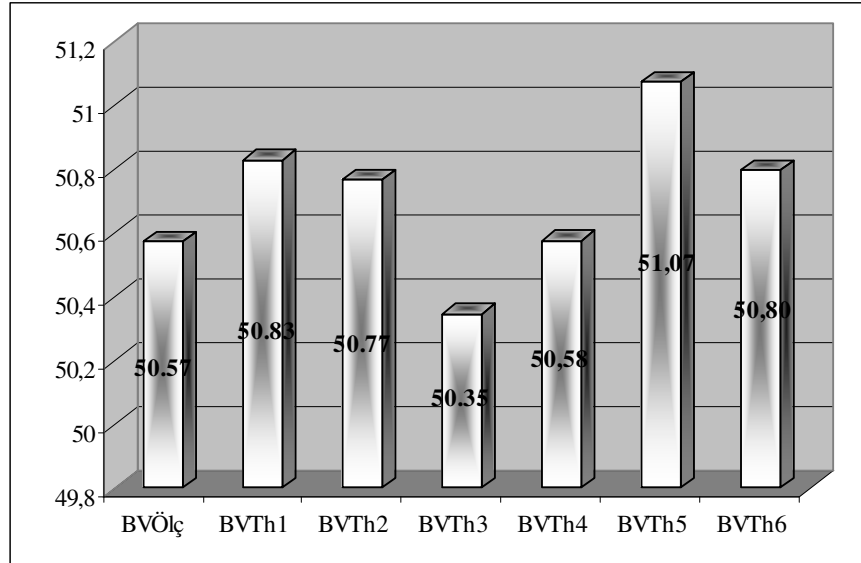
4.2.6. Bayan Deneklerin Beden Volümleri

Bayan deneklerin eşitliklerden elde edilen rezidüel volüm kullanılarak tahmin edilen beden volümleri (BVTh1, BVTh2, BVTh3, BVTh4, BVTh5, BVTh6) ve doğrudan yöntemle ölçülen rezidüel volüm kullanılarak elde edilen beden volümü (RVÖlç.) değerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.7'de görülmektedir. Bayan deneklerin ölçülen rezidüel volüm ve tahmin edilen rezidüel volüm kullanılarak hesaplanan beden volüm değerlerinin grafiksel görünümü şekil:4.2.'de görülmektedir.

Çizelge: 4.7. Bayan Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Volümü Değerleri (L)

n=67 Maksimum	Ortalama ± S.D.	Minimum	
BVÖlç.	50.5725±5.4626	38.1947	67.3288
BVTh1	50.8299±0.4323	38.2943	67.6892
BVTh2	50.7685±5.4308	38.3710	67.6285
BVTh3	50.3456±5.3876	38.0785	67.1052
BVTh4	50.5788±5.5009	38.0291	67.6781
BVTh5	51.0738±5.4417	38.6652	68.0092
BVTh6	50.7983±5.4374	38.4221	67.7331

Şekil:4.3. Bayan Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Volümleri (L)



4.2.7. Bayan Deneklerin Beden Yoğunlukları

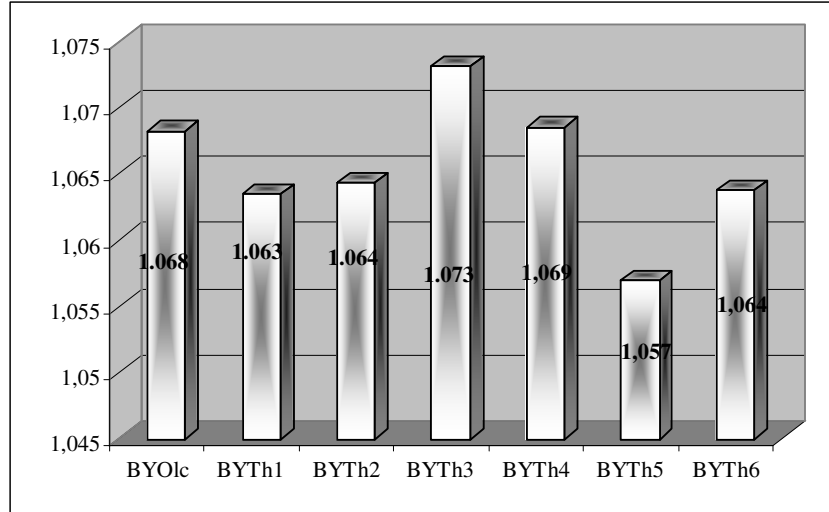
Bayan deneklerin ölçülen (RVÖlç.) ve tahmin edilen rezidüel volüm (RVTh1, RVTh2, RVTh3, RVTh4, RVTh5, RVTh6) değerleri kullanılarak elde edilen beden yoğunluğu değerlerinin (BDTh1, BDTh2, BDTh3, BDTh4, BDTh5, BDTh6) ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.8'de görülmektedir.

Çizelge: 4.8. Bayan Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerleri (kg/L).

n=67	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
BYÖlç.	01.0686±0.0088	01.0586	01.0971
BYTh1	01.0630±0.0082	01.0430	01.0830
BYTh2	01.0643±0.0084	01.0439	01.0816
BYTh3	01.0731±0.0091	01.0521	01.0920
BYTh4	01.0686±0.0093	01.0432	01.0879
BYTh5	01.0579±0.0087	01.0381	01.0763
BYTh6	01.0638±0.0089	01.0423	01.0813

Bayan deneklerin ölçülen beden volümü ve tahmin edilen beden volümleri kullanılarak hesaplanan beden yoğunluk değerlerinin grafiksel görünümü şekil:4.4'de görülmektedir.

Şekil: 4.4. Bayan Deneklerin Ölçülen Beden Volümü ve Tahmin Edilen Beden Volümleri Kullanılarak Hesaplanan Beden Yoğunlukları (kg/L)



4.2.8. Bayanların Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar

Bayanların ölçülen beden volümü (BVölç.) ve tahmin edilen beden volümü değerlerinden (BVTh1, BVTh2, BVTh3, BVTh4, BVTh5, BVTh6), ayrı ayrı beden yoğunlukları elde edilmiştir. Elde edilen beden yoğunlukları; ölçülen beden volümünden elde edilen beden yoğunluğu “BDÖLç., ile gösterilirken, tahmin edilen beden volümlerinden elde edilen beden yoğunlukları sırasıyla “BDTH1, BDTH2, BDTH3, BVTh4, BVTh5, BVTh6., kodları ile gösterilmiştir.

Buna göre yapılan analiz sonucu ölçülen beden yoğunluğu ile tahmin edilen beden yoğunluğu 1 (BYTh1), tahmin edilen beden yoğunluğu 2 (BYTh2), tahmin edilen beden yoğunluğu 3 (BYTh3) ve tahmin edilen beden yoğunluğu 6'nın (BYTh6) ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla 0.0056, 0.0038, 0.0049 ve 0.0047 birim düşük, tahmin edilen beden yoğunluğu 4 (BYTh4) ve tahmin edilen beden yoğunluğu 5 (BYTh5) ise 0.0036 ve 0.0732 birim yüksek tatmin ederken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkın ortalaması, standart sapması, t ve P değeri çizelge: 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge: 4.9. Bayanların Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar (kg/L).

n=67	Ortalama ± S.D.	t Değeri	P Değeri
BYÖlç.			
BYTh1	0.0056±0.0037	06.66	0.000
BYTh2	0.0038±0.0057	05.51	0.000
BYTh3	0.0049±0.0056	-07.19	0.000
BYTh4	-0.0036±0.0045	-02.65	0.000
BYTh5	-0.0732±0.1568	-03.82	0.000
BYTh6	0.0047±0.0049	07.33	0.000

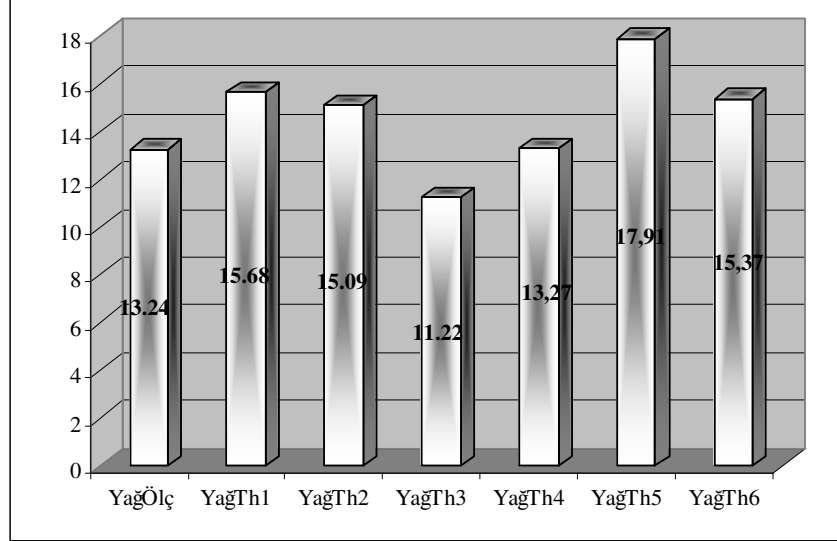
4.2.9. Bayan Deneklerin Beden Yağ Yüzdesi

Bayan ölçülen ve tahmin edilen rezidüel volüm kullanılarak ayrı ayrı elde edilen beden yoğunluklarına Siri'nin beden yağ yüzdesi formülü uygulanmıştır. Bu hesaplamadan elde edilen beden yağ yüzdesi değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.10'da görülmektedir.

Çizelge: 4.10. Bayan Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerleri.

n=67	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
YAĞÖlç.	13.24±3.79	05.35	22.06
YAĞTh1	15.68±3.61	07.06	24.59
YAĞTh2	15.09±3.70	07.68	24.17
YAĞTh3	11.22±3.90	03.31	20.50
YAĞTh4	13.27±4.05	04.99	24.51
YAĞTh5	17.91±3.86	09.90	26.83
YAĞTh6	15.37±3.91	07.79	24.89

Bayan deneklerin ölçülen ve tahmin edilen beden yoğunluğu kullanılarak hesaplanan beden yağ yüzdesi değerlerinin grafiksel görünümü şekil:4.5’de görülmektedir.



Şekil: 4.5. Bayan Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Beden Yoğunluğu Kullanılarak Hesaplanan Beden Yağ Yüzdesi Değerleri

4.2.10. Bayanların Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar.

Bayanların ölçülen beden yoğunluğu (BYölç.) ve tahmin edilen beden yoğunluğu değerlerine (BYTh1, BYTh2, BYTh3, BYTh4, BYTh5, BYTh6), Siri'nin beden yağ yüzdesi formülü uygulanarak, ayrı ayrı beden yağ yüzdesi değerleri elde edilmiştir. Elde edilen beden yağ yüzdeleri; ölçülen beden volümünden elde edilen beden yağ yüzdesi “YAĞÖLç., ile gösterilirken, tahmin edilen beden yoğunluklarından elde edilen beden yağ yüzdeleri sırasıyla “YAĞTh1, YAĞTh2, YAĞTh3, YAĞTh4, YAĞTh5, YAĞTh6,, kodları ile gösterilmiştir.

Buna göre yapılan analiz sonucu ölçülen beden yüzdesi ile tahmin edilen beden yağ yüzdesi 1 (YAĞTh1), tahmin edilen beden yağ yüzdesi 2 (YAĞTh2), tahmin edilen beden yağ yüzdesi 4 (YAĞTh4), tahmin edilen beden yağ yüzdesi 5 (YAĞTh5) ve tahmin edilen beden yağ yüzdesi 6'nın (YAĞTh6) ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla 2.44, 1.85, 2.68, 4.67 ve 2.12 birim yüksek, tahmin edilen beden yağ yüzdesi 3 ise 2.02 birim düşük tahmin ederken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkın ortalaması, standart sapması, t ve P değeri çizelge: 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge: 4.11. Bayanların Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar.

n=67	Ortalama ± S.D.	t Değeri	P Değeri
FATÖlç.			
YAĞTh1	-2.44±1.60	-12.44	0.000
YAĞTh2	-1.85±1.37	-11.06	0.000
YAĞTh3	2.02±1.58	10.45	0.000
YAĞTh4	-2.68±1.36	-10.16	0.000
YAĞTh5	-4.67±1.65	-23.19	0.000
YAĞTh6	-2.12±1.59	-10.96	0.000

4.3. Erkek Denekler

4.3.1. Erkek Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Yaşları 19.83-29.54 yıl arasında olan 99 erkek deneğin yaş, boy, ağırlık ve beden kütle indeksi değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge-4.12'de görülmektedir.

Çizelge: 4.12. Erkek Deneklerin yaş, boy, ağırlık ve BMI değerleri.

n=99	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Yaş (yıl)	23.47±01.86	19.83	29.54
Boy (cm)	177.72±06.82	160.00	196.00
Ağırlık (kg)	74.13±09.09	55.60	106.00
BMI (kg/cm ²)	23.46±02.26	18.10	29.20

4.3.2. Erkek Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri

Erkek deneklerin antropometrik ölçümlerini oluşturan uzunluk, skinfold, çap ve çevre ölçümlerine ait değerlerinin, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.13-a ve b'de görülmektedir.

Çizelge: 4.13-a. Erkek Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri.

n=99	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Uzunluk Ölçümleri (cm)			
Oturma Yüksekliği	93.66±04.92	78.30	102.00
Kulaç Uzunluğu	180.52±07.67	161.40	202.40
Bacak Uzunluğu	104.88±05.35	92.40	119.20
Kol Uzunluğu	78.86±03.61	70.20	89.78
El Uzunluğu	19.26±00.91	17.20	22.50
Ayak Uzunluğu	26.63±01.30	23.60	29.80
Skinfold Ölçümleri (mm)			
Triceps	08.48±03.35	03.10	19.40
Biceps	04.29±01.63	02.50	11.20
S.Scapular	11.75±03.88	06.10	27.10
S.İliac	08.20±04.08	03.10	26.20
Abdomin	18.06±07.46	05.30	38.00
Midaxillar	08.98±03.59	04.50	23.10
Önkol	05.63±01.83	03.00	11.10
Uyluk	13.01±05.65	04.50	34.20
Calf	07.71±03.47	03.30	20.50
Göğüs	06.57±02.86	02.50	15.70

Çizelge: 4.13-b. Erkek Deneklerin Antropometrik Ölçüm Değerleri.

n=99	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Çap Ölçümleri (mm)			
Humerus	06.64±00.38	05.30	07.60
Femur	09.41±00.69	06.00	11.20
Biacromial	40.17±02.53	30.00	46.00
Bitrochanter	32.31±01.91	28.50	38.00
Biliac	27.97±02.67	21.00	39.50
Çevre Ölçümleri (cm)			
Omuz	111.00±06.13	91.80	127.50
Göğüs	94.44±05.75	79.50	108.40
Bel	80.67±05.73	71.10	102.00
Karın	84.99±06.49	74.40	104.80
Kalça	97.65±05.62	76.50	110.30
Uyluk	55.31±03.62	45.00	64.30
Diz	38.46±01.96	33.50	43.60
Calf	37.69±02.23	32.30	43.90
Ayak Bileği	23.78±01.52	20.50	28.50
Biceps	29.56±02.67	24.30	36.40
Önkol	27.49±01.72	24.20	31.90
El Bileği	17.87±01.11	13.30	20.50
Boyun	38.62±01.85	32.20	43.30

4.3.3. Erkek Deneklerin Vital Kapasite ve Rezidüel Volüm Ölçümleri

Erkek deneklerin rezidüel volümünün indirek yöntemle spirometre ile ölçülen vital kapasite ölçümünün, tahmin denklemlerinden elde edilen rezidüel volüm değerlerinin (RVTh1, RVTh2, RVTh3) ve direk yöntemle açık devre metoduna dayalı nitrojen washout tekniği ile Vmax SPECTRA 229LV, Sensormedics marka cihazla ölçülen, rezidüel volüm (RVÖlç.) ölçümünün ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ve çizelge: 4.14'de görülmektedir.

Çizelge: 4.14. Erkek Deneklerin Vital Kapasite ve Rezidüel Volüm Ölçüm Değerleri (L)

n=99	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
Nitrojen Washout Tekniği			
Rezidüel Volüm (RVÖlç.)	01.59±00.13	01.22	01.92
¹ Rezidüel Volüm (RVTh1)	01.28±00.15	00.88	01.72
² Rezidüel Volüm (RVTh2)	01.41±00.13	01.05	01.79
³ Rezidüel Volüm (RVTh3)	01.99±00.21	01.41	02.61
⁴ Rezidüel Volüm (RVTh4)	01.90±00.17	01.43	02.39
⁵ Rezidüel Volüm (RVTh5)	01.38±00.12	01.06	01.70
⁶ Rezidüel Volüm (RVTh6)	01.41±00.26	00.88	02.19
Vital Kapasite (VC)	05.36±00.64	03.68	07.18

¹Tahmin Denklemi-1 (Wilmore)

$$RV = VC \times 0.24 \text{ (erkek)}$$

²Tahmin Denklemi-2 (Boren)

$$RV = 0.019 \times \text{boy}(\text{cm}) + 0.0115 \times \text{yaş} - 2.24$$

³Tahmin Denklemi-3 (Pollock&Wilmore)

$$RV = 0.017 \times (\text{yaş}) + 0.6858 \times \text{boy}(\text{inç}) - 3.477$$

⁴Tahmin Denklemi-4 (Paoletti)

$$RV = 0.0179 \times (\text{yaş}) + 0.0243 \times \text{boy}(\text{cm}) - 2.8364$$

⁵Tahmin Denklemi-4 (Grimby&Söderholm)

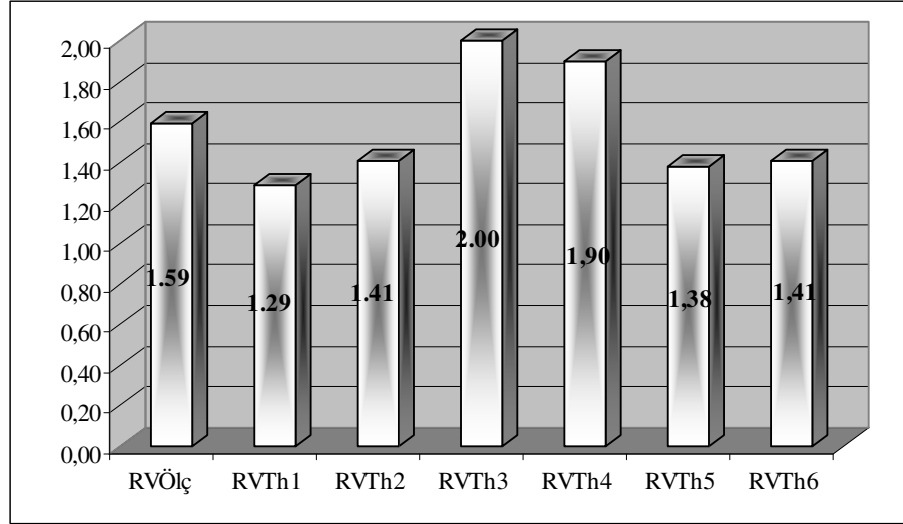
$$RV = 0.022 \times (\text{yaş}) + 0.0198 \times \text{boy}(\text{cm}) - 1.54$$

⁶Tahmin Denklemi-5 (Chin&Allen)

$$RV = 0.0158 \times (\text{ağırlık}) + 0.0239 \times (\text{tri.} + \text{ssc.}) + 0.00048 \times (\text{yaş}) - 2.261$$

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm ve tahmin edilen rezidüel volüm değerlerinin grafiksel görünümü şekil:4.6’da görülmektedir.

Şekil: 4.6. Erkek Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri



4.3.4. Erkek Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm İle Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ortalamalarına Ait Farklar

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm (RVÖlç.) ile tahmin edilen Rezidüel volümlerinin (RVTh1, RVTh2, RVTh3, RVTh4, RVTh5, RVTh6) ortalamalarına ait farkın ortalama, standart sapma, t ve p değerleri çizelge: 4.15’de görülmektedir.

Tahmin edilen rezidüel volüm ölçümlerinden tahmin edilen rezidüel volüm 1 (RVTh1), tahmin edilen rezidüel volüm 2 (RVTh2) ve tahmin edilen rezidüel volüm 4 (RVTh4) sırasıyla 0.31, 0.18 ve 0.31 birim yüksek tahmin ederken, tahmin edilen rezidüel volüm 3 (RVTh3), tahmin edilen rezidüel volüm 5 (RVTh5) ve tahmin edilen rezidüel volüm 6 (RVTh6) değerleri sırasıyla 0.41, 0.21 ve 0.19 birim düşük tahmin etmesine rağmen, ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.001$).

Çizelge: 4.15. Erkeklerin Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinin Ölçülen Rezidüel Volüm ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar.

n=99	Ortalama ± S.D.	t Değeri	P Değeri
RVÖlç.			
RVTh1	-0.31±0.15	-19.76	0.000
RVTh2	-0.18±0.13	-14.63	0.000
RVTh3	0.41±0.18	21.86	0.000
RVTh4	-0.31±0.14	-20.98	0.000
RVTh5	0.21±0.16	12.66	0.000
RVTh6	0.19±0.25	07.42	0.000

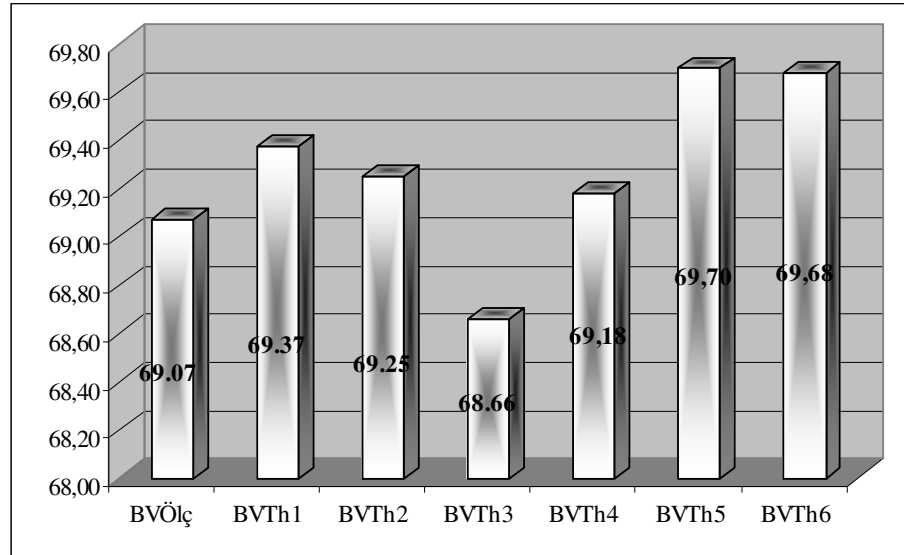
4.3.5. Erkek Deneklerin Beden Volümleri

Erkek deneklerin eşitliklerden elde edilen rezidüel volüm kullanılarak tahmin edilen beden volümleri (BVTh1, BYTh2, BVTh3, BVTh4, BVTh5, BVTh6) ve direk yöntemle ölçülen rezidüel volüm kullanılarak elde edilen beden volümü (RVÖlç.) değerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.16'da görülmektedir.

Çizelge: 4.16. Erkek Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Volümü Değerleri (L)

n=99	Ortalama \pm S.D.	Minimum	Maksimum
BVÖlç.	69.07 \pm 8.77	51.49	100.38
BVTh1	69.37 \pm 8.77	52.02	100.71
BVTh2	69.25 \pm 8.75	51.72	100.49
BVTh3	68.66 \pm 8.69	51.25	99.67
BVTh4	69.18 \pm 8.78	51.72	100.40
BVTh5	69.69 \pm 8.93	51.93	101.47
BVTh6	69.68 \pm 8.67	52.48	100.60

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm ve tahmin edilen rezidüel volüm kullanılarak hesaplanan beden volümlerinin grafiksel görünümü şekil:4.7'de görülmektedir.



Şekil: 4.7. Erkek Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Volümleri (L)

4.3.6. Erkek Deneklerin Beden Yoğunlukları

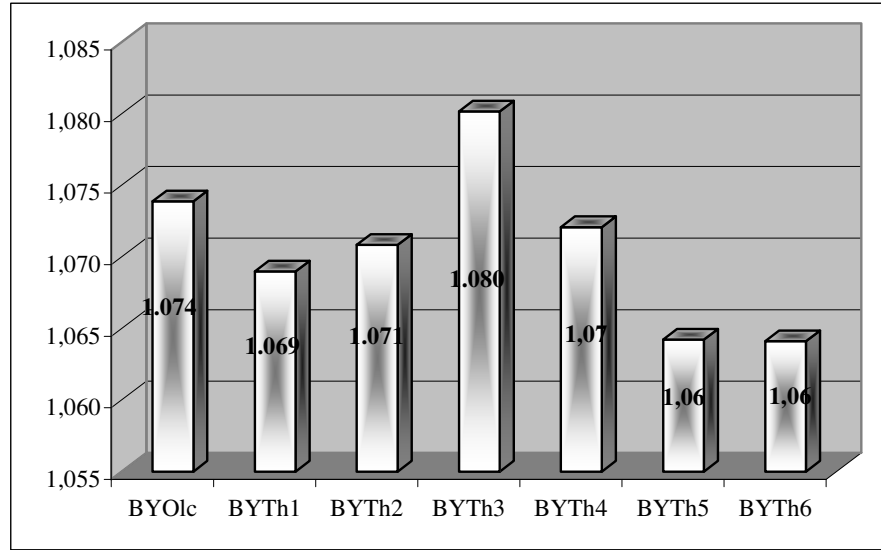
Erkek deneklerin ölçülen (RVÖlç.) ve tahmin edilen rezidüel volüm (RVTh1, RVTh2, RVTh3, RVTh4, RVTh5, RVTh6) değerleri kullanılarak elde edilen beden yoğunluğu değerlerinin (BYTh1, BYTh2, BYTh3, BYTh4, BYTh5, BYTh6)

ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.17’de görülmektedir.

Çizelge:4.17. Erkek Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerleri (Kg/L)

n=99	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
BYÖlç.	01.074±0.0073	01.049	01.087
BYTh1	01.069±0.0075	01.045	01.083
BYTh2	01.070±0.0071	01.045	01.082
BYTh3	01.080±0.0076	01.053	01.092
BYTh4	01.080±0.0076	01.053	01.092
BYTh5	01.080±0.0076	01.053	01.092
BYTh6	01.080±0.0076	01.053	01.092

Erkek deneklerin ölçülen beden volümü ve tahmin edilen beden volümleri kullanılarak hesaplanan beden yoğunluklarının grafiksel görünümü şekil:4.8’de görülmektedir.



Şekil: 4.8. Erkek Deneklerin Ölçülen Beden Volümü ve Tahmin Edilen Beden Volümleri Kullanılarak Hesaplanan Beden Yoğunlukları (Kg/L)

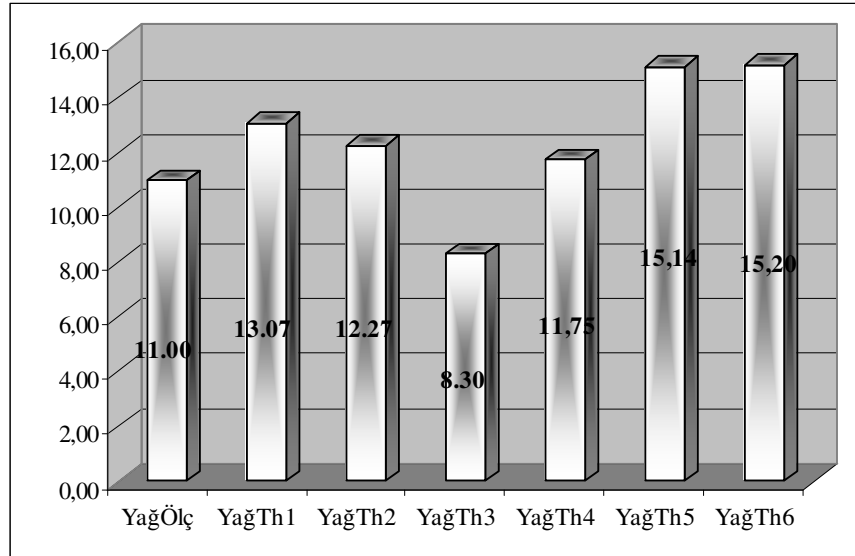
4.3.7. Erkek Deneklerin Beden Yağ Yüzdesi

Erkek deneklerin ölçülen ve tahmin edilen rezidüel volüm kullanılarak ayrı ayrı elde edilen beden yoğunluklarına Siri'nin beden yağ yüzdesi formülü uygulanmıştır. Bu hesaplamadan elde edilen beden yağ yüzdesi değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri çizelge: 4.18’de görülmektedir.

Çizelge: 4.18. Erkek Deneklerin Ölçülen ve Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerleri Kullanılarak Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerleri (%).

n=99	Ortalama ± S.D.	Minimum	Maksimum
YAĞÖlç.	10.99±3.18	05.40	21.95
YAĞTh1	13.07±3.28	07.18	23.51
YAĞTh2	12.27±3.09	07.29	23.48
YAĞTh3	08.30±3.26	03.14	19.88
YAĞTh4	11.75±3.19	06.72	22.04
YAĞTh5	15.14±3.50	09.52	25.66
YAĞTh6	15.19±2.62	09.83	23.69

Erkek deneklerin ölçülen beden volümü ve tahmin edilen beden volümleri kullanılarak hesaplanan beden yağ yüzdesi değerlerinin grafiksel gösterimi şekil:4.9'da görülmektedir.



Şekil: 4.9. Erkek Deneklerin Ölçülen Beden Volümü ve Tahmin Edilen Beden Volümleri Kullanılarak Hesaplanan Beden Yağ Yüzdesi Değerleri (%)

4.3.8. Erkeklerin Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerleri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar

Erkeklerin ölçülen beden volümü (BVölç.) ve tahmin edilen beden volümü değerlerinden (BVTh1, BVTh2, BVTh3, BVTh4, BVTh5, BVTh6), ayrı ayrı beden yoğunlukları elde edilmiştir. Elde edilen beden yoğunlukları; ölçülen beden volümünden elde edilen beden yoğunluğu "BYÖLç.", ile gösterilirken, tahmin edilen beden volümlerinden elde edilen beden yoğunlukları sırasıyla "BYTH1, BYTH2, BYTH3, BYTH4, BYTH5, BYTH6,, kodları ile gösterilmiştir.

Buna göre yapılan analiz sonucu ölçülen beden yoğunluğu ile tahmin edilen beden yoğunluğu 1 (BYTh1), tahmin edilen beden yoğunluğu 2 (BYTh2), tahmin edilen beden yoğunluğu 4 (BYTh4), tahmin edilen beden yoğunluğu 5 (BYTh5) ve

tahmin edilen beden yoğunluğu 6'nın (BYTh6) ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla 0.0048, 0.0029, 0.0018, 0.0096 ve 0.0098 birim düşük, tahmin edilen beden yoğunluğu 3'ün (BYTh3) ise 0.0063 birim yüksek tahmin ettiği görülürken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkın ortalaması, standart sapması, t ve P değeri çizelge: 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge: 4.19. Erkeklerin Tahmin Edilen Rezidüel Volüm Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar (Kg/L)

n=99	Ortalama ± S.D.	t Değeri	P Değeri
BYÖlç.			
BYTh1	0.0048±0.0026	18.60	0.000
BYTh2	0.0029±0.0022	13.51	0.000
BYTh3	-0.0063±0.0028	-22.37	0.000
BYTh4	0.0018±0.0024	07.34	0.000
BYTh5	0.0096±0.0025	38.64	0.000
BYTh6	0.0098±0.0042	23.38	0.000

4.3.9. Erkeklerin Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar.

Erkeklerin ölçülen beden yoğunluğu (BYölç.) ve tahmin edilen beden yoğunluğu değerlerine (BYTh1, BYTh2, BYTh3, BYTh4, BYTh5, BYTh6), Siri'nin beden yağ yüzdesi formülü uygulanarak, ayrı ayrı beden yağ yüzdesi değerleri elde edilmiştir. Elde edilen beden yağı yüzdeleri; ölçülen beden volümünden elde edilen beden yağ yüzdesi "YAĞÖLç., ile gösterilirken, tahmin edilen beden yoğunluklarından elde edilen beden yağ yüzdeleri sırasıyla "YAĞTh1, YAĞTh2, YAĞTh3, YAĞTh4, YAĞTh5, YAĞTh6., kodları ile gösterilmiştir.

Buna göre yapılan analiz sonucu ölçülen beden yüzdesi ile tahmin edilen beden yağ yüzdeleri 1 ve tahmin edilen beden yağ yüzdesi 2'nin ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla 2.08, 1.27 birim düşük, tahmin edilen beden yağ yüzdesi 3 ise 2.69 birim yüksek tahmin ederken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkın ortalaması, standart sapması, t ve P değeri çizelge: 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge: 4.20. Erkeklerin Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değerlerinin Ölçülen RV ile Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi Değeri ile Olan Ortalamalarına Ait Farklar (%)

n=99	Ortalama ± S.D.	t Değeri	P Değeri
YAĞÖlç.			
YAĞTh1	-2.08±1.11	-18.60	0.000
YAĞTh2	-1.27±0.93	-13.55	0.000
YAĞTh3	2.69±1.19	22.43	0.000
YAĞTh4	-0.74±1.03	-07.17	0.000
YAĞTh5	-4.14±1.07	-38.35	0.000
YAĞTh6	-4.19±1.79	-23.22	0.000

4.4. Bayanlar Korelasyon Analizleri

4.4.1. Bayan Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyonu

Bayan deneklerin direk yöntemle belirlenen ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri, arasındaki ilişki çizelge: 4.21’de görülmektedir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile en yüksek ilişki RVTh2 ile gösterilen tahmin denklemi olurken ($r=0.466$), daha sonra RVTh3 ($r=0.466$) ve RVTh1 ($r=0.382$) yer almıştır. Ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri arasında orta seviyeli bir ilişki olduğu görülmüştür.

Çizelge: 4.21. Bayan Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyonu (L)

	RVÖlç.	RVTh1	RVTh2	RVTh3	RVTh4	RVTh5	RVTh6
RVTh1	0.382**	1					
RVTh2	0.466**	0.530**	1				
RVTh3	0.457**	0.518**	0.996**	1			
RVTh4	0.468**	0.425**	0.958**	0.943**	1		
RVTh5	0.456**	0.519**	0.995**	0.998**	0.941**	1	
RVTh6	0.465**	0.530**	0.998**	0.997**	0.957**	0.996**	1

**P<0.01

4.4.2. Bayan Deneklerin Beden Yoğunluklarının Korelasyonu

Bayan deneklerin ölçülen beden volümü üzerinden hesaplanan beden yoğunluğu (BDÖlç.) ile tahmin edilen beden volümleri üzerinden hesaplanan beden yoğunlukları arasındaki ilişki, çizelge:4.22’de gösterilmiştir. Buna göre ölçülen beden yoğunluğu ile diğer beden yoğunlukları arasında oldukça yüksek bir ilişki olduğu görülmüştür. Ölçülen beden yoğunluğu ile tahmin edilen beden yoğunlukları arasındaki ilişki sırasıyla; BDTh2 ($r=0.933$), BDTh3 ($r=0.914$) ve BDTh1 ($r=0.907$) şeklindedir.

Çizelge: 4.22. Bayan Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu ile Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Korelasyonu (Kg/L)

	BYÖlç.	BYTh1	BYTh2	BYTh3	BYTh4	BYTh5	BYTh6
BYTh1	0.907**	1					
BYTh2	0.933**	0.950**	1				
BYTh3	0.914**	0.922**	0.991**	1			
BYTh4	0.882**	0.906**	0.927**	0.939**	1		
BYTh5	0.845**	0.919**	0.945**	0.958**	0.960**	1	
BYTh6	0.853**	0.918**	0.946**	0.961**	0.975**	0.998**	1

**P<0.01

4.4.3. Bayan Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm ile Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu

Rezidüel volüm ile boy ($r=0.445$) arasında orta seviyede bir ilişki, yaş ($r=0.230$) ve ağırlık ($r=0.227$) ile düşük seviyede bir ilişki gözlemlenirken beden kütle indeksi ($r=-0.074$) ile oldukça düşük bir seviyede ve ters yönde bir ilişki gözlemlenmiştir. Deneklerin ölçülen rezidüel volüm değeri ile fiziksel özellikleri arasındaki ilişki çizelge: 4.23’de gösterilmiştir.

Çizelge: 4.23. Bayan Deneklerin Ölçülen RV İle Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu

	RVÖlç.	BOY	AĞR.	YAŞ	BMI
BOY (cm)	0.445**	1			
AĞR. (kg)	0.227	0.608	1		
YAŞ (yıl)	0.230	0.152	0.007	1	
BMI (kg/cm ²)	-0.074	-0.046	0.753**	-0.119	1

**P<0.01

4.5. Erkek Deneklerin Korelasyonu

4.5.1. Erkek Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyonu

Erkek deneklerin direk yöntemle belirlenen ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri, arasındaki ilişki çizelge:4.24’de görülmektedir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile en yüksek ilişki RVTh2 ile gösterilen tahmin denklemi olurken ($r=0.551$), daha sonra RVTh3 ($r=0.541$) ve RVTh1 ($r=0.425$) yer almıştır. Ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri arasında orta seviyeli bir ilişki olduğu görülmüştür.

Çizelge: 4.24. Erkek Deneklerin Ölçülen RV ile Tahmin Edilen RV Değerlerinin Korelasyonu (L)

	RVÖlç.	RVTh1	RVTh2	RVTh3	RVTh4	RVTh5	RVTh6
RVTh1	0.425**	1					
RVTh2	0.551**	0.639**	1				
RVTh3	0.541**	0.635**	0.996**	1			
RVTh4	0.553**	0.639**	0.999**	0.993**	1		
RVTh5	0.137	0.274**	0.462**	0.456**	0.463**	1	
RVTh6	0.311**	0.254*	0.393**	0.379**	0.397**	-0.501**	1

**P<0.01

4.5.2. Erkek Deneklerin Beden Yoğunluğu Değerlerinin Korelasyonu

Erkek deneklerin ölçülen beden volümü üzerinden hesaplanan beden yoğunluğu (BYÖlç.) ile tahmin edilen beden volümleri üzerinden hesaplanan beden yoğunlukları arasındaki ilişki, çizelge:4.25’de gösterilmiştir. Buna göre ölçülen beden yoğunluğu ile diğer beden yoğunlukları arasında oldukça yüksek bir ilişki olduğu

görülmüştür. Ölçülen beden yoğunluğu ile tahmin edilen beden yoğunlukları arasındaki ilişki sırasıyla; BDTh2 (r=0.955), BDTh1 (r=0.940) ve BDTh3 (r=0.930) şeklindedir.

Çizelge: 4.25. Erkek Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu ile Tahmin Edilen RV Değerlerinden Elde Edilen Beden Yoğunluğu Değerlerinin Korelasyonu (L)

BYÖlç.	BYTh1	BYTh2	BYTh3	BYTh4	BYTh5	BYTh6
BYÖlç.	1					
BYTh1	0.940**	1				
BYTh2	0.955**	0.967**	1			
BYTh3	0.930**	0.947**	0.990**	1		
BYTh4	0.945**	0.956**	0.989**	0.988**	1	
BYTh5	0.951**	0.938**	0.969**	0.963**	0.986**	1
BYTh6	0.826**	0.859**	0.854**	0.791**	0.822**	0.790**

**P<0.01

4.5.3. Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu

Rezidüel volüm ile boy (r=0.529) ve ağırlık (r=0.472) arasında orta seviyede bir ilişki, yaş (r=0.218) ve BMI (r=0.182) ile düşük seviyede bir ilişki gözlemlenmiştir. Deneklerin ölçülen rezidüel volüm değeri ile fiziksel özellikleri arasındaki ilişki çizelge: 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge: 4.26. Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Fiziksel Özelliklerinin Korelasyonu

RVÖlç.	BOY	AĞR.	YAŞ	BMI
BOY (cm)	0.529**	1		
AĞR. (kg)	0.472**	0.437**	1	
YAŞ (yıl)	0.218*	0.064	0.233**	1
BMI (kg/cm ²)	0.182	0.002	0.766**	0.242**

**P<0.01

* P<0.05

4.6. Bayan Deneklerin Regresyon Analizi

4.6.1. Bayanlarda Bağımlı Değişken Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak, Rezidüel Volümün Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi

Bu çalışmada katılımcıların fiziksel özellikleri dikkate alınarak yeni bir regresyon modeli geliştirmek için, verilere Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen residual volüm (RVÖlç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, ölçülen rezidüel volüm ile boy (r=0.445), yaş (r=0.230) ve ağırlık(r=0.227) değişkenleri modele girmiştir. Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Bayanlarda analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, boydur. Modellerin çoklu korelasyon katsayısı (R), çoklu açıklayıcılık

katsayısı (R^2) ve regresyon denkleminin standart hatası çizelge: 4.27-a'da gösterilmiştir.

Çizelge : 4.27-a Bayanlarda Rezidüel Volüm Regresyon analizinin R, R^2 ve SEE Değerleri

Model	R	R^2	SEE
1	0.476	0.226	0.132
2	0.474	0.225	0.131
3	0.445	0.198	0.132

a Predictors: (Constant), AGR, YAŞ, BOY

b Predictors: (Constant), AGR, BOY

c Predictors: (Constant), BOY

Bu bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları, katsayının standart hatası ve t değerleri çizelge:4.27-b'de görülmektedir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, ölçülen rezidüel volümü açıklama oranı (R^2) %45 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.132olarak bulunmuştur.

Çizelge : 4.27-b Bağımlı Değişken RVÖlç. Kullanılarak, RV'nin Kestirilebilmesi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri

Modele Giren Bağımsız Değişken	Regresyon Katsayısı	Katsayının Standart Hatası	t	P
Model 1				
Yaş	0.01412	0.010	1.438	0.155
Boy	0.01146	0.004	3.155	0.002
Ağırlık	-0.00120	0.004	-0.331	0.742
Model 2				
Yaş	0.01447	0.010	1.493	0.140
Boy	0.01073	0.003	3.767	0.000
Model 3				
Constant	-0.797			
Boy	0.01137	0.003	4.003	0.000

Yapılan analiz sonucunda elde edilen regresyon şu şekildedir.

$$\text{RegRV} = 0.01137(\text{boy}) - 0.797$$

4.6.2. Bayanlarda Bağımlı Değişken Ölçülen Rezidüel Volüm Üzerinden Elde Edilen Beden Volümü Kullanılarak, Beden Volümünün Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi

Bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen rezidüel volüm kullanılarak elde edilen beden volümü (BVölç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle BVölç. ile korelasyonu yüksek olan ağırlık ($r=0.997$), boy ($r=0.591$), omuz çevresi ($r=0.726$), bel çevre ($r=0.741$), karın çevresi ($r=0.683$), kalça çevresi ($r=0.816$), uyluk çevresi ($r=0.659$), göğüs çevresi ($r=0.787$), biceps çevre ($r=0.638$) ve onkol çevresi ($r=0.657$) değişkenleri modele girmiştir. Backwart Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Bayanlarda analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız

değişkenler, boy, ağırlık, karın çevre, kalça çevre, uyluk çevre ve boyun çevresidir. Çoklu korelasyon katsayısı (R), çoklu açıklayıcılık katsayısı (R²) ve regresyon denkleminin standart hatası çizelge:4.28-a'da gösterilmiştir.

Çizelge : 4.28-a Bayanlarda Regresyon analizinin R, R² ve SEE Değerleri

	R	R ²	SEE
Model	0.998	0.9978	0.325

Bu bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları, katsayının standart hatası ve t değerleri çizelge:4.28-b'de görülmektedir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, beden volümünü açıklama oranı (R²) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.325 olarak bulunmuştur.

Çizelge : 4.28-b Bağımlı Değişken BVÖlç. Kullanılarak, BV'nün Kestirilebilmesi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri

Modele Giren Bağımsız Değişken	Regresyon Katsayısı	Katsayının Standart Hatası	t	P
Constant	-5.601			
Ağırlık	0.9200	0.017	55.064	0.000
Kalça Çevre	0.0693	0.017	4.027	0.000
Uyluk Çevre	0.0463	0.015	2.945	0.003
Omuz Çevre	-0.0249	0.012	-2.039	0.046

Yapılan analiz sonucunda elde edilen regresyon şu şekildedir.

$$\text{RegBV} = 0.92(\text{Ağr.}) + 0.0693(\text{kalça çev.}) + 0.0463(\text{uyluk çev.}) - 0.0249(\text{omuz çev.}) - 5.601$$

4.7. Erkek Deneklerin Regresyon Analizi

4.7.1. Erkeklerde Bağımlı Değişken Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak, Rezidüel Volümün Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi

Bu çalışmada fiziksel özellik verilerinden yeni bir regresyon modeli geliştirmek için, verilere Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen residual volüm (RVÖlç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, ölçülen residual volüm ile ağırlık (r=0.472), boy (r=0.529), yaş(r=0.218) değişkenleri modele girmiştir. Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Çoklu korelasyon katsayısı (R), çoklu açıklayıcılık katsayısı (R²) ve regresyon denkleminin standart hatası çizelge: 4.29-a'da gösterilmiştir.

Çizelge :4.29-a Erkeklerde Rezidüel Volüm Regresyon analizinin R, R² ve SEE Değerleri

Model	R	R ²	SEE
1	0.577	0.332	0.110
2	0.560	0.314	0.111

a Predictors: (Constant), AGR, YAŞ, BOY

b Predictors: (Constant), YAŞ, BOY

Bu bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları, katsayının standart hatası ve t değerleri çizelge:4.29-b'de görülmektedir. Analiz sonucunda, bağımsız

değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, ölçülen rezidüel volümü açıklama oranı (R^2) %31 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.111 olarak bulunmuştur.

Çizelge :4.7.29-b Bağımlı Değişken RV Ölç. Kullanılarak, RV'nin Kestirilebilmesi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri

Modele Giren Bağımsız Değişken	Regresyon Katsayısı	Katsayının Standart Hatası	t	P
Model 1				
Constant	-0.251			
Yaş	0.01065	0.006	1.724	0.088
Boy	0.00785	0.002	3.716	0.000
Ağırlık	0.00266	0.002	1.637	0.105
Model 2				
Constant	-0.502			
Yaş	0.01316	0.006	2.180	0.032
Boy	0.01004	0.002	6.100	0.000

Yapılan analiz sonucunda elde edilen regresyon şu şekildedir.

$$\text{RegRV} = 0.01316(\text{Yaş}) + 0.01004(\text{Boy}) - 0.502$$

4.7.2. Erkeklerde Bağımlı Değişken Ölçülen Rezidüel Volüm Üzerinden Elde Edilen Beden Volümü Kullanılarak, Beden Volümünün Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi

Bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen rezidüel volüm kullanılarak elde edilen beden volümü (BVölç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle BVölç. ile korelasyonu yüksek olan ağırlık ($r=0.999$), boy ($r=0.627$), boyun ($r=0.454$), omuz çevresi ($r=0.676$), bel çevre ($r=0.780$), karın çevresi ($r=0.794$), kalça çevresi ($r=0.741$), uyluk çevresi ($r=0.588$), göğüs çevresi ($r=0.673$), biceps çevre ($r=0.659$), onkol çevresi ($r=0.629$), el bileği çevresi ($r=0.536$), diz ($r=0.635$), calf çevresi ($r=0.624$), skinfold ölçümlerinden; abdomin ($r=0.598$), suprailiac ($r=0.608$), midaxillar ($r=0.591$), bitrochanteric çap ($r=0.510$), oturma yüksekliği ($r=0.522$), kulaç uzunluğu ($r=0.503$) ve bacak uzunluğu ($r=0.517$), değişkenleri modele girmiştir. Backwart Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Erkeklerde analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, oturma yüksekliği ve omuz çevresidir. Çoklu korelasyon katsayısı (R), çoklu açıklayıcılık katsayısı (R^2) ve regresyon denkleminin standart hatası çizelge: 4.30-a'da gösterilmiştir.

Çizelge : 4.30-a Erkeklerde Beden Volümü Regresyon analizinin R , R^2 ve SEE Değerleri

	R	R^2	SEE
Model	0.999	0.998	0.350

Bu bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları, katsayının standart hatası ve t değerleri çizelge:4.30-b'de görülmektedir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, beden

volümünü açıklama oranı (R^2) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.35 olarak bulunmuştur.

Çizelge: 4.30-b Bağımlı Değişken BVÖlç. Kullanılarak, BV'nün Kestirilebilmesi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri

Modele Giren Bağımsız Değişken	Regresyon Katsayısı	Katsayının Standart Hatası	t	P
Constant	-0.357			
Ağırlık	0.9610	0.007	147.426	0.000
Omuz Çevresi	-0.0211	0.008	-2.567	0.000
Midaxillar Skinfold	0.0586	0.012	4.696	0.000

Yapılan analiz sonucunda elde edilen regresyon şu şekildedir.

$$\text{RegBV} = 0.961(\text{Ağırlık}) - 0.0211(\text{omuz çev}) + 0.0586(\text{midaxillar}) - 0.357$$

4.8. Tüm Grup Regresyon Analizi

4.8.1. Tüm Grup için Bağımlı Değişken Ölçülen Rezidüel Volümün Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi (Cinsiyet Faktörü)

Bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir regresyon modeli geliştirmek için, verilere Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen rezidüel volüm (RVölç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, RVölç. ile boy ($r=0.756$), ağırlık ($r=0.715$), yaş ($r=0.410$) ve cinsiyet değişkenleri modele girmiştir. Tüm grup için yapılan analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, boy ve oturma yüksekliğidir. Çoklu korelasyon katsayısı (R), çoklu açıklayıcılık katsayısı (R^2) ve regresyon denkleminin standart hatası çizelge:4.31-a'da gösterilmiştir.

Çizelge : 4.31-a Tüm Grup Rezidüel Volüm Regresyon analizinin R, R^2 ve SEE Değerleri

Model	R	R^2	SEE
1	0.756	0.571	0.1123
2	0.785	0.617	0.116
3	0.796	0.634	0.114

a Predictors: (Constant), BOY

b Predictors: (Constant), BOY, CİNS

c Predictors: (Constant), BOY, CİNS, YAS

Bu bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları, katsayının standart hatası ve t değerleri çizelge: 4.31-b'de görülmektedir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, rezidüel volümü açıklama oranı (R^2) %63 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.114 olarak bulunmuştur.

Çizelge: 4.31-b Bağımlı Değişken RVÖlç. Kullanılarak, RV'nün Kestirilebilmesi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri

Modele Giren Bağımsız Değişken	Regresyon Katsayısı	Katsayının Standart Hatası	t	P
Model 1				
Constant	-1.179			
Boy	0.01548	0.001	14.736	0.000
Model 2				
Constant	-0.481			
Boy	0.01103	0.001	7.755	0.000
Cinsiyet	0.115	0.026	4.384	0.000
Model 3				
Constant	-0.725			
Boy	0.01137	0.003	4.003	0.000
Cinsiyet*	0.100	0.026	3.793	0.000
Yaş	0.01381	0.005	2.766	0.006

*Bayanlar için 0 Erkekler için 1

Yapılan analiz sonucunda elde edilen regresyon şu şekildedir.

$$\text{RegRV} = 0.01137(\text{Boy}) + 0.01381(\text{Yaş}) + 0.1(\text{cins}) - 0.725$$

4.8.2. Tüm Grup için Bağımlı Değişken Ölçülen Rezidüel Volümden Elde Edilen Beden Volümü Kullanılarak, Beden Volümünün Kestirilebilmesi İçin Regresyon Analizi (Cinsiyet Faktörü)

Bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen rezidüel volüm kullanılarak elde edilen beden volümü (BVölç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle BVölç. ile korelasyonu yüksek olan boy (r=0.823), ağırlık (r=0.999), boyun çevre (r=0.822), omuz çevre (r=0.876), biceps çevre (r=0.823), önkol çevresi (r=0.857), el bileği çevresi (r=0.780), göğüs çevre (r=0.838), karın çevre (r=0.810), bel çevresi (r=0.910), kalça çevre (r=0.770), uyluk çevre (r=0.653), diz çevre (r=0.724), calf çevre (r=0.741), ayak bileği çevresi (r=0.661), supscapula (r=0.513), ayak uzunluğu (r=0.763), bacak uzunluğu (r=0.675), kulaç uzunluğu (r=0.772), el uzunluğu (r=0.697), kol uzunluğu (r=0.726), oturma yüksekliği (r=0.677), bitrochanter (r=0.576), femur (r=0.562), humerus çap (r=0.661) ve cinsiyet değişkenleri modele girmiştir. Backwart Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Tüm grup için yapılan analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, ağırlık, kol uzunluğu, omuz çevresi, karın çevresi, önkol çevresi, el bileği çevresi ve cinsiyettir. Çoklu korelasyon katsayısı (R), çoklu açıklayıcılık katsayısı (R²) ve regresyon denkleminin standart hatası çizelge:4.32-a'da gösterilmiştir.

Çizelge : 4.32-a Tüm Grup İçin Regresyon analizinin R, R² ve SEE Değerleri

	R	R ²	SEE
Model	0.9999	0.9998	0.366

Bu bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları, katsayının standart hatası ve t değerleri çizelge:4.32-b'de görülmektedir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, beden volümünü açıklama oranı (R^2) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.366 olarak bulunmuştur.

Çizelge: 4.32-b Bağımlı Değişken BVÖlç. Kullanılarak, BV'nün Kestirilebilmesi İçin Modele Giren Değişkenlerin Regresyon Katsayıları, Standart Hataları ve t Değerleri

Modele Giren Bağımsız Değişken	Regresyon Katsayısı	Katsayının Standart Hatası	t	P
Constant	-1.136			
Ağırlık	0.960	0.007	144.417	0.000
Omuz Çevresi	-0.02749	0.007	-3.942	0.000
Karın Çevresi	0.03154	0.007	4.240	0.000
*Cinsiyet	-0.606	0.107	-5.677	0.000

*Bayanlar için 0
Erkekler için 1

Yapılan analiz sonucunda elde edilen regresyon şu şekildedir.

$$\text{RegBV} = 0.96(\text{ağr.}) - 0.02749(\text{omuz çev.}) + 0.03154(\text{karın çev.}) - 0.606(\text{cins}) -$$

1.136

4.9. Bayan ve Erkek Deneklerin Digital Fotoğraf Tekniği Ölçüm Sonuçları ile Ölçülen Beden Volüm Değeri ile Korelasyonu

Bayan Deneklerin digital fotoğraf tekniği ile elde edilen ön, yan ve toplam piksel sayılarının aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri ile, bu ölçüm sonucu elde edilen piksel değerlerinin beden volümü ile olan korelasyonları çizelge: 4.9.1'de gösterilmiştir.

Çizelge: 4.9.1. Bayan Deneklerin Digital fotoğraf tekniği ve Ölçülen Beden volümü ile Piksel Değerlerinin Korelasyonu

	A.O.±S.S.	Ölç.BV
Ön Piksel	404.374±42.766	0.350**
Yan Piksel	237.545±28.431	0.363**
Toplam Piksel	641.919±70.536	0.359**

Erkek Deneklerin digital fotoğraf tekniği ile elde edilen ön, yan ve toplam piksel sayılarının aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri ile, bu ölçüm sonucu elde edilen piksel değerlerinin beden volümü ile olan korelasyonları çizelge: 4.9.2'de gösterilmiştir.

Çizelge: 4.9.2. Bayan Deneklerin Digital fotoğraf tekniği ve Ölçülen Beden volümü ile Piksel Değerlerinin Korelasyonu

	A.O.±S.S.	Ölç.BV
Ön Piksel	494.533±52.800	0.400**
Yan Piksel	290.236±33.633	0.467**
Toplam Piksel	784.768±85.404	0.431**

TARTIŞMA

Spor bilimi araştırmacıları, antrenörler, fitnes programı hazırlayanlar sıklıkla beden yağ yüzdesinin belirlenmesine ihtiyaç duymaktadır. Beden kompozisyonu bilgisi, sporcuların fiziksel ve mental sağlıklarının sürekli gözetimlerini yapan tıbbi yardım personeli için de oldukça önemlidir. Beden kompozisyonundaki ani değişiklikler ciddi bir şekilde sağlıkla ilgili belirtileri gösterebilir. Örneğin; bayan sporcularda yeme bozukluğu, amenore ve osteoporoz gibi rahatsızlıklar bazı sporcularda gelişebilmektedir ⁽¹⁵³⁻¹⁵⁵⁾. Bu üçlü hastalık, sağlığı önemli bir şekilde etkilemekte, kemik kaybı ve ani ölüm gibi sonuçlara neden olabilmektedir ⁽¹⁵³⁻¹⁵⁵⁾. Düşük beden ağırlığı ya da beden yağ oranı çok düşük olup, spor yapan elit yarışma sporcularının bu ciddi rahatsızlıklara yakalanma ya da gelişme risk oranları oldukça yüksektir ^(153,154,156).

Sualtı tartımı ile belirlenen beden yağ yüzdesi, bir standart olarak kullanılmaktadır ve oldukça yüksek bir geçerlilik ve güvenilirliğe sahiptir (142,143). Bu yüksek geçerlilik ve güvenilirlik, beden yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılan sualtı tartımına, su ısısına yani suyun yoğunluğuna ve rezidüel volüme bağlıdır ^(157,158).

Sualtı tartımında beş denemenin ortalaması ⁽⁹⁷⁾, tüm ölçümlerden son 2 ya da 3 ölçümün ortalaması ^(133,144), aralarındaki fark 100 ml'den daha küçük olan üç ölçümün ortalaması ⁽¹⁴³⁾ ve denemelerden en yüksek değere sahip olan 3 ölçümün ortalaması, sualtı tartımının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada sualtı tartımında yapılan 10 denemeden en yüksek üç ölçümün ortalaması alınmıştır. Aynı zamanda hem bayanlarda hem de erkeklerde uygulanan sualtı tartımının güvenilirliği test edilmiş ve oldukça yüksek sınıf içi korelasyon katsayısına sahip olduğu gözlemlenmiştir [ICC=0.9962 (%95 güven aralığı=0.9904-0.9985)].

Çalışmamızda tüm deneklere uygulanan boy, ağırlık, antropometrik ölçümler, uzunluk ölçümlerinden; oturma yüksekliği, kulaç uzunluğu, el uzunluğu, ayak uzunluğu ölçümleri, skinfold ölçümlerinden; triceps, biceps, supscapula, suprailiac, abdominal, midaxillar, önkol, uyluk, calf ve göğüs ölçümleri, çap ölçümlerinden; humerus, femur, biacromial ve bitrochanter, çevre ölçümlerinden; omuz, bel, karın, kalça, uyluk, diz, calf, ayakbileği, biceps, önkol, el bileği ve boyun ölçümleri, rezidüel volümün belirlenmesi için spirometre ile ölçülen vital kapasite ve oksijen analizörü ile açık devre metoduna dayalı nitrojen-washout yöntemi ile ölçülen rezidüel volüm ve sualtı tartımı ölçümlerinin re-test sonuçlarının sınıfiçi korelasyon katsayılarının da oldukça yüksek bir düzeyde olduğu gözlemlenmiştir (çizelge:4.1-a ve 4.1-b).

Densitometre ya da sualtı tartımı, beden yağ yüzdesinin laboratuvar ortamında yüksek güvenilirlik ve geçerlilikte tahmin edilmesini sağlamaktadır ⁽¹¹⁾. Beden kompozisyonunu belirlemede kullanılan, genellikle skinfold, biyoelektrik impedans gibi kullanımı kolay ve pratik olan yöntemler için geçerlilik ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ⁽¹¹⁸⁾.

Hidrostatik tartım tekniği, Archimet ilkesine dayanmaktadır. Bu ilkeye göre yapılan beden yağ miktarı ölçümlerinin geçerliliği, yapılan direkt ve indirekt ölçümler yardımı ile gözlemlenmiştir. Bu yaklaşımlara bağlı kalınarak beden yağ miktarının belirlenmesinde Pace ve Rathburn, Brozek ve ark. ⁽²¹⁾ ile Siri ⁽³²⁾ formülleri kullanılmıştır. Ancak bu konu ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda Brozek ⁽²¹⁾ ile Siri'nin ⁽³²⁾ formülleri daha yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir ^(16,17,33-39). Çalışmamızda beden yağ yüzdesinin belirlenmesinde Siri'nin beden yağ yüzdesi formülü kullanılmıştır.

Beden yağ yüzdesinin yüksek doğrulukla hesaplanabilmesi için, sualtı tartım yöntemi ile hesaplanan beden volümünden, rezidüel volümün çıkarılması gerekmektedir.

Reziüel volüm sıklıkla yaş, fiziksel özellikler ve vital kapasite gibi değişkenlerle tahmin edilmektedir. Rezidüel volüm, çok büyük değişkenliğe sahip olması nedeni ile, toplam beden hacminin belirlenmesinde gerçek değerine çok yakın olarak ölçülmesi önemlidir ^(16,25,100). Nikorikawa ve arkadaşları ⁽¹⁵⁹⁾, ölçülen ve tahmin edilen beden yoğunluğu değerleri arasında anlamlı bir farkın olduğunu bildirmişlerdir. Morrow ve çalışma arkadaşları ⁽⁹⁷⁾, tahmin edilen rezidüel volümün beden yağ yüzdesi hesaplanmasında hatalara neden olabileceğini bildirmişlerdir. Bu oran bayanlarda %2.9, erkeklerde ise %3.7 olarak bildirilmiştir. Sualtı tartımında yapılan 100 miligramlık ve rezidüel volüm ölçümünde yapılan 100 mililitrelik hata, beden yağ yüzdesi üzerinde %0.7 oranında bir hataya neden olmaktadır ^(117,157). Tahmin eşitliklerinin kullanımında da RV beden yağ yüzdesini 5.7 oranında etkileyebilmektedir ⁽¹⁶⁰⁾. Bu nedenle araştırmacılar, ölçülen rezidüel volümü kullanmakta ve güvenilirliği hakkında açıklama yapmaktadırlar ^(97,114).

Marks ve Katch ⁽¹¹⁴⁾ ve Morrow ⁽⁹⁷⁾, oksijen dilüsyon yöntemi ile belirlenen rezidüel volümün çok daha geçerli olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda rezidüel volümün belirlenmesinde açık devre yöntemine dayalı, nitrojen washout tekniği kullanılmıştır.

Yaşla beraber, bireysel farklılıklar, fiziksel antrenman seviyesi gibi değişkenler rezidüel volüm üzerinde etkili olmaktadır ⁽¹⁶¹⁾. Diğer popülasyonlar kullanılarak geliştirilen eşitliklerin hata aralığı, çevre, iklim yapısı, çalışma şartları, beslenme ve bunlara bağlı olarak etkilenecek değişebilmektedir ⁽¹⁶²⁾.

Marks ve Katch ⁽¹¹⁴⁾, rezidüel volüm hesaplamalarındaki biyolojik ve teknolojik değişimleri incelemişlerdir. Gözlemler, deneğe bağlı değişkenlerin %72'sinin biyolojik, %19'nun teknolojik etkilere bağlı olduğunu göstermiştir. Bütün deneklerde güvenilirlik katsayısı $r=0.95$ değeri ile oksijen dilüsyon tekniği en güvenilir tekniği oluşturmuştur. Çalışmamızda kullanılan ölçülen rezidüel volüm değerinin güvenilirlik katsayısının oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir ([ICC:0.9962 %95(0.9904-0.9985)]).

Dilüsyon teknikleri içinde nitrojen dilüsyon ^(110,115) helyum dilüsyonu ve oksijen dilüsyonu teknikleri bulunmaktadır. Hangisinin tercih edileceği daha çok elde bulunan laboratuvar düzeneğine göre belirlenmektedir. Bununla birlikte rezidüel volümün dilüsyon teknikleri ile ölçülmesinde gerekli laboratuvar ortamı yoksa, rezidüel volümün vital kapasite üzerinden tahmin yolu ile yapılabileceği gözlemlenmiştir ^(110,115,116). Buna göre ölçülen vital kapasitenin bayanlarda %28'i erkeklerde %24'ü rezidüel volümü vermektedir. Wilmore'un ⁽¹⁰⁰⁾ yapmış olduğu çalışmalara göre yaş ve cinsiyete bağlı olarak belirlenmiş rezidüel volüm katsayıları güvenilir olarak kullanılmaktadır ⁽¹⁰⁸⁾. Çalışmamızda vital kapasite üzerinden rezidüel volümün değerlendirilmesinde Wilmore'un tahmin eşitliği kullanılmıştır. Güvenilirlik katsayısının da oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir [ICC:0.9886 %95(0.7967-0.9877)].

Rezidüel volüm: Çalışmamızda bayan deneklerde tahmin eşitliklerinden elde edilen değerler, ölçülen rezidüel volüm değerinden sırasıyla RVTh1 %19 (260 ml) ve RVTh2 %14 (190 ml), RVTh5 % 14 (190 ml) oranında eksik bulunurken, RVTh3 %17 (230 ml), RVTh4 %22 (300 ml), RVTh6 %6 (80 ml) oranında yüksek bulunmuştur (P<0.001, çizelge: 4.11).

Bayan deneklerin direkt yöntemle ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri, arasındaki ilişki düzeylerine baktığımızda, ölçülen rezidüel volüm ile en yüksek ilişki RVTh4 ile gösterilen tahmin denklemi olurken (r=0.468), diğerleri r=0.382 ile 0.466 arasında ilişkili bulunmuştur (p<0.01).

Withers ve Ball (1988) bayan sporcularda ölçülen, kestirilen ve tahmin edilen rezidüel volüm değerlerini karşılaştırdıkları çalışmada, ölçülen rezidüel volüm değerleri arasında 63-75 ml., vital kapasite kullanılarak kestirilen değerlerde 144-685 ve 1000 ml. sabit değişken kullanıldığında, 187-252 ml. farklar olduğunu ve bu farklarında beden yoğunluğu değerlerini sırasıyla 0.00121-0.00141 g.cm-3, 0.00283-0.01291, 0.00362-0.00527 arttırdığını, bunlarında beden yağ yüzdesini 0.5-0.6, 1.3-5.7, 1.6-2.5 oranlarında etkilediğini bildirmişlerdir ⁽¹⁶⁰⁾.

Erkek deneklerde tahmin eşitliklerinden elde edilen değerler, ölçülen rezidüel volüm değerinden sırasıyla RVTh1 %20 (310 ml), RVTh2 %11 (180 ml), RVTh5 %13 (210 ml) ve RVTh6 %12 (190 ml) oranında düşük tahmin ederken, RVTh3 %26 (410 ml) ve RVTh4 %20 (310 ml) oranında yüksek tahmin etmiştir (P<0.001).

Erkek deneklerin direkt yöntemle belirlenen ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri arasındaki ilişki düzeylerine baktığımızda, ölçülen rezidüel volüm ile en yüksek ilişki RVTh4 ile gösterilen tahmin denklemi olurken (r=0.553), daha sonra RVTh2 (r=0.551), RVTh3 (r=0.541), RVTh1 (r=0.425), RVTh6 (r=0.311) ve RVTh5 (r=0.137) yer almıştır. Ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm değerleri arasında orta seviyeli bir ilişki olduğu görülmüştür (p<0.01).

Withers (1990) ölçülen rezidüel volüm değerleri arasında 0.00109 (0.5 % Yağ) ve 0.00145g.cm-3 (0.6 % Yağ) fark bulunurken, kestirilen rezidüel volüm rezidüel volüm değerleri arasında 0.00306 (1.3 % Yağ) ve 0.01207 (5.1 % Yağ) 1300 ml. sabit değer kullanılarak yapılan hesaplamada ise 0.00394 (1.7 % Yağ) ve 0.00441 g.cm-3 (1.9 % Yağ) arasında farklar bulunmuştur ⁽¹⁰²⁾.

Akers ve Buskirk ⁽¹²⁸⁾ ve Wilmore ⁽¹²¹⁾ ölçülen rezidüel volüm ile tahmin edilen rezidüel volüm arasında anlamlı farklılıklar olabileceğini işaret etmişlerdir. Buna ek olarak Akers ve Buskirk rezidüel volümün beden yoğunluğunun belirlenmesinde en fazla hata oluşturan veya etkileyen faktör olduğunu rapor etmişlerdir. Going' de ⁽¹¹⁷⁾ rezidüel volümün ölçüm hatalarının beden yağ yüzdesindeki hatalara büyük ölçüde yansıdığını belirtmiştir.

Beden Yoğunluğu: Çalışmamızda ölçülen ve tahmin edilen rezidüel volüm kullanılarak beden yoğunlukları hesaplanmıştır. Buna göre hem bayanlarda hem de erkeklerde doğal olarak RV tahminlerinden doğan farklılıklar Beden Yoğunluğunun hesaplama sonuçlarını da aynı oranda etkilemiştir.

Bayanlarda ölçülen beden yoğunluğu ile tahmin edilen beden yoğunluğu 1 (BYTh1), 2 (BYTh2), 3 (BYTh3) ve 6'nın (BYTh6) ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla 0.0056, 0.0038, 0.0049 ve 0.0047 birim düşük, 4 (BYTh4) ve 5 (BYTh5) ise 0.0036 ve 0.0732 birim yüksek tahmin ederken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür.

Erkeklerde ölçülen beden yoğunluğu ile tahmin edilen beden yoğunluğu 1 (BYTh1), 2 (BYTh2), 4 (BYTh4), 5 (BYTh5) ve 6'nın (BYTh6) ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla 0.0048, 0.0029, 0.0018, 0.0096 ve 0.0098 birim düşük, 3'ün (BYTh3) ise 0.0063 birim yüksek tahmin ettiği görülürken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür.

Beden Yağ Yüzdesi: Bayanlarda ölçülen ve tahmin edilen RV kullanılarak hesaplanan beden yoğunluklarıyla Siri'nin beden yağ yüzdesi eşitliği kullanarak hesaplanan beden yağ yüzdesi değerlerine bakıldığında, ölçülen beden yağ yüzdesi (YağÖlç.) 13.24±3.79 bulunurken, tahmin edilen beden yağ yüzdesi sırasıyla; (YağTh1) 15.68±3.61, (YağTh2) 15.09±3.70, (YağTh3) 11.22±3.90, (YAĞTh4) 13.27±4.05, (YAĞTh5) 17.91±3.86, (YAĞTh6) 15.37±3.91 olarak belirlenmiştir.

Buna göre yapılan analiz sonucu ölçülen beden yüzdesi ile YAĞTh1, YAĞTh2, YAĞTh4, YAĞTh5 ve YAĞTh6 ortalamaları arasındaki fark, sırasıyla %2.44, %1.85, %2.68, %4.67 ve %2.12 yüksek, YAĞTh3 ise %2.02 düşük tahmin ederken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür.

Erkeklerde ölçülen RV üzerinden Siri'nin beden yağ yüzdesi eşitliği kullanarak hesaplanan beden yağ yüzdesi değerlerine bakıldığı zaman, ölçülen beden yağ yüzdesi (YağÖlç.) 10.99±3.18 bulunurken, tahmin edilen beden yağ yüzdesi sırasıyla; (YağTh1) 13.07±3.28, (YağTh2) 12.27±3.09, (YağTh3) 8.30±3.26, (YağTh4) 11.75±3.19, YağTh5 15.14±3.50 ve YağTh6 15.19±2.62 olarak belirlenmiştir.

Erkeklerde yapılan analiz sonucu ölçülen beden yüzdesine göre YağTh1 %2.08, YağTh2 %1.27, YağTh4 % 0.74, YağTh5 %4.14, YağTh6 %4.19 yüksek, YağTh3 ise %2.69 düşük tahmin ederken, istatistiksel olarak ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür (p<0.001).

Tahmin eşitliklerinin maksimum ve minimum RV değerleri bakımından incelendiğinde bayanlarda minimum 0,00 (2. eşitlik) ile maksimum 580 ml (3. eşitlik) arasında, erkeklerde ise 110 (5.eşitlik) ile 1020 ml (3. eşitlik) arasında farklı

sonuçlar verebileceği gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre RV ortalama 1330 ml olan bayanın %yağ değeri gerçek değerinden %5,57 kadar farklı sonuçlar verecektir. Erkeklerde ise ortalama RV 1590 ml olan bir niversiteli sporcunun %yağ değerini gerçek değerinden %18 kadar yüksek sonuçlar verebilecektir.

Yüzde yağ belirleme kriter olarak $\pm\%2.5$ ölçüt alındığında bayanlarda 4 eşitliğin, erkeklerde ise 3 eşitliğin ortalamalara göre farklarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gözlemlenmektedir.

Bayanlar için RV sabit değerini 1000 ml erkekler için 1300 ml kabul edilerek yapılacak bir hesaplamada daha düşük hatalar verebileceği bildirilmektedir. Örneğin alışmamızda ortalama RV bayanlar için 1330 erkekler için ise 1590 ml bulunmuştur. Buna göre bayanlarda ortalama fark 330 ml erkeklerde ise 290 ml olacaktır. Bayanlarda % yağ 2.85 kadar düşük ya da 3.19 kadar yüksek hesaplanacaktır. Erkeklerde ise % yağ 1.72 kadar düşük ya da 2.16 kadar yüksek hesaplanacaktır.

Miller ve arkadaşlarının (1998) araştırmacıların RV kestirme eşitliklerini karşılaştırdığı çizelgede (izelge: 2.3) en yüksek kestirme katsayısı erkeklerde 0.64 ile Goldman ve Becklake (1959) eşitliği olduğu görülmektedir. Ancak eşitliklerle ilgili SEE oldukça yüksek olmakla birlikte birçoğunda bu değer verilmemiştir.

Morrow ve arkadaşları (1986) beden yoğunluğu ölçümlerinde ölçülen rezidüel volümün doğruluğu üzerine yaptıkları çalışmada antrenmanlı sporcularda Vital kapasitenin % değerini ile kestirilen RV nin ölçülen değerden (SEE) 318 ml farklı sonuç verdiğini, bu değer kullanılarak hesaplanan %yağ değerinin de %2.18 farklı olduğunu bulmuşlardır. Aynı çalışmada tahmin denklemlerinden elde edilen RV değerlerinin de 288 ml – 579 ml arasında farklı sonuçlar verdiğini, yağ yüzdesini 1.98 ile 3.7 arasında farklı hesapladığı bulunmuştur.

Bir çok deneysel çalışmada ölçülen rezidüel volüm kullanılmıştır ^(123-125,127,130-133). Mark, Katch ⁽¹³⁴⁾ ve Morrov ⁽¹³⁵⁾ güvenilirliği ve geçerliliği kontrol ederken ölçülen rezidüel volümün doğruluğunun, beden yoğunluğu tahminini kayda değer bir şekilde etkilediğine işaret etmişlerdir. Bu sebepten dolayı ve pratik kullanımda rezidüel volümün kestirilmesi için birçok kestirme eşitlikleri önerilmiştir. Fiziksel zelliklerin vital kapasiteyi etkilediği ve popülasyonlara göre değişiklikler gösterdiği bilinmektedir ^(136,137-144). Bundan dolayı popülasyona özgü ve sporcular için yeni rezidüel volüm denklemleri oluşturmak gerekmektedir.

Buradan yola çıkarak elde edilen verilerden hem bayan denek grubu hem de erkek denek grubu için, beden volümünün ve rezidüel volümün kestirilebilmesi için, regresyon analizi yapılmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız kestirme eşitliklerinden RVTh4 eşitliği bayanlarda en yüksek kestirme kat sayısını ($R= 0.468$, $SEE= 131$ ml) ve diğerleriyle benzer hata kat sayısını vermiştir. Çalışmaya katılan bayan deneklerin boy yaş ve ağırlık verileriyle RV değerlerini kestirmek üzere yaptığımız stepwise regresyon analizinde de benzer sonuçlar bulunmuştur. Boy yaş ve ağırlık için $R=0.476$ $SEE=132$ ml ($RV=0.01412 \times \text{yaş} + 0.01146 \times \text{boy} - 0.001204 \times \text{ağırlık} - 0.797$), yaş ve boy için $R=0,474$, $SEE=131$ ml ($RV=0.001447 \times \text{yaş} + 0.01073 \times \text{boy} - 0.749$), ve yalnız boy için $R= 0.445$, $SEE= 132$ ml ($RV=0.01137 \times \text{boy} - 0.01137$) bulunmuştur.

Erkeklerde de en yüksek kestirme katsayısı $R= 0.553$ ve $SEE= 111$ ml ile RVTh4 eşitliği vermiştir. Çalışmaya katılan erkek deneklerin yaş, boy ve ağırlıklarıyla girilen regresyon analizinde ölçülen RV kestirme kat sayısı yaş boy ve ağırlık için $R=0.577$, $SEE=101$ ml ($RV= 0.007848 \times \text{boy} + 0.00266 \times \text{ağr} + 0.01065 \times \text{yaş} - 0,251$), yaş ve boy için ise $R=0.560$, $SEE= 111$ ml ($RV=0,01004 \times \text{boy} + 0,01316 \times \text{yaş} - 502$) olarak bulunmuştur.

Bayanlar ve erkeklerde geliştirdiğimiz regresyon analiziyle bulunan sonuçlar uyguladığımız kestirme eşitlikleri ile benzer sonuçlar verdiği görülmektedir.

Her iki cinsi içeren bir eşitlik geliştirmek üzere yaş, cinsiyet, boy değerleriyle regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda boy cins ve yaş için $R=0.796$ ve $SEE 114$ ml kestirme hatası belirlenmiştir ($R= 0,01067 \times \text{boy} + 0,1 \times \text{cins} + 0,01381 \times \text{yaş} - 0,725$).

Her iki cins için ayrı ayrı geliştirilen eşitliklerden daha yüksek kestirme ve daha düşük belirleme hatası olan bu eşitliğin kullanılabilmesi ve gelecek çalışmalarda çapraz karşılaştırmalarda kullanılarak geçerliliğinin sınanacağını düşünmekteyiz.

Bayanlarda bağımlı değişken ölçülen rezidüel volüm kullanılarak, bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir rezidüel volüm regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen residual volüm (RVÖlç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle ölçülen rezidüel volüm ile korelasyonu yüksek olan boy ($r=0.445$), ayak uzunluğu ($r=0.330$), bacak uzunluğu ($r=0.448$), kulaç uzunluğu ($r=0.341$), el uzunluğu ($r=0.323$), kol uzunluğu ($r=0.402$) ve oturma yüksekliği ($r=0.420$) değişkenleri modele girmiştir. Backwart Stepwise analizi sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, oturma yüksekliği ve bacak uzunluğudur. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, ölçülen rezidüel volümü açıklama oranı (R^2) %24 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.129 olarak bulunmuştur.

$$\text{RegRV} = 0.00968(\text{oturm. yuk}) + 0.01013(\text{bacak uzunluğu}) - 0.518$$

Beden volümünün ancak %24'lük kısmı bu denklemlerle açıklanabilmektedir, geri kalan %76'lük kısmı diğer faktörlerce tayin edilmektedir. Ayrıca bacak uzunluğunun RV ile biyolojik bir ilişkide olamayacağı düşünülmektedir. Bu yüzden eşitliğin kestirme duyarlılığı ve kullanılabilirliği düşüktür. Ölçülen RV yerine kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Bayanlarda bağımlı değişken ölçülen rezidüel volüm üzerinden elde edilen beden volümü kullanılarak, bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir beden volümü regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen beden volümü ile korelasyonu yüksek olan ağırlık ($r=0.997$), boy ($r=0.591$), omuz çevresi ($r=0.726$), bel çevre ($r=0.741$), karın çevresi ($r=0.683$), kalça çevresi ($r=0.816$), uyluk çevresi ($r=0.659$), göğüs çevresi ($r=0.787$), biceps çevre ($r=0.638$) ve onkol çevresi ($r=0.657$) değişkenleri modele girmiştir ve analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, boy, ağırlık, karın çevre, kalça çevre, uyluk çevre ve boyun çevresidir. Bağımsız değişkenlerin beden volümünü açıklama oranı (R^2) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.325 olarak bulunmuştur.

$$\text{RegBV} = 0.92(\text{Ağr.}) + 0.0693(\text{kalça çev.}) + 0.0463(\text{uyluk çev.}) - 0.0249(\text{omuz çev.}) - 5.601$$

Eşitlik bayanlarda beden volümünün %99'lük kısmını 0.325L hata ile kestirebilmektedir. Oldukça yüksek bir kestirme katsayısı buna karşılık yüksek hata katsayısı olması nedeniyle 18-25 Yaş grubu arasındaki aktif spor yapan bayanlar için kullanışlı olamayacağı düşünülmektedir.

Erkeklerde bağımlı değişken ölçülen rezidüel volüm kullanılarak, bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir rezidüel volüm regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen residual volüm (RVÖlç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle ölçülen residual volüm ile korelasyonu yüksek olan ağırlık (r=0.472), boy (r=0.529), boyun (r=0.262), omuz çevresi (r=0.511), bel çevre (r=0.344), karın çevresi (r=0.330), kalça çevresi (r=0.272), göğüs çevresi (r=0.280), diz (r=0.340), calf çevresi (r=0.305), ayak bileği çevresi (r=0.279), kol uzunluğu (r=0.315), femur çap (r=0.293), biacromial çap (r=0.389), oturma yüksekliği (r=0.528), ayak uzunluğu (r=0.373), bacak uzunluğu (r=0.391) ve kulaç uzunluğu (r=0.444) değişkenleri modele girmiştir. Backwart Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Erkeklerde analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, oturma yüksekliği ve omuz çevresidir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin ölçülen rezidüel volümü açıklama oranı (R²) %38 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.105 olarak bulunmuştur.

$$\text{RegRV} = 0.01024(\text{ot.yuk}) + 0.00761(\text{omuz çevre}) - 0.213$$

Beden volümünün ancak %38'lük kısmı bu denklemlerle açıklanabilmektedir, geri kalan %62'lik kısmı diğer faktörlerle tayin edilmektedir. Bu yüzden eşitliğin kestirme duyarlılığı ve kullanılabilirliği düşüktür. Ölçülen RV yerine kullanılabilirdiği düşünülmemektedir. Ayrıca sadece oturma yüksekliği ve omuz çevresinin rezidüel volümle doğrudan biyolojik bir ilişki içinde olduğu düşünülmemektedir.

Erkeklerde bağımlı değişken ölçülen rezidüel volüm üzerinden elde edilen beden volümü kullanılarak, bu çalışmada toplanan antropometrik verilerden yeni bir beden volümü regresyon modeli geliştirmek için, verilere Backwart Stepwise regresyon analizi uygulanmıştır. Ölçülen rezidüel volüm kullanılarak elde edilen beden volümü (BVölç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle BVölç. ile korelasyonu yüksek olan ağırlık (r=0.999), boy (r=0.627), boyun (r=0.454), omuz çevresi (r=0.676), bel çevre (r=0.780), karın çevresi (r=0.794), kalça çevresi (r=0.741), uyluk çevresi (r=0.588), göğüs çevresi (r=0.673), biceps çevre (r=0.659), onkol çevresi (r=0.629), el bileği çevresi (r=0.536), diz (r=0.635), calf çevresi (r=0.624), skinfold ölçümlerinden; abdomen (r=0.598), suprailiac (r=0.608), midaxillar (r=0.591), bitrochanteric çap (r=0.510), oturma yüksekliği (r=0.522), kulaç uzunluğu (r=0.503) ve bacak uzunluğu (r=0.517), değişkenleri modele girmiştir. Backwart Stepwise analizi, adım adım öngörmediği değişkenleri çıkartarak analizi tekrar uygulamıştır. Erkeklerde analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, oturma yüksekliği ve omuz çevresidir. Analiz sonucunda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni, yani modele giren bağımsız değişkenlerin, beden volümünü açıklama oranı (R²) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 0.35 olarak bulunmuştur.

$$\text{RegBV} = 0.961(\text{Ağırlık}) - 0.0211(\text{omuz çev}) + 0.0586(\text{midaxillar.}) - 0.357$$

Eşitlik erkeklerde beden volümünün %99'lük kısmını 350 ml hata ile kestirebilmektedir. Oldukça yüksek bir kestirme katsayısı buna karşılık yüksek hata katsayısı olması nedeniyle 18-25 Yaş grubu arasındaki aktif spor yapan erkeklerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Aynı zamanda her iki cins içinde kullanılan bir rezidüel volüm eşitliği geliştirmek için, bağımlı değişken olarak ölçülen rezidüel volüm kullanılmış ve cinsiyet faktörü eklenmiştir. Ölçülen rezidüel volüm (RVölç.) sonuçlarının kestirilebilmesi için, öncelikle RVölç. ile korelasyonu yüksek olan boy ($r=0.756$), ağırlık ($r=0.715$), boyun çevre ($r=0.662$), omuz çevre ($r=0.695$), biceps çevre ($r=0.534$), önkol çevresi ($r=0.640$), el bileği çevresi ($r=0.577$), göğüs çevre ($r=0.569$), karın çevre ($r=0.503$), bel çevresi ($r=0.646$), ayak uzunluğu ($r=0.680$), bacak uzunluğu ($r=0.632$), kulaç uzunluğu ($r=0.703$), el uzunluğu ($r=0.582$), kol uzunluğu ($r=0.646$), oturma yüksekliği ($r=0.666$) ve humerus çap ($r=0.563$) ve cinsiyet değişkenleri modele girmiştir. Tüm grup için yapılan analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, boy ve oturma yüksekliğidir ve bağımsız değişkenlerin rezidüel volümü açıklama oranı (R^2) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 330 ml olarak bulunmuştur.

$$\text{RegRV} = 0.00696(\text{boy}) + 0.00814(\text{ot. yük.}) + 0.125(\text{cins}) - 0.529$$

Regresyon eşitliğinin standart belirleme hatası (330 ml) oldukça yüksek bulunmuştur. Ortalama bir erkek deneğin 1.59 L RV değeri standart hata eklendiğinde hesaplanacak % yağ değerini %2.42 oranında etkileyecektir.

Yine her iki cins içinde kullanılan bir beden volümü eşitliği geliştirmek için, bağımlı değişken olarak ölçülen beden volümü kullanılmış ve cinsiyet faktörü eklenmiştir. BVölç. ile korelasyonu yüksek olan boy ($r=0.823$), ağırlık ($r=0.999$), boyun çevre ($r=0.822$), omuz çevre ($r=0.876$), biceps çevre ($r=0.823$), önkol çevresi ($r=0.857$), el bileği çevresi ($r=0.780$), göğüs çevre ($r=0.838$), karın çevre ($r=0.810$), bel çevresi ($r=0.910$), kalça çevre ($r=0.770$), uyluk çevre ($r=0.653$), diz çevre ($r=0.724$), calf çevre ($r=0.741$), ayak bileği çevresi ($r=0.661$), supscapula ($r=0.513$), ayak uzunluğu ($r=0.763$), bacak uzunluğu ($r=0.675$), kulaç uzunluğu ($r=0.772$), el uzunluğu ($r=0.697$), kol uzunluğu ($r=0.726$), oturma yüksekliği ($r=0.677$), bitrochanter ($r=0.576$), femur ($r=0.562$), humerus çap ($r=0.661$) ve cinsiyet değişkenleri modele girmiştir. Tüm grup için yapılan analiz sonucunda, öngörülen modele giren bağımsız değişkenler, ağırlık, kol uzunluğu, omuz çevresi, karın çevresi, önkol çevresi, el bileği çevresi ve cinsiyettir. Bağımsız değişkenlerin, beden volümünü açıklama oranı (R^2) %99 ve regresyon denkleminin standart hatası ise (SEE) 366 ml olarak bulunmuştur.

$$\text{RegBV} = 0.96(\text{ağr.}) - 0.02749(\text{omuz çev.}) + 0.03154(\text{karın çev.}) - 0.606(\text{cins}) - 1.136$$

Ortalama beden volümü değerinden yola çıkarak yaptığımız hesaplamada; ağırlığı 74.13 kg, omuz çevresi 111 cm, karın çevresi 85 cm olan erkek deneğin beden volümü 69.05 L %yağı 10.99 olarak hesaplanmıştır. Standart kestirme hatası dikkate alındığında beden volümüne 336 ml. eklendiğinde 69.386 L olan beden volümü üzerinden % yağ 13.52 olarak bulunacaktır. Beden yağ yüzdesi %2.44 oranında yüksek hesaplanacaktır. Bu yüzden eşitliğin bu durumuyla temkinli kullanılması önerilmektedir.

Bayan ve erkek deneklerin beden volümünün farklı bir yöntemle belirlenmesinde kullanılan digital fotoğraf tekniği ölçüm sonuçlarına göre, ölçülen beden volümü ile bayanlarda düşük, erkeklerde ise orta seviyeli bir ilişki görülürken; yapılan step by step regresyon analizi sonucu, ölçülen parametrelerin hiçbirisi, hem bayan hem de erkekler için geliştirilen regresyonlarda yer almamıştır.

Korelasyon analizleri iki farklı ölçüm yönteminin uyumluluk düzeylerini görsel olarak vermekle birlikte, istatistiksel bakımdan iki yöntemle elde edilen verilerin birbirleri yerine kullanılabilmesini öngörebilmek için, daha duyarlı analizler gerekmektedir. Korelasyon bakımından çok yüksek ve anlamlı olmasına karşılık, iki ayrı yöntemin birbirleri yerine kullanılmasını, yani uyumunu daha iyi kesin analizlerle ortaya koyabilmek için, iki ölçümün ortalamalarının birbirinden farklı olması, %95 güven aralığında $SD\pm 1.96$ sınırları içinde yer alması istenir ⁽¹⁵⁹⁻¹⁶²⁾. Bunun için çalışmamızda korelasyonun yanı sıra tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ile iki ölçümün farklı olup olmadığı test edildikten sonra Bland&Altman analiziyle de uyumlu bir biçimde dağılıp dağılmadığına, sistematik bir değişim gösterip göstermediğine ve dağılımın $SD\pm 1.96$ sınırları içinde olup olmadığına bakılmıştır. (Ek 11-58).

SONUÇLAR

Tahmin eşitliklerinin sonuçları;

- Çalışmamızda nitrojen wash-out tekniği ile yapmış olduğumuz RV ölçümleriyle literatürde bulduğumuz tahmin eşitlikleri karşılaştırılarak incelenmiştir.
- Tahmin eşitliklerinde kullanılan parametrelerin biyolojik ilişkilendirilmesi yönüyle daha çok yaş, boy, ağırlık, deri kıvrım kalınlığı ve cinsiyet üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür.
- Ölçtüğümüz değerlerin tahmin eşitlikleriyle karşılaştırılmasında hemen hepsinde istatistiksel olarak farklı sonuçlar bulunmuştur. Tahmin denklemleri arasındaki farklar da anlamlı bulunmuştur.
- Digital fotoğraf tekniği ile yaptığımız beden volümünü tahmin analizinde beklenen anlamlı sonuçlar elde edilmemiştir.

Geliştirilen Regresyon eşitliklerinin sonuçları;

- Literatürdeki parametreler kullanılarak geliştirdiğimiz RV eşitlikleriyle gerek R katsayısı gerekse standart belirleme hatası bakımından benzer sonuçlar bulunmuştur.
- RV ölçülemediğinde bayanlar, erkekler ve her iki cins için geliştirmiş olduğumuz eşitliklerin bu yaş grubu için kullanılabileceği düşünülmektedir.
- Geliştirmiş olduğumuz eşitliklerle elde edilecek sonuçların sabit RV değerlerinden ve VC'nin % değerlerinden daha kabul edilebilir sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

ÖNERİLER

- Rezidüel volüm ölçümleri tank içi ve dışında alınarak karşılaştırma yapılmalıdır.
- Rezidüel volüm üzerinde Akut Fiziksel aktivite etkileri araştırılmalıdır.
- Rezidüel volümün değişik saatlerdeki durumu incelenmelidir.
- Farklı yaş ve aktivite gruplarında Türk toplumu için rezidüel volüm eşitlikleri geliştirilmelidir.
- Obesite ile rezidüel volüm ilişkileri Türk toplumuna özgü incelenmelidir.
- Geliştirilmiş olan eşitliklerin çok sayıda denek üzerinde uygulanarak çapraz geçerliğinin yapılmasına gerek duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Oppliger, R.A., Nielsen, D.H., Vance, C.G., (1991a). Wrestlers minimal weight: antropometry, bioimpedance, and hydrostatic weighing compared. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23:247-253
2. Oppliger, R.A., Case, H.S., Horswill, C.A., Landry, G.L., Shelter, A.C., (1996). Weight loss in wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28(6): ix-xii
3. Benson, H.G., (1998). Committee refines wrestler safety rules. *The NCAA News*, 35(16):1
4. Leedy, H., Kessler, W., and Christian, J., (1984). Relationships between physical Performance items and Body Composition, *Res. Q.*, 36(2): 158-163
5. Riendeau, R., Welch, B., Crips, C., Crowley, L., Griffin, P., (1977). Relationships of Body Fat to Motor Fitness Test Scores, *Res. Q.*, 29(2): 200-203
6. Bale, P., Colley, J., Mahhew, F., Piper, and J., Ware, (1994). Antropometric and somototype Variables Related to Strengt in Athletes, *J. Sport Med. Phys. Fitness*, 34(4): 383-389
7. Kirielis, R., and Cureton, T., (1984). The Relationship of External Fat to Physical Education activities and Fitness Tests, *Res. Q.*, 18 123-134
8. Sloan, A., (1967). Estimation of Body Fat in Young Men, *J. Appl. Physiol.*, 23(3): 311-315
9. Katch, F., Hortobagyı, T., and Denahan, T., (1989). Reliability and validity of a new Method for the Measurement of total Body Water Volume, *Res., Q.*, 60(3): 286-291
10. Alonitou, E., (1994). Somatic variables for preables for preadolescent swimmers. *The journal of sports med. and physical fitness.* 34:185-191
11. LaMonte, M.J., McKinney, J.T., Quinn, S.M., Bainbridge, C.N.,& Eiseman, P.A., (1999). Comparison of physical and physiological varibles for female college basketball players. *Journal of strength and conditioning research*, 13(3):264-270
12. Sullivan, J.J., Knowlton, R.G., Hetzler, R.K., Woelke, P.L., (1994). Anthropometric charecteristics and performance related predicted of success in adolescent pole vaulters. *The journal of sports med. and physical fitness.* 34, 179-184

13. Broeder, C.E., Burrhus, K.A., Svanevik, L.S., Volpe, J. and Wilmore, J.H., (1997). Assessing body composition before and after resistance or endurance training. *Med. and science in sports and exercise*, 29(5):705-712.
14. Ballor, D.L., McCarthy, J.P., & Wiltedink, E.J., (1990). Exercise intensity does not affect the composition of diet and exercise-induced body mass loss. *American j. of Clinical Nutrition*, 51, 141-146.
15. Seidel, J.C., (1996). Relationship of total and regional body composition to morbidity and mortality. In Roche et al (ed.) *Human Body Composition* (pp. 345-351). Human kinetics.
16. Behnke, A.R., and Wilmore, J.H., (1974). *Evaluation and regulation of body composition* Prentice Hall, academic Press Inc., New Jersey, 193-227.
17. Brodie, D.A., (1988). Techniques of measurement of body composition, *Sport Medicine*, Vol. 5, 11-40.
18. McArdle, W.D., Katch, F.I., and Katch, V.L., (1981). *Exercise Physiology Energy, Nutrition and Human performance*. 368-424.
19. Bell, W., (1982). Estimation of total body fat in rugby union forwards from measurement of human body density and subcutaneous tissue thicknesses, *British journal sport medicine*, vol. 16:116-117.
20. Brook, C.G.D., (1971). Determination of body composition of children from skinfold measurements, *archives of disease in childhood*, 182-184.
21. Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.J., and Keys, A., (1963). Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of some quantitative Assumptions. *Annals of the New York Akademi of Science*, 110:113-140.
22. Carter, J.E.L., and Phillips, W.H., (1969). Structural changes in exercising middle-aged males during a 2 year period, *journal of Applied physiology*, vol. 27:787-794.
23. Chien, P., Peng, M.T., Huang, T.F., and Chang, C., (1975). Longitudinal measurement of blood volume and essential body mass in human subjects. *Journal of applied physiology*, 39:74-98.
24. Clamp, J.P., Housh, J.J., Johnson G.D., Thorland, W.G., and Hughes, R.A., (1989). Validity of antropometric equations for determination of changes in body composition in adult males during training, *the journal of sports med. and physical fitness*, vol. 29:141-156.
25. Conzolzio, C.F., Johnson, R.E., and Recora, L.J., (1963). *Physiological measurement of Metabolic functions in man*. McGrawHill Book Company, 255-312.
26. Conway, J.M., Norris, K.H., and Bodwell, C.E., (1984). A new approach for the estimation of body composition; Infra-red Interactance, *American Clinical Nutrition*, 40:1123-1130.
27. Cotes, J.E., Berry, G., Burkinshaw, L., Davies, C.T.M., Hall, A.M., Jones, P.R.M., and Knibbs, A.V., (1973). Cardiac frequency during submaksimal exercise in young adults; relation to lean body mass, total body potassium and

amount of leg muscle, Quarterly journal of experimental physiology, vol. 58: 239-250.

28. Grieve, D.W., Miller, D., Mitchelson, D., Paul, J., and Smith, A.J., (1975). Techniques for the analysis of human movement. London: Lepus.
29. Haisman, M.F., (1970). The assesment of body fat content in young men from measurement of body density and skinfold thickness, human biology, 42: 679-688.
30. Jensen, C.R., and Fischer, A.G., (1979). Scientific basis of athletic conditioning, Lea and Febiger, 546-551.
31. Leonard, J.I., Leach, C.S., and Rambaut, P.C., (1993). Quantification of tissue loss during prologed space flight, American Journal of clinical nutrition, 38:667-679.
32. Siri, W.E., (1956). Gross composition of the body, in advance in biological and medical physics, IV. Editors,; J.H., Lawrence and C.A., Tobias, New York: Academic Pres, Inc.
33. Bale, P., (1980). The Relationship of physique and body composition to strength in a group of physical education students, British journal sports med., vol., 14:193-198.
34. Cisar, J.C., Housh, J.J., Johnson, G.D., Thorland, W.G., and Hughes, R.A., (1989). Validity of antropometric Equations for Determination of Changes in body composition in adult males during training, The journal of Sports Medicine and physical fitness, Vol. 29:141-156.
35. Clark, B.A., and Mayhew, J.L., (1980). An Inexpensive method of determining body composition by underwater weighing, Brit. J. of Sports Med., vol., 14:225-228.
36. Donnely, J.E., Brown, T.E., Israil, R.G., Smith, S., Obrain, K.F., calavka, B., (1998). Hydrostatic weighing without head submersion, Description of a method, Med. And Science in Sports and exercise, vol., 20,; 66-69.
37. Durnin, J.V.G.A., and Rahaman, M.M., (1967). The assesment of the Amount of fat in the human body from measurement of skinfold thickness, Br. J. Nutr. Vol., 21:681-689.
38. Durnin, J.V.G.A., and Womersley, J., (1974). Body fat Assesment from total body density and its estimation from skinfold thichness: measurement on 481 men and women aged from 16 to 72 years, Brit. J. of Nutrition, 32:77-97.
39. Katch, F., Michael, E.D., Horvath, S.M., (1967). Estimation of body volume by underwater weighing, description of a simple method, Journal of Applied Physiology, Vol. 23:811-812.
40. Snyder, W.S., Cook, M.J., Nasset, E.S., Karhausen, L.R., Howells, G.P., Tipton, H., (1984). Report of the task group on reference Man., ICRP-23. New York.
41. Fee, B.B., Weil, W.B., (1963). Body composition of infands of diabetic mothers by direct analysis. Ann. NY Acad. Sci., 110:869-897.

42. Givens, M.H., Macy, I.G., (1933). The chemical composition of the human fetus. *J. Biol. Chem.*, 102:7-17.
43. Iop, V., Swanson, W.W., (1934). Mineral growth of the human fetus. *Am. J. Dis. Child.*, 47:302-306
44. Moulton, C.R., (1973). Age and chemical development in mammals. *J. Biol. Chem.*, 57:79-97.
45. Widdowson, E.M., (1974). Changes in body proportions and composition during growth. In: *Scientific foundations of paediatrics*, edited by J.A., Davis and J. Dobbing. Philadelphia, pp. 153-163.
46. Widdowson, E.M., Dickerson, J.M.T., (1964). Ghemical composition of the body. In: *Mineral Metabolism*, edited by C.L., Comar and F. Bronner, New York: Academie, p. 1-247.
47. Widdowson, E.M., Spray, C.M., (1951). Chemical development in utero. *Arch. Dis. Child.*, 26:267-297.
48. Forbes, G.B., Cooper, A.R., Mitchell, H.H., (1953). The composition of the human body as determined by chemical analysis. *J. Biol. Chem.*, 203:359-366.
49. Forbes, G.B., Lewis, A., (1956). Total sodium, potassium, and chloride in adult man. *J. Clin. Invest.*, 35:596-600.
50. Forbes, G.B., Perley, A.M., (1951). Estimation of total body sodium by isotopic dilution. *J. Clin. Nutr.*, 64:388-396.
51. Knight, G.S., Beddoe, A.H., Synder, S., Khaled, M.A., Berland, L.L., (1985). Body composition two human cadavers by neutron activation and chemical analysis. *Am. J. Phy. Endocrinol. Metab.*, 250:179-185.
52. Allen, T.H., Welch, B.E., Trujillo, T.T., Roberts, R.E., (1959). Fat, water and tissue solids of the whole body less its bone minerals. *J. Appl. Phy.*, 14: 1009-1012.
53. Clars, J.P., Martin, A.D., Drinkwater, D.T., (1984). Gross tissue weight in the human body by cadaver dissection. *Hum. Biol.*, 56:459-473.
54. Martin, A.D., Daniel, D.T., Drinkwater, D.T., (1994). Adipose tissue density, estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadaver study. *Int. J. Obesity.*, 18:79-83.
55. Martin, A.D., Drinwater, D.T., Clarys, J.P., (1984). Human body surface area: validation of formulae based on a cadaver study., *Hum. Biol.*, 56:475-488.
56. Mitchel, H.H., Hamilton, T.S., Steggerda, F.R., Bean, H.W., (1945). The chemical composition of the adulth human body and its bearing on the biochemistry of growth. *J. Biol. Chem.* 58:625-637.
57. Moore, F.D., Lister, J., Boyden, C.M., Ball, M.R., Sullivan, N., (1968). The Skeleton as a feature of body composition. *Hum. Biol.*, 40:136-188.

58. Brodie, D., Moshrip, V., Hutchen, R., (1998). Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry and impedance methods. *Nutrition*, 14:296-310.
59. Lohman, T.G., (1986). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Hum. Biol.*, 53:181-225.
60. Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell, R., (1988). Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics.
61. Roche, A.F., (1996). Anthropometry and ultrasound. In: *Human Body Composition*, edited by Roche, A.F., Heymsfield, Lohman, T.G., Champaign, IL: Human Kinetics.
62. Kennel, J.E., (2000). Human Body composition: In Vivo methods. *Physiol. Rev.*, 80:649-680.
63. Behnke, A.R., Feen, B.G., Welhan, W.C., (1942). The specific gravity of health men. Body weight and volume as an index of obesity. *J. Am. Med. Assoc.*, 118:495-498.
64. Cohn, S.H., Vartsky, S., Yasumura, A., Vaswani, N., Ellis, J.K., (1938). Indexes of body cell mass: nitrogen versus potassium. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 244:305-310.
65. Cohn, S.H., Vaswani, A.N., Yasumura, A., Yuen, K., Ellis, J.K., (1984). Improved models for the determination of body fat by in vivo neutron activation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 40:255-259.
66. Vaswani, A., Vartsky, D., Ellis, J.K., Yasumura, S., Cohn, S.H., (1983). Effects of caloric restriction on body composition and total body nitrogen as measured by neutron activation. *Metabolism*, 32:185-188.
67. Moore, F.D., Olesen, K.H., McMurrey, J.D., Parker, M., Ball, R., (1963). *The body cell mass and its supporting environment*. Philadelphia, PA. Saunders.
68. Edelman, I.S., Leibman, J., (1959). Anatomy of body water and electrolytes. *Am. J. Med.*, 171:279-296.
69. Edelman, I.S., Olney, J.M., James, (1952). Body composition: studies in the human being by the dilution principle. *Science*, 115:447-454.
70. Gamble, J.L., Robertson, J.S., Hannigan, C.A., (1953). Chloride, bromide, sodium and sucrose spaces in man. *J. Clin. Invest.* 32:483-487.
71. Cohn, S.H., Vartsky, D., Yasumura, S., Sawitsky, A., Zanzi, I., Vaswani, A., Ellis, K.J., (1990). Compartmental body composition based on total body nitrogen, potassium and calcium. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 239:524-530.
72. Dunning, M.F., Steele, J.M., Bergen, E.Y., (1951). Measurement of total body chloride. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 77:854-858.
73. Shypailo, R.J., Ellis, K.J., (1998). Total body chlorine measurements based on the 5.6, 6.1 and 8.6 MeV peaks in vivo prompt gamma neutron activation analysis. *J. Radioanal. Appl. Radial. Isotopes*. 49:503-505.

74. Yasumura, S.J., Cohn, S.H., Ellis, K.J., (1983). Measurement of extracellular space by total body neutron activation. *Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol.*, 244:36-40.
75. Kehaylas, J.J., Ellis, K.J., Cohn, S.H., Weinlein, J.H., (1987). Use of a high repetition rate neutron generator for in vivo body composition measurements via neutron inelastic scattering. *Nucl. Instrum. Methods.* 24:1006-1009.
76. Kyere, K., Oldroyd, B., Owby, C.B., Burkinshaw, L., Ellis, K.J., Hill, G.L., (1982). The feasibility of measuring total body carbon by counting neutron inelastic scatter gamma rays. *Physics Med. Biol.*, 27:805-817.
77. Burkinshaw, L., (1987). Models of the distribution of protein in the human body. In: *in vivo body composition studies*, edited by Ellis, K.F., Yasumura, S., Morgan, W.D., London: Institute of physical sciences in medicine. P.15-24.
78. Burkinshaw, L., Hedge, A.P., King, R.F., Cohn, S.H., (1990). Models of the distribution of protein, water and electrolytes in the human body. *Infusion Ther.*, 17:21-25.
79. Pierson, R.N., Wang, J., Heymsfield, S.B., Dilmanian, F.A., Weber, D.A., (1990). High precision in vivo neutron activation analysis: a new era for compartmental analysis on body composition. In: *advances in in vivo body composition studies*, edited by Yasumura, S., Harrison, McNeill, K.G., Woodhead, Dilmanien, F.A., New York: Plenum. p. 317-325.
80. Açıkada, Caner, (1990). Sporcularda Vücut Kompozisyonu Parametrelerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul
81. Buskirk, E.R., (1961). Underwater weighing and body composition, of procedures. In: *Techniques for measuring body composition*, Washington, DC: Natl. Acad. Sci. National Reserch Council, p.409-416.
82. Katch, F.I., (1969). Practice curves and errors of measurement in estimating underwater weight by hydrostatic weighing. *Med. Sci. Sports.* 1:212-216.
83. Siri, W.E., (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: *Techniques for measuring body composition*, J. Brozek, A. Henschel. Washington, DC: Natl. Acad. Sci. Nath. Res. Council, p. 223-224.
84. Wilmore, J.H., (1969). The use of actual, predicted and constant residual volumes in the assesment of body composition by underwater weighing. *Med. Sci. Sports.* 1:87-90.
85. Thomas, L.W., (1962).the chemical composition of adipose tissue of man. *Q. J. Exp. Physiol.*, 47:178-188.
86. Deurenberg, P., Westrate, J.A., Van Der Kooy, K., (1989). Is an adaptation of Siri's Formula fort he calculation of body fat percentage from body density in the elderly necessary?. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43:559-568.
87. Heymsfield, S.B., Wang, Z., Kehayias, J., Heshka, S., Lichtman, S., Pierson, R.N., (1989). Chemical determination of human bodt density in vivo: relevance to hydrodensitometry. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50:1282-1289.

88. Cote, K.D., Adams, W.C., (1993). Effect of bone density on body composition estimates in young adults black and white women. *Med. Sci. Sports.* 25:290-296.
89. Schutte, J.E., Townsend, E.J., Hugg, J., Shoup, R.F., Malina, R.M., Blomqvist, C.G., (1984). Density of lean body mass is greater in blacks than in whites. *J. Appl. Physiol.*, 56:1647-1649.
90. Foster, M.A., Fowler, P.A., Fuller, M.F., Knight, C.H., (1998). Non-invasive methods for assesment of body composition., *Proc. Nutr. Soc.*, 47:375-385.
91. Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell, R., (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manuel.* Champaign. IL; Human Kinetics. p. 1-71.
92. Bakker, H.K., Struikenkamp, R.S., (1977). Biological Variability and lean body mass estimation. *Hum. Biol.* 70:728-739.
93. Siri, W.E. (1974). 'Gross Composition of the Body' *Advance in Biological and Medical Phiyics, IV*, Ed.: J.H. Lawrence and C.A. Tobias, New York: Academic Pres, Inc, 1956, Alinti: Behnke and A.R. Wilmore, J.H. Evalutaion and Regulation of Body Build and Composition, Prentice-Hall Inc. p. 22.
94. Milliken, L.A., Going, S.B., Lohman, T.G., (1996). Effects of variations in regional composition on soft tissue measurements by dual energie x-ray absorpsiometry. *Int. J. Obesity.* 20:677-682.
95. Goldman, H.L., Becklace, M.R., (1959). Respiratory function tests: Normal values of medium altitude and the prediction of normal results, *Am. Rev. Tuber. Respir. Dis.*, 79:457-469.
96. Miller, W.C., Swenson, T., Wallace, J.P., (1998). Derivation of prediction equations for RV in Overweight men and women, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30:322-327.
97. Morrow, J.R., Jackson, A.S., Bradley, P.W., Hartung, G.H., (1986). Accuracy of measured and predicted residual lung volume on body density measurement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18:647-652 (Abstract).
98. Goss, L.F., Robertson, J.R., Swan, P.D., Haris, G.S., Trone, G.A., Dube, J.J., Utter, A.C., (2004). Comparison of measured and predicted residual lung volume in determining body composition of collegiate wrestlers, 18(2):281-285.
99. Buskirk, E.R., (1961). Underwater weighing and body density, a rewiev of procedure, *Techniques for measuring body composition* Washington, D.C., National Academy of Sciences National Reserch Council.
100. Wilmore, J.H., (1977). *Athletic Training and physical fitness, Physiological and practices of the conditioning process*, Allyn and Bacon, 118-139.
101. Goldman, R.F., Buskirk, E.R., (1961). Body volume measurement by underwater weighing: description of a method, in Brozek J., Henschel A. (eds): *Techniques for measuring body composition.* Washington, D.C., National Academy of Sciences National Research Council, pp. 78-89.

102. Withers RT, Borkent M, Ball CT. (1990). A comparison of the effects of measured, predicted, estimated and constant residual volumes on the body density of male athletes. *Int. J. Sports Med.*, 11(5):357-61.
103. Siri, W.E., (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods, in Brozek, J., Henschel, A., (eds.): *Techniques for measuring body composition*. Washington, D.C., National Academy of Sciences National Research Council, pp. 223-244.
104. Getmann, L.R., Ayres, J.J., Pollock, M.L., Jackson, A., (1977). The effect of water immersion on lung volumes, implications for body composition analysis, *Journal of Applied physiology*, 43:276-279.
105. Lewis, S., Haskell, W.L., Klein, H., Halpern, J., Wood, P.D., (1975). Prediction of body composition in Habitually active middle aged men, *Journal of Applied physiology*, vol.39:221-225.
106. Noland, M., Kearney, J.T., (1978). Antropometric and densitometric response of women to specific and general exercise, *the research quarterly*, vol.39:322-328.
107. Ostrove, S.M., Vaccaro, P., (1982). Effect of immersion on RV in young women, Implications for measurement of body density, *J. Sports Med.*, 3:220-223.
108. Sloan, A.W., (1967). Estimation of body Fat in young men, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 23:311-315.
109. Thorland, W.G., Johnson, G.O., Tharp, G.D., Fagot, T.G., Hammer, R.W., (1984). Validity of Antropometric Equations for the Estimation of body density in adolescent athletes, *Med. and Science in Sports and exercise*, Vol. 10:77-81.
110. Wilmore, J.H., (1969). Use of Actual, Predicted and Constant Residual Volume in the Assesment of body composition by underwater weighing, *Med. and Science in sports and exercise*. 212-216.
111. Wilmore, J.H., Vodak, P.A., Parr, R.B., Cirandola, R.N., Billing, J.E., (1982). Further simplification of a method for determination of residual volume, *Medicine and Science in sports and exercise*, vol.12:216-218.
112. Girandola, R.N., Wisewell, R.W., Mohler, J.G., Romero, G.T., Barnes, W.S., (1977). Effects of water Immersion on lung volumes, Implications for body composition Analysis, *Journal of Applied Physiology*, 43:276-279.
113. Lohman, T.G., (1981). Skinfolds and Body fatness, *A Review Human Biology* 53:181-225.
114. Marks, C., Katch, V., (1986). Biological and Technological Variability of residual lung volum and the effect on body fat calculations. *Med. and science in sports and exercise*, 18:485-488.
115. Wilmore, J.H., (1969). A Simplified method for determination of residual volumes, *Journal of Applied Physiology*, 7:96-100.

116. Timson, B.F., Coffman, J.L., (1984). Body composition by hydrostatic weighing at total lung capacity and residual volume, *Med. and Science in sports and exercise*, 16:411-414.
117. Going, S.B., (1996). Densitometry. In. Roche, A.F., Heymsfield, S.B., Lohman, T.G., editors. *Human body composition*. Champaign: human Kinetics., 3-24.
118. Demura, S., Kobayashi, H., Tanaka, K., Sato, S., Nagasava, Y., Murase, T., (1999). Comprehensive evaluation of selected methods for assessing human body composition. *App. Hum. Sci.*, 18:43-51.
119. Brozek, J., Keys, A., (1951). The evaluation of leanness-fatness in man: norms and interrelations. *Br. J. Nutr.*, 5: 194-206.
120. Siri, W.E., (1956). The gross composition of the body. In. Tobias, C.A., Lawrence, J.H., editors. *Advances in biological and medical physics*. New York: Academic Pres., 239-80.
121. Wilmore, J.H., (1969). The use of actual, predicted and constant residual volumes in the assesment of body composition by underwater weighing. *Med. Sci. Sports*, 1:87-90.
122. Boren, H.G., Kory, R.C., Syner, J.C., (1966). The veterans administration-army cooperative study of pulmonary function. *Am. J. Med.*, 41: 96-114.
123. Goldman, H.I., Becklake, M.R., (1959). Respiratory function tests: Normal values at median altitudes and the prediction of normal results. *Am. Rev. Tuberc. Respir. Dis.*, 79: 457-67.
124. Grimby, G., Soderholm, B., (1963). Spirometric studes in normal subjects. Static lung volumes and maksimal voluntry ventilation in adults with a note on physical fitness. *Acta Med. Scand.*, 173:199-206.
125. Nigarikawa, T., Oishi, K., Horvath, S.M., (1988). Prediction of pulmonary residual volume from antropometric measurement in caucasian male adults. *Ann. Physiol. Antrop.*, 7: 167-74.
126. Nishida, O., Sewake, N., Kambe, M., Okamoto, T., Takano, M., Aratani, Y., (1976). Pulmonary function in health subjects and its prediction: 4. subdivisions of lung volume in adults. *Rinsho byori*, 24:837-41.
127. Yokoyama, T., Mitsufuji, M., (1972). Statistical representation of the ventilatory capacity of 2,247 healthy Japanese adults. *Chest*, 61:655-61.
128. Akers R, Buskirk ER. (1969). An underwater weighing system utilizing "force cube" transducers. *J. Appl. Phys.*, 26:649-52.
129. Civar, S., Özer, K., Aktop, A., Tercan, E., Ayçeman, N., (2003). Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in hightly active males, *Biology of Sport, a Quarterly Journal of Sport and Exercise Sciences*, Number 20(3), 209-219
130. Bonge, D, Donnelly J.E., (1989). Trials to criteria for hydrostatic weighing at residual volume. *Res Q Exerc Sport*, 60:176-9

131. Cordain, L., Ruhling, R.O., (1985). Short term aerobic training reduces residual lung volume in women. *J Sports Med Phys Fitness*, 25:188-93.
132. Gibbons, E.S., Jessup, G.T., Bunting, C.J., (1985). Effect of immersion on residual volume measurements in females. *J Sports Med Phys Fitness*, 25:185-7
133. Weltman, A., Katch, V., (1981). Comparison of hydrostatic weighing at residual volume and total lung capacity. *Med Sci Sports Exerc.*, 13: 210-213.
134. Marks, C., Katch, V., (1986). Biological and technological variability of residual lung volume and the effect on body fat calculations. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18:485-8.
135. Morrow, J.R., Jackson, A.S., Bradley, P.W., Hartung G., (1986). Accuracy of measured and predicted residual lung volume on body density measurement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18:647-62.
136. Chia, S.E., Wang, Y.T., Chan, O.Y., Poh, S.C., (1993). Pulmonary function in healthy Chinese, Malay and Indian adults in Singapore. *Ann. Acad. Med. Singapore*, 22:878-84.
137. Thomas, K.T., Keller, C.S., Holbert, K.E., (1997). Ethnic and age trends for body composition in women residing in the U.S. Southwest: I. Regional fat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29:82-9.
138. Laboratory of Physical Education, Tokyo Metropolitan University. (1989). *Physical fitness standards of Japanese people*. 4th edition. Tokyo: Fumaido, 98-101.
139. Lohman, T.G., Slaughter, R.A., Boileau, R.A., Burnt, J., Lussier, L., Lussior, L., (1984). Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youth, and adults. *Hum. Biol.*, 56:667-79.
140. Forbes, G.B., (1987). *Human body composition: growth, aging, nutrition, and physical activity*. New York: Springer-Verlag.
141. Utter, A.C., Nieman, D.C., Ward, A.N., Butterworth, D.E., (1999). Use of the leg-toleg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69:603-7
142. Wilmore, J.H., (1988). Advances in body composition applied to children and adolescents in sport, *Young Athletes*. Champaign: Human Kinetics, 141-51.
143. Wagner, D.R., Heyward, V.H., (1999). Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Res Q Exerc Sport*, 70:135-49.
144. Katch, F.L., Katch V.L., (1980). Measurement and prediction errors in body composition assessment and the search for the perfect prediction equation. *Res Q Exerc Sport*, 51:249-60.
145. Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell, R., (1988). *Anthropometric Standartization Reference Manuel*, 1-71.

146. Siri, W.E., (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Techniques for measuring body composition, J. Brozek, A. Henschel. Washington, DC: Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council, p. 223-224.
147. Özer, M.K., (2006). Fiziksel Uygunluk, Nobek Basımevi, 173-182
148. Roche, A.F., Heymsfield, S.B., Lohman, T.G., (1996). Human Body Composition, Human Kinetics, 7-18, 63-66, 79-94, 110-112, 149-158, 167-182, 257-266
149. Bland, J. M., Altman, D.G., (2003). Applying the right statistics: analyses of measurement studies *Ultrasound, Obstet. Gynecol.*, 22: 85–93.
150. Bland, J. M., Altman, D.G., (1995). Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading, *Lancet*; 346: 1085-87.
151. Bland, J. M., Altman, D.G., (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research* , 8: 135-160.
152. Bland, J. M., Altman, D.G., (1986). Statistical Methods For Assessing Agreement Between Two Methods Of Clinical Measurement. *Lancet*; 307-310
153. Nattiv, A., Agostini, R., Drinkwater, B., Yeager, K.K., (1991). The female athlete triad: the inter-relatedness of disordered eating, amenorrhea, and osteoporosis. *Clin. Sports Med.*, 13:405–418.
154. Putukian, M., (1994). The female triad: eating disorders, amenorrhea, and osteoporosis. *Med. Clin. North Am.*, 78:345–356.
155. Smith, A.D., (1996). The female athlete triad: causes, diagnosis, and treatment. *Physician Sports Med.* 24: 67–86.
156. Fornetti, W.C., Pivarnik, J.M., Foley, M., Fiechtner, J.J., (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes, *J. Of Applied Physiology*, 87(3): 1114-1122.
157. Wayne, C.M., Swensen, T., Wallaca, J.P., (1998). Derivation of prediction equations for RV in overweight men and women, *Med. Science in Sports and exercise*, 30(2):322-327.
158. Akers, R., Buskirk, E.R., (1969). An underwater weighing system utilizing “force cube” transducers, *J.Appl. Phys.*, 26:649-652.
159. Nigorikava, T., Oishi, K., Horvath, S.M., (1988). Prediction of pulmonary residual volume from antropometric measurements in caucasian male adults, 7(3):167-174.
160. Withers, R.T., Ball, C.T., (1988). A Comparicon of the Effects of Measured, Predicted, Estimated and Constant Residual Volumes on the Body Density of Female Athletes. *Int. J. Sports Med.*, 9:24-28.
161. Lundvall, P., Thorland, W., (1987). Comparison of body density values using residual volume and total lung capacity. *J. Sports Med.*, 27: 395-400.

- 162.** Demura, S., Yamaji, S., Murase, T., Nagasawa, Y., Sato, S., Minami, M., (2001). New prediction equation for residual volume in Japanese male and female young adults. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 41:114-120.

EKLER

1. BAYANLAR KORELASYON ANALİZLERİ

1.2. Bayan Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi ile Diğer Eşitliklerden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdelerinin Korelasyonu

YAĞÖlç.	YAĞ1	YAĞ2	YAĞ3	YAĞ4	YAĞ5	YAĞ6
YAĞ1	0.298*	1				
YAĞ2	0.199	0.703*	1			
YAĞ3	0.300*	0.946**	0.658**	1		
YAĞ4	0.318**	0.664**	0.767**	0.657**	1	
YAĞ5	0.144	0.712**	0.925**	0.707**	0.781**	1
YAĞ6	0.458**	0.628**	0.533**	0.650**	0.558**	0.464**

**P<0.01

* P<0.05

1.2. Bayan Deneklerin Ölçülen rezidüel Volüm ile Uzunluk Ölçümlerinin Korelasyonu

Bayan deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile uzunluk ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile sırasıyla bacak uzunluğu ($r=0.448$), oturma yüksekliği ($r=0.420$), kol uzunluğu ($r=0.402$), kulaç uzunluğu ($r=0.341$), ayak uzunluğu ($r=0.330$) ve el uzunluğu ($r=0.323$) arasında orta seviyeli bir ilişki gözlemlenmiştir.

	RVÖlç.	OT.YUK.	KUL.UZ.	BAC.UZ.	KOL UZ.	EL UZ.	AY.
RVÖlç.	1						
OT.YUK.	0.420**	1					
KUL.UZ.	0.341**	0.608	1				
BAC. UZ.	0.448**	0.152	0.007	1			
KOL UZ.	0.402**	-0.046	0.753	-0.119	1		
EL UZ.	0.323**	0.458**	0.746**	0.652**	0.699**	1	
AY. UZ.	0.330**	0.549**	0.694**	0.643**	0.681**	0.323**	1

**P<0.01

1.3. Bayan Deneklerin ölçülen Rezidüel Volüm İle Skinfold Ölçümleri Arasındaki Korelasyon

Bayan deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile skinfold ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile skinfold ölçümleri arasında sırasıyla uyluk ($r=0.016$), önkol ($r=0.028$), calf ($r=0.047$), göğüs ($r=0.060$), suprailiac ($r=0.079$), biceps ($r=0.096$), abdomen ($r=0.103$), triceps ($r=0.110$) ve supscapula ($r=0.160$) ölçümleri arasında oldukça düşük ve ters yönde bir ilişki gözlemlenmiştir.

	RVÖlç.	Tri.	Biceps	S.Sca.	S.iliac	Abd.	Midax.	Önkol	Uyluk	Calf	Göğüs
Triceps	-0.110	1									
Biceps	-0.096	0.639**	1								
S.Scap.	-0.160	0.295*	0.389**	1							
S.İliac	-0.079	0.504**	0.590**	0.590**	1						
Abdom	-0.103	0.377**	0.393**	0.689**	0.649**	1					
M.Axil	-0.126	0.450**	0.529**	0.563**	0.693**	0.508**	1				
Önkol	-0.028	0.415**	0.448**	0.162	0.411**	0.380**	0.327**	1			
Uyluk	-0.016	0.186	0.193	0.246**	0.184	0.458**	0.129	0.232	1		
Calf	-0.047	0.581**	0.495**	0.125	0.256*	0.315**	0.129	0.405**	0.328**	1	
Göğüs	-0.060	0.489**	0.634**	0.321**	0.462**	0.345**	0.501**	0.313**	0.255**	0.241*	1

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

1.4. Bayan Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm İle Çap Ölçümleri Arasındaki Korelasyon

Bayan deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile çap ölçümleri arasındaki ilişkiye bakıldığında; humerus ($r=0.147$) ve bitrochanter ($r=0.120$) arasında düşük seviyede bir ilişki gözlemlenirken, femur ($r=0.006$) ve biacromial ($r=0.095$) ile arasında oldukça düşük ve ters bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

	RVÖlç.	Hum.	Femur	Biacrom.	Bitroch.	Biliac
Humerus	0.147	1				
Femur	-0.006	0.702**	1			
Biacrom.	-0.095	0.130	0.177	1		
Bitroch.	0.120	0.103	0.187	0.332**	1	
Biliac	0.129	0.119	0.143	0.186	0.451**	1

**P<0.01

1.5. Bayan Deneklerin Ölçülen Rezidüel Volüm İle Çevre Ölçümlerinin Korelasyonu

Bayan deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile çevre ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile yapılan tüm çevre ölçümleri arasında oldukça düşük ve bel ($r=0.019$), biceps ($r=0.008$) ve önkol ($r=0.139$) çevresi değişkenlerinde ise ters yönde bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

	RVÖlç.	Omuz	Göğ.	Bel	Karın	Kalça	Uyluk	Diz	Calf	Ay.bil.	Biceps	Önkol	Elbil.	Boyun
RVÖlç.	1													
Omuz	0.082	1												
Göğüs	0.090	0.666**	1											
Bel	-0.019	0.655**	0.780**	1										
Karın	0.096	0.407**	0.630**	0.735**	1									
Kalça	0.171	0.516**	0.653**	0.718**	0.721**	1								
Uyluk	0.019	0.610**	0.506**	0.414**	0.337**	0.472**	1							
Diz	0.007	0.414**	0.429**	0.392**	0.380**	0.558**	0.456**	1						
Calf	0.026	0.469**	0.384**	0.396**	0.368**	0.511**	0.521**	0.638**	1					
Ay.Bil	0.120	0.319**	0.332	0.318**	0.265*	0.506**	0.331**	0.579**	0.729**	1				
Biceps	-0.008	0.720**	0.591**	0.651**	0.438**	0.417**	0.493**	0.486**	0.430**	0.321**	1			
Önkol	-0.139	0.707**	0.618**	0.544**	0.373**	0.436**	0.529**	0.473**	0.568**	0.592**	0.633**	1		
Elbil.	0.136	0.538**	0.493**	0.472**	0.346**	0.380**	0.393**	0.424**	0.473**	0.514**	0.469**	0.656**	1	
Boyun	0.010	0.771**	0.652**	0.678**	0.470**	0.433**	0.517**	0.340**	0.355**	0.234	0.681**	0.691**	0.515**	1

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

2. ERKEKLER KORELASYON TABLOLARI
2.1. Erkek Deneklerin Ölçülen RV Değerinden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdesi ile Diğer Eşitliklerden Elde Edilen Beden Yağ Yüzdelerinin Korelasyonu

YAĞÖlç.	YAĞ1	YAĞ2	YAĞ3	YAĞ4	YAĞ5	YAĞ6
YAĞÖlç. 1						
YAĞ1	0.572**	1				
YAĞ2	0.555**	0.825**	1			
YAĞ3	0.504**	0.964**	0.750**	1		
YAĞ4	0.544**	0.777**	0.854**	0.713**	1	
YAĞ5	0.489**	0.840**	0.925**	0.821**	0.873**	1
YAĞ6	0.439**	0.844**	0.685**	0.822**	0.668**	0.661**

**P<0.01

2.2. Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Uzunluk Ölçümlerinin Korelasyonu

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile uzunluk ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile oturma yüksekliği ($r=0.528$) ve kulaç uzunluğu ($r=0.444$) arasında orta seviyeli bir ilişki gözlemlenirken, bacak uzunluğu ($r=0.391$), ayak uzunluğu ($r=0.373$), kol uzunluğu ($r=0.315$) ve el uzunluğu ($r=0.199$) arasında düşük seviyede bir ilişki gözlemlenmiştir.

	RVÖlç.	OT.YUK.	KUL.UZ.	BAC.UZ.	KOL UZ.	EL UZ.	AY. UZ.
OT.YUK.	0.528**	1					
KUL.UZ.	0.444**	0.489**	1				
BAC. UZ.	0.391**	0.525**	0.798**	1			
KOL UZ.	0.315**	0.415**	0.865**	0.765**	1		
EL UZ.	0.199**	0.330**	0.686**	0.529**	0.678**	1	
AY. UZ.	0.373**	0.484**	0.741**	0.670**	0.678**	0.701**	1

**P<0.01

2.3. Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Skinfold Ölçümlerinin Korelasyonu

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile skinfold ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile skinfold ölçümleri arasında triceps ($r=0.025$), uyluk ($r=0.027$), önkol ($r=0.047$), biceps ($r=0.060$), göğüs ($r=0.088$), supscapula ($r=0.106$), calf ($r=0.138$), midaxillar ($r=0.164$), abdomen ($r=0.216$) ve suprailiac ($r=0.222$) ölçümleri arasında oldukça düşük bir ilişki gözlemlenmiştir.

RVÖlç.	Tri.	Biceps	S.Sca.	S.ilic	Abd.	Midax.	Önkol	Uyluk	Calf	Göğüs	
RVÖlç.	1										
Triceps	0.025	1									
Biceps	0.060	0.748**	1								
S.Scap.	0.106	0.581**	0.648**	1							
S.İliac	0.222**	0.705**	0.753**	0.653**	1						
Abdom.	0.216*	0.644**	0.724**	0.698**	0.794**	1					
M.Axil.	0.164	0.685**	0.764**	0.788**	0.873**	0.820**	1				
Önkol	0.047	0.742**	0.845**	0.669**	0.784**	0.711**	0.768**	1			
Uyluk	0.027	0.786**	0.720**	0.523**	0.672**	0.657**	0.629**	0.663**	1		
Calf	0.138	0.733**	0.725**	0.518**	0.717**	0.667**	0.636**	0.741**	0.737**	1	
Göğüs	0.088	0.723**	0.728**	0.517**	0.749**	0.747**	0.735**	0.706**	0.659**	0.675**	1

** $p<0.01$

* $p<0.05$

2.4. Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Çap Ölçümlerinin Korelasyonu

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile çap ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre biacromial ($r=0.389$) ve femur ($r=0.293$) arasında düşük seviyede bir ilişki gözlemlenirken, bitrochanter ($r=0.160$), humerus ($r=0.097$) ve biiliac ($r=0.076$) ile arasında oldukça düşük bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

	RVÖlç.	Hum.	Femur	Biacrom.	Bitroch.	Biiliac
Humerus	0.097	1				
Femur	0.293**	0.408**	1			
Biacrom.	0.389**	0.189	0.181	1		
Bitroch.	0.160	0.154	0.099	0.363**	1	
Biiliac	0.076	0.198*	0.274**	0.217*	0.372**	1

** $p<0.01$

* $p<0.05$

2.5. Erkek Deneklerin Ölçülen RV İle Çevre Ölçümlerinin Korelasyonu

Erkek deneklerin ölçülen rezidüel volüm ile çevre ölçümleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre ölçülen rezidüel volüm ile omuz ($r=0.511$) çevresinde orta seviyeli bir ilişki gözlenlenirken diğer yapılan tüm çevre ölçümleri arasında oldukça düşük bir ilişki olduğu gözlenmiştir

	RV	Ölç.	Omuz	Gög.	Bel	Karın	Kalça	Uyluk	Diz	Calf	Ay.bil.	Biceps	Onkol	Elbil.	Boyun
Omuz	0.511**	1													
Gögüs	0.280**	0.670**	1												
Bel	0.344**	0.626**	0.742**	1											
Karın	0.330**	0.577**	0.731**	0.931**	1										
Kalça	0.272**	0.504**	0.666**	0.686**	0.819**	1									
Uyluk	0.174	0.464**	0.687**	0.577**	0.609**	0.699**	1								
Diz	0.340**	0.542**	0.689**	0.547**	0.591**	0.639**	0.687**	1							
Calf	0.305**	0.509**	0.654**	0.552**	0.521**	0.609**	0.642**	0.692**	1						
Ay.Bil	0.279**	0.466**	0.364**	0.431**	0.434*	0.480**	0.488**	0.562**	0.641**	1					
Biceps	0.207*	0.633**	0.765**	0.771**	0.768**	0.645**	0.655**	0.582**	0.591**	0.486**	1				
Önkol	0.230*	0.563**	0.674**	0.582**	0.578**	0.543**	0.539**	0.638**	0.589**	0.432**	0.706**	1			
Elbil.	0.201*	0.497**	0.504**	0.479**	0.505**	0.458**	0.428**	0.642**	0.424**	0.587**	0.603**	0.694**	1		
Boyun	0.262**	0.602**	0.419**	0.477**	0.427**	0.293**	0.259**	0.443**	0.351**	0.390**	0.482**	0.394**	0.537**	1	

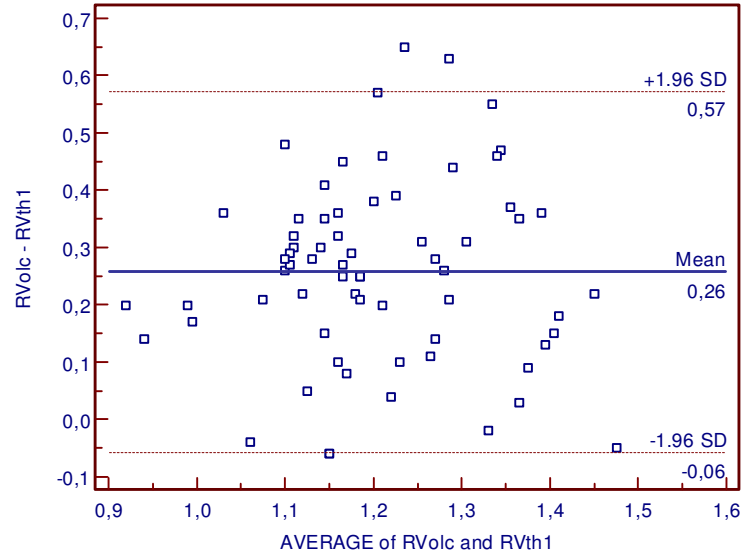
** p<0.01

* p<0.05

1. BAYANLAR GEÇERLİLİK ANALİZİ

1.1. Ölçülen Rezidüel Volüm İçin Geçerlilik Analizi

1.1-a. RVÖlç. ile RVTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

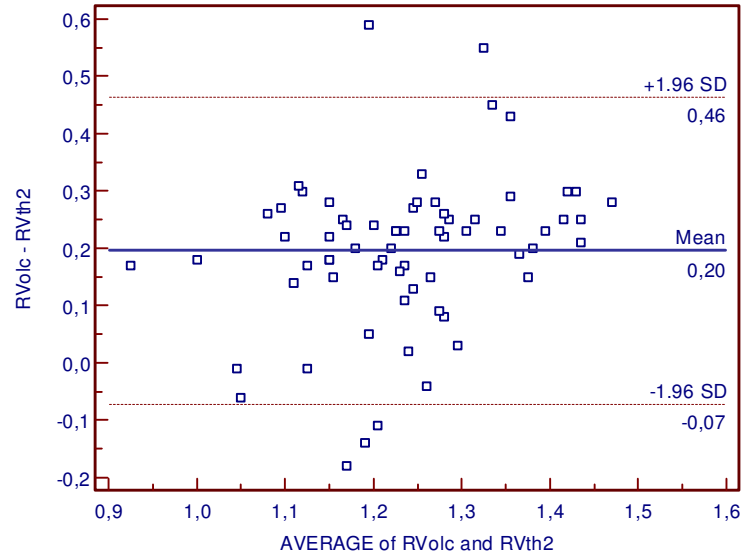
Method A : RVölc

Method B : RVth1

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0.2575
95% CI	=	0.2182 to 0.2967
Standard deviation	=	0.1608
Lower limit	=	-0.0577
95% CI	=	-0.1250 to 0.0097
Upper limit	=	0.5726
95% CI	=	0.5052 to 0.6399

1.1-b. RVölç. ile RVTh2 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

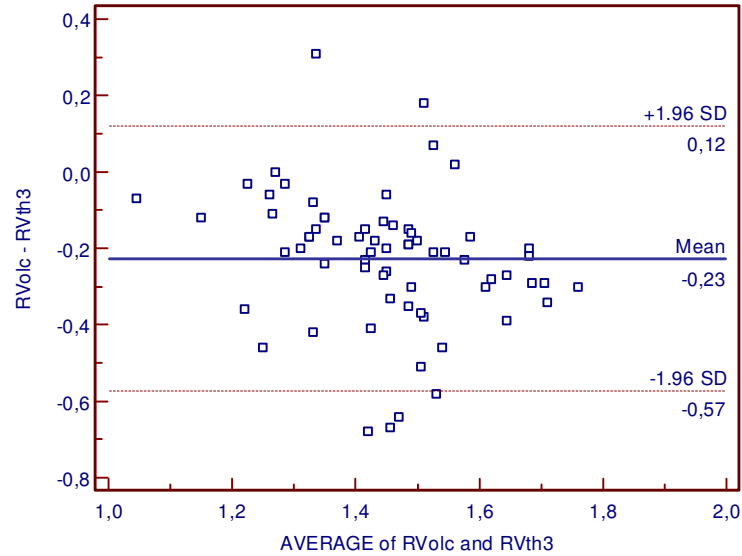
Method A : RVolc

Method B : RVth2

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0.1961
95% CI	=	0.1628 to 0.2295
Standard deviation	=	0.1367
Lower limit	=	-0.0718
95% CI	=	-0.1290 to -0.0145
Upper limit	=	0.4640
95% CI	=	0.4067 to 0.5212

1.1-c. RVölç. ile RVth3 için Bland Altman

**BLAND AND ALTMAN PLOT**

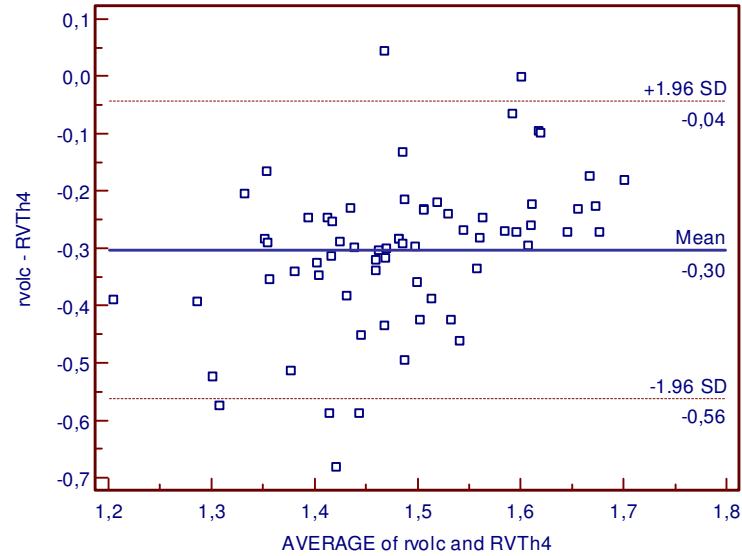
Method A : RVölç

Method B : RVth3

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0.2272
95% CI	=	-0.2703 to -0.1840
Standard deviation	=	0.1768
Lower limit	=	-0.5736
95% CI	=	-0.6477 to -0.4996
Upper limit	=	0.1193
95% CI	=	0.0453 to 0.1934

1.1-d. RVÖlç. ile RVTh4 İçin Bland Altman

**BLAND AND ALTMAN PLOT**

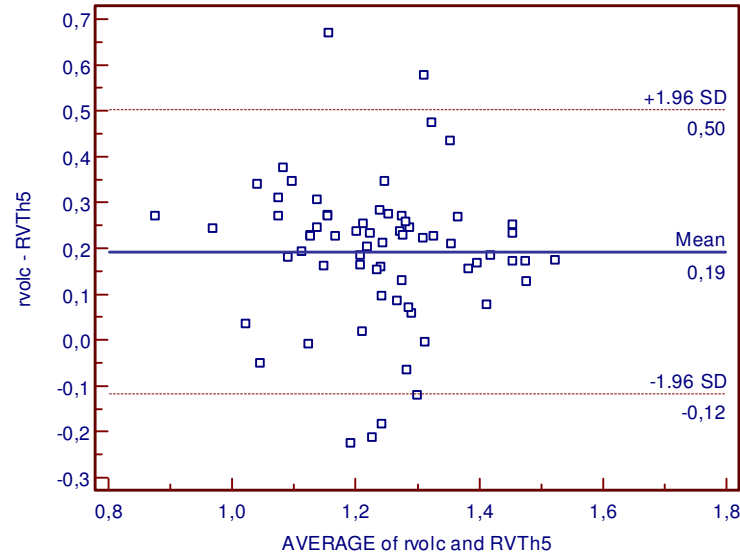
Method A : RVÖlç

Method B : RVTh4

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,3026
95% CI	=	-0,3350 to -0,2703
Standard deviation	=	0,1326
Lower limit	=	-0,5625
95% CI	=	-0,6181 to -0,5070
Upper limit	=	-0,0428
95% CI	=	-0,0983 to 0,0128

1.1-e. RVÖlç. ile RVTh5 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

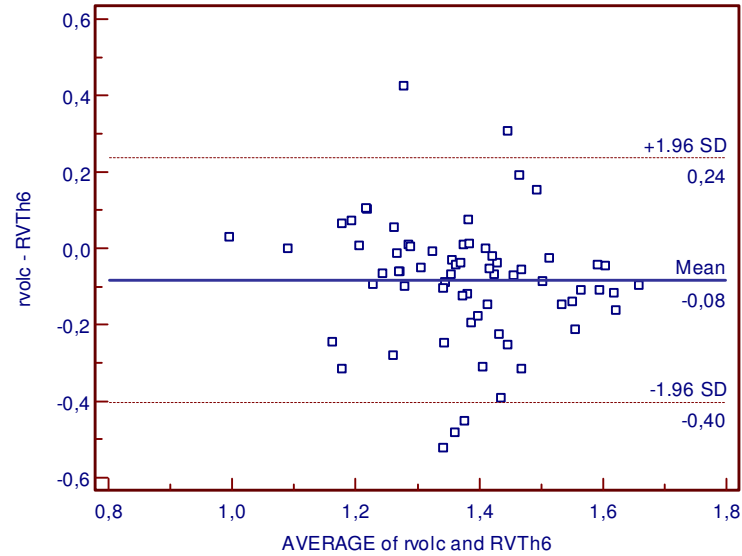
Method A : RVOlc

Method B : RVTh5

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0,1923
95% CI	=	0,1538 to 0,2309
Standard deviation	=	0,1580
Lower limit	=	-0,1173
95% CI	=	-0,1835 to -0,0511
Upper limit	=	0,5020
95% CI	=	0,4358 to 0,5682

1.1-f. RVÖlç. ile RVTh6 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : RVÖlç

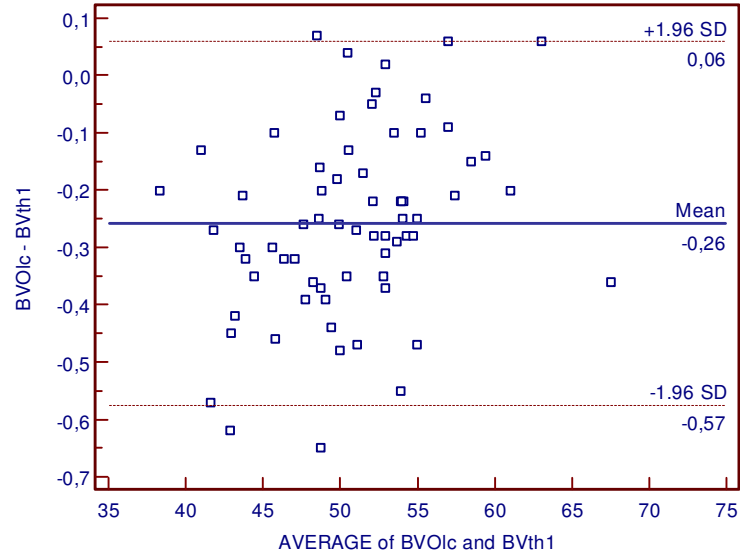
Method B : RVTh6

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,0831
95% CI	=	-0,1229 to -0,0434
Standard deviation	=	0,1629
Lower limit	=	-0,4025
95% CI	=	-0,4708 to -0,3342
Upper limit	=	0,2362
95% CI	=	0,1680 to 0,3045

1.2. Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Volümü İçin Geçerlilik Analizi

1.2-a. BVÖlç. ile BVTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

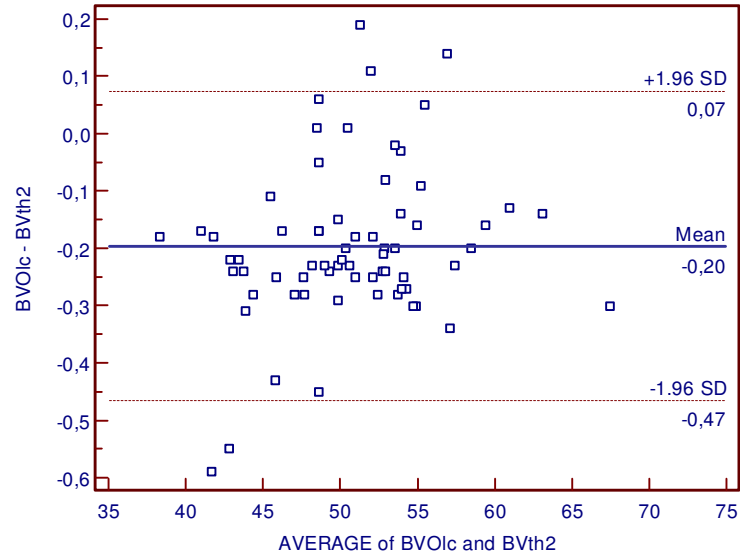
Method A : BVÖlç

Method B : BVth1

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0.2575
95% CI	=	-0.2970 to -0.2180
Standard deviation	=	0.1619
Lower limit	=	-0.5748
95% CI	=	-0.6426 to -0.5070
Upper limit	=	0.0599
95% CI	=	-0.0079 to 0.1277

1.2-b. BVÖlç. ile BVTh2 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

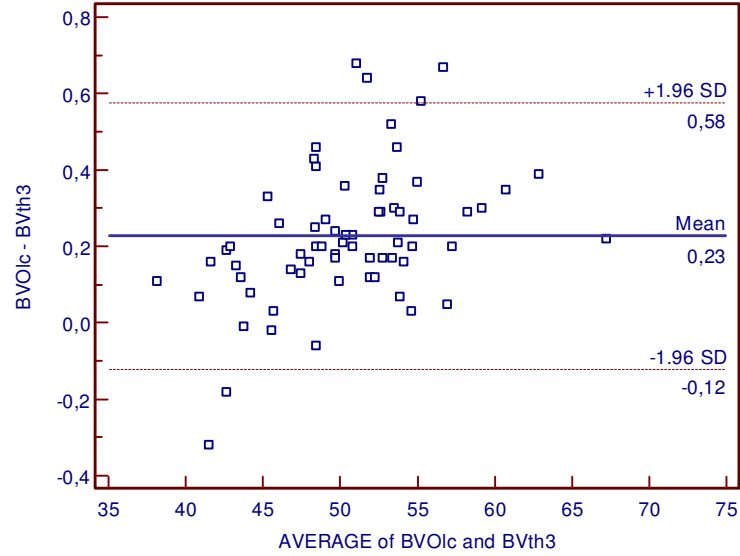
Method A : BVÖlç

Method B : BVTh2

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0.1964
95% CI	=	-0.2300 to -0.1628
Standard deviation	=	0.1377
Lower limit	=	-0.4662
95% CI	=	-0.5239 to -0.4085
Upper limit	=	0.0734
95% CI	=	0.0157 to 0.1310

1.2-c. BVÖlç. ile BVTh3 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

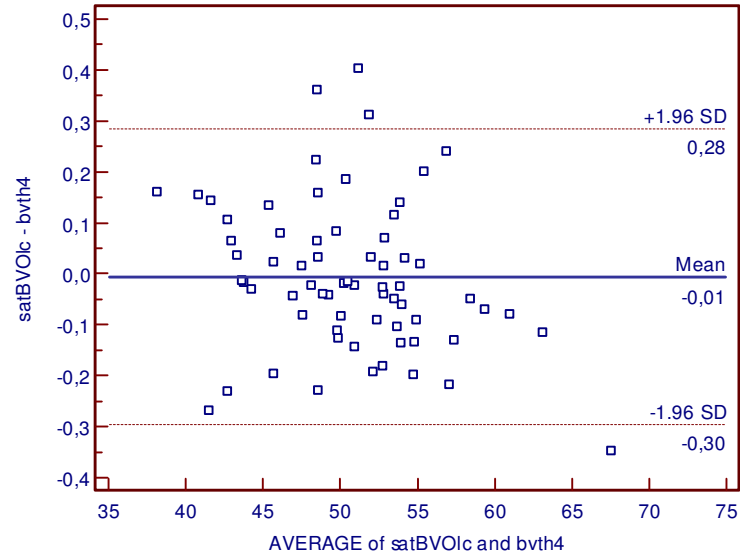
Method A : BVÖlç

Method B : BVTh3

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0.2266
95% CI	=	0.1831 to 0.2700
Standard deviation	=	0.1781
Lower limit	=	-0.1225
95% CI	=	-0.1971 to -0.0479
Upper limit	=	0.5756
95% CI	=	0.5010 to 0.6502

1.2-d. BVÖlç. ile BVTh4 İçin Bland Altman

**BLAND AND ALTMAN PLOT**

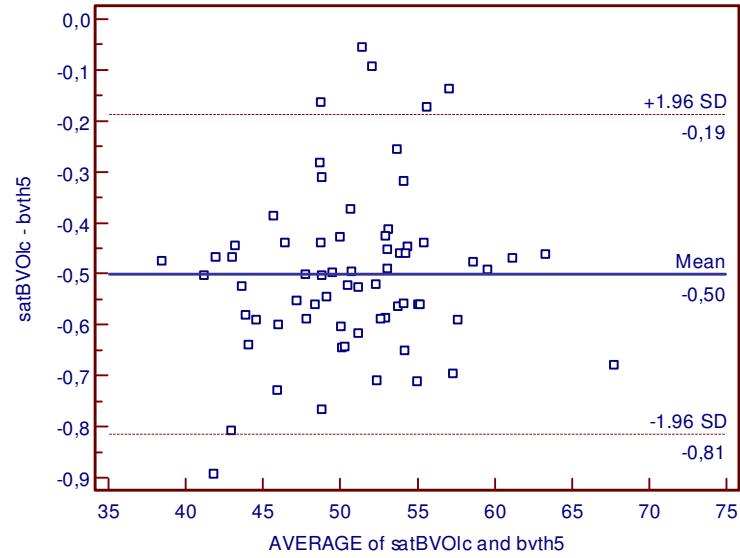
Method A : BVOlc

Method B : BVth4

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,0061
95% CI	=	-0,0422 to 0,0299
Standard deviation	=	0,1478
Lower limit	=	-0,2959
95% CI	=	-0,3578 to -0,2339
Upper limit	=	0,2836
95% CI	=	0,2217 to 0,3455

1.2-e. BVÖlç. ile BVTh5 için Bland Altman

**BLAND AND ALTMAN PLOT**

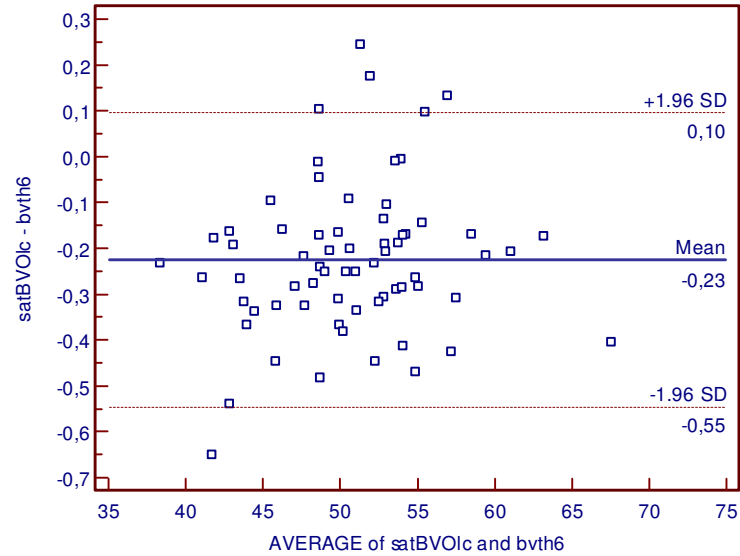
Method A : BVOlc

Method B : BVth5

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,5011
95% CI	=	-0,5402 to -0,4621
Standard deviation	=	0,1601
Lower limit	=	-0,8148
95% CI	=	-0,8819 to -0,7478
Upper limit	=	-0,1874
95% CI	=	-0,2545 to -0,1204

1.2-f. BVÖlç. ile BVTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : BVOlc

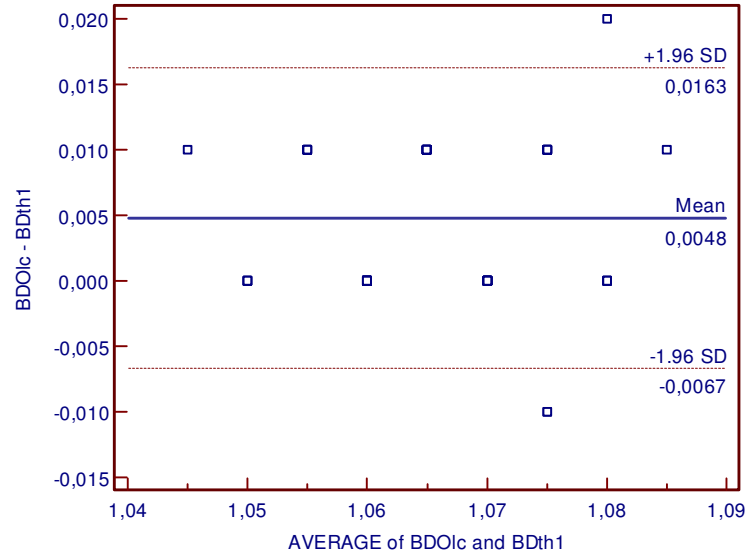
Method B : BVth6

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,2257
95% CI	=	-0,2656 to -0,1857
Standard deviation	=	0,1640
Lower limit	=	-0,5470
95% CI	=	-0,6157 to -0,4783
Upper limit	=	0,0957
95% CI	=	0,0270 to 0,1644

1.3. Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Yoğunluğu İçin Geçerlilik Analizi

1.3-a. BYÖlç. ile BYTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

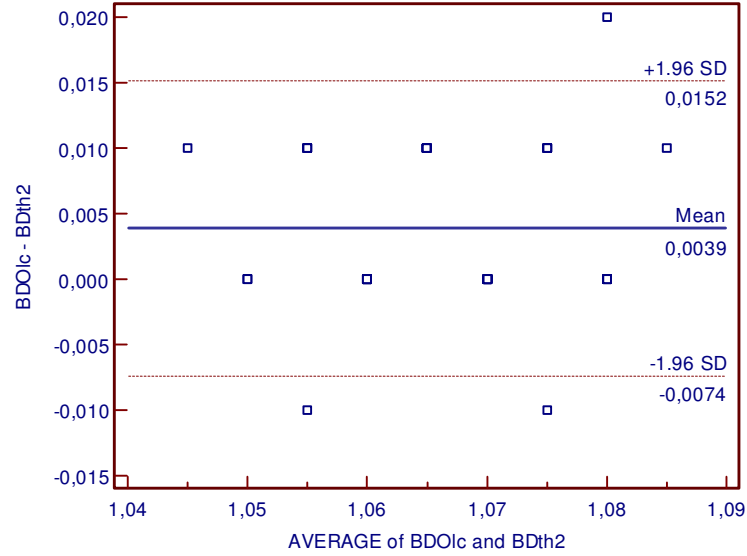
Method A : BYÖlc

Method B : BYth1

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0.0048
95% CI	=	0.0033 to 0.0062
Standard deviation	=	0.0059
Lower limit	=	-0.0067
95% CI	=	-0.0092 to -0.0043
Upper limit	=	0.0163
95% CI	=	0.0138 to 0.0187

1.3-b. BYÖlç. ile BYTh2 için Bland Altman

**BLAND AND ALTMAN PLOT**

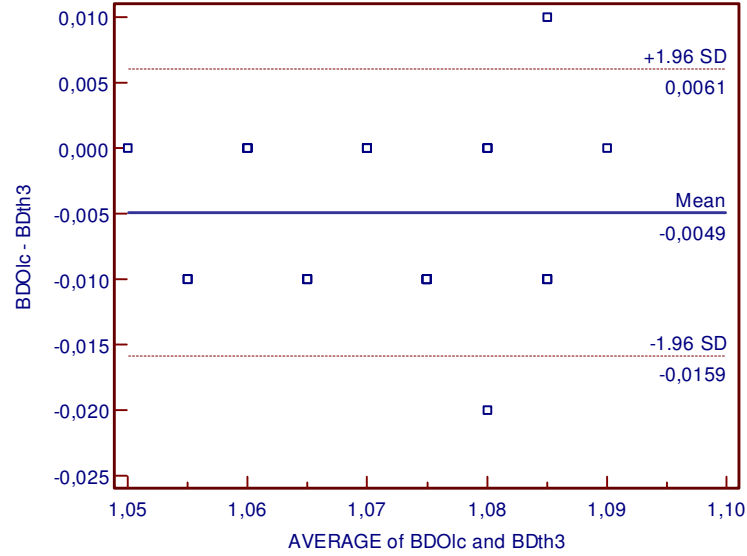
Method A : BDOlc

Method B : BDth2

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0.0039
95% CI	=	0.0025 to 0.0053
Standard deviation	=	0.0058
Lower limit	=	-0.0074
95% CI	=	-0.0098 to -0.0050
Upper limit	=	0.0152
95% CI	=	0.0128 to 0.0176

1.3-c. BYÖlç. ile BYTh3 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

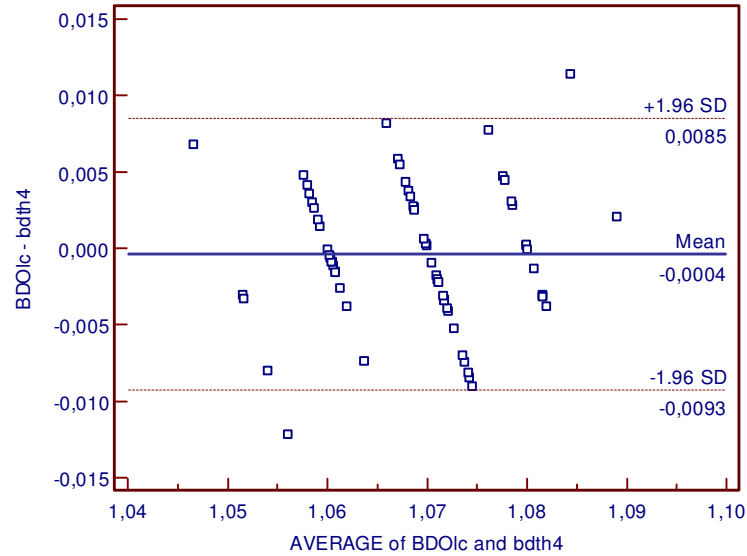
Method A : BYÖlc

Method B : BYTh3

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0.0049
95% CI	=	-0.0063 to -0.0036
Standard deviation	=	0.0056
Lower limit	=	-0.0159
95% CI	=	-0.0183 to -0.0136
Upper limit	=	0.0061
95% CI	=	0.0037 to 0.0084

1.3-d. BYÖlç. ile BYTh4 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

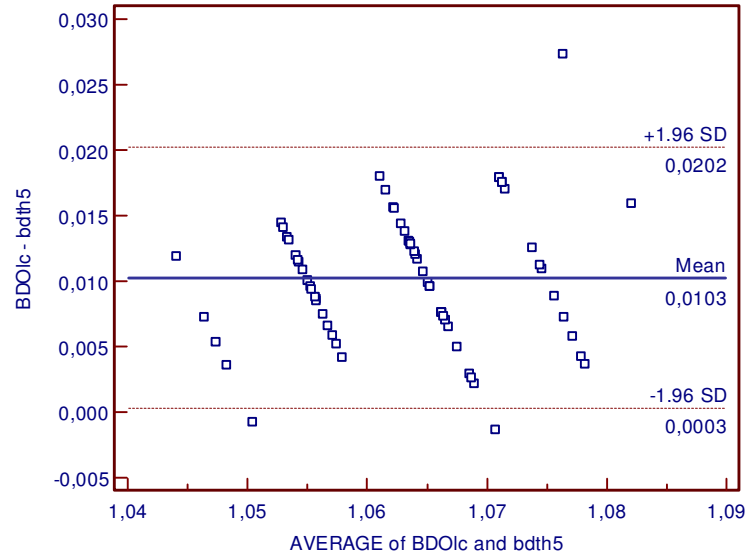
Method A : BYÖlc

Method B : BYTh4

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,0004
95% CI	=	-0,0015 to 0,0007
Standard deviation	=	0,0045
Lower limit	=	-0,0093
95% CI	=	-0,0112 to -0,0074
Upper limit	=	0,0085
95% CI	=	0,0066 to 0,0104

1.3-e. BYÖlç. ile BYTh5 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

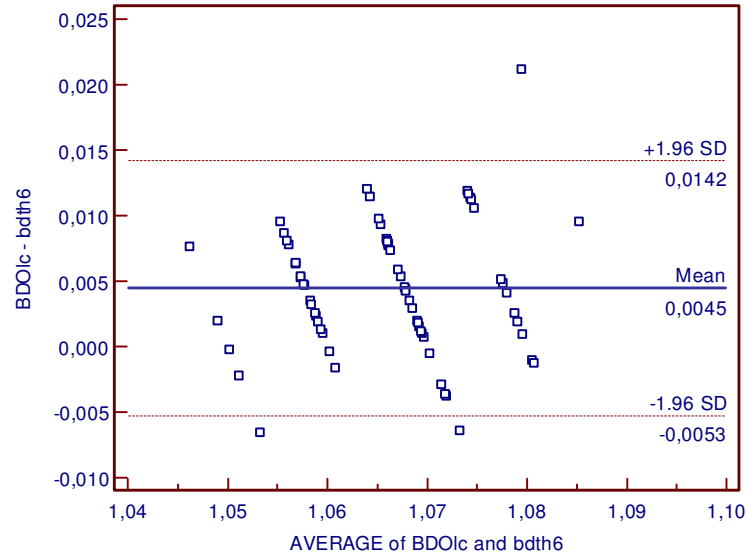
Method A : BYÖlç

Method B : BYTh5

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0,0103
95% CI	=	0,0090 to 0,0115
Standard deviation	=	0,0051
Lower limit	=	0,0003
95% CI	=	-0,0018 to 0,0024
Upper limit	=	0,0202
95% CI	=	0,0181 to 0,0223

1.3-f. BYÖlç. ile BYTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : BYÖlç

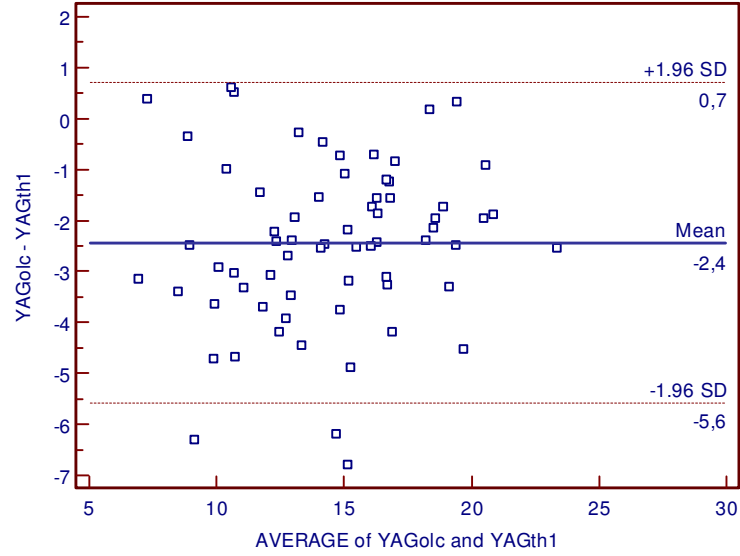
Method B : BYTh6

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	0,0045
95% CI	=	0,0032 to 0,0057
Standard deviation	=	0,0050
Lower limit	=	-0,0053
95% CI	=	-0,0074 to -0,0032
Upper limit	=	0,0142
95% CI	=	0,0121 to 0,0163

1.4. Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Yağ Yüzdesi İçin Geçerlilik Analizi

1.4-a. YağÖlç. ile YağTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

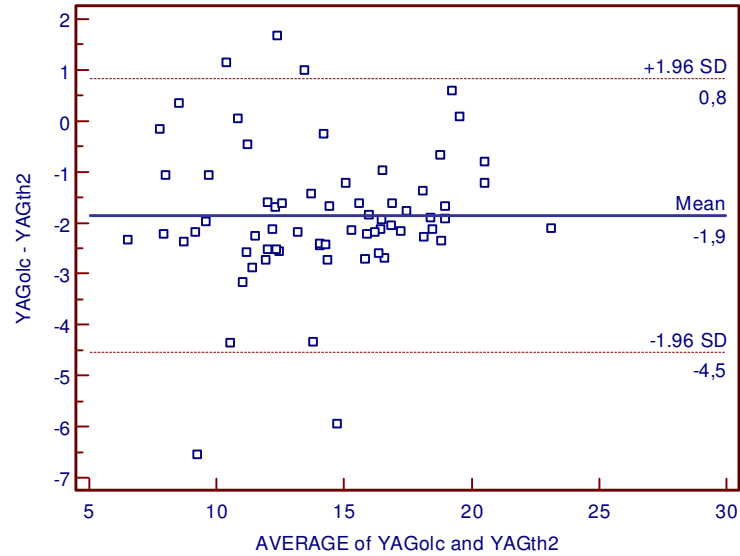
Method A : YAGolc

Method B : YAGth1

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-2.4349
95% CI	=	-2.8258 to -2.0441
Standard deviation	=	1.6023
Lower limit	=	-5.5754
95% CI	=	-6.2466 to -4.9041
Upper limit	=	0.7055
95% CI	=	0.0343 to 1.3768

1.4-b. YağÖlç. ile YağTh2 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

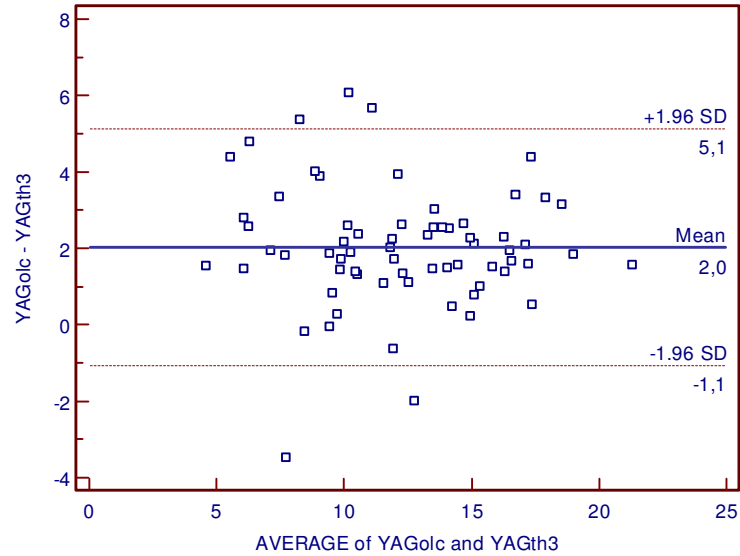
Method A : YAGolc

Method B : YAGth2

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-1.8500
95% CI	=	-2.1841 to -1.5159
Standard deviation	=	1.3697
Lower limit	=	-4.5347
95% CI	=	-5.1085 to -3.9609
Upper limit	=	0.8347
95% CI	=	0.2609 to 1.4085

1.4-c. YağÖlç. ile YağTh3 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

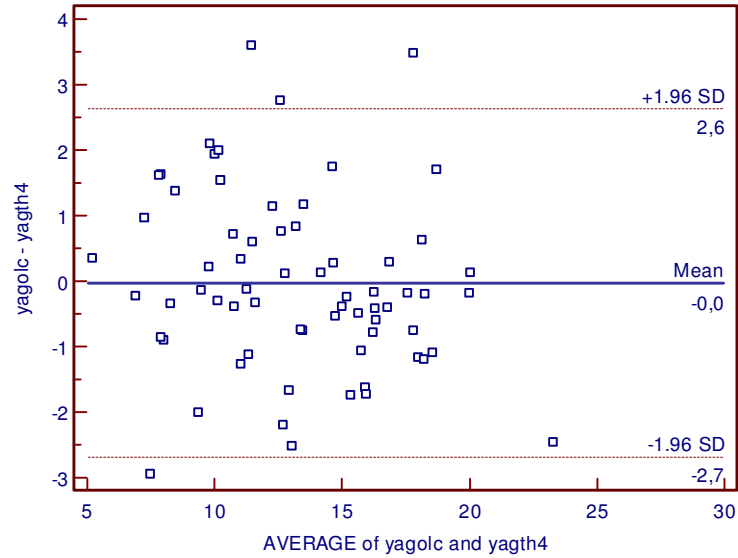
Method A : YAGolc

Method B : YAGth3

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	2.0219
95% CI	=	1.6357 to 2.4082
Standard deviation	=	1.5834
Lower limit	=	-1.0815
95% CI	=	-1.7448 to -0.4181
Upper limit	=	5.1253
95% CI	=	4.4620 to 5.7887

1.4-d. YağÖlç. ile YağTh4 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

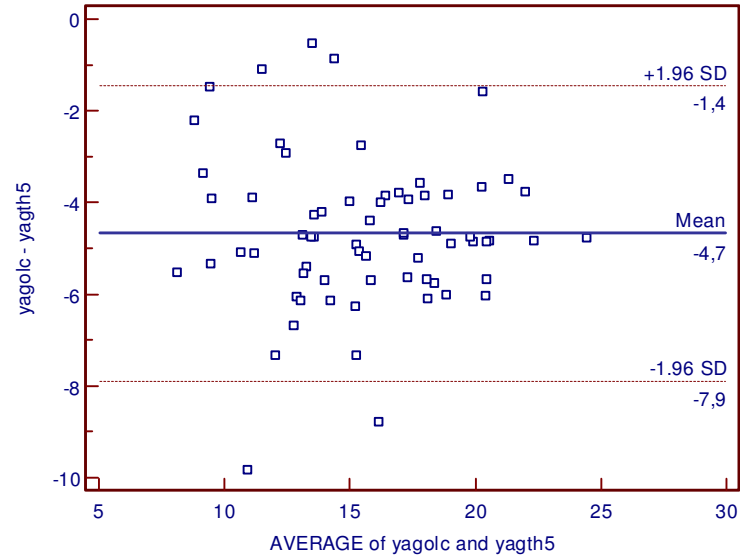
Method A : yagolc

Method B : yagth4

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-0,0268
95% CI	=	-0,3584 to 0,3048
Standard deviation	=	1,3594
Lower limit	=	-2,6913
95% CI	=	-3,2608 to -2,1218
Upper limit	=	2,6376
95% CI	=	2,0681 to 3,2072

1.4-e. YağÖlç. ile YağTh5 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

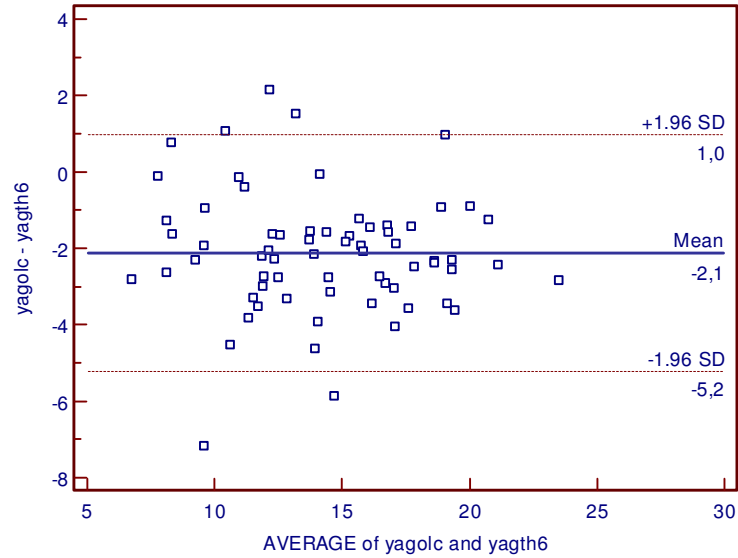
Method A : yagolc

Method B : yagth5

Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-4,6703
95% CI	=	-5,0723 to -4,2682
Standard deviation	=	1,6482
Lower limit	=	-7,9008
95% CI	=	-8,5913 to -7,2103
Upper limit	=	-1,4398
95% CI	=	-2,1303 to -0,7492

1.4-f. YağÖlç. ile YağTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : yagolc

Method B : yagth6

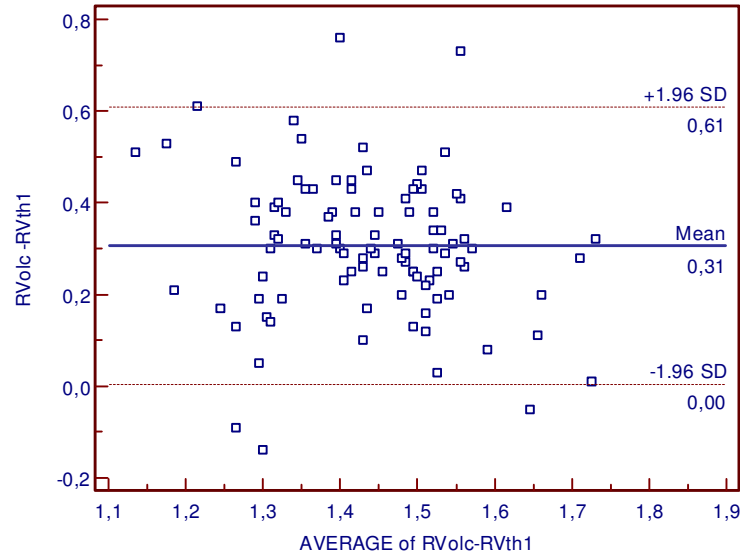
Differences:

Sample size	=	67
Arithmetic mean	=	-2,1233
95% CI	=	-2,5100 to -1,7366
Standard deviation	=	1,5853
Lower limit	=	-5,2306
95% CI	=	-5,8947 to -4,5664
Upper limit	=	0,9840
95% CI	=	0,3198 to 1,6481

2.ERKEKLER GEÇERLİLİK ANALİZİ

2.1. Ölçülen Rezidüel Volüm İçin Geçerlilik Analizi

2.1-a. RVölç. ile RVTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

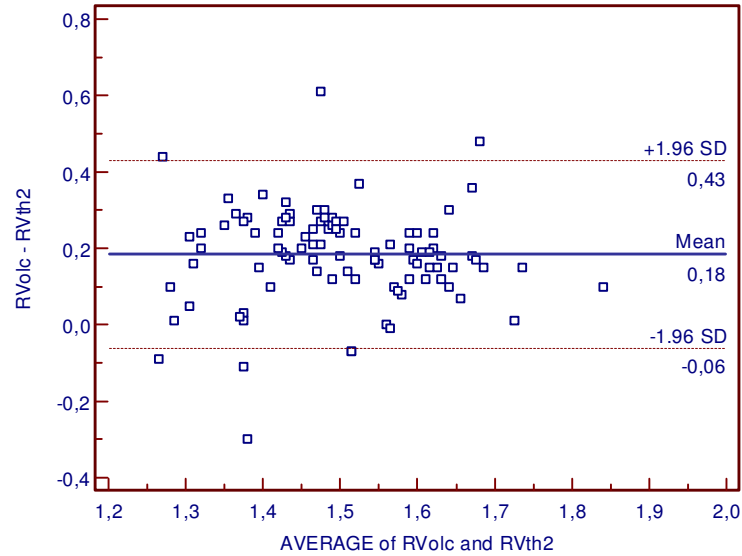
Method A : rvolc

Method B : rvth1

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0.3059
95% CI	=	0.2751 to 0.3366
Standard deviation	=	0.1542
Lower limit	=	0.0036
95% CI	=	-0.0491 to 0.0564
Upper limit	=	0.6081
95% CI	=	0.5554 to 0.6608

2.1-b. RVölç. ile RVTh2 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

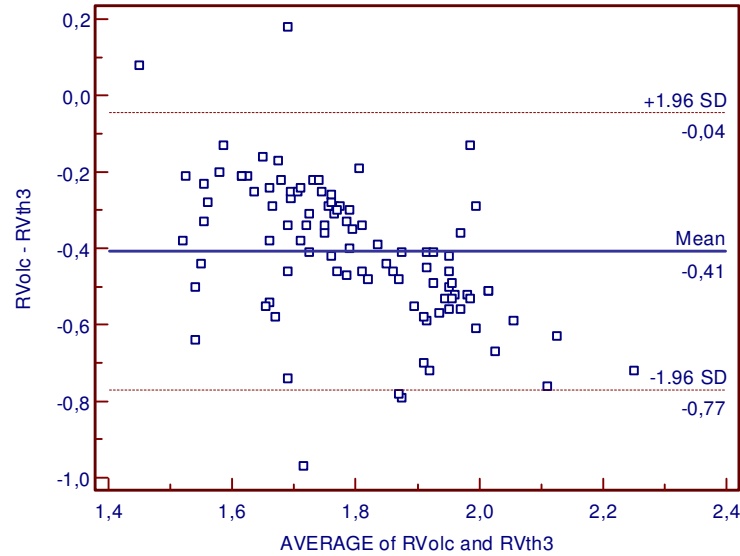
Method A : rvolc

Method B : rvth2

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0.1844
95% CI	=	0.1595 to 0.2094
Standard deviation	=	0.1252
Lower limit	=	-0.0610
95% CI	=	-0.1038 to -0.0182
Upper limit	=	0.4299
95% CI	=	0.3871 to 0.4727

2.1-c. RVÖlç. ile RVTh3 için Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

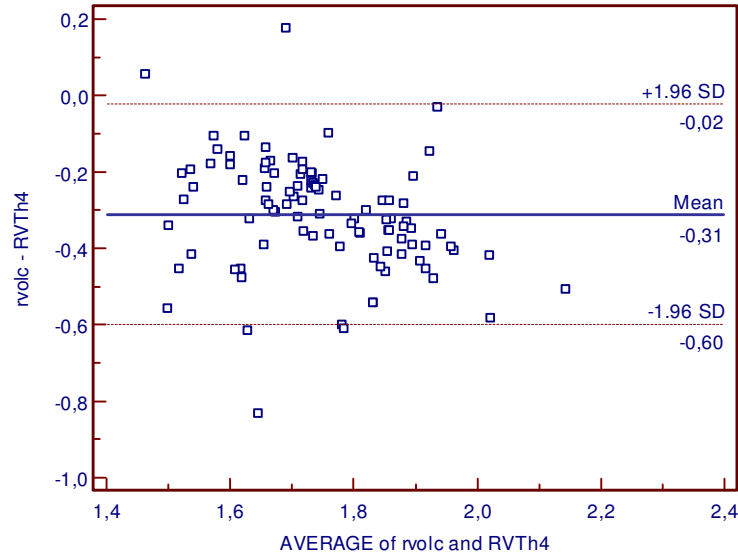
Method A : rvolc

Method B : rvth3

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0.4069
95% CI	=	-0.4438 to -0.3699
Standard deviation	=	0.1852
Lower limit	=	-0.7698
95% CI	=	-0.8332 to -0.7065
Upper limit	=	-0.0439
95% CI	=	-0.1073 to 0.0194

2.1-d. RVÖlç. ile RVTh4 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

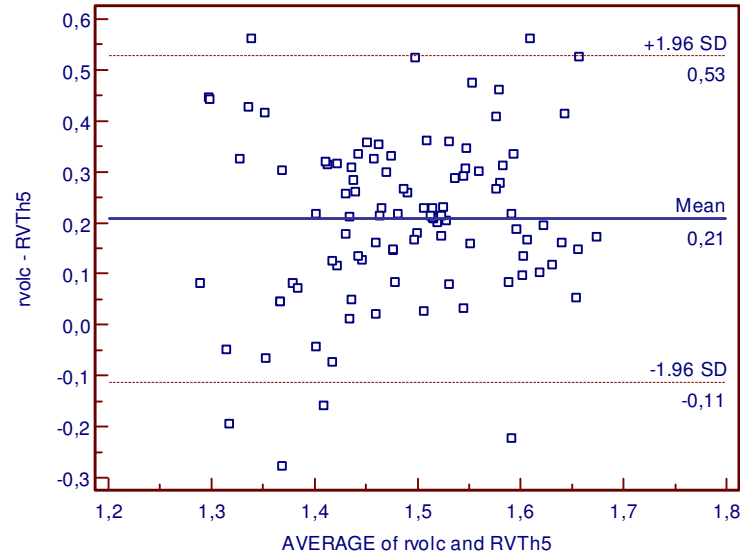
Method A : RVÖlç

Method B : RVTh4

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0,3109
95% CI	=	-0,3403 to -0,2815
Standard deviation	=	0,1474
Lower limit	=	-0,5999
95% CI	=	-0,6503 to -0,5495
Upper limit	=	-0,0219
95% CI	=	-0,0723 to 0,0285

2.1-e. RVÖlç. ile RVTh5 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

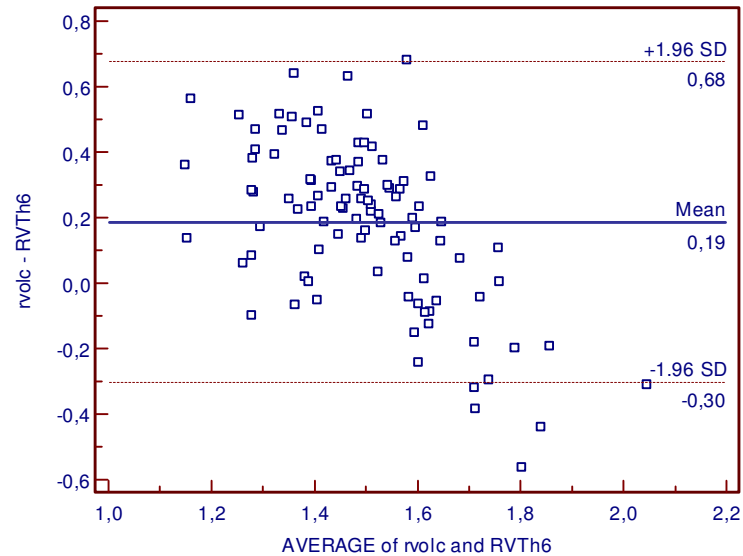
Method A : RVÖlç

Method B : RVTh5

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0,2081
95% CI	=	0,1754 to 0,2407
Standard deviation	=	0,1636
Lower limit	=	-0,1125
95% CI	=	-0,1685 to -0,0566
Upper limit	=	0,5286
95% CI	=	0,4727 to 0,5846

2.1-f. RVÖlç. ile RVTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : RVolc

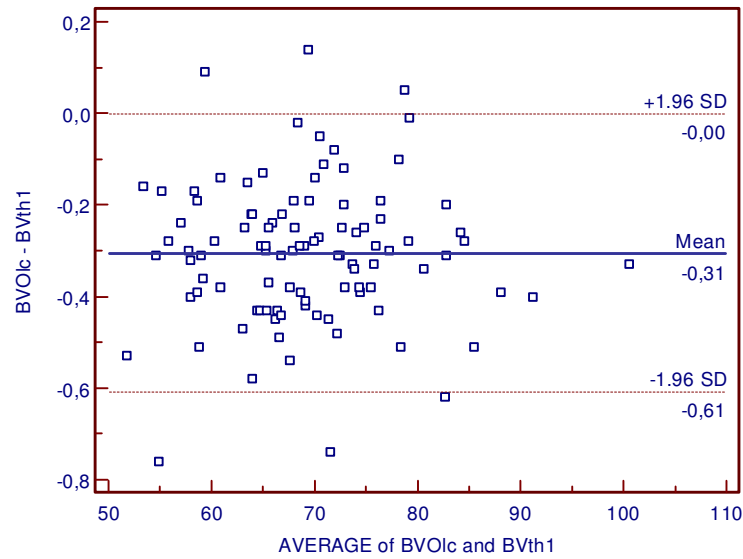
Method B : RVTh6

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0,1860
95% CI	=	0,1363 to 0,2358
Standard deviation	=	0,2496
Lower limit	=	-0,3032
95% CI	=	-0,3886 to -0,2178
Upper limit	=	0,6753
95% CI	=	0,5899 to 0,7606

2.2. Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Volümü İçin Geçerlilik Analizi

2.2.1-a. BVÖlç. ile BVTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

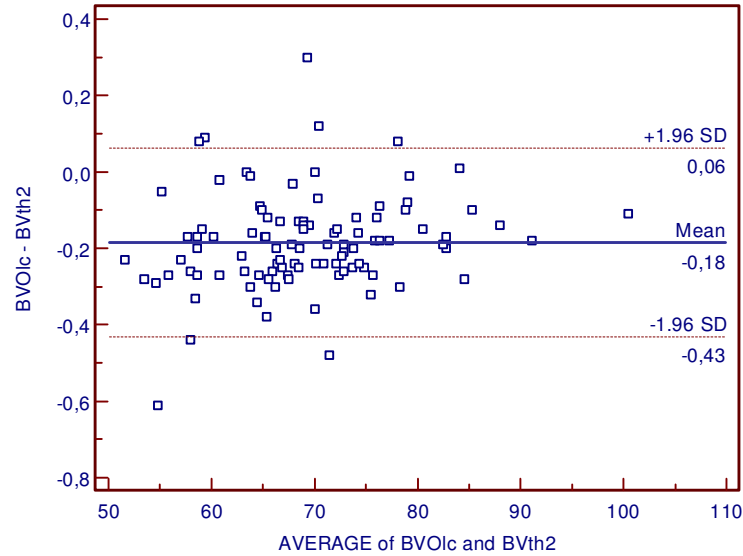
Method A : BVOlc

Method B : BVth1

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0.3054
95% CI	=	-0.3362 to -0.2745
Standard deviation	=	0.1546
Lower limit	=	-0.6084
95% CI	=	-0.6613 to -0.5555
Upper limit	=	-0.0023
95% CI	=	-0.0552 to 0.0506

2.2.1-b. BVÖlç. ile BVTh2 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

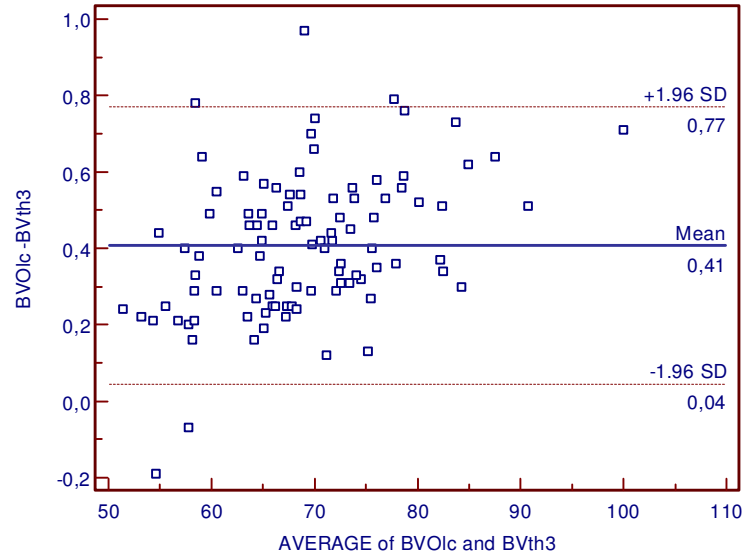
Method A : BVÖlç

Method B : BVTh2

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0.1839
95% CI	=	-0.091 to -0.1588
Standard deviation	=	0.1260
Lower limit	=	-0.4310
95% CI	=	-0.4741 to -0.3879
Upper limit	=	0.0631
95% CI	=	0.0200 to 0.1062

2.2.1-c. BVÖlç. ile BVTh3 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

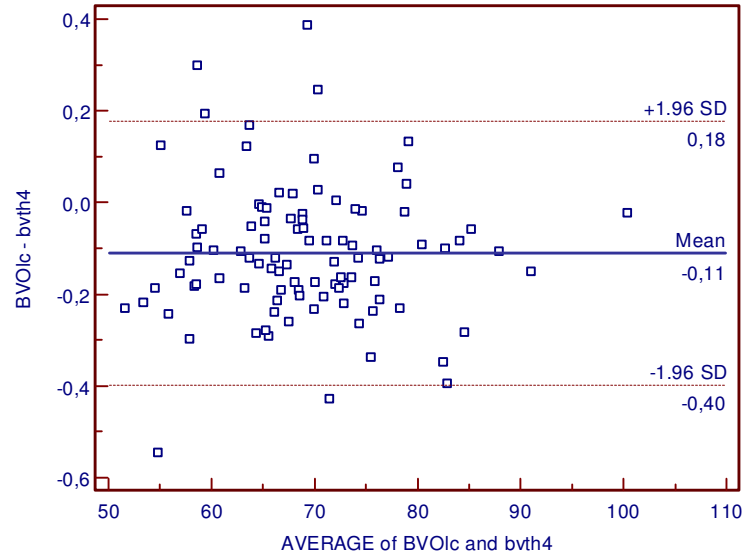
Method A : BVÖlç

Method B : BVTh3

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0.4080
95% CI	=	0.3710 to 0.4450
Standard deviation	=	0.1855
Lower limit	=	0.0444
95% CI	=	-0.0190 to 0.1079
Upper limit	=	0.7715
95% CI	=	0.7081 to 0.8350

2.2.1-d. BVÖlç. ile BVTh4 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

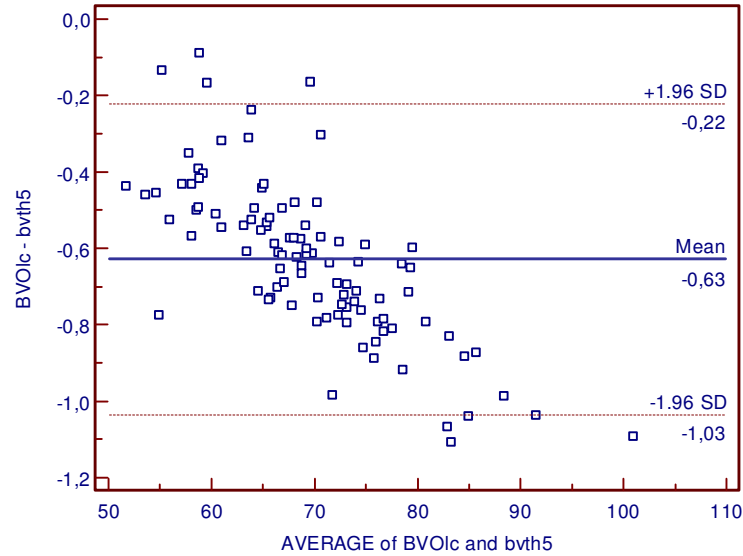
Method A : BVÖlç

Method B : bvth4

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0,1100
95% CI	=	-0,1393 to -0,0807
Standard deviation	=	0,1467
Lower limit	=	-0,3976
95% CI	=	-0,4478 to -0,3474
Upper limit	=	0,1776
95% CI	=	0,1274 to 0,2278

2.2.1-e. BVÖlç. ile BVTh5 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

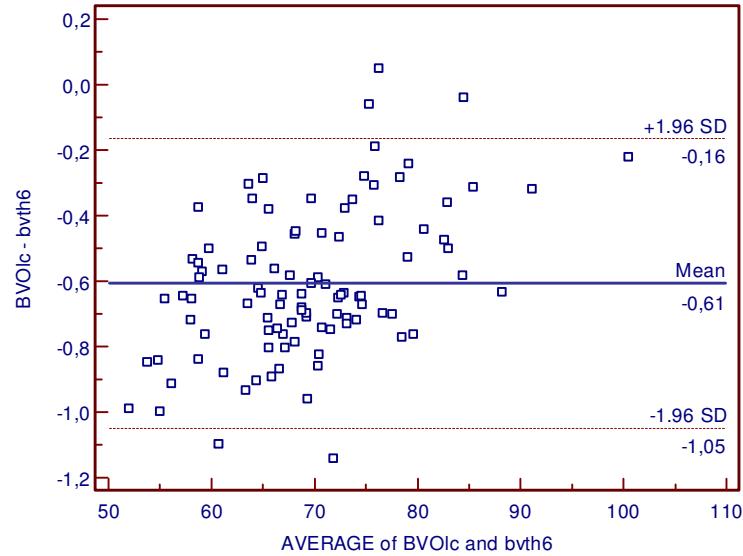
Method A : BVÖlç

Method B : bvth5

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0,6290
95% CI	=	-0,6703 to -0,5876
Standard deviation	=	0,2072
Lower limit	=	-1,0350
95% CI	=	-1,1058 to -0,9641
Upper limit	=	-0,2229
95% CI	=	-0,2938 to -0,1521

2.2.1-f. BVÖlç. ile BVTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : BVÖlç

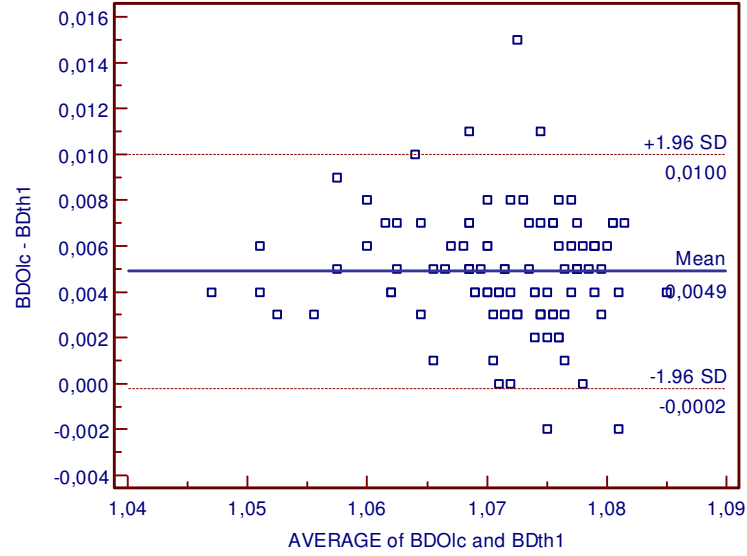
Method B : bvth6

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0,6069
95% CI	=	-0,6521 to -0,5618
Standard deviation	=	0,2263
Lower limit	=	-1,0505
95% CI	=	-1,1279 to -0,9731
Upper limit	=	-0,1634
95% CI	=	-0,2408 to -0,0860

2.3. Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Yoğunluğu İçin Geçerlilik Analizi

2.3.1-a. BYÖlç. ile BYTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

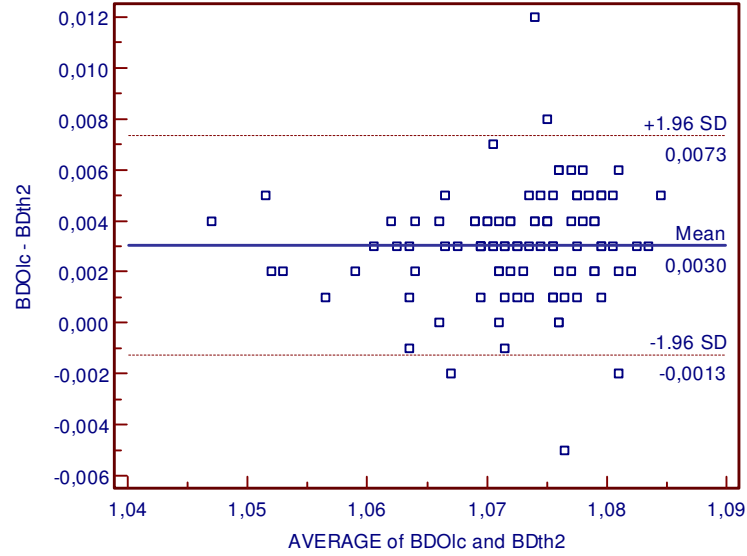
Method A : BYOlc

Method B : BYth1

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0.0049
95% CI	=	0.0044 to 0.0054
Standard deviation	=	0.0026
Lower limit	=	-0.0002
95% CI	=	-0.0011 to 0.0007
Upper limit	=	0.0100
95% CI	=	0.0091 to 0.0109

2.3.1-b. BYÖlç. ile BYTh2 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

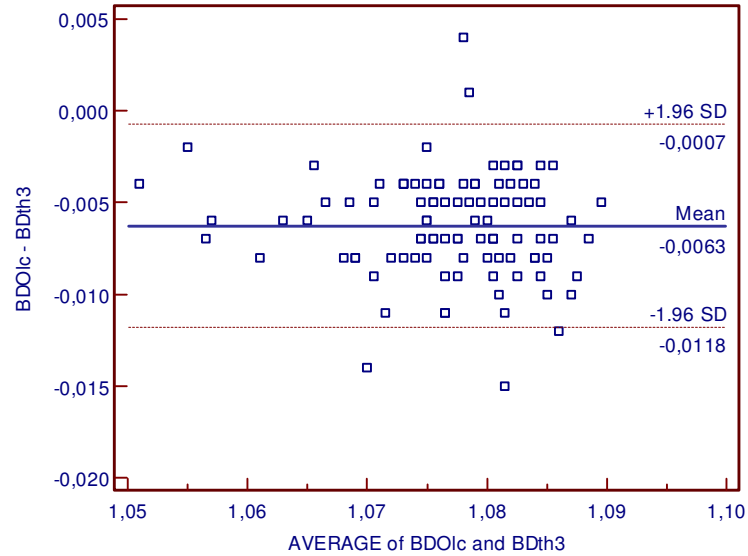
Method A : BDOlc

Method B : BDth2

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0.0030
95% CI	=	0.0026 to 0.0035
Standard deviation	=	0.0022
Lower limit	=	-0.0013
95% CI	=	-0.0020 to -0.0005
Upper limit	=	0.0073
95% CI	=	0.0066 to 0.0081

2.3.1-c. BYÖlç. ile BYTh3 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

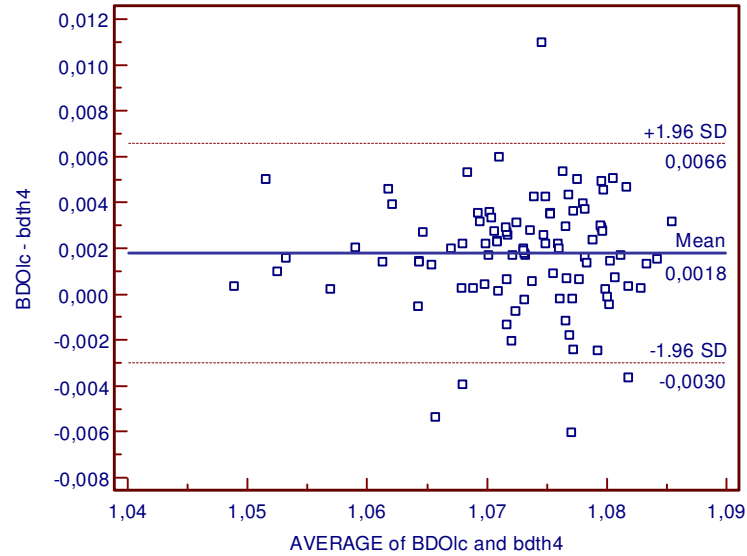
Method A : BDOlc

Method B : BDth3

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0.0063
95% CI	=	-0.0068 to -0.0057
Standard deviation	=	0.0028
Lower limit	=	-0.0118
95% CI	=	-0.0128 to -0.0109
Upper limit	=	-0.0007
95% CI	=	-0.0017 to 0.0002

2.3.1-d. BYÖlç. ile BYTh4 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

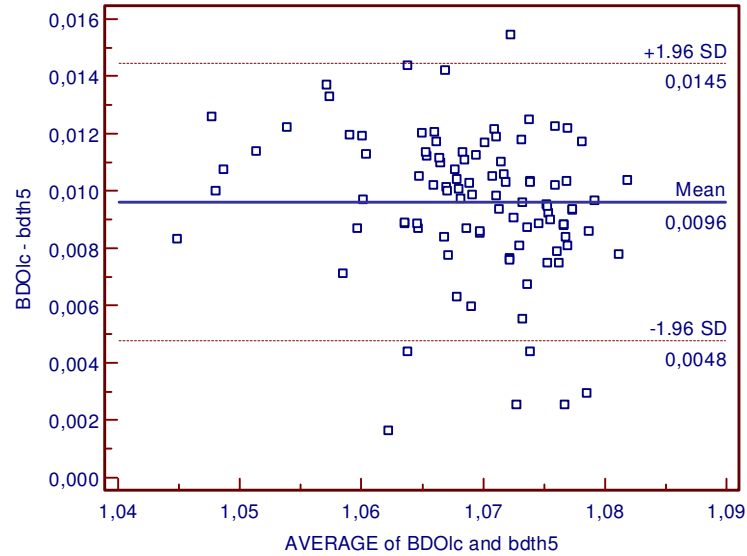
Method A : BDOlc

Method B : bdth4

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0,0018
95% CI	=	0,0013 to 0,0023
Standard deviation	=	0,0024
Lower limit	=	-0,0030
95% CI	=	-0,0038 to -0,0021
Upper limit	=	0,0066
95% CI	=	0,0057 to 0,0074

2.3.1-e. BYÖlç. ile BYTh5 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

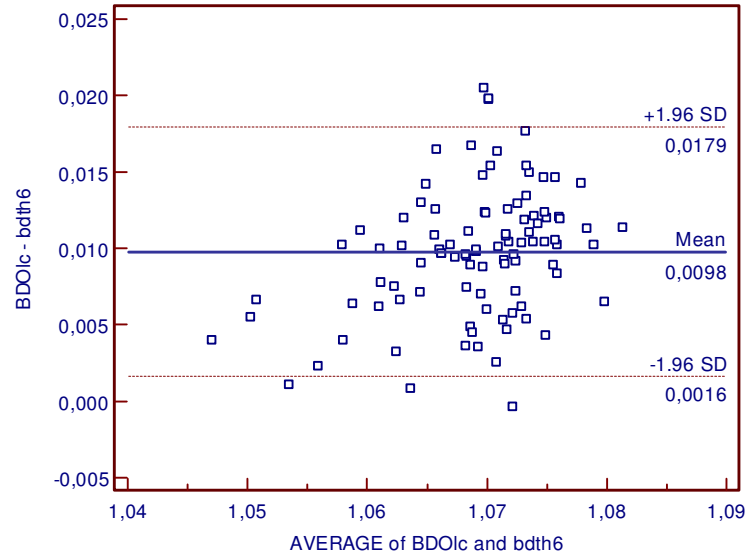
Method A : BDOlc

Method B : bdth5

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0,0096
95% CI	=	0,0091 to 0,0101
Standard deviation	=	0,0025
Lower limit	=	0,0048
95% CI	=	0,0039 to 0,0056
Upper limit	=	0,0145
95% CI	=	0,0136 to 0,0153

2.3.1-f. BYÖlç. ile BYTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : BDOlc

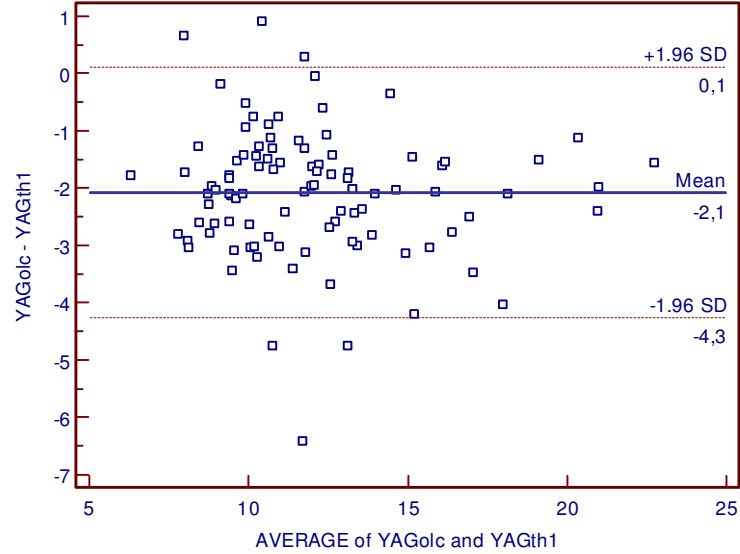
Method B : bdth6

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	0,0098
95% CI	=	0,0089 to 0,0106
Standard deviation	=	0,0042
Lower limit	=	0,0016
95% CI	=	0,0002 to 0,0030
Upper limit	=	0,0179
95% CI	=	0,0165 to 0,0193

2.4. Ölçülen Rezidüel Volüm Kullanılarak Hesaplanan Beden Yağ Yüzdesi İçin Geçerlilik Analizi

2.4.1-a. YağÖlç. ile YağTh1 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

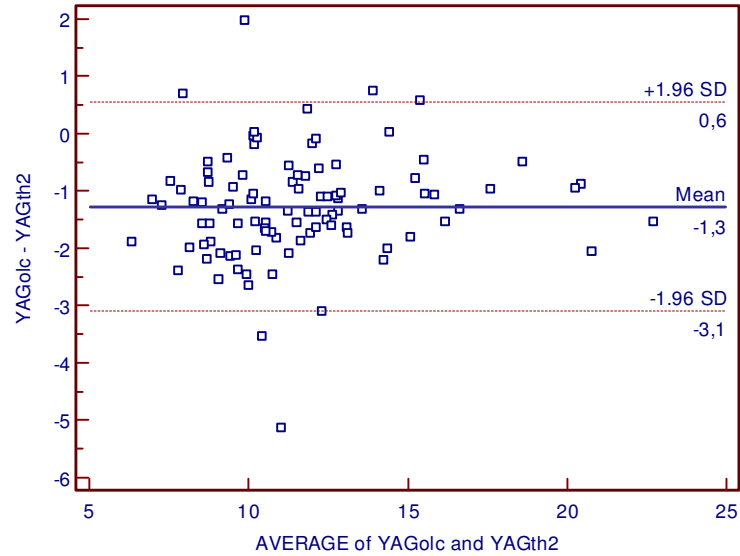
Method A : yagolc

Method B : yagth1

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-2.0778
95% CI	=	-2.2996 to -1.8560
Standard deviation	=	1.1119
Lower limit	=	-4.2572
95% CI	=	-4.6375 to -3.8769
Upper limit	=	0.1016
95% CI	=	-0.2786 to 0.4819

2.4.1-b. YağÖlç. ile YağTh2 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

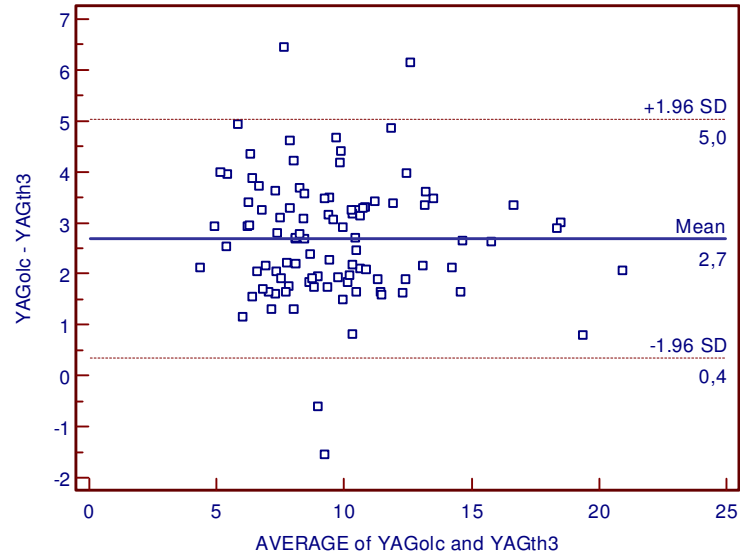
Method A : yagolc

Method B : yagth2

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-1.2709
95% CI	=	-1.4571 to -1.0847
Standard deviation	=	0.9334
Lower limit	=	-3.1004
95% CI	=	-3.4196 to -2.7811
Upper limit	=	0.5586
95% CI	=	0.2393 to 0.8778

2.4.1-c. YağÖlç. ile YağTh3 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

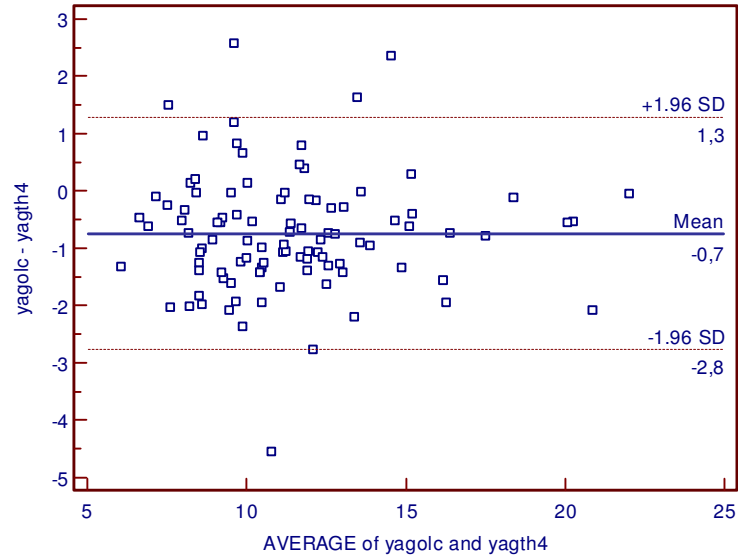
Method A : yagolc

Method B : yagth3

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	2.6937
95% CI	=	2.4553 to 2.9322
Standard deviation	=	1.1954
Lower limit	=	0.3507
95% CI	=	-0.0581 to 0.7596
Upper limit	=	5.0368
95% CI	=	4.6279 to 5.4456

2.4.1-d. YağÖlç. ile YağTh4 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

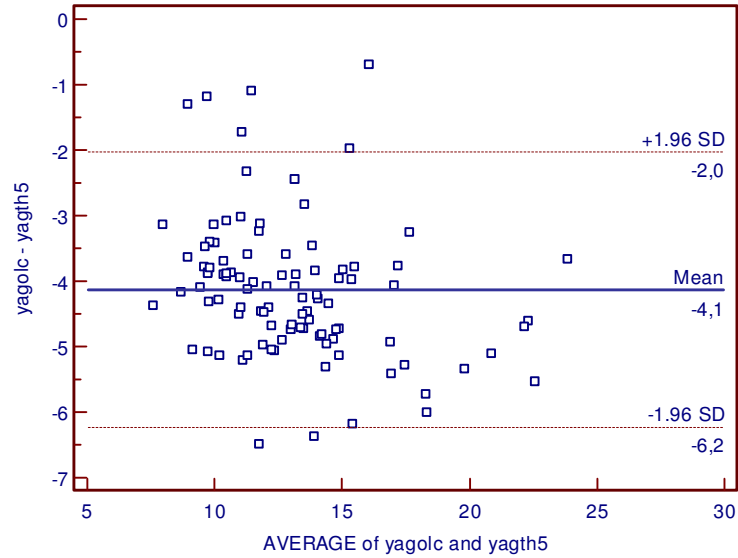
Method A : yagolc

Method B : yagth4

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-0,7443
95% CI	=	-0,9502 to -0,5383
Standard deviation	=	1,0327
Lower limit	=	-2,7684
95% CI	=	-3,1216 to -2,4152
Upper limit	=	1,2799
95% CI	=	0,9267 to 1,6331

2.4.1-e. Yağ Ölç. ile YağTh5 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

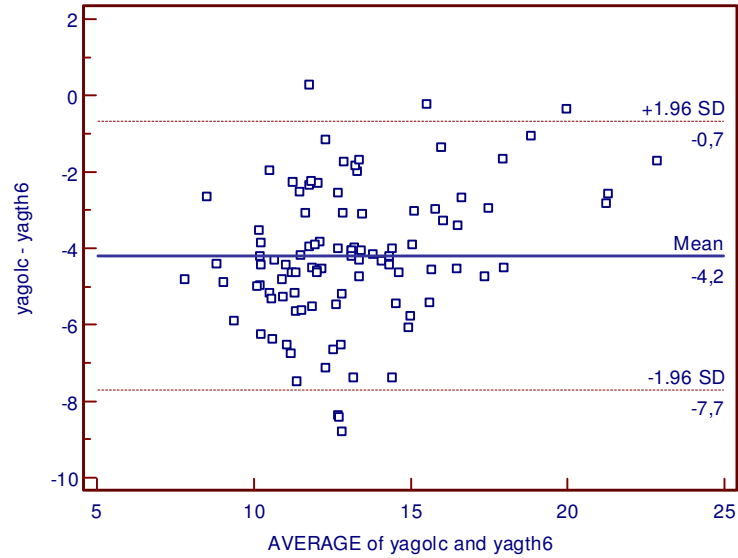
Method A : yagolc

Method B : yagth5

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-4,1374
95% CI	=	-4,3515 to -3,9233
Standard deviation	=	1,0733
Lower limit	=	-6,2412
95% CI	=	-6,6082 to -5,8741
Upper limit	=	-2,0337
95% CI	=	-2,4007 to -1,6666

2.4.1-f. YağÖlç. ile YağTh6 İçin Bland Altman



BLAND AND ALTMAN PLOT

Method A : yagolc

Method B : yagth6

Differences:

Sample size	=	99
Arithmetic mean	=	-4,1943
95% CI	=	-4,5528 to -3,8359
Standard deviation	=	1,7974
Lower limit	=	-7,7173
95% CI	=	-8,3320 to -7,1026
Upper limit	=	-0,6714
95% CI	=	-1,2861 to -0,0567

ANTROPOMETRİK ÖLÇÜM FORMU

ADI SOYADI:	DOĞUM TARİHİ:/...../19.....
-------------	-----------------------------------

BÖLÜM:	SINIF:	NO:
--------	--------	-----

CİNSİYETİ: E K	BOY:	AĞIRLIK:
----------------	------	----------

OTURMA YÜKSEKLİĞİ:

KULAÇ		EL UZUNL			AYAK UZUNL		
-------	--	----------	--	--	------------	--	--

TRICEPS S				BICEPS S			
SUBSCAP S				S.ILIAC S			
ABDOMİN S				MDAXL S			
ÖN KOL S				UYLUK S			
CALF S				GÖĞÜS S			

HUMERUS BIC.			FEMUR BIC		
BIACROMIAL			BITROCANT		

OMUZ ÇEVRE			GÖĞS.ÇEV		
BEL ÇEVRE			KARIN ÇEV		
KALÇA ÇEVRE			UYLUK ÇEV		
DİZ ÇEVRE			CALF ÇEV		
AYAK B. ÇEV			BICEPS ÇEV		
ÖNKOL ÇEVRE			EL BİL ÇEV		
BOYUN ÇEVRE					

ÖLÇÜM TARİHİ:/...../.....

ADI SOYADI:	DOĞUM TARİHİ:/...../19.....
-------------	-----------------------------------

BÖLÜM:	SINIF:	NO:
--------	--------	-----

CİNSİYETİ:	E	K	BOY:	BRANŞI :
------------	---	---	------	----------

BIA

	1. ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM
BMI		
EMP		
%YAĞ		
YAĞ A.		
YBK		
TBW		

SUALTI TARTIMI-BIA ÖLÇÜM FORMU

AĞIRLIK(gr):	MAYO AĞIRLIĞI(gr):
DARA(gr) :	NET AĞIRLIK(gr) :

VİTAL KAP(VC):				
----------------	--	--	--	--

REZİDÜEL VOLUM	ERKEK=0.24x.....	
REZİDÜEL VOLUM	BAYAN=0.28x.....	

SU SICAKLIĞI:		SU YOĞUNLUĞU:
ÖLÇÜMLER		EN YÜKSEK UÇ DEĞER
1	6	1
2	7	2
3	8	3
4	9	ORTALAMA
5	10	

HESAPLAMA:

- 1- Beden Volumü=[(Ağırlık-Sualtı Ağırlığı)/Su Yoğunluğu]-RV
- 2- Beden Yoğ=ağırlık / beden volümü
- 3- %Yağ=[4.95/BY - 4.5]*100

VALIDITY OF LEG-TO-LEG BIOELECTRICAL IMPEDANCE MEASUREMENT IN HIGHLY ACTIVE WOMEN
 Selma Civar, Abdurrahman Aktop, Evren Tercan, Yeliz Ozdol, Kamil Ozer
Journal of Strength and Conditioning Research; May 2006; 20, 2; Pharmaceutical News Index
 pg. 359

Journal of Strength and Conditioning Research, 2006, 20(2), 359–365
 © 2006 National Strength & Conditioning Association

VALIDITY OF LEG-TO-LEG BIOELECTRICAL IMPEDANCE MEASUREMENT IN HIGHLY ACTIVE WOMEN

SELMA CIVAR,¹ ABDURRAHMAN AKTOP,² EVREN TERCAN,³ YELİZ OZDOL,² AND KAMIL OZER¹

¹Akdeniz University School of Physical Education & Sports, Department of Coaching Education, Sports Sciences Research & Application Center, Kampus, Antalya, Turkey; ²Akdeniz University School of Physical Education & Sports, Department of Physical Education Teacher Education, Sports Sciences Research & Application Center, Kampus, Antalya, Turkey; and ³Akdeniz University School of Physical Education & Sports, Department of Sports Management, Sports Sciences Research & Application Center, Kampus, Antalya, Turkey.

ABSTRACT. Civar, S., A. Aktop, E. Tercan, Y. Ozdol, and K. Ozer. Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in highly active women. *J. Strength Cond. Res.* 20(2):359–365. 2006.—The aim of this study was to compare the validity of the leg-to-leg bioelectrical impedance analysis (BIA) method with that of anthropometry using hydrostatic weighing (HW) as the criterion test. A secondary objective was to cross-validate previously developed anthropometric regression equations as well as to develop a new regression equation formula based on the anthropometric data collected in this study. Three methods for assessing body composition (HW, BIA, and anthropometric) were applied to 60 women university athletes. The means and standard deviations of age, weight, height, and body mass index (BMI) of athletes were as follows: age, 20.70 ± 1.43; weight, 56.19 ± 7.83 kg; height, 163.33 ± 6.11 cm; BMI, 21.01 ± 2.63 kg·m⁻². Leg-to-leg BIA (11.82 ± 2.39) has shown no statistical difference between percentage body fat determined by HW (11.63 ± 2.42%) in highly active women ($p > 0.05$). This result suggests that the leg-to-leg BIA and HW methods were somewhat interchangeable in highly active women ($R = 0.667$; standard error of estimate [SEE] = 1.81). As a result of all cross-validation analyses, anthropometric and BIA plus anthropometric results have generally produced lower regression coefficients and higher SEEs for highly active women between the ages of 18 and 25 years. The regression coefficients (0.903, 0.926) and SEE (1.08, 0.96) for the new regression formulas developed from this study were better than the all the other formulas used in this study.

KEY WORDS. hydrostatic weighing, anthropometry, body fat, body composition, active women, validity

INTRODUCTION

Assessment of body composition has been of interest to researchers, educators, coaches, athletes, and other individuals who are concerned with physical fitness. There is evidence that the percentage of body fat (%BF) is inversely related to general physical performance tests (17), motor skills (25), and physical fitness (4, 16). Many investigations have explored the positive effects of exercise training on body composition (5). The specific uses of body composition analysis in athletes include the determination of the appropriate weight for competition, particularly in sports such as gymnastics, where appearance is important, and in weight-limit sports such as wrestling. Knowledge of the typical body composition of athletes in different sports is helpful in determining appropriate target weights and in evaluating the effects of training pro-

grams. Unfortunately, the ideal weight and BF percentage of an athlete for optimum performance are not known precisely (18, 27, 29). Forsyth and Sinning found that anthropometric equations developed on the nonathlete population to estimate %BF may not be accurate for women athletes (11). They developed new equations based on a sample of athletes. Withers et al. developed equations for men and women athletes based on a sample of 205 men and 183 women athletes (37). Sinning et al. (30) found that the generalized equations developed by Jackson and Pollock were more accurate than other selected equations ($R = 0.82$ to 0.84; standard error of estimate [SEE] 2.38 to 2.51; prediction error [PE] 2.38 to 2.53% BF) for estimating %BF in 265 women athletes.

Bioelectrical impedance analysis (BIA) was developed in the 1960s and has emerged as one of the most popular methods for estimating relative BF. BIA is relatively simple, quick, portable, and noninvasive and can be used in diverse settings including private clinicians' offices, wellness centers, and hospitals. When the appropriate BIA equation is used, the SEE or PE is approximately 3.5% BF. This is comparable to the SEE of 3.3% reported when skinfold is used (33).

The aim of this study was to cross-validate leg-to-leg bioelectrical impedance and previously developed anthropometric regression equations as well as to develop new regression formulas based on the anthropometric data collected in this study.

METHODS

All tests, including hydrostatic weighing (HW), skinfolds, and impedance measures, were conducted on the same day.

Experimental Approach to the Problem

The current study was conducted in order to assess the validity of the leg-to-leg bioelectric method in highly active women. The three hypotheses tested were the following: (a) the bioelectrical impedance method could be used interchangeably with hydrostatic weighing in %BF measurement; (b) generalized skinfold equations could be utilized for hydrostatic weighing, and this method would be valid for our study group consisting of highly active women; and (c) a new regression equation estimating %BF could be derived for our study group.

From the literature we know that BIA has emerged

TABLE 1. Means \pm SD for age, height, weight, and BMI of subjects ($n = 60$).*

	Age (y)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/cm ²)
Mean	20.70 \pm 0.143	163.33 \pm 06.11	56.19 \pm 07.83	21.01 \pm 02.63
Min-max	18.12-25.12	151.0-181.0	45.20-84.40	14.40-31.40

* SD = standard deviation; BMI = body mass index.

TABLE 2. Anthropometric and anthropometric plus impedance regression equations used in study.*

Abbreviation	Source	Equation
SW	Sloan et al. (32)	BD = 1.0764-0.00081(thigh) - 0.00088(triceps)
DW	Durnin and Womersley (7)	BD = 1.1599-0.0717.(log sum of triceps, biceps, subscapular, and suprailiac skinfolds)
KM	Katch and McArdle (16)	%BF = 0.55(triceps skinfold) + 0.31(subscapular skinfold) + 6.13
GU	Guo et al. (13)	BD = 0.682(weight) - 0.185(lateral calf skinfold) - 0.244(triceps skinfold) - 0.202(subscapular skinfold) + 0.182(height ² /Z) + 4.338
LH	Lohman (19)	BD = 0.475(height ² /Z) + 0.295(weight) + 5.49
SE	Segal et al. (28)	BD = 0.0011(height ²) - 0.021(Z) + 0.232(weight) - 0.068(age) + 14.595
WT	Withers et al. (37)	BD = 1.15726 - 0.05501(log[triceps + subscapular + calf skinfolds]) - 0.00088(thigh girth) + 0.00746(wrist girth) - 0.001026(abdominal girth)

* BD = body density; BF = body fat.

as one of the most popular methods for estimating relative BF (10, 13, 33, 34). Specifically, leg-to-leg BIA, when compared to the conventional arm-to-arm approach, has several operational advantages including speed and ease of measurement.

The anthropometric measurements were carried out by the same researcher on all subjects according to the *Anthropometric Standardization Reference Manual* (20). The Holtain skinfold caliper (Holtain United, Dyfed, UK) was utilized in skinfold measurements. The HW method was administrated in a cylindrical tank that was approximately 160 cm deep and 120 cm in diameter according to the method described by McArdle et al. (22). The recently developed leg-to-leg impedance apparatus (Model 310; Tanita Inc., Tokyo, Japan) was used for the assessment of %BF.

We expect that the study results will encourage researchers to prefer a more practical, less time-consuming, and, most important of all, more humanistic method. The new regression formula derived will be checked to see if it has a higher regression coefficient in order to obtain more precise body composition measures.

Subjects

Table 1 contains the means and standard deviations for the ages, heights, and weights of the subjects. All the subjects were students of the School of Physical Education & Sports in Akdeniz University, Antalya, Turkey. Means and standard deviations of age, weight, height, and body mass index (BMI) of subjects are as follows: age, 20.7 \pm 1.43 years; weight, 56.19 \pm 7.83 kg; height, 163.33 \pm 6.11 cm; BMI, 21.01 \pm 2.63 kg·m⁻². All of the subjects take part in sports at the elite level, have regular training, and participate in competitions. Among the 60 students, 36 played team sports (basketball 15, team handball 12, and volleyball 9), and 24 take part in individual sports (track

and field 9, swimming 7, fencing 3, gymnastics 2, judo 2, archery 1). All subjects read and signed consent forms before participation in our study. This study was approved by the Institute of Health Sciences and Scientific Research Projects Division of Akdeniz University before its initiation.

Anthropometry

The following anthropometric measurements were carried out by the same researcher on all subjects according to the *Anthropometric Standardization Reference Manual* (20): (a) height and weight; (b) thicknesses of the triceps, biceps, subscapular, suprailiac, abdominal, axilla, thigh, calf, and forearm skinfolds (all skinfold measurements were taken with a Holtain skinfold caliper; duplicate measurements were taken at each site, and if a second measurement differed by more than ± 0.4 mm from the original measurement, a third measurement was taken; the average of closest measurements was used in subsequent calculations of %BF); (c) girths of neck, shoulder, chest, abdomen 1 (waist), abdomen 2, hips, thigh, knee, calf, ankle, biceps, forearm, and wrist; and (d) breadth of biacromial, bitrochanter, humerus, and femur. The eight generalized formulas were selected because they are commonly used for the estimation of body density (BD) and %BF in young women. Percentage BF was calculated from the Siri equation (31). Table 2 lists the anthropometric and anthropometric plus impedance equations that were used to estimate BD and %BF from anthropometric and bioelectric impedance measurements.

Residual Volume

Residual volume was estimated as a constant fraction (0.28 for women) of vital capacity (35). A Cosmed pony spirometer (Pony Cosmed Inc., Rome, Italy) was used to measure the vital capacities of the subjects.

Hydrostatic Weighing

The HW method was administered according to the method described by McArdle et al. (22). Briefly, the procedure was performed in a cylindrical tank that was approximately 160 cm deep and 120 cm in diameter. The chair was calibrated before each test while it was unloaded and at 0.0 kg. Before each measurement, the subject took a deep breath, exhaled approximately one-half tidal volume into the air, placed his head completely under the surface of the water, and continued to expel air for as long as possible. When the subject had expelled as much air as possible, he signaled to the experimenter, and a measurement of underwater weight was taken. This procedure was repeated 10 times; the mean of the 3 highest weights was used in subsequent calculations. Body density was then calculated according to the following formula:

$$BD = BW / [(BW - WW) / WD - (RV + 100)]$$

In this formula, BD represents body density ($g \cdot cm^{-3}$), BW represents body weight (g), WW represents underwater weight (g), WD represents density of water at the measured temperature, and RV represents residual volume (ml). Percentage BF was then calculated according to the formula of Siri (31), in which $\%BF = (495/BD) - 450$.

Bioelectrical Impedance

The leg-to-leg impedance apparatus (Tanita Inc., Tokyo, Japan, Model 310) was used for the assessment of %BF. BIA is a rapid, noninvasive, and nonintrusive method for measuring body composition. The Tanita BF analyzer is a novel device to estimate BF based on the principles of bioelectrical impedance. It differs from other impedance systems, which use surface electrodes, in that the subjects stand barefoot on a metal sole plate that incorporates the electrodes; hence, impedance is measured through the legs and lower trunk.

Each athlete was given a set of written guidelines to adhere to before her designated testing date. The guidelines included (14) the following: (a) no large meals 4 hours before the test; (b) no vigorous exercise 12 hours before the test; (c) empty bladder 30 minutes before the test; (d) no alcohol consumption 48 hours before the test; (e) no diuretic medications 2 days before the test; and (f) consumption of liquids limited to 1% of body weight 2 hours before the test. Measurement was performed in bare feet and 3 hours after waking up.

Statistical Analyses

Means and standard deviations were computed for all parameters. Repeated-measurements ANOVA and paired-samples *t*-tests were performed. Bonferroni correction was used for post-hoc pairwise tests, and the significance level is taken as 0.005. Pearson correlation coefficients were used to determine relationships between variables. Also, stepwise and backward stepwise regressions were performed in order to develop new regression formulas for estimating HW.

The intraclass correlation coefficients (ICCs) are calculated in order to assess the test-retest reliability of HW, skinfolds, and impedance measures with 95% confidence intervals (CIs).

In order to examine the cross-validity of the new pre-

TABLE 3. Means (\bar{X}), standard deviations (*SD*), multiple correlation coefficients (*R*), and standard error of estimate (*SEE*) for prediction of percentage body fat (%BF).

Method	%fat \bar{X} (<i>SD</i>)	<i>R</i>	SEE %BF
HW	11.63 (2.42)	—	—
BIA	11.82 (2.39)	0.671	1.81
GU	11.25 (1.33)	0.333	2.30
SE	21.70 (3.49)	0.547	2.04
LH	10.91 (1.10)	0.481	2.14
WT	13.33 (5.14)	0.605	1.94
SW	18.90 (2.11)	0.851	1.28
KM	14.65 (2.32)	0.669	1.81
DW	21.51 (3.74)	0.818	1.40

* HW = hydrostatic weighing; BIA = bioelectrical impedance analysis; GU = Guo et al. (13); SE = Segal et al. (28); LH = Lohman (19); WT = Withers et al. (36); SW = Sloan et al. (32); KM = Katch and McArdle (16); DW = Durnin and Womersley (7).

diction equations, all statistical analyses were confined to a group of 20 different women athletes. The means and standard deviations for the cross-validation group are as follows: age, 21.07 ± 1.16 years; height, 165 ± 5.32 cm; weight, 55.70 ± 7.29 kg; and BMI, 20.3 ± 1.71 $kg \cdot m^{-2}$.

All the statistical analyses were done utilizing SPSS 10.01 software package. In addition to these, Bland-Altman analysis was performed in order to measure validation (6).

RESULTS

The ICCs are calculated in order to assess the test-retest reliability of HW, skinfolds, and impedance measures with 95% CIs. The ICC for HW is 0.98 (95% CI 0.97–0.99). For residual volume, ICC between 2 trials of vital capacity measurement was 0.97 (95% CI 0.93–0.99). ICC for skinfold measures range from $R = 0.94$ to 0.99. For girth, measurements range from $R = 95$ –99 and ICC for impedance measures is $R = 0.75$ (0.47–0.89).

Table 3 presents the means, standard deviations, correlation coefficients, and SEEs for all the methods of percentage BF assessment used in this study. As can be seen from the table, *R* and SEE for Sloan et al. (SW; [32]) are substantially better than their corresponding measurements for anthropometric and anthropometric plus impedance regression equations.

Table 4 is a correlation matrix that compares all methods of determining %BF. The highest multiple correlation coefficient for the skinfold regression formulas was SW (0.851), which accounted for 72% of the variability in HW. The highest multiple correlation coefficient for the bioelectrical impedance was BIA (0.671), which accounted for only 45.02% of the variability in HW.

Table 5 contains repeated-measures ANOVA for all methods of body composition assessment. Because the overall *F* ratio was highly significant ($p < 0.000$), paired-sample *t* tests with Bonferroni corrections were performed to determine which methods were significantly different from HW. The following results were obtained: (a) all methods were significantly different from HW except leg-to-leg BIA and Withers et al. (WT; [13]) ($p < 0.05$). The WT, SW, Katch and McArdle (16), Segal et al. (28), and Durnin and Womersley (7) formulas overestimated, and the Lohman (19) and Guo et al. (13) formulas

TABLE 4. Correlation matrix for methods of body composition used in this study.*

	HW	BIA	SW	DW	KM	GU	LH	SE	WT
HW	1.000								
BIA	0.671	1.000							
SW	0.851	0.848	1						
DW	0.818	0.830	0.900	1					
KM	0.669	0.847	0.785	0.808	1				
GU	0.333	0.499	0.460	0.537	0.327	1			
LH	0.481	0.507	0.503	0.552	0.384	0.514	1		
SE	0.547	0.632	0.601	0.633	0.499	0.580	0.945	1	
WT	0.605	0.975	0.811	0.819	0.808	0.511	0.483	0.612	1

* HW = Hydrostatic weighing; BIA = bioelectrical impedance analysis; SW = Sloan et al. (32); DW = Durnin and Womersley (7); KM = Katch and McArdle (16); GU = Guo et al. (13); LH = Lohman (19); SE = Segal et al. (28); WT = Withers et al. (36).

TABLE 5. Repeated-measures analysis of variance and paired-samples *t*-test for methods of body composition used in this study.*

Source	Sum of squares	df	MS	F ratio	Probability F
Intercept	115,237.956	1	115,237.956	1,586.200	0.000
Error	4,286.370	59	72.650		
Paired-samples <i>t</i> -test					
HW with BIA		T = 0.76		<i>p</i> = 0.452	
HW with GU		T = -10.14		<i>p</i> = 0.001	
HW with SE		T = -13.56		<i>p</i> = 0.001	
HW with LH		T = -8.66		<i>p</i> = 0.001	
HW with WT		T = -0.44		<i>p</i> = 0.661	
HW with SW		T = -29.83		<i>p</i> = 0.001	
HW with KM		T = 12.12		<i>p</i> = 0.001	
HW with DW		T = -8.50		<i>p</i> = 0.001	

* df = degrees of freedom; MS = mean square; HW = hydrostatic weighing; BIA = bioelectrical impedance analysis; GU = Guo et al. (13); SE = Segal et al. (28); LH = Lohman (19); WT = Withers et al. (36); SW = Sloan et al. (32); KM = Katch and McArdle (16); DW = Durnin and Womersley (7); T = *t* value.

TABLE 6. Stepwise regression analysis to develop a new equation.*

	Regression coefficient	Standard error for coefficient	<i>t</i>	<i>p</i>
Intercept	12.855	2.085	6.166	0.000
Suprailiac skf	0.276	0.034	8.182	0.000
Subscapular skf	0.227	0.073	3.084	0.003
Biceps girth	-0.292	0.076	-3.841	0.000
Triceps skf	0.168	0.055	3.082	0.003

Model summary

<i>R</i>	<i>R</i> ²	Adjusted <i>R</i> ²	SEE
0.903	0.816	0.802	1.0763

* skf = skinfold; predictors: (constant), suprailiac skinfold, subscapular skinfold, biceps girth, triceps skinfold.

underestimated, the true %BF, as measured by HW (*p* < 0.05).

Table 6 is a stepwise regression analysis used to develop a new regression formula for HW from anthropometric data collected in this study. In the stepwise regression analysis, suprailiac and subscapular skinfold, biceps girth, and triceps skinfold measurements were the only significantly contributing parameters (*p* < 0.05) included in the model, which is as follows:

$$\begin{aligned} \%BF = & 0.276(\text{si}) + 0.227(\text{ss}) \\ & - 0.292(\text{bic}) + 0.168(\text{tr}) \\ & + 12.855 \end{aligned}$$

where si = suprailiac skinfold, ss = subscapular skinfold, tr = triceps skinfold, and bic = biceps girth.

Table 7 is a backward regression analysis used to develop a regression formula for HW from anthropometric measurements collected in the study. After the elimination of nonsignificant parameters, biceps and forearm girths and triceps, biceps, suprailiac, and calf skinfolds were found to be significantly contributing to the model (*p* < 0.05), which is as follows:

$$\begin{aligned} \%BF = & -0.322(\text{bic}) - 0.197(\text{fac}) + 0.232(\text{tr}) \\ & + 0.403(\text{bi}) + 0.303(\text{si}) - 0.135(\text{cl}) \\ & + 18.71 \end{aligned}$$

where bic = biceps girth, fac = forearm girth, tr = triceps skinfold, bi = biceps skinfold, si = suprailiac skinfold, and cl = calf skinfold.

The results of the multiple regression analysis are *R* = 0.903, SEE = 1.08 and *R* = 0.926, SEE = 0.96 for the stepwise model and backward stepwise model, respectively. According to the stepwise model, the variables suprailiac, subscapular, triceps skinfolds and biceps girth accounted for 82% of the variability in HW, whereas the variables in the backward stepwise model (biceps and forearm girths, triceps, biceps, suprailiac, and calf skin-

TABLE 7. Backward regression analysis to develop a new equation.*

	Regression coefficient	Standard error for coefficient	<i>t</i>	<i>p</i>
Intercept	18.710	2.267	8.253	0.000
Biceps girth	-0.322	0.074	-4.376	0.000
Forearm girth	-0.197	0.073	-2.699	0.009
Triceps skf	0.232	0.045	5.123	0.000
Biceps skf	0.403	0.082	4.896	0.000
Suprailiac skf	0.303	0.032	9.369	0.000
Calf skf	0.135	0.048	-2.781	0.007

Model summary

<i>R</i>	<i>R</i> ²	Adjusted <i>R</i> ²	SEE
0.926	0.857	0.841	0.9643

* skf = skinfold; predictors: (constant), biceps girth, forearm girth, triceps skinfold, biceps skinfold, suprailiac skinfold, calf skinfold.

folds) accounted for 86% of the variability in HW. In order to determine whether the 2 regression models developed in the study could provide valid estimates of HW, paired *t*-test and Bland-Altman analyses were performed. The results of these analyses showed no significant difference between HW measurement and the results obtained from new formulas ($p > 0.05$). When we examined the Bland-Altman limits of agreement, we found that the intervals were quite small: 2.08–2.09 and 1.82–1.84 for stepwise and backward stepwise regression formulas, respectively. Both limits of agreement and their CIs are small enough for us to be confident that these new formulas can be used in place of HW measurements.

To examine the cross-validity of the prediction equations, all statistical analyses were confined to a group of 20 different women athletes. The means and the standard deviations for the cross-validation group are as follows: age, 21.07 ± 1.16 years; height, 165 ± 5.32 cm; weight, 55.70 ± 7.29 kg; and BMI, 20.3 ± 1.71 kg·m⁻².

The overall *F* ratio for the repeated-measurements ANOVA has also been found to be as significant in the cross-validation group as it was in the study group ($p < 0.001$). Paired-sample *t*-tests with Bonferroni corrections were also performed in order to determine which methods were significantly different from HW. No significant difference was detected from the pairwise comparison of HW using other methods.

In the cross-validity group the correlation coefficients between HW and leg-to-leg BIA methods show a significant relationship ($r = 0.514$, $p < 0.05$).

A Bland-Altman analysis was also performed for the methods of HW and leg-to-leg BIA. The Bland-Altman limits of agreement were 6.20 (95% CI 4.66–7.73) and -7.79 (95% CI 9.32–6.26).

DISCUSSION

Accurate body composition assessment is beneficial for athletes because it can be indicative of health and performance status. Many studies indicated that regression equations for nonathletic groups were not valid for ath-

letes (1, 21, 25, 38). Our data provide measured (HW) and predicted (BIA and anthropometric formulas) percentage BF values for women athletes. The purpose of the study was to determine whether the BIA and anthropometric field techniques could provide valid estimates of body composition in this population.

When we consider the ICCs calculated in order to assess the test-retest reliability of HW, skinfolds, and impedance measurements with their 95% CIs, we can conclude that they are high enough to prove reliable. ICC for HW is 0.98 (95% CI 0.97–0.99). ICCs for skinfold measurements range from $R = 0.94$ to 0.99 and ICC for impedance measurement (%BF; $R = 0.75$).

In this study, both BIA and anthropometric techniques were used to predict %BF compared with values obtained from criterion measurement (HW). Many body composition studies have been performed with women athletes. For instance, elite distance runners and sprinters have been measured at between 10.9 and 14.3% (12, 36), volleyball players 17.9% (26), gymnasts 10–16% (8), basketball players 20–27% (9), swimmers between 20 and 24% (15), team handball players between 19.15 and 21.28% (3), and judokas players 20.12% (39).

According to most other studies that have utilized HW as the criterion, leg-to-leg BIA has shown no statistical difference between %BF determined by HW in highly active and heterogeneous women, but the range of individual error scores was large (2, 10, 23, 24, 34).

In this study, the methods of HW and leg-to-leg BIA were found to be interchangeable. Percentage BF was estimated as 11.63 ± 2.42 with underwater weighing and 11.82 ± 2.39 with BIA ($R = 0.671$, SEE 1.81), which accounted for only 45% of variability in HW. The BIA mean was insignificantly higher than that from HW ($p > 0.05$). Moreover, both the Bland-Altman limits of agreement and their CIs were small enough to make us confident that the 2 methods showed no systematic difference: 4.09 (95% CI 3.24–4.95) and -3.71 (95% CI -4.57 to -2.86).

Among the previously developed anthropometric regression equations, only WT seems to be interchangeable with HW, as its mean (girths and skinfold formulas) did not differ significantly from HW ($p > 0.05$). But when we make a comparison with the BIA method, the correlation coefficient was smaller ($R = 0.605$), and SEE was higher (SEE = 1.94), accounting for only 36.6% of the variability in HW.

Because formulas of previously developed anthropometric body composition equations and BIA measurements had rather low correlation coefficients and high SEEs while predicting HW, 2 regression equations were developed for HW in this study. In the first model, a stepwise regression analysis was performed. In this model 3 skinfolds and 1 girth measurement (suprailiac, subscapular skinfolds, biceps girth, and triceps skinfold) were the only significantly contributing parameters ($p < 0.05$). In the second model a backward regression analysis was performed. In the model, 4 skinfolds and 2 girth measurements (triceps, biceps, suprailiac, calf skinfolds, biceps, and forearm girths) were found to be significantly contributing parameters ($p < 0.05$).

Both of the models (stepwise and backward) developed in this study had higher regression coefficients and lower SEEs than the other formulas (anthropometric, anthropometric plus impedance) and BIA measurements referred to in this study, so they can provide us with alter-

native formulas to predict HW. Also, the CIs of their Bland-Altman limits of agreement were small enough to make a valid prediction of HW. Instead of the bioelectrical impedance and the other equations, the use of these new equations (skinfolds and girths) seems more appropriate for more accurate estimate of body composition within this group. However, these regression formulas need to be cross-validated in future studies (Tables 6 and 7).

In conclusion, when we examine the results of the study, the BIA method seems interchangeable with HW to an extent. However, the validity of BIA was not found high enough to give an exact conclusion. Instead of the BIA method, 2 new prediction equations were suggested with higher *R*s and lower SEEs. Also, new prediction equations showed better results than all the previously developed anthropometric regression equations referred to in the study.

PRACTICAL APPLICATIONS

The use of BIA in the place of HW will be more practical for exercise professionals because it is not so time consuming. When we consider the technical use of the device, it does not require any special ability or experience. However, further studies are needed to increase the reliability and validity of BIA measurements by adding other anthropometric variables. Research should continue to examine the ability of BIA to provide accurate estimates of body composition in various athletic populations.

REFERENCES

- ALONITOU, E. Somatic variables for preadolescent swimmers. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 34:185-191. 1994.
- ANDREOLI, A., G. MELCHIORRI, A. DE LORENZO, I. CARUSO, P.S. SALIMEI, AND M. GUERRISI. Bioelectrical impedance measures in different position and vs. dual-energy x-ray absorptiometry (DXA). *J. Sports Med. Phys. Fitness* 42:186-189. 2002.
- ATESOGLU, U., AND K. TAMER. The physical and physiological profiles of woman players playing in the Turkish Handball League. *Gazi J. Phys. Educ. Sports Sci.* 1:1-8. 1999.
- BALE, P., J. COLLEY, F. MAIHEW, F.C. PIPER, AND J. WARE. Anthropometric and somatotype variables related to strength in athletes. *J. Sport Med. Phys. Fitness* 34:383-389. 1994.
- BALLOR, D.L. Exercise training and body composition changes. In: *Human Body Composition*. A.F. Roche, S.B. Heymsfield, T.G. Lohman, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996. pp. 287-303.
- BLAND, J.M., AND D.G. ALTMAN. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet* 8:307-310. 1986.
- DURNIN, J.V.G.A., AND J. WOMERSLEY. Body fat assessment from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.* 32:77-97.
- FILAIRE, E., AND G. LAC. Nutritional status and body composition of elite woman gymnasts. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 42:65-70. 2002.
- FLECK, S.J. Body composition of elite American athletes. *Am. J. Sports Med.* 11:398-403. 1983.
- FORRER, F., C. MANNHART, T. HELD, AND B. MARTI. Comparison of skinfold measurements and foot-to-foot bioimpedance measurement equipment for estimation of body fat content in trained men and women. *Schweizerische Sportmed. Sporttrauma. Bern* 46:103-108. 1998.
- FORSYTH, H.L., AND W.E. SINNING. The anthropometric estimation of body density and lean body weight of woman athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 5:174-180. 1973.
- GRAVES, J.E., M.L. POLLOCK, AND P.B. SPARLING. Body composition of elite woman distance runners. *Int. J. Sport Med.* 8: 96-102. 1987.
- GUO, S., A.F. ROCHE, W.C. CHUMLEA, D.S. MILES, AND R.L. POHLMAN. Body composition predictions from bioelectric impedance. *Hum. Biol.* 59:221-234. 1987.
- HEYWARD, V.H., AND L.M. STOLARCZYK. *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics. 1996.
- HOUTKOOPER, L.B., AND S.B. GOING. Body composition: How should it be measured? Does it affect sport performance? *Sports Sci. Exchange* 7:1-8. 1994.
- KATCH, F.I., AND W.D. MCARDLE. Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women. *Hum. Biol.* 45:445-454.
- KIRIELIS, R., AND T. CURETON. The relationships of external fat to physical education activities and fitness tests. *Res. Q.* 18: 123-134. 1984.
- LEEDY, H., W. KESSLER, AND J. CHRISTIAN. Relationships between physical performance items and body composition. *Res. Q.* 36:158-163. 1965.
- LOHMAN, T.G. *Advances in Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1992.
- LOHMAN, T.G., A.F. ROCHE, AND R. MARTORELL. *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988. pp. 1-71.
- LUKASKI, H.C., W.W. BOLONCHUK, C.B., HALL, AND W.A. SIDERS. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J. Appl. Physiol.* 60:1327-1332. 1986.
- MCARDLE, W.D., F.I. KATCH, AND V.L. KATCH. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Philadelphia: Lea & Febiger. 1991.
- MOORE, W.E., J. YEH, A.W. KNEHANS, J.E. EICHNER, AND E.T. LEE. Intermethod agreement and body fat estimates using skinfolds and footpad-style bioelectrical impedance device. *Measurement Phys. Educ. Exerc. Sci.* 3:51-62. 1999.
- PELIZZARI, V.M. *Validation of the Tanita TBF-305 Analyzer*. Eugene, OR: Microform Publications, University of Oregon. 2000.
- POLLOCK, M.L., C. FOSTER, AND D. KNAPP. Effects of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J. Appl. Physiol.* 62:725-731. 1987.
- PUHL, J., S. CASE, S. FLECK, AND P. VAN HANDEL. Physical and physiological characteristics of elite volleyball players. *Res. Q. Exerc. Sport* 53:257-262. 1982.
- RIENDEAU, R., B. WELCH, C. CRIPS, L. CROWLEY, AND P. GRIPFIN. Relationships of body fat to motor fitness test scores. *Res. Q.* 29:200-203. 1977.
- SEGAL, K.R., M. VAN LOAN, P.I. FITZGERALD, J.A. HODGDON, AND T.B. VAN ITALLIE. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four-site cross-validation study. *Am. J. Clin. Nutr.* 47:7-14. 1988.
- SINNING, W.E. Body composition in athletes. In: *Human Body Composition*. A.F. Roche, S.B. Heymsfield, and T.G. Lohman, eds. Champaign, IL: Human Kinetics. 1996. pp. 257-269.
- SINNING, W.E., D.G. DOLNY, K.D. LITTLE, L.N. CUNNINGHAM, A. RACANELLO, S.F. SCONOLFI, AND J.L. SHOLES. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in woman athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:124-130. 1985.
- SIHL, W.E. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: *Techniques for Measuring Body Composition*. J. Brozek and A. Henschel, eds. Washington, DC: National Academy of Sciences. 1961. pp. 223-244.
- SLOAN, A.W., J.J. BURT, AND C.S. BLYTH. Estimation of body fat in young women. *J. Appl. Physiol.* 17:967-970. 1962.
- UTTER, A.C., J.R. SCOTT, R.A. OPLIGER, P.S. VISICH, F.L. GOSS, B.L. MARKS, D.C. NIEMAN, AND B.W. SMITH. A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and skinfold in assessing body fat in collegiate wrestlers. *J. Strength Cond. Res.* 15:157-160. 2001.

34. WEB, J.G. *The Reliability and Validity of Tanita TBF-511 Body Fat Monitor/Scale*. Eugene, OR: Microform Publications, University of Oregon. 1998.
35. WILMORE, J.H. The use of actual, predicted and constant residual volumes in assessment of body composition by underwater weighing. *Med. Sci. Sports* 1:87-90. 1969.
36. WILMORE, H.J., C.H. BROWN, AND J.S. DAVIS. Body physique and composition of the woman distance runner. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 3001:764-777. 1977.
37. WITHERS, R.T., N.P. CRAIG, P.C. BOURDEN, AND K.I. NORTON. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of woman athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56:191-200. 1987.
38. WU, Y., D.H. NIELSEN, S.L. CASSADY, J.S. COOK, K.F. JANZ, AND J.R. HANSEN. Cross-validation of bioelectrical impedance analysis of body composition in children and adolescent. *Phys. Ther.* 73:320-328. 1994.
39. YUKSEL, S., AND I. CICIOGLU. Determination of physical and physiological characteristics of woman juvenile national team judokas and comparison of these parameters according to weight categories. *Gazi J. Phys. Educ. Sports Sci.* 4:23-32. 2002.

Acknowledgments

This work was supported by a grant from Institute of Health Sciences and The Scientific Research Projects Division of the Akdeniz University (20.020122.09).

Address correspondence to Dr. Kamil Ozer, ozerk@akdeniz.edu.tr.

VALIDITY OF LEG-TO-LEG BIOELECTRICAL IMPEDANCE MEASUREMENT IN HIGHLY ACTIVE MALES**S.Civar, K.Özer, A.Aktop, E.Tercan, N.Ayçeman***Akdeniz University School of Physical Education and Sports, Sports Sciences Research and Application Center, Antalya, Turkey*

Abstract. The aim of this study was to compare validity of leg-to-leg bioelectrical impedance (BI), method with that of anthropometry, using hydrostatic weighing (HW) as the criterion test. A secondary objective was to cross-validate previously developed anthropometric regression equations as well as to develop a new regression equation formula based on the anthropometric data collected in this study. Three methods for assessing body composition (HW, BI, and anthropometric) were administered to 99 male university athletes. Means, standard deviations of age, weight, height and BMI of athletes were as follows: Age (21.87±2.04), weight (68.95±7.41 kg), height (174.86±6.05 cm), BMI (22.53±1.91 kg/cm²). The mean % fat estimates by BIA (7.9959±3.38) and HW (11.198±2.45) were significantly different (P=0.0001). This result suggests that the leg-to-leg BIA system not valid predict body fat in highly active males. As a result of all cross-validation analyses, we recommend the equation Durnin and Womersley (r=0.934 and SEE=0.86) for highly active male 20-29 years [DB=1.1631-0.0632 (log sum of triceps, biceps, subscapular, suprailiac)]. The new regression formula developed from this study is as follows: % fat=0.432(triceps sf.) + 0.193 (abdominal sf.) + 0.364(biceps sf.) + 0.077(weight) - 0.891 (R=0.843 and SEE = 1.38%).

(Biol.Sport 20:209-219, 2003)

Key words: Hydrostatic weighing – Anthropometry - Body composition

Introduction

Assessment of body composition has been of interest to researchers, educators, coaches, athletes, and individuals concerned physical fitness. There is evidence that

Reprint request to: Dr. Kamil Özer, Akdeniz University School of Physical Education and Sports, 07058 Kampus Antalya, Turkey
Tel.: +90 242 310 1770, Fax: +90 242 227 1116, E-mail: ozerk@besyo.akdeniz.edu.tr

percentage body fat is inversely related to general physical performance tests [16], motor skills [22], and physical fitness [3,15]. In many investigations the positive effects of exercise training on body composition have been conducted [4]. Specific uses of body composition analysis in athletes include the determination of appropriate weight for competition, particularly in sports such as gymnastics where appearance is important and in weight-limit sports such as wrestling. Knowledge of the typical body composition of athletes in a sport is helpful in determining suitable target weights and in evaluating the effects of training programs. Unfortunately, the ideal weight and fat of an athlete for optimum performance are not known precisely [25]. Forsyth and Sinning (1973) found that anthropometric equations developed on nonathlete population to estimate % BF may not be accurate for male athletes [9]. They developed new equations based on a sample of athletes. Withers *et al.* (1987) developed equations for male athletes based on 205 male athletes [32]. Sinning *et al.* (1985) found generalized equations developed by Jackson and Pollock (1978) were more accurate than other selected equations ($r=0.82$ to 0.84 ; SEE 2.38 to 2.51; PE 2.38 to 2.53% BF) for estimating % BF in 265 male athletes [27,13].

The aim of this study was to cross-validate leg-to-leg bioelectrical impedance and previously developed anthropometric regression equations as well as to develop a new regression formula based on the anthropometric data collected in this study.

Material and Methods

Subjects: Table 1 contains means and standard deviations for the ages, heights, and weights of the subjects. All subjects were students of the School of Physical Education and Sports in Akdeniz University, Antalya / Turkey. There were a total of 99 players which consist of 61 team sports (basketball, soccer, team handball, and volleyball), 38 individual sports (tracandfields, tennis, combat). All subjects read and signed consent forms prior to participation in our study. This study was approved by Scientific Research Projects Division of the Akdeniz University prior to its initiation.

Table 1Means and \pm SD for age, height, weight and BMI of subjects

N=99	Mean	SD	Min	Max
Age (y)	21.87	2.04	16.78	26.97
Height (cm)	174.86	6.05	162.00	189.00
Weight (kg)	68.95	7.41	54.70	90.40
BMI (kg/cm ²)	22.53	1.91	18.30	27.60

Anthropometry: The following anthropometric measurements were carried out by the same researcher on all subjects according to Anthropometric Standardization Reference Manuel [17]: 1) height and weight; 2) thicknesses of the triceps, biceps, sub scapular, suprailiac, abdominal, axilla, thigh, calf and forearm skin folds. All skinfold measurements were taken with Holtain skinfold caliper. Duplicate measurements were taken at each site, and if measurements differed from the original measurement 0.4 mm, a third measurement was taken. The average of closest measurements was used in subsequent calculations of percent body fat; 3) girths of neck, shoulder, chest, abdomen 1(waist), abdomen2, hips, thigh, knee, calf, ankle, biceps, forearm, and wrist; 4) breadth of biacromial, bitrochanter, humerus, and femur. The 8 generalized formulas selected because they are commonly used for the estimation of BD and % fat in young male populations. Percent body fat was calculated from Siri equation. Table 2 lists the anthropometric and anthropometric plus impedance equations to estimate BD and % fat from anthropometric and bioelectrical impedance measurements.

Table 2

Anthropometric and anthropometric plus impedance regression equations used in study

Abr.	Source	Equation
SW	Sloan and Weir [29]	$[(BD=1.1043-0.001327(\text{thigh})-0.001310(\text{subscapular})]$
DW	Durnin and Womersley [7]	$[BD=1.1631-0.0632(\log \text{ sum of triceps, biceps, subscapular, suprailiac})]$ for 20-29 years
FS	Forsyth and Sinning [9]	$[BD=1.0647-0.00162(\text{subscapular})-0.00144(\text{abdominal})-0.00077(\text{triceps})-0.00074(\text{midaxillar})]$
KM	Katch-McArdle [14]	$\%fat=0.43(\text{triceps})+0.58(\text{subscapular})+1.47$
GU	Gua <i>et al.</i> [10]	$BD=0.646(\text{weight})-0.116(\text{calf})-0.375(\text{midaxillar})+0.475(\text{biceps girth})+0.156(\text{height}^2/Z)-2.932$
LH	Lohman [18]	$BD=0.485(\text{height}^2/Z)+0.338(\text{weight})+5.32$
SE	Segal [23]	$BD=0.0013(\text{height}^2)+0.044(Z)+0.305(\text{weight})-0.168(\text{age})+22.668$

Residual volume: Residual volume was estimated as a constant fraction of vital capacity (0.24 in males) Cosmed pony spirometer was used for measurement of vital capacities of subjects [33].

Hydrostatic weighing: HW method was administrated according to the method described by McArdle *et al.* [20]. Briefly, the procedure was performed in a cylinder tank that was approximately 160 cm deep, 120 cm width. The chair was calibrated prior to each test while it was unloaded and at 0.0 kg. prior to each measurement, the subject took a deep breath, exhaled approximately one-half tidal volume in to the air, placed his head completely under the surface of the water, and continued to expel air as long as possible. When the subject had expelled as much as air as possible, he signaled to the experimenter, and a measure of underwater weight was taken. This procedure was repeated 10 times; the mean of the 3 highest readings was used in subsequent calculations. Body density was then calculated according to the following formula:

$$BD = \frac{BW}{\frac{(BW - WW)}{DW} - (RV + 100)}$$

In this formula, BD represents body density, BW represents body weight in grams, WW represents underwater weight in grams, DW represents density of water at measured temperature, and RV represents residual volume in milliliters. Percent body fat was then calculated according to the formula of Siri [28], in which percent body fat = $495/BD - 450$.

Bioelectrical impedance: The foot-to-foot impedance apparatus (Tanita Inc, Tokyo, Japan, Model 310) was used for assessment of body % fat. BIA is a rapid, noninvasive, and noninstructive method for measuring body composition. The Tanita body-fat analyzer is a novel device to estimate body fat, based on the principles of bioelectrical impedance. It differs from other impedance systems which use surface electrodes in that the subjects stand bare-footed on metal sole-plate which incorporates the electrodes; hence impedance is measured through the legs and lower trunk.

A set of written guidelines was given to each athlete before his designated testing date. The guidelines included [11] the following: 1) no large meals 4 h before test; 2) no vigorous exercise 12 h before test; 3) empty bladder 30 min before test; 4) no alcohol consumption 48 h before test; 5) no diuretic medications two days before the test; and 6) consumption of liquids limited to 1% of body weight 2 h before test. Measurement was performed in bare feet and 3 h after waking.

Data analysis: Means and standard deviations were computed using the SPSS software package. Analysis of variance and paired samples t- tests were performed. Pearson correlation coefficients, stepwise regression were performed utilizing the SPSS software package. In addition this Bland-Altman analysis was performed for validity [5].

Table 3

Means (X), standard deviations (SD), correlation coefficients, Standard error of estimate (SEE) for prediction of percent body fat

Method	% fat	R	SEE % fat
HW	11.198 (2.45)	-----	-----
*BIA	7.9959 (3.38)	0.544	2.85
+GU	11.62 (2.57)	0.668	1.83
+SE	13.60 (4.48)	0.557	2.04
+LH	11.50 (4.78)	0.527	2.09
FS	11.93 (3.64)	0.716	1.71
SW	9.42 (2.04)	0.719	1.71
KM	10.13 (1.86)	0.774	1.56
DW	11.11 (2.37)	0.934	0.86

Results

Table 3 shows means, standard deviations, correlation coefficients, SEE for all methods of percent body fat assessment used in this study. As can be seen from the table, R, SEE for DW are substantially better than their corresponding measures for anthropometric and anthropometric plus impedance regression equations.

Table 4

Correlation matrix for methods of body composition used in this study

	<i>HW</i>	<i>BIA</i>	<i>GU</i>	<i>SE</i>	<i>LH</i>	<i>FS</i>	<i>SW</i>	<i>KM</i>	<i>DW</i>
HW	1								
BIA	0.544	1							
GU	0.6679	0.5984	1						
SE	0.5570	0.8110	0.7137	1					
LH	0.5270	0.7731	0.7718	0.9207	1				
FS	0.7159	0.4899	0.6423	0.4468	0.4315	1			
SW	0.7193	0.5441	0.6695	0.5569	0.5151	0.7855	1		

KM	0.7743	0.8667	0.6866	0.6090	0.5472	0.8050	0.8667	1
DW	0.9370	0.8056	0.7101	0.6173	0.5899	0.7648	0.8056	0.8598

HW - hydrostatic weighing; BIA - bioelectrical impedance; GU - Gua; SE - Segal; LH - Lohman; FS - Forsythand Sinning; SW - Sloanand Weir; KM - Katchand McArdle; DW - Durninand Womersley percent fat measure

Table 4 is a correlation matrix that compares all methods of measuring percent body fat. The highest correlation for the skinfold regression formulas was DW (0.937) which accounting for 87.80% of variability in HW. The highest correlation for the bioelectrical impedance formulas to HW was GU (0.6679), which accounted for only 44.61% of variability in HW.

Table 5

Analysis of variance and paired samples test for methods of body composition used in this study

Source	Sum of squares	DF	F-ratio	Prob. F
Intercept	106740,09	1	1702,514	0.0001
Error	6144.166	98		
Paired samples test				
HW with BIA	T = 10.981	P= 0.0001		
HW with GU	T = -2.098	P= 0.039		
HW with SE	T = -6.420	P= 0.0001		
HW with LH	T = -0.729	P= 0.468		
HW with FS	T = 2.870	P= 0.005		
HW with SW	T = 8.785	P= 0.0001		
HW with KM	T = -6.878	P= 0.0001		
HW with DW	T = -0.959	P= 0.340		

Table 5 is measures ANOVA for all methods of body composition assessment. Since the overall F-ratio was highly significant ($P < 0.0001$), paired sample t test was performed to determine which methods were significantly different from HW. The following results were obtained: (a) all BIA methods were significantly

different from HW except LH ($P>0.05$), (b) one anthropometric formulas (DW, $P>0.05$) was not different from HW, the others were significantly different from HW, with the FS, SW formulas overestimating and the BIA, GU, SE, and KM formulas underestimating the true percent body fat, as measured by HW.

Table 6 is a stepwise regression analysis to develop a new regression formula from anthropometric data collected in this study. Once triceps, abdominal, biceps skinfold and weight measurements had been entered into the formula, the addition of other variables did not significantly ($P<0.05$) add to predictive accuracy the formula is as follows: % fat = $0.432(\text{triceps}) + 0.193(\text{abdominal}) + 0.364(\text{biceps}) + 0.077(\text{weight}) - 0.891$. The validity coefficient is 0.8426, which is better than all validity coefficients obtained in this study with the exception of DW (0.937). The SEE of 1.38 % is lower than all methods in this study, except DW (0.86 %). However, this regression formula needs to be cross-validated in future studies.

Table 6
Stepwise regression analysis

	Regression coefficient	Standard error for coefficient	t	P
Intercept	-0.891	1.408	-0.633	0.001
Triceps	0.432	0.090	4.788	0.001
Abdominal	0.193	0.047	4.081	0.001
Biceps	0.364	0.162	2.245	0.027
Weight	0.077	0.021	3.762	0.01

Discussion

Accurate body composition assessment is beneficial for athletes, as it can be indicative of health and performance status. In many studies indicated that regression equations for the non athletic groups are not valid for the athletes [1,19,34,21]. Our data provide measured (HW) and predicted (BIA and anthropometric formulas) %fat values for male athletes. The study purpose was to determine whether the BIA and anthropometric field techniques could provide valid estimates of body composition in this population.

In this study, both BIA and anthropometric techniques were used to predict %fat compared with value obtained from criterion measurement (HW). Many body

composition studies have been performed with male athletes. For instance, elite runners have been measured at between 4.7 and 13.6% [21]. Volleyball players 9.8% [8], wrestlers 8.8 and 11% [26], soccer 9.5 [27], tennis 11.3 % [27], racket sports 12.8 % [32], basketball 10.5% [24]. These values are consistent with our data.

Also most other studies have utilized HW as the criterion, Leg-to-leg BIA has been shown no statistical difference between % BF determined by HW in highly active and heterogenic males but the range of individual error scores was large [2,6,8,30,31].

In our study the comparison of HW and leg-to-leg BIA methods were not interchangeable. The means by BIA were significantly lower than HW ($P=0.0001$). Moreover, the limits of agreement among methods were quite wide (2.6/-9). A Bland-Altman plot of difference between %fat measured by underwater weighing and BIA versus average %fat by the two methods showed systematic difference. The %fat was estimated at 11.2 with underwater weighing, and 7.99 with BIA ($r=0.544$, SEE 2.85 %).

The LH mean (anthropometric+impedance formula) was not differ significantly than HW. The correlation for the LH formulas (anthropometric plus impedance) to HW was (0.527), which accounted for only 27.77% of variability in HW. Also LH formula was not interchangeable for HW.

Durninand and Womersley (DW) equation the best predictive and valid anthropometric formula which used in this study. This equation is valid for university male athletes between 20-29 years of age. The Standard error of estimate lower and the validity coefficient higher than all formulas used in this study ($r=0.937$, SEE=0.86). Their Bland-Altman plots suggest limits of agreement among methods were quite narrow (1.79/-1.63).

The validity coefficient (0.8426) and SEE (1.38%) for the new regression formula developed from this study were better than the other formulas and BIA measurement except DW. This equation needs to be cross-validated on a new group of athletes.

References

1. Alonitou E. (1994) Somatic variables for preadolescent swimmers. *J.Sports Med.Phys.Fitn.* 34:185-191
2. Andreoli A., G.Melchiorri, A.De Lorenzo, I.Caruso, P.S.Salimei, M.Guerrisi (2002) Bioelectrical impedance measures in different position and vs. dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *J.Sports Med.Phys.Fitn.* 42:186-189

3. Bale P., J.Colley, F.Mahhew, F.C.Piper, J.Ware (1994) Anthropometric and somototype variables related to strength in athletes. *J.Sports Med.Phys.Fitm.* 34:383-389
4. Ballor D.L. (1996) Exercise training and body composition changes. In: A.F.Roche, S.B.Heymsfield, T.G.Lohman (eds.) *Human Body Composition. Human Kinetics, Champaign, IL*, pp. 287-303
5. Bland J.M., D.G.Altman (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet* 8:307-310
6. Cable A., D.C.Nieman, M.Austin, E.Hogen, A.C.Utter (2001) Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in males. *J.Sports Med.Phys.Fitm.* 41:411-414
7. Durnin J.W.G.A., J.Womersley (1974) Body fat assessment from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *Br.J.Nutr.* 32:77-97
8. Demura S., S.Yamaji, F.Goshi, H.Kobayashi, S.Sato, Y.Nagasawa (2002) The validity and reliability of relative body fat estimates and the construction of new prediction equations for young Japanese adult males. *J.Sports Sci.* 20:153-164
9. Forsyth H.L., W.E.Sinning (1973) The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Med.Sci.Sports Exerc.* 5:174-180
10. Gua S., A.F.Roche, W.C.Chumlea et al. (1987) Body composition predictions from bioelectrical impedance. *Hum.Biol.* 59:221-234
11. Heyward V.H., L.M.Stolarczyk (1996) *Applied Body Composition Assessment. Human Kinetics, Champaign, IL*
12. Housh T.J., G.O.Johnson, K.B.Kenney et al. (1989) Validity of anthropometric estimations of body composition in high school wrestlers. *Res.Q.Exerc.Sport* 60:239-245
13. Jackson A.S., M.L.Pollock (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Br.J.Nutr.* 40:497-504
14. Katch F.I., W.D.McArdle (1973) Prediction of body density from simple anthropometric measurements in collage-age men and women. *Hum.Biol.* 45:445
15. Kirielis R., T.Cureton (1984) The relationships of external fat to physical education activities and fitness tests. *Res.Q.* 18:123-134
16. Leedy H., W.Kessler, J.Christian (1984) Relationships between physical performance items and body composition. *Res.Q.* 36:158-163
17. Lohman T.G., A.F.Roche, R.Martorell (1988) *Anthropometric Standardization Reference Manual*, pp. 1-71
18. Lohman T.G. (1992) *Advances in Body Composition Assessment. Human Kinetics, Champaign, IL*
19. Lukaski H.C., W.W.Bolonchuk (1986) Theory and validation of the tetra polar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Int. Symp. on in Vivo Body Composition Studies. Brookhaven National Laboratory*
20. McArdle W.D., F.I.Katch, V.L.Katch (1991) *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. Lea and Fabiger, Philadelphia*

21. Pollock, M.L., Foster, C., Knapp, D., et al. (1987). Effects of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J.Appl.Physiol.* 62:725-731
22. Riendeau R., B.Welch, C.Crips, L.Crowley, P.Griffin (1977) Relationships of body fat to motor fitness test scores. *Res.Q.* 29:200-203
23. Segal K.R. (1996) Use of bioelectrical impedance analysis measurements as an evaluation for participating in sports. *Am.J.Clin.Nutr.* 64:469-471
24. Siders W.A., W.A.Bolonchuk, H.C.Lukaski (1991) Effects of participation in collegiate sport season on body composition. *J.Sports Med.Phys.Fitm.* 31:571-576
25. Sinning W. E. (1996) Body composition in athletes. In: A.F.Roche, S.B.Heymssfield, T.G.Lohman (eds.) Human Body Composition. Human Kinetics, Champaign, IL, pp. 257-269
26. Sinning W.E. (1974) Body composition assessment of college wrestlers. *Med.Sci.Sports* 6:139-145
27. Sinning W.E., D.G.Dolny, K.D.Little, L.N.Cunningham, A.Racaniello, S.F.Siconolfi, J.L.Sholes (1985) Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Med.Sci.Sports Exerc.* 17:124-130
28. Siri W.E. (1961) Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: J.Brozek and A.Henschel (eds.) Techniques for Measuring Body Composition. Washington, DC, pp. 223-244. National Academy of Sciences, National Research Council
29. Sloan A.W., J.Weir (1970) Nomograms for prediction of body density and total body fat from skinfold measurement. *J.Appl.Physiol.* 28:221-222
30. Swartz A.M, M.J.Evans, G.A.King, D.L.Thompson (2002) Evaluation of a foot-to-foot bioelectrical impedance analyzer in highly active, moderately active and less active young men. *Br.J.Nutr.* 88:205-210
31. Utter A.C., J.R.Scott, R.A.Opliger, P.S.Visich, F.L.Goss, B.L.Marks, D.C.Nieman, B.W.Smith (2001) A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and skinfolds in assessing body fat in collegiate wrestlers. *J.Strength Cond.Res.* 15:157-160
32. Withers R.T., N.P.Craig, P.C.Bourden, K.I.Norton (1987) Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur.J.Appl.Physiol.* 56:191-200
33. Wilmore J.H. (1969) The use of actual, predicted and constant residual volumes in assessment of body composition by underwater weighing. *Med.Sci.Sports* 1:87-90
34. Wu Y., D.H.Nielsen, S.L.Cassady, J.S.Cook, K.F.Janz, J.R.Hansen (1994) Cross-validation of bioelectrical impedance analysis of body composition in children and adolescent. *Phys.Ther.* 73:320-328

Accepted for publication 23.03.2003

This work was supported in part by a grant The Scientific Research Projects Division of the Akdeniz University

ÖZGEÇMİŞ

Selma Civar 01.04.1975 yılında Antalya'da doğdu. İlköğretimi 1981-1989 yılları arasında, Alanya Atatürk İlköğretim Okulunda tamamladı. Lise öğrenimini 1989-1992 yılları arasında Antalya Ticaret Lisesinde tamamladı. 1992-1994 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulunda, Muhasebe önlisans programından mezun oldu. 1994-1998 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünden mezun oldu.

1998-1999 yılları arasında Köln/Almanya'da, IB-İnternational Bund dil okulunda, yabancı dil eğitimini tamamladı. 1999 yılında Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü tarafından açılmış olan yüksek lisans sınavını kazanarak, Beden Eğitimi ve Spor Öğretimi Programında yüksek lisans eğitime başladı ve 2002 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2002 yılında Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü tarafından açılmış olan doktora sınavını kazanarak, Spor Bilimleri Programında doktora eğitimine başladı. 2000 yılında Araştırma Görevlisi olarak, Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda göreve başladı ve halen bu görevine devam etmektedir.