ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

«Αξιολόγηση της εγκυρότητας επιλεγμένων εξισώσεων εκτίμησης του ποσοστού σωματικού λίπους μέσω περιμέτρων ή Δείκτη Μάζας Σώματος»

Παπαγρηγοράκη Αθηνά

ΑΜ: YD20250

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ζαφειρόπουλος Βασίλειος (επιβλέπων)

Σφακιανάκη Ειρήνη

Χατζάκη Αλκιόνη

ΣΗΤΕΙΑ, Απρίλιος, 2025

HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY

SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

DEPARTMENT OF NUTRITION & DIETETICS SCIENCES

THESIS

for the Undergraduate Degree

"Evaluating the validity of selected equations estimating body fat percentage via circumferences or Body Mass Index"

Papagrigoraki Athina

AM:Yd20250

Three-member Examination Committee

Zafiropulos Vassilis (supervisor)

Sfakianaki Eirini

Chatzaki Alkioni

SITIA, April, 2025

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από την ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο, καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης, θέλω να εκφράσω την ειλικρινή μου εκτίμηση και στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλειο Ζαφειρόπουλο για τη συνεχή καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και στην Αλκιόνη Χατζάκη, υποψήφια διδάκτορα, για τη στήριξη, τη βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφερε κατά την πρακτική μου στο Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος του Ανθρώπου, στο Ηράκλειο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί η εγκυρότητα των διάφορων εξισώσεων εκτίμησης του ποσοστού σωματικού λίπους (%BF) μέσω των διάφορων περιμέτρων σώματος ή μέσω του δείκτη μάζας σώματος (BMI) στο διαθέσιμο δείγμα εθελοντών του Εργαστηρίου Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος του Ανθρώπου, συγκρίνοντας τις τιμές εκτίμησης της εκάστοτε εξίσωσης με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή του %BF.

Μέθοδοι: Η μετρημένη με ακρίβεια τιμή τού %BF προήλθε από τη χρήση του μοριακού μοντέλου 3-τμημάτων. Για την εφαρμογή του μοντέλου αυτού, εφαρμόστηκε η ζύγιση στο νερό μαζί με τη μέτρηση του υπολειπόμενου πνευμονικού όγκου, για την εύρεση της σωματικής πυκνότητας και η μέθοδος της BIS, για την εύρεση τού συνολικού νερού του σώματος. Για την αξιολόγηση των εξισώσεων εκτίμησης του %BF έγινε σε πρώτο στάδιο η εφαρμογή τους στο διαθέσιμο δείγμα μέσω του προγράμματος Microsoft Excel και στη συνέχεια η στατιστική ανάλυση και τα διαγράμματα Bland-Altman έγιναν με το πρόγραμμα SPSS.

Δείγμα: Συνολικό δείγμα/Δείγμα για εξισώσεις BMI: 224 υγιή άτομα, εκ των οποίων 96 άνδρες και 128 γυναίκες , ηλικιών 13-83 έτη.

Υποσύνολο/Δείγμα για εξισώσεις περιμέτρων: 153 υγιή άτομα, εκ των οποίων 89 γυναίκες και 64 άνδρες, ηλικιών 16-78 έτη.

Αποτελέσματα: Αναφορικά με τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων για τους άνδρες, το μέσο απόλυτο σφάλμα κυμάνθηκε από 0,06% έως 4,30%, με τυπική απόκλιση τού σφάλματος από 4,26% έως 5,87%. Για τις εξισώσεις περιμέτρων που αφορούσαν στις γυναίκες, το μέσο απόλυτο σφάλμα κυμάνθηκε από 0,25% έως 4,15%, με τυπική απόκλιση τού σφάλματος από 3,91% έως 5,72%. Τέλος, για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω του BMI για το γενικό δείγμα, το μέσο απόλυτο σφάλμα κυμάνθηκε από 0,23% έως 7,16% και η τυπική απόκλιση από 5,34% έως 6,95%.

Συμπεράσματα: Από τις εξισώσεις εκτίμησης τού %BF μέσω των περιμέτρων, στους άνδρες, η εξίσωση με τη μεγαλύτερη ακρίβεια βρέθηκε ότι ήταν η Vogel et al., με μηδενικό μέσο

σφάλμα και με τυπική απόκλιση τού σφάλματος 4,3%. Ακολουθούν οι εξισώσεις Taylor et al. 1 site 3D without Ht, Taylor et al. 1 site 3D with Ht, στις οποίες το μέσο σφάλμα (εκτιμώμενη μέσω εξίσωσης τιμή μείον μετρημένη τιμή) κυμαίνεται από -1,2% έως -1,6% με τυπική απόκλιση τού σφάλματος 4,5%. Από τις εξισώσεις εκτίμησης τού %BF μέσω των περιμέτρων, στις γυναίκες, βρέθηκε ότι όλες οι εξισώσεις Taylor et al. 3D ήταν ακριβείς, με μέσο απόλυτο σφάλμα μικρότερο από 1% και με τυπική απόκλιση τού σφάλματος περίπου 4%, ως ακριβέστερες βρέθηκαν οι Taylor et al. 2 site 3D with Ht. και Taylor et al. 3 site 3D without Ht με μέσο απόλυτο σφάλμα μικρότερο από 0,5%. Οι δύο εξισώσεις με τη μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση του %BF μέσω του BMI για το γενικό δείγμα ήταν οι : Deurenberg et al., 1998 και Gallagher et al., 2000.

Λέξεις – Κλειδιά

Εξίσωση εκτίμησης τού ποσοστού σωματικού λίπους, %BF, BMI, περίμετρος μέσης, περίμετρος κοιλιάς, περίμετρος λαιμού, περίμετρος ισχίων, μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων.

ABSTRACT

Purpose: The aim of the present study was to investigate the validity of various equations used to estimate body fat percentage (%BF) from circumferences or BMI, using the available data from the Laboratory of Dietetics and Human Body Composition. This was achieved by comparing the estimation values of each equation with the actual %BF values.

Methods: The actual %BF value was measured using the 3-compartment molecular model. This model involved underwater weighing combined with the measurement of residual volume to determine body density, as well as the BIS method to assess total body water. In the first stage, the %BF estimation equations were applied to the available sample using Microsoft Excel, and then statistical analysis and Bland-Altman plots were conducted using SPSS software.

Sample: Total cohort for BMI equation**s:** 224 healthy individuals, including 96 males and 128 females, aged 13-83 years. Cohort subset for circumference equations: 153 healthy individuals, including 89 females and 64 males, aged 16-78 years.

Results: For circumference-based %BF estimation equations for males the mean absolute error ranged from 0,06% to 4,30%, with a standard deviation of 4,26 to 5,87. For circumference-based %BF estimation equations for women the mean absolute error ranged from 0,25% to 4,15%, with a standard deviation of 3.91% to 5.72%. For BMI-based %BF estimation equations for the general sample, the mean absolute error ranged from 0.23% to 7.16%, with a standard deviation of 5,34 to 6.95%.

Conclusions: From the equations estimating %BF through circumferences in men, the equation found to have the highest accuracy was Vogel et al., with zero mean error and a standard deviation of the difference 4,3%. Following were the equations of Taylor et al. 1 site 3D without Ht and Taylor et al. 1 site 3D with Ht, where the mean error (estimated minus measured value) ranged from -1,2% to -1,6%, with a standard deviation of the difference of 4,5%. Regarding the equations estimating %BF through circumferences in women, all Taylor et al. 3D equations were found to be accurate, with a mean absolute error of less than 1% and a standard deviation of the difference of approximately 4%, the most accurate equations were Taylor et al. 2 site 3D with Ht and Taylor et al. 3 site 3D without Ht, with mean absolute error of less than 0,5%. The two equations with the highest accuracy in estimating %BF through BMI for the general sample were Deurenberg et al., 1998, and Gallagher et al., 2000.

Keywords:
equations for predicting percent body fat, %BF, BMI, waist circumference, abdominal circumference, neck circumference, hip circumference, 3-compartment molecular model

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ..... **i**

ABSTRACT iii

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ iv

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ vi

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ vii

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ x

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ xi

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 Βιβλιογραφία εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων 2

1.2 Βιβλιογραφία εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω του BMI 7

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 13

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 13

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ 14

3.1 Γενικά στοιχεία και δείγμα 14

3.2 Μέθοδοι 16

3.2.1 Ζύγιση στο νερό 16

3.2.2 Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής εμπέδησης – BIS 17

3.2.3 Μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων 18

3.2.4 Ανθρωπομετρικές μετρήσεις 18

3.2.4.1 Μάζα σώματος & ύψος 18

3.2.4.2 BMI 19

3.2.4.3 Περίμετροι σώματος 19

3.3 Στατιστική ανάλυση με το λογισμικό SPSS 24

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ 25

4.1 Συσχετίσεις μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω των εξισώσεων περιμέτρων και της μετρημένης με ακρίβεια τιμής 25

4.2 Συσχετίσεις μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω των εξισώσεων BMI και της μετρημένης με ακρίβεια τιμής 54

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ %BF 64

5.1 Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του %BF που χρησιμοποιούν περιμέτρους σώματος για τους άνδρες 64

5.2 Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του %BF που χρησιμοποιούν περιμέτρους σώματος για τις γυναίκες 67

5.3 Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του %BF που χρησιμοποιούν BMI 70

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 75

7. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ 77

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ 78

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1: Σύνοψη εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων 11

Πίνακας 1-2: Σύνοψη εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω BMI 12

Πίνακας 3-1: Χαρακτηριστικά δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων 14

Πίνακας 3-2: Χαρακτηριστικά δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω BMI 14

Πίνακας 4-1: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων..... 53

Πίνακας 4-2: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω BMI ... 63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4-1: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Wright et al., 1981 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες). 26

Σχήμα 4-2: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Hodgdon&Beckett, 1984 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες).... 27

Σχήμα 4-3: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Vogel et al., 1988 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες). 29

Σχήμα 4-4: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Tran&Weltman, 1989 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες)..... 30

Σχήμα 4-5: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Lean et al., 1996 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 31

Σχήμα 4-6: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Friedl&Vogel, 1997 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες). 33

Σχήμα 4-7: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Bergman et al., 2011 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες)..... 34

Σχήμα 4-8: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Lahav et al., 2018 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 35

Σχήμα 4-9: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 1 site MM without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες)..... 37

Σχήμα 4-10: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 1 site with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 39

Σχήμα 4-11: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 1 site 3D without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες)..... 41

Σχήμα 4-12: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 1 site 3 D with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες)..... 43

Σχήμα 4-13: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site MM without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες)..... 45

Σχήμα 4-14: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site MM with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες). 46

Σχήμα 4-15: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site 3D without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες)..... 47

Σχήμα 4-16: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site 3D with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες). 48

Σχήμα 4-17: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site MM without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες)..... 49

Σχήμα 4-18: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site MM with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες). 50

Σχήμα 4-19: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site 3D without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες). 51

Σχήμα 4-20: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2024 - 2 site 3D with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες). 52

Σχήμα 4-21: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Deurenberg et al., 1991 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 55

Σχήμα 4-22: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Gallagher et al. 1996 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 56

Σχήμα 4-23: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Deurenberg et al., 1998 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 57

Σχήμα 4-24: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Gallagher et al., 2000 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 58

Σχήμα 4-25: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Jackson & Pollock με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 59

Σχήμα 4-26: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Martarelli et al., 2008 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες) 60

Σχήμα 4-27: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Salamat et al., 2015 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες και γυναίκες). 62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3-1: Πρωτόκολλα μέτρησης περιμέτρου μέσης - WHO & NHI 20

Εικόνα 3-2: Συχνά ανατομικά σημεία μέτρησης περιμέτρου μέσης 21

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

AC	Abdomen Circumference – Περίμετρος κοιλιάς
%BF	Percent Body Fat – Επί τις εκατό Σωματικό Λίπος
BM	Body Mass – Μάζα Σώματος
BIS	Bioelectrical Impedance Spectroscopy – Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης
BMI-ΔΜΣ	Body Mass Index – Δείκτης Μάζας Σώματος
Db	Density of the whole Body – Πυκνότητα ανθρώπινου σώματος
HC	Hip Circumference – Περίμετρος ισχίων
Ht	Height – Ύψος
NC	Neck Circumference – Περίμετρος λαιμού
NIH	National Institutes of Health – Εθνικά Ινστιτούτα Υγείας
TBW	Total Body Water – Συνολικό Νερό Σώματος
WC	Waist Circumference – Περίμετρος μέσης
WHO	World Health Organization – Παγκόσμιος οργανισμός υγείας

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην επιστήμη της Διατροφής και Διαιτολογίας η μέτρηση τού επί τοις εκατό ποσοστού λίπους του ανθρώπινου σώματος (%BF) αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη διατροφική αξιολόγηση του κάθε ατόμου, αλλά και για τον ορισμό των στόχων που θα τεθούν στο στάδιο της διατροφικής παρέμβασης. Το %BF είναι ένας απαραίτητος δείκτης αξιολόγησης της παχυσαρκίας (Ζαφειρόπουλος, 2015). Το γεγονός αυτό επιβεβαίωσε πρόσφατα και η επιτροπή του The Lancet Diabetes & Endocrinology, η οποία αναφέρει (Rubino et al., 2025) ότι ο Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI) δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως μοναδικό κριτήριο παχυσαρκίας, αλλά η επιβεβαίωσή της πρέπει να γίνεται με μέτρηση του σωματικού λίπους. Προτείνουν εναλλακτικά, εάν η άμεση μέτρηση του %BF δεν είναι εφικτή, να μετριόνται ανθρωπομετρικοί δείκτες (όπως περίμετρος μέσης, λόγος μέσης προς ισχίο ή μέσης προς ύψος) συνδυαστικά με το BMI. Μόνο σε περιπτώσεις με BMI > 40 kg/m², η περίσσεια λίπους μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη χωρίς περαιτέρω επιβεβαίωση. Επίσης, το %BF συγκαταλέγεται στους παράγοντες υγείας για την αξιολόγηση της ευρωστίας των ατόμων (Κλεισούρας, 2015).

Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται ευρέως στην κλινική πράξη και την επιδημιολογική έρευνα το BMI για την αξιολόγηση της παχυσαρκίας, παρουσιάζει περιορισμένη ικανότητα στη διάκριση μεταξύ της λιπώδους μάζας και της άλιπης μάζας σώματος. Τα άτομα της ίδιας κατηγορίας BMI θα μπορούσαν να παρουσιάσουν σημαντικές διαφορές στο %BF, καθώς και στην κατανομή του, με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικούς κινδύνους που σχετίζονται με την υγεία. Είναι γνωστό, για παράδειγμα, ότι η μεγαλύτερη περίμετρος μέσης σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο θνησιμότητας από καρδιαγγειακά νοσήματα σε άτομα με φυσιολογικό BMI (Chen et al., 2019).

Για να μετρηθεί με ακρίβεια το ποσοστό σωματικού λίπους, χρειάζεται ο ανάλογος εργαστηριακός εξοπλισμός, ο οποίος προϋποθέτει την ύπαρξη χώρου με πλήθος οργάνων-μεθόδων, καθώς και τήρηση του πρωτοκόλλου, ενώ η διαδικασία εφαρμογής μοντέλου πολλών τμημάτων είναι χρονοβόρα. Οι προαναφερόμενοι παράγοντες, καθιστούν πολύ

δύσκολη την άμεση μέτρησή του και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες εξισώσεις, οι οποίες εκτιμούν με σχετική ακρίβεια το %BF από απλές ανθρωπομετρικές παραμέτρους όπως οι διάφορες περίμετροι του σώματος, ενώ λαμβάνονται υπόψιν και άλλα στοιχεία τα οποία μπορεί να συμπεριλαμβάνουν την ηλικία, το φύλο, το ύψος και τη σωματική μάζα. Υπάρχουν και εξισώσεις εκτίμησης μέσω των δερματικών πτυχών, οι οποίες όμως δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

Τέλος, χρησιμοποιούνται και εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω του BMI, όμως, σε αυτήν την περίπτωση η εκτίμηση αυτή δεν προέρχεται από ανεξάρτητη μέτρηση του %BF αλλά από τη στατιστική συσχέτιση μεταξύ BMI και %BF. Ως εκ τούτου και σύμφωνα με τα παραπάνω, οι εξισώσεις αυτές δεν ενδείκνυνται για την αξιολόγηση τού %BF. Παρ' όλα αυτά, στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκαν και οι εξισώσεις αυτές.

1.1 Βιβλιογραφία εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων

Όσον αφορά στις εξισώσεις εκτίμησης του ποσοστού σωματικού λίπους από περιμέτρους, τα στελέχη των σωμάτων Ενόπλων Δυνάμεων των Ηνωμένων Πολιτειών ήταν οι πρώτοι που στράφηκαν στην δημιουργία τους. Το 1981, το Υπουργείο Άμυνας εξέδωσε απόφαση η οποία ανέθετε σε κάθε υπηρεσία να αναπτύξει το δικό της πρόγραμμα για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος του προσωπικού της. Ο λόγος που το έκριναν απαραίτητο, όπως ανέφεραν και οι ίδιοι, είναι διότι η ανάλυση της σύστασης σώματος αποτελεί αναπόσπαστο μέρος για την εκτίμηση της φυσικής κατάστασης, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επαγγελματική στρατιωτική εμφάνιση και είναι καλός δείκτης της γενικής υγείας και ευημερίας του στρατιωτικού προσωπικού (Peterson, 2015).

Το Σώμα Πεζοναυτών (Marine Corps) ήταν η πρώτη υπηρεσία που χρησιμοποίησε μετρήσεις περιφέρειας για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος. Οι εξισώσεις αναπτύχθηκαν από τους Wright et al. το 1981 και συμπεριέλαβαν μετρήσεις περιφέρειας λαιμού και κοιλιάς (στο σημείο του ομφαλού) για άνδρες και μετρήσεις λαιμού, κοιλιάς, δικέφαλου, αντιβραχίονα και μηρού για τις γυναίκες. Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται η εξίσωση μόνο για τους άνδρες, καθώς δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες μετρήσεις για την εφαρμογή της εξίσωσης που αφορά στις γυναίκες. Η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε για αξιολόγηση αντλήθηκε από το

άρθρο Friedl & Vogel. Οι Hodgdon & Beckett το 1984, ανέφεραν ότι ο συντελεστής συσχέτισης για την εξίσωση Wright et al. Για τους άνδρες βρέθηκε ίσος με 0,79 και η τυπική απόκλιση 4%, σε δείγμα 602 ανδρών του ναυτικού, ηλικιών 18-56 ετών. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τη ζύγιση στο νερό για τη μέτρηση του %BF. Παρατήρησαν ότι στη συγκεκριμένη εξίσωση υπήρχε υποεκτίμηση στα άτομα που το ποσοστό σωματικού τους λίπους ήταν κοντά στο 22% (Friedl&Vogel, 1997; Hodgdon & Beckett, 1984).

Για τον προαναφερόμενο λόγο το Πολεμικό Ναυτικό (U.S Navy), προχώρησε στη δημιουργία μιας εξίσωσης, η οποία αναπτύχθηκε από τους Hodgdon & Beckett το 1984. Η μελέτη για την ανάπτυξη της εξίσωσης που αφορά στους άνδρες διεξήχθη σε δείγμα 602 ανδρών, μέλη του προσωπικού, ηλικιών 18-56 ετών. Συμπεριέλαβαν μετρήσεις περιφέρειας λαιμού, κοιλιάς και μέτρηση του ύψους. Το ύψος μετρήθηκε με ακρίβεια 0,25 ίντσες (4,5 mm). Οι περίμετροι πάρθηκαν ενώ τα άτομα φορούσαν ελαφρύ ρουχισμό (σορτς ή μαγιό), πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις και αν η απόκλιση μεταξύ αυτών ήταν πάνω από 1 cm πραγματοποιούνταν και τρίτη μέτρηση. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως μετρημένη τιμή του ποσοστού λίπους θεωρήθηκε η τιμή που προήλθε από τη μέθοδο της ζύγισης στο νερό. Η εξίσωση επικυρώθηκε σε δείγμα 100 ατόμων. Ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε ίσος με 0,90 και η τυπική απόκλιση 2,7%. Για τις γυναίκες οι μετρήσεις πάρθηκαν με τον ίδιο τρόπο (ενώ τα άτομα φορούσαν ελαφρύ ρουχισμό -σορτς ή μαγιό-, ενώ πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις και αν η απόκλιση μεταξύ αυτών ήταν πάνω από 1 cm πραγματοποιούνταν και τρίτη μέτρηση). Συμπεριελάμβαναν τις μετρήσεις των περιφερειών μέσης, ισχίων, λαιμού και του ύψους. Η μελέτη έγινε σε δείγμα 214 γυναικών ηλικιών 18-44 ετών. Επικυρώθηκε σε δύο διαφορετικά δείγματα. Το πρώτο αποτελούνταν από 66 γυναίκες που ήταν μέλη των καναδικών δυνάμεων. Για την ομάδα αυτή ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε ίσος με 0,8 και η τυπική απόκλιση 4,36%. Το δεύτερο δείγμα αποτελούνταν από 80 μέλη του ναυτικού των ΗΠΑ. Σε αυτή την περίπτωση ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε ίσος με 0,87 και η τυπική απόκλιση 4,04% (Hodgdon & Beckett, 1984).

Ο στρατός (U.S Army) χρησιμοποίησε τις δικές του εξισώσεις το 1988, οι οποίες αναπτύχθηκαν από τους Vogel et al. Οι περίμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τους άνδρες ήταν κοιλιάς, λαιμού ενώ στην εξίσωση συμπεριλαμβάνονταν και η τιμή του ύψους. Για τις γυναίκες, χρησιμοποιήθηκαν οι περίμετροι πήχη, λαιμού, καρπού, ισχίων και οι τιμές του

ύψους και της μάζας σώματος (Vogel et al., 1988). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το 1984. Το δείγμα μελέτης των ανδρών ήταν 1194 άτομα ηλικίας 17-56 ετών. Η επικύρωση έγινε σε 997 άνδρες μέλη του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ. Ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε 0,817 και η τυπική απόκλιση 4% ενώ και σε αυτή τη μελέτη μέθοδος αναφοράς ήταν η ζύγιση στο νερό. Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται μόνο η εξίσωση για τους άνδρες, καθώς δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες μετρήσεις για την εφαρμογή της εξίσωσης που αφορά στις γυναίκες.

Με την εκτίμηση του %BF μέσω των περιμέτρων ασχολήθηκαν μετέπειτα: Οι Tran & Weltman το 1989, των οποίων οι εξισώσεις για τους άνδρες συμπεριέλαβαν περίμετρο κοιλιάς στο σημείο του ομφαλού, ισχίων, την περίμετρο στο σημείο της λαγόνιας ακρολοφίας και την τιμή της μάζας σώματος ενώ για τις γυναίκες τις περιμέτρους κοιλιάς και μέσης (μέσος όρος μέσης και περιμέτρου κοιλιάς μετρούμενη στο σημείο του ομφαλού), ισχίων και τις τιμές του ύψους και της ηλικίας. Στην συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται η εξίσωση μόνο για τις γυναίκες, καθώς δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες μετρήσεις για την εφαρμογή της εξίσωσης που αφορά στους άνδρες (έλλειψη της περιμέτρου iliac από τα δεδομένα μας). Η μελέτη που αφορά στις γυναίκες, έγινε σε δείγμα 482 γυναικών ηλικίας 15-79 που συμμετείχαν σε προγράμματα βελτίωσης της φυσικής και σωματικής κατάστασης σε πανεπιστημιακά προγράμματα. Το δείγμα χωρίστηκε τυχαία σε δύο ομάδες, μία 400 ατόμων που αποτελούσε την ομάδα επικύρωσης και μια 82 ατόμων που αποτελούσε την ομάδα διασταυρούμενης επικύρωσης. Η εξίσωση που εφεύραν για την πυκνότητα σώματος (D_b) και κατά επέκταση για την εκτίμηση του %BF είχε συντελεστή συσχέτισης 0,89 και τυπικό σφάλμα μέτρησης 4,15%, με τη χρήση της ζύγισης στο νερό ως μέθοδο αναφοράς (Tran & Weltman, 1989).

Οι Lean, Hant & Deurenberg το 1996, δημιούργησαν εξισώσεις και για τα δύο φύλα και οι παράμετροι που συμπεριλαμβάνονταν σε αυτές ήταν η περίμετρος μέσης και η ηλικία. Η μελέτη ανάπτυξης της εξίσωσης έγινε στη Γλασκώβη σε υγειές δείγμα λευκών ατόμων ενώ αποκλείονταν άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη. Το δείγμα ήταν 63 άνδρες 17-65 ετών και 84 γυναίκες 18-64 ετών. Η μελέτη επικύρωσης έγινε σε δείγμα 146 ανδρών 18-82 ετών και 238 γυναικών 20-83 ετών. Ως μέθοδο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η ζύγιση στο νερό με ταυτόχρονη μέτρηση του υπολειπόμενου όγκου αέρα των πνευμόνων (Lean et al., 1996).

Οι Friedl & Vogel το 1997, βασίστηκαν στις εξισώσεις των Ενόπλων Δυνάμεων των Ηνωμένων Πολιτειών για να δημιουργήσουν τη δική τους. Η εξίσωση αφορά στους άνδρες

και συμπεριλαμβάνει τις περιμέτρους κοιλιάς, λαιμού και το ύψος. Η μελέτη έγινε σε 496 άνδρες στρατιώτες έως 40 ετών. Έγιναν 4 διαφορετικές μελέτες καθώς εξετάστηκαν και οι προηγούμενες εξισώσεις του Σώματος Πεζοναυτών (Marine Crops), για την οποία ο συντελεστής συσχέτισης φάνηκε 0,8 και η τυπική απόκλιση 3,27%, του στρατού (U.S Army) όπου ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε 0,81 και η τυπική απόκλιση 3,15% και του Πολεμικού Ναυτικού (U.S Navy) με συντελεστή συσχέτισης 0,82 και τυπική απόκλιση 3,13%. Για την καινούρια εξίσωση που δημιούργησαν οι Friedl & Vogel ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε 0,82 και η τυπική απόκλιση 3,1%. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας-DEXA (Friedl&Vogel, 1997).

Οι Bergman et al. Το 2011, δημιούργησαν μία εξίσωση που συμπεριελάμβανε την περίμετρο ισχίων και το ύψος. Στόχος τους ήταν να δημιουργήσουν ένα δείκτη για την εκτίμηση παχυσαρκίας με απλά ανθρωπομετρικά δεδομένα. Έτσι επιλέξανε ως νέα παράμετρο τον λόγο της περιμέτρου ισχίων προς το ύψος^{1,5} (BAI). Η μελέτη ανάπτυξης (BetaGene Study) πραγματοποιήθηκε σε 1733 Μεξικο-αμερικάνους (675 άνδρες και 1058 γυναίκες) ενήλικες, ηλικιών 18-67 έτη. Στην έρευνα συμμετείχαν γυναίκες με σακχαρώδη διαβήτη κύησης (GDM) που διαγνώστηκε τα τελευταία 5 χρόνια και άτομα με οικογενειακό ιστορικό όπως αδέλφια ή ξαδέλφια των γυναικών αυτών. Οι ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη κύησης έπρεπε να έχουν επίπεδα γλυκόζης που σχετίζονται με κακή λειτουργία των β-κυττάρων του παγκρέατος και υψηλό κίνδυνο διαβήτη όταν δεν ήταν έγκυες, να μην έχουν στοιχεία αυτοανοσίας των β-κυττάρων και να έχουν διαθέσιμα τουλάχιστον δύο αδέρφια για μελέτη. Επιλέχθηκαν και γυναίκες που δεν εμφάνισαν σακχαρώδη διαβήτη κύησης εάν είχαν αποτέλεσμα ελέγχου γλυκόζης 2 ωρών 50 g <130 mg/dl (7,2 mmol/l) κατά την πιο πρόσφατη εγκυμοσύνη τους, δεν είχαν οικογενειακό ιστορικό διαβήτη και εμφάνιζαν φυσιολογική ανοχή στη γλυκόζη. Η μελέτη επικύρωσης (TARA Study) έγινε σε δείγμα 223 Αφροαμερικάνων (97 άνδρες και 126 γυναίκες) ηλικιών 20-50 έτη. Το 25% ήταν άτομα με προδιάθεση για διαβήτη, το 2% ήταν με διαγνωσμένο διαβήτη τύπου 2, το 20% ήταν υπερτασικοί και το 41% του δείγματος των γυναικών αποτελούνταν από άτομα με παχυσαρκία. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DEXA. Ο συντελεστής συσχέτισης BAI-%BF βρέθηκε ίσος με 0,79 στη μελέτη ανάπτυξης και 0,849 στη μελέτη επικύρωσης (Bergman et al., 2011).

Οι Lahav et al., 2018: Στη συγκεκριμένη μελέτη ανέπτυξαν δύο εξισώσεις, μία για άνδρες και μία για γυναίκες, στις οποίες συμπεριέλαβαν τις περιμέτρους κοιλιάς, λαιμού και το ύψος. Η αρχική μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 476 ατόμων (291 άνδρες και 185 γυναίκες) και η επικύρωση σε 224 άτομα (111 άνδρες και 113 γυναίκες). Οι ηλικίες κυμαίνονταν κατά μέσω όρο μεταξύ 20 και 60 ετών. Οι συντελεστές συσχέτισης βρέθηκαν ίσοι με 0,89 και 0,86 για τις εξισώσεις που αφορούσαν τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα. Οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι, το 79,5% των προβλέψεων (για άνδρες και γυναίκες) ήταν εντός ±5% των τιμών του πραγματικά μετρημένου %BF. Ως μετρημένη τιμή του %BF θεωρήθηκε αυτή που προήλθε από τη μέθοδο DEXA (Lahav et al. 2018).

Οι Taylor et al. το 2024 επιχείρησαν να διαμορφώσουν νέες εξισώσεις, με στόχο τη βελτίωσή τους σε σχέση με εκείνες των Ενόπλων Δυνάμεων των Ηνωμένων Πολιτειών. Η μελέτη έγινε σε δείγμα 1261 ανδρών και 643 γυναικών, ενώ η μελέτη επικύρωσης έγινε σε δείγμα 1073 ατόμων. Οι ηλικίες κυμαίνονταν από 17 έως και πάνω από 40 ετών. Δημιούργησαν εξισώσεις 1 σημείου (1 site), οι οποίες συμπεριέλαβαν την περίμετρο κοιλιάς και τη σωματική μάζα, 2 σημείων (2 site), οι οποίες συμπεριέλαβαν την περίμετρο κοιλιάς, ισχίων και τη σωματική μάζα και 3 σημείων (3 site) που συμπεριέλαβαν την περίμετρο κοιλιάς, μέσης, ισχίων και τη σωματική μάζα. Οι περίμετροι πάρθηκαν είτε με τρισδιάστατη απεικόνιση (3D) μέσω του SS20 scanner, size stream είτε με μεζούρα (MM), επομένως για κάθε μια από τις προηγούμενες κατηγορίες (1 site, 2 site, 3 site) αντιστοιχούν τέσσερις εξισώσεις για κάθε φύλο (3D χωρίς ύψος, 3D με ύψος, MM χωρίς ύψος, MM με ύψος). Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η DEXA. Από τη μελέτη, συμπέραναν ότι η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error – RMSE) αυξάνονταν ελαφρώς (0,35%) όσο μειώνονταν τα sites ενώ η αφαίρεση του ύψους από τις εξισώσεις δεν είχε σημαντική επίδραση (0,27% για τις γυναίκες και 0,02% για τους άνδρες). Οι μέσες τιμές απόκλισης για λευκές γυναίκες σε εξισώσεις χωρίς ύψος κυμαίνονταν από 3,5% (3 site MM) έως 4,27% (1 site MM) ενώ οι συντελεστές συσχέτισης για εξισώσεις MM χωρίς ύψος από 0,69 (1 site) έως 0,76 (3 site). Για λευκούς άνδρες, στις εξισώσεις χωρίς ύψος 1 site η τυπική απόκλιση ήταν 3,44% και ο συντελεστής συσχέτισης 0,82 για την περίπτωση MM ενώ για τη 3D η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 3,4% (Taylor et al., 2024). Στην παρούσα μελέτη, για τους άνδρες, εξετάζονται μόνο οι εξισώσεις 1 site καθώς για τις υπόλοιπες δεν επαρκούν τα δεδομένα μας.

1.2 Βιβλιογραφία εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω του BMI

Ως γνωστό, το BMI σχετίζεται με το %BF (π.χ. βλέπε σελ. 23, Ζαφειρόπουλος, 2015; Gallagher et al., 1996), όμως από αυτόν τον δείκτη δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια το %BF, ιδίως για τα άτομα που αποκλίνουν πολύ από τον μέσο όρο τής καμπύλης συσχέτισης μεταξύ BMI-%BF (π.χ. άτομα με υψηλό BMI, τα οποία είναι γυμνασμένα/με αυξημένη μυϊκή μάζα ή άτομα με φυσιολογικό BMI αλλά υψηλό ποσοστό σωματικού ή/και σπλαχνικού λίπους). Παρ' όλο που για την ακριβή εκτίμηση τής κατάστασης παχυσαρκίας απαιτείται πλέον η ανεξάρτητη μέτρηση τού %BF, στην παρούσα μελέτη εξετάζονται και οι εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω του BMI.

Οι Deurenberg, Weststrate & Seidell, 1991 χρησιμοποίησαν ως παράγοντες το BMI, την ηλικία και το φύλο για να δημιουργήσουν δύο εξισώσεις για την πρόβλεψη του %BF. Η μία ήταν για παιδιά <15y, για την οποία ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) βρέθηκε 0,38–0,42 και το τυπικό σφάλμα 4,4 – 4,8%. Η δεύτερη που αναφερόταν κυρίως σε ενήλικες βρέθηκε να έχει συντελεστή συσχέτισης (R^2) 0,79 και τυπικό σφάλμα 4,1%. Στο δείγμα συμμετείχαν 1229 άτομα (521 άνδρες και 708 γυναίκες) ηλικιών 7-83 έτη και ως μέθοδο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η ζύγιση στο νερό (Deurenberg, West Strate & Seidell., 1991).

Οι Gallagher et al., 1996, δημιούργησαν μία εξίσωση για την εκτίμηση του %BF χρησιμοποιώντας ως παράγοντες το BMI, το φύλο και την ηλικία. Η μελέτη έγινε το 1986-1992 σε 202 έγχρωμους και 504 λευκούς άνδρες και γυναίκες, στη Νέα Υόρκη. Το ηλικιακό εύρος ήταν 20-94 ετών, οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, χωρίς ορθοπεδικά προβλήματα ή ιατρικές καταστάσεις που θα επηρέαζαν τη σύσταση σώματος. Εκτός από τις ανθρωπομετρικές μετρήσεις έγιναν και μετρήσεις με όργανα σύστασης σώματος, με σκοπό τη μέτρηση του πραγματικού %BF με το μοντέλο των 4-τμημάτων. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αραίωσης με τη χορήγηση ισοτόπου (^3H_2O) για τον υπολογισμό της ποσότητας συνολικού νερού του σώματος (TBW), η ζύγιση στο νερό για την εύρεση της πυκνότητας του σώματος (D_b), η μέθοδος της διπλής φωτονικής απορρόφησης με τα όργανα DP-4 (Dual-Photon Absorptiometer) και DPX (Dual-Energy X-ray Absorptiometer) για την εύρεση των οστικών αλάτων (TBMM). Ως προς την αξιολόγηση της εξίσωσης που δημιούργησαν αποφάνθηκαν ότι όταν χρησιμοποίησαν το BMI μόνο, ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) ήταν ίσος με 0.25. Από την άλλη πλευρά, όταν χρησιμοποίησαν BMI, ηλικία

και φύλο ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) ήταν 0.67 και το Τυπικό Σφάλμα Εκτίμησης (SEE) κυμάνθηκε από 5.66–5.71% (Gallagher et al., 1996).

Οι Deurenberg,Yap & Staveren, 1998 ανέπτυξαν μία εξίσωση που συμπεριλαμβάνει το BMI την ηλικία και το φύλο. Η μελέτη αποτελούσε συστηματική ανασκόπηση/μετά-ανάλυση σε 32 έρευνες. Από αυτές τις πρωτογενείς μελέτες, για την εύρεση του %BF είχαν χρησιμοποιηθεί οι παρακάτω μέθοδοι : Υδροστατική ζύγιση (Underwater Weighing, UWW) σε 28 μελέτες, ανάλυση με διπλή ενεργειακή απορρόφηση ακτίνων X (Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) σε 26 μελέτες, αραίωση δευτερίου (Deuterium Oxide Dilution) σε 13 μελέτες. Ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA) και μετρήσεις πάχους δερματικών πτυχών (Skinfold Thickness Measurements) χρησιμοποιήθηκαν σε 14 μελέτες. Από τις 32 μελέτες οι 13 εφάρμοσαν μοντέλα 3- ή 4-τμημάτων. Το αρχικό δείγμα της ανασκόπησης αποτελούνταν από 11.924 άτομα (5.563 γυναίκες και 6.361 άνδρες), διαφορετικών εθνοτικών ομάδων και οι ηλικίες κυμαίνονταν από 18.4 έως 76.6 έτη. Η εξίσωση αφορούσε καυκάσιο πληθυσμό και το δείγμα για αυτή την εθνοτική ομάδα ήταν 4.492 άτομα (2.516 γυναίκες και 1.976). Για τη δημιουργία της εξίσωσης χρησιμοποιήθηκαν ως μεταβλητές στο μοντέλο παλινδρόμησης οι μέσοι όροι BMI και ηλικίας του δείγματος ενώ ο μέσος όρος του %BF τέθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή ενώ λήφθηκε υπόψιν και το φύλο ως εικονική μεταβλητή (dummy variable). Το συνολικό στατιστικό σφάλμα εκτίμησης (SEE) για την εξίσωση εκτίμησης του %BF είχε βρεθεί ίσο με 2.5% (Deurenberg et al., 1998).

Οι Gallagher et al., 2000 συνέθεσαν μία εξίσωση που συμπεριλαμβάνει το BMI σε κλασματική μορφή (1/BMI), την ηλικία και το φύλο. Το δείγμα ήταν 1626 άτομα, 1013 γυναίκες 613 άνδρες, 254 Αφροαμερικάνοι, 955 Ασιάτες, 417 λευκοί. Άτομα αποκλείστηκαν εάν είχαν ιστορικό πρόσφατης οξείας ασθένειας (π.χ. πνευμονία ή έμφραγμα του μυοκαρδίου), χρόνια πάθηση (π.χ. καρκίνο, ανεξέλεγκτη υψηλή αρτηριακή πίεση ή αγγειακή νόσο κολλαγόνου) ή αν είχαν πολύ έντονη φυσική δραστηριότητα (> 6 ώρες/βδομάδα). Οι ηλικίες κυμαίνονταν μεταξύ 20-79 ετών. Τα άτομα του δείγματος ολοκλήρωσαν έως και πέντε αξιολογήσεις από τις ακόλουθες: Μέτρηση μάζας σώματος, ύψους, DEXA για το σωματικό λίπος και την οστική μάζα, αραίωση τριτίου ή δευτερίου για το συνολικό νερό του σώματος και υδροστατική ζύγιση για την πυκνότητα και τον

όγκο του σώματος. Η χρήση της μεθόδου 4-τμημάτων ήταν διαθέσιμη από το Ηνωμένο Βασίλειο και τις ΗΠΑ, ενώ η εκτίμηση μέσω DEXA ήταν διαθέσιμη και στις τρεις τοποθεσίες. Τα ίδια συστήματα και λογισμικό DEXA χρησιμοποιήθηκαν στις τοποθεσίες των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας, διευκολύνοντας τη μετατροπή του %BF των Ιαπώνων που προήλθε από τη DEXA σε μια αντίστοιχη τιμή ποσοστού σωματικού λίπους που προήλθε από τη μέθοδο των τεσσάρων τμημάτων. Συγκεκριμένα, η μετατροπή αυτή πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας απλή ανάλυση παλινδρόμησης με την τιμή που προήλθε από το μοντέλο 4-τμημάτων ως εξαρτημένη μεταβλητή και ποσοστό DEXA σωματικό λίπος ως ανεξάρτητη μεταβλητή με χρήση δεδομένων που συλλέχθηκαν στην τοποθεσία των ΗΠΑ. Η γενική εξίσωση που διαμόρφωσαν συνδυάζοντας τα δεδομένα είχε συντελεστή συσχέτισης 0,86 και τυπικό σφάλμα 5% ενώ παρατήρησαν ότι η χρήση του BMI σε κλασματική μορφή (1/BMI) έδινε καλύτερο συντελεστή συσχέτισης (R^2) και τυπικό σφάλμα (SEE) σε σχέση με την απλή χρήση του BMI (Gallagher et al., 2000).

Οι εξισώσεις των Jackson & Pollock είχαν ως παραμέτρους το BMI, το φύλο και την ηλικία. Σύμφωνα με τους Kanellakis et al., η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 402 ανδρών και 283 γυναικών, ηλικιών 19-43 ετών, στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι Jackson et al., αναφέρουν ότι για τη συγκεκριμένη εξίσωση ο συντελεστή συσχέτισης (R^2) βρέθηκε ίσος με 0,75 και τυπικό σφάλμα (SEE) 5,5% (Jackson et al., 2002; Kanellakis et al., 2017).

Οι Martarelli et al., 2008 παρουσίασαν δύο εξισώσεις, μία για άνδρες και μία για γυναίκες, για την εκτίμηση της λιπώδους μάζας (FM) με μοναδική παράμετρο το BMI. Η μελέτη έγινε σε δείγμα 764 Ιταλών Καυκάσιων (342 γυναίκες και 422 άνδρες) ηλικιών 11-80 έτη. Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις για τη μάζα σώματος και το ύψος έγιναν με ακρίβεια 0,1Kg και 0,1cm αντίστοιχα. Ως μέθοδο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA). Για τους άνδρες ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) βρέθηκε ίσος με 0,84 ενώ η τυπική απόκλιση ήταν 4,1%. Αντίστοιχα, για τις γυναίκες ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) βρέθηκε ίσος με 0,93 ενώ η τυπική απόκλιση 4,84%. Οι Salamat et al., 2015 ανέπτυξαν μία εξίσωση η οποία είχε ως στόχο την εκτίμηση του %BF, με παράγοντες το BMI και το φύλο. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το 2013 σε δείγμα 143 ενήλικων ανδρών και γυναικών (100 για την ανάπτυξη της εξίσωσης και 43 για την επικύρωση), οι οποίοι παραπέμφθηκαν στο Κέντρο Διάγνωσης Οστεοπόρωσης και Σύστασης Σώματος για σαρώσεις DEXA.

Αποκλείστηκαν άνδρες και γυναίκες που ανέφεραν χρόνιες παθήσεις, καπνιστές, παιδιά και αθλητές. Εκτός από τη DEXA που χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδο αναφοράς, μετρήθηκαν επίσης η σωματική μάζα (με ακρίβεια 0,1kg) και το ύψος (με ακρίβεια 0,5 cm). Ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) βρέθηκε ίσος με 0,839 (Salamat et al., 2015). Γνωρίζοντας τη σχέση που συνδέει τη λιπώδη μάζα με το %BF (%BF=FM*100/BM), υπολογίζεται το %BF.

Στην παρούσα εργασία έχοντας μετρήσει το ποσοστό σωματικού λίπους (%BF) με ακρίβεια (μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων) σε ένα μεγάλο δείγμα εθελοντών, προχωρήσαμε στην αξιολόγηση της εγκυρότητας των προαναφερόμενων εξισώσεων εκτίμησης τού %BF μέσω των περιμέτρων σώματος ή μέσω του BMI σε ένα χαρακτηριστικό δείγμα του πληθυσμού της Κρήτης.

Στους Πίνακες 1-1 και 1-2 παρατίθενται οι εξισώσεις εκτίμησης τού %BF μέσω των σωματικών περιμέτρων και μέσω του BMI, αντίστοιχα.

Πίνακας 1-1: Σύνοψη εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω των περιμέτρων

ΠΗΓΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΗΛΙΚΙΕΣ	ΦΥΛΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ
Wright et al., 1981	18-56y	Άνδρες	% BF = 0,740AC – 1,249NC + 0,985
Hodgdon&Beckett, 1984	18-56y	Άνδρες	Db= –0,19077 LOG (AC – NC)+ 0,15456 LOG(Ht) + 1,0324 %BF= (495/Db) – 450]
	18-44y	Γυναίκες	Db= –0,35004 LOG(WC+ HC – NC) + 0,221 LOG(Ht) + 1,29579 %BF= (495/Db) – 450]
Vogel et al., 1988	17-56y	Άνδρες	% BF = 46,892 – 68,678 LOG(Ht) + 76,462 LOG(AC – NC)
Tran & Weltman, 1989	15-79	Γυναίκες	Db = 1,168297 – 0,002824(AC+WC)/2 + 0,0000122098[(AC+WC)/2]^2 – 0,000733128 HC + 0,000510477Ht – 0,000216161Age %BF siri=[(4,95/Db) – 4,50]
Lean et al., 1996	17-65y	Άνδρες	%BF= 0,567WC + 0,101Age – 31,8
	18-64y	Γυναίκες	%BF= 0,439 WC + 0,221AGE – 9,4
Friedl & Vogel, 1997	<40y	Άνδρες	%BF = 0,771(AC–NC) – 0,132Ht + 4,29
Bergman et al., 2011	18-67y	Γυναίκες	BAI=HC/(Height/100)^1,5 %BF=0,93*BAI–14,89
Lahav et al., 2018	21-60y	Άνδρες	%BF= 10,1 – 0,239Ht + 0,8AC – 0,5NC
	20-62y	Γυναίκες	%BF= 19,2 – 0,239Ht + 0,8AC – 0,5NC
Taylor et al., 2024 – 1 site	>17	Άνδρες	%BF= –27,05 + 2,06AC/2,54 – 0,12BM*2,205 **MM without Ht**
			%BF= –29,78 + 2,09AC/2,54 – 0, 13BM*2,205 **3D without Ht**
			%BF= –17,7 + 1,98AC/2,54 – 0, 1BM*2,205 – 0, 13Ht/2,54 **MM with Ht**
			%BF= –23,60 + 2,03AC/2,54 – 0, 12BM*2,205 – 0,09Ht/2,54 **3D with Ht**
	>17	Γυναίκες	%BF= –8,06 + 1, 25AC/2,54 – 0,004BM*2,205 **MM without Ht**
			%BF= –11,96 + 1,43AC/2,54 – 0,04BM*2,205 **3D without Ht**
			%BF= 36,86 + 0,96AC/2,54 + 0,07BM*2,205 – 0,72Ht/2,54 **MM with Ht**
			%BF= 30,69 + 1, 13AC/2,54 + 0,04BM*2,205 – 0,67Ht/2,54 **3D with Ht**
Taylor et al., 2024 – 2 site	>17	Γυναίκες	%BF= –31,68 + 1,09AC/2,54 + 1, 18HC/2,54 – 0, 12BM *2,205 **MM without Ht**
			%BF= –36,02 + 1, 26AC/2,54 + 1, 11HC/2,54 – 0, 14BM*2,205 **3D without Ht**
			%BF= 6,09 + 0,91AC/2,54 + 0,95HC/2,54 – 0,04BM*2,205 – 0,53Ht/2,54 **MM with Ht**
			%BF= 1, 21 + 1,06AC/2,54 + 0,89HC/2,54 – 0,06BM*2,205 – 0,51Ht/2,54 **3D with Ht**
Taylor et al., 2024 – 3 site	>17	Γυναίκες	%BF= –34,92 + 0,87AC/2,54 + 1, 22HC/2,54 + 0,39WC/2,54 – 0, 14BM*2,205 **MM without Ht**
			%BF= –39,71 + 1,01AC/2,54 + 1, 2HC/2,54 + 0,39WC/2,54 – 0, 16BM*2,205 **3D without Ht**
			%BF= 4,87 + 0,88AC/2,54 + 0,96HC/2,54 + 0,06WC/2,54 – 0,05BM *2,205 – 0,52Ht/2,54 **MM with Ht**
			%BF= –2,58 + 0,98AC/2,54 + 0,94HC/2,54 + 0, 15WC/2,54 – 0,08BM*2,205 – 0,48Ht/2,54 **3D with Ht**

AC: Abdomen Circumference/Περίμετρος κοιλιάς, WC: Waist Circumference/Περίμετρος μέσης, HC: Hip Circumference/Περίμετρος ισχίων, NC: Neck Circumference/Περίμετρος λαιμού, Ht: Height, BM: Body Mass (weight)

Μονάδες μέτρησης: ***Μονάδες μήκους περιμέτρων και ύψους σε cm. Μονάδες σωματικής μάζας σε kg.*** ***Οι αρχικές εξισώσεις των Taylor et al. ήταν σε inches και pounds, ενώ στην αρχική εξίσωση των Bergman et al. Το ύψος ήταν σε m. Οι εξισώσεις αυτές παρουσιάζονται τροποποιημένες με τους διορθωτικούς παράγοντες μέσα στην κάθε εξίσωση.***

Πίνακας 1-2: Σύνοψη εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω BMI

ΠΗΓΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΗΛΙΚΙΕΣ	ΦΥΛΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ
Deurenberg et al., 1991	7-83y	Άνδρες & Γυναίκες	BF%= 1,20BMI + 0,23Age – 10,8Gender –5,4
Gallagher et al., 1996	20-94y	Άνδρες & Γυναίκες	%BF= 1,506BMI + 0,133 Age – 11,481Gender – 11,52
Deurenderg et al., 1998	18,4-76,6 y	Άνδρες & Γυναίκες	BF%= 1,294BMI + 0,2Age – 11,4Gender –8,0
Gallagher et al., 2000	20-79y	Άνδρες & Γυναίκες	%BF= 64,5 – 848 (1/BMI) + 0,079Age – 16,4Gender + 0,05GenderAge + 39,0Gender(1/BMI)
Jackson & Pollock	19-43y	Άνδρες& Γυναίκες	%BF= 1,61BMI + 0, 13Age – 12, 1Gender –13,9
Martarelli et al., 2008	11-80y	Άνδρες	FM= 1,407BMI – 21,389 %BF= FM100/BM
	11-80y	Γυναίκες	FM= 1,9337BMI – 26,422 %BF= FM100/BM
Salamat et al., 2015	>18y (47±11,17)	Άνδρες& Γυναίκες	FM= – 11,938 + 1,606BMI – 8,511Gender %BF= FM100/BM

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στο Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος Ανθρώπου υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης με ακρίβεια του ποσοστού σωματικού λίπους (%BF), με την εφαρμογή του μοντέλου 3-τμημάτων (Λίπος, Νερό, Πρωτεΐνη/Οστική μάζα), 4-τμημάτων (Λίπος, Νερό, Πρωτεΐνη, Οστική μάζα) και 5-τμημάτων (Λίπος, Ενδοκυττάριο νερό, εξωκυττάριο νερό, Πρωτεΐνη, Οστική μάζα). Το γεγονός αυτό μας παρέχει τη δυνατότητα, έχοντας την τιμή του %BF μετρημένη με ακρίβεια (μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων) σε ένα μεγάλο δείγμα εθελοντών, να αξιολογήσουμε την εγκυρότητα των εξισώσεων εκτίμησης τού %BF μέσω των περιμέτρων ή μέσω του BMI. Η ακρίβεια μέτρησης τού %BF είναι ένας από τους λόγους που η παρούσα μελέτη πλεονεκτεί σε ένα βαθμό από μερικές προηγούμενες επί του θέματος. Παραδείγματος χάριν, οι περισσότερες έρευνες χρησιμοποίησαν μία μόνο μέθοδο και συγκεκριμένα αυτή της ζύγισης στο νερό για τη μέτρηση του ποσοστού λίπους (Vogel et al., 1998; Hodgdon & Beckett, 1984; Wright et al., 1981; Tran & Weltman, 1989; Lean, Hant&Deurenberg, 1996; Deurenberg,Weststrate&Seide, 1991). Παρομοίως άλλες μελέτες χρησιμοποίησαν μόνο τη μέθοδο DEXA (Friedl & Vogel, 1997; Bergman et al., 2011; Salamat et al., 2015; Lahav et al., 2018; Tayloer et al., 2024), τη μέθοδο BIA (Martarelli et al., 2008), ενώ σε δύο μόνο μελέτες εφαρμόστηκε το μοντέλο των 4-τμημάτων (Gallagher et al., 1996; Gallagher et al., 2000). Η παρούσα μελέτη καλύπτει ένα ερευνητικό κενό καθώς εξετάζονται αρκετές εξισώσεις της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σε ένα τυχαίο δείγμα εθελοντών που κατοικεί στην Κρήτη, καθώς και φοιτητών του ΕΛΜΕΠΑ. Επίσης, η έρευνα αυτή μπορεί να φανεί χρήσιμη στους διαιτολόγους/διατροφολόγους και στους ειδικούς που ασχολούνται με τη σύσταση του σώματος, καθώς θα έχουν στη διάθεση τους συγκεντρωμένες τις προαναφερόμενες εξισώσεις, αξιολογημένες σε δείγμα του Ελληνικού πληθυσμού

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ

3.1 Γενικά στοιχεία και δείγμα

Το αρχικό δείγμα που βασίζεται η παρούσα μελέτη αποτελείται από 224 υγιείς εθελοντές, εκ των οποίων 96 άνδρες και 128 γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας τα 36,4 έτη και τυπική απόκλιση (SD) ±15 έτη και με εύρος Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI) από 16,8 ως 52,2 kg/m^2. Η πραγματοποίηση των μετρήσεων έγινε στο Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος Ανθρώπου του ΕΛΜΕΠΑ στο Ηράκλειο Κρήτης, κατά τη χρονική περίοδο Μάιος 2017 έως Ιούνιος 2024. Στους Πίνακες 3-1 και 3-2 παρουσιάζονται τα αναλυτικά στοιχεία του δείγματος.

Πίνακας 3-1: Χαρακτηριστικά δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για τις εξισώσεις περιμέτρων

	Σύνολο Μ.Ο	**Γυναίκες Μ.Ο**	**Άνδρες Μ.Ο**	**p-value**
Αριθμός δείγματος (N)	153	89	64	
Ηλικία (yrs)	32,6 (±13,4)	32,8 (±14,0)	32,5 (±12,5)	0,897
Ύψος (cm)	168,6 (±8,9)	163,2 (±6,3)	176,2 (±6,1)	<0,001
Μάζα σώματος (kg)	74,0 (±16,8)	67,3 (±15,8)	83,2 (±13,6)	<0,001
BMI (kg/m^2)	25,9 (±5,3)	25,3 (±6,0)	26,8 (±4,1)	0,07
%BF measured	28,0 (±9,1)	31,8 (±8,3)	22,7 (±7,5)	<0,001
WC (cm)	86,9 (±13,4)	83,3 (±13,5)	91,6 (±12,1)	0,02
AC (cm)	89,0 (±13,9)	87,4 (±14,9)	91,2 (±12,2)	0,093
HC (cm)	103,2 (±11,1)	103,0 (±11,4)	104,3 (±3,6)	0,852
NC (cm)	36,1 (±4,4)	33,3 (±2,6)	39,7 (±3,7)	<0,001

BMI: Body Mass Index (kg/m^2), %BF measured: % Body Fat-Μοντέλο 3-τμημάτων, AC: Abdomen Circumference - μέτρηση με Viscan, WC: Waist Circumference μέτρηση με μεζούρα, HC: Hip Circumference – μέτρηση με μεζούρα, NC: Neck Circumference – μέτρηση με μεζούρα

Πίνακας 3-2: Χαρακτηριστικά δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για τις εξισώσεις BMI

	Σύνολο Μ.Ο	**Γυναίκες Μ.Ο**	**Άνδρες Μ.Ο**	**p-value**
Αριθμός δείγματος (N)	224	128	96	
Ηλικία (yrs)	36,4 (±15,0)	36,3 (±15,5)	36,5 (±14,3)	0,915
Ύψος (cm)	168,3 (±9,0)	163,6 (±6,2)	175,9 (±6,2)	<0,001
Μάζα σώματος (kg)	75,4 (±17,3)	67,8 (±15,1)	85,6 (±14,4)	<0,001
BMI (kg/m^2)	26,6 (±5,5)	25,7 (±5,8)	27,7 (±4,8)	0,005
%BF measured	29,1 (±9,4)	32,9 (±8,5)	24,0 (±8,1)	<0,001

Τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των περιμέτρων δεν μετρήθηκαν σε όλα τα άτομα του συνολικού δείγματος, καθώς δεν αποτελούσαν μέρος του πρωτοκόλλου, αλλά ήταν προαιρετικά. Αντιθέτως, το BMI ήταν γνωστό για όλο το δείγμα, καθώς τα απλά ανθρωπομετρικά δεδομένα της σωματικής μάζας και του ύψους που οδηγούν στον

υπολογισμό τού BMI, μετρήθηκαν για όλους τους εξεταζόμενους, ως μέρος του πρωτοκόλλου. Επομένως, το δείγμα αναλύεται σε δύο διαφορετικές ομάδες. Στο γενικό δείγμα, στο οποίο γίνεται εφαρμογή των εξισώσεων που χρησιμοποιούν το BMI και στο δείγμα για το οποίο είχαμε δεδομένα για την εφαρμογή των εξισώσεων των περιμέτρων, το οποίο αποτελεί ένα υποσύνολο του γενικού δείγματος. Όπως προαναφέρθηκε, σε αυτό το υποσύνολο μετρήθηκαν οι διάφορες περίμετροι καθώς και άλλα δεδομένα, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι οι περίμετροι ισχίων, μέσης, κοιλιάς και λαιμού. Λόγω του προαιρετικού χαρακτήρα των μετρήσεων αυτών, δεν υπάρχουν και οι τέσσερις περίμετροι σε όλο το υποσύνολο. Επομένως, κατά το στάδιο επεξεργασίας των αρχικών δεδομένων πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι χειρισμοί, ώστε να εφαρμοστούν οι αντίστοιχες εξισώσεις στο υποσύνολο εθελοντών για το οποίο υπήρχαν καταγεγραμμένες οι απαραίτητες μετρήσεις. Έτσι, δεν υπάρχει σε όλες τις εξισώσεις των περιμέτρων ο ίδιος αριθμός δείγματος.

Στον Πίνακα 3-1 παρατίθενται τα στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο και χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των εξισώσεων που χρησιμοποιούν περιμέτρους, για το συνολικό δείγμα καθώς και χωριστά για γυναίκες και άνδρες. Συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά του δείγματος αυτού μέσω του ανεξάρτητου t-test, οι άνδρες είχαν στατιστικά μεγαλύτερη μάζα σώματος ($p<0,001$), ύψος ($p<0,001$), περίμετρο λαιμού ($p<0,001$) και περίμετρο μέσης ($p=0,02$), ενώ οι γυναίκες είχαν υψηλότερο %BF ($p<0,001$).

Στον Πίνακα 3-2 παρατίθενται τα στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο και χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των εξισώσεων που χρησιμοποιούν BMI, για το συνολικό δείγμα καθώς και χωριστά για γυναίκες και άνδρες. Συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά του δείγματός αυτού μέσω του ανεξάρτητου t-test, οι άνδρες φάνηκαν να έχουν στατιστικά μεγαλύτερη μάζα σώματος ($p<0,001$) και ύψος ($p<0,001$) ενώ οι γυναίκες είχαν υψηλότερο %BF ($p<0,001$).

Για να μετρηθεί με ακρίβεια το ποσοστό σωματικού λίπους (%BF) χρησιμοποιήθηκε το μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων. Για την εφαρμογή του μοντέλου αυτού απαιτούνται η μέτρηση της σωματικής πυκνότητας (D_b), καθώς και η μέτρηση του συνολικού νερού του σώματος (TBW). Για την εύρεση του D_b εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι της ζύγισης στο νερό (Underwater Weighing) σε συνδυασμό με μέτρηση του υπολειπόμενου όγκου αέρα στους πνεύμονες (Residual Volume, RV), καθώς και η μέθοδος της πληθυσμογραφίας (BodPod).

Για την εύρεση του TBW εφαρμόστηκε η μέθοδος της Φασματοσκοπίας Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BIS), της οποίας η εγκυρότητα σχέση με τη μέθοδο της αραίωσης (D_2O) έχει μελετηθεί εκτενώς, με αποτέλεσμα να την έχει σχεδόν αντικαταστήσει τα τελευταία χρόνια (Lichtenbelt et al., 1994; Moon et al., 2008; Kerr et al., 2015; Blue et al., 2023; Tinsley et al., 2023).

Λίγες ημέρες πριν το προγραμματισμένο ραντεβού στο εργαστήριο όλοι οι εθελοντές λάμβαναν το έντυπο πρωτοκόλλου, το οποίο χρειάζονταν να έχουν τηρήσει ώστε να διεκπεραιωθούν οι μετρήσεις. Να σημειωθεί πως οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη πτυχιακή διενεργήθηκαν από φοιτητές/τριες που αποτελούσαν το δυναμικό του Εργαστηρίου κατά τις προαναφερόμενες περιόδους 2017-2024.

Η παρούσα μελέτη έλαβε έγκριση από την *Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας* του ΕΛΜΕΠΑ (Αποφάσεις 1/13-3-2019, 7/11-12-2019, 17/8-6-2020, 9415/7-2-2024).

3.2 Μέθοδοι

3.2.1 Ζύγιση στο νερό

Η μέθοδος της ζύγισης στο νερό ή υποβρύχιας ζύγισης (underwater weighing) θεωρείται πρότυπη μέθοδος (Gold Standard) για τον υπολογισμό του D_b και του σωματικού λίπους, καθώς το απόλυτο σφάλμα της είναι τις περισσότερες φορές <2% (Lohman et al., 1992; Ζαφειρόπουλος, 2015). Η μέτρηση αυτή στο εργαστήριο πραγματοποιείται με το όργανο Body Density measurement system/hydroscale by Serinth, Athens, Greece, HydroScale version 1.0. Η μέθοδος της ζύγισης στο νερό βασίζεται στη μέτρηση της διαφοράς μεταξύ του βάρους ενός ατόμου μέσα στο νερό και έξω από αυτό, υπολογίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη δύναμη της άνωσης και στη συνέχεια την πυκνότητα όλου του σώματος (D_b). Ο προσδιορισμός της δύναμης της άνωσης, βασίζεται στην αρχή του Αρχιμήδη, η οποία εξηγεί ότι κάθε σώμα, εμβαπτιζόμενο σε νερό, υφίσταται άνωση ίση με το βάρος του εκτοπισμένου όγκου τού νερού (Going, 2005; Brozek, 1965; Ζαφειρόπουλος, 2015). Κατά τη διαδικασία μέτρησης της πυκνότητας του σώματος με τη μέθοδο της ζύγισης στο νερό, πρέπει να υπολογισθεί και ο υπολειπόμενος όγκος αέρα (RV) που παραμένει στους πνεύμονες καθώς εάν δεν γίνει αυτό προσθέτει ένα ανεπιθύμητο σφάλμα στη μέτρηση (Morrow et al., 1986; Nickerson et al., 2017). Ο προσδιορισμός του υπολειπόμενου όγκου πνευμόνων, πραγματοποιείται με το όργανο Quark PFT. Μετριέται η λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (Functional residual capacity, FRC) και ο εφεδρικός εκπνεόμενος όγκος αέρα

(Expiratory reserve volume, ERV), με τη βοήθεια των οποίων υπολογίζεται ο υπολειπόμενος όγκος αέρα των πνευμόνων (Residual volume, RV), αφαιρώντας από το μετρημένο όγκο FRC το μετρημένο όγκο ERV. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του FRC βασίζεται στην έκπλυση του αζώτου από τους πνεύμονες ενώ ο εξεταζόμενος εισπνέει 100% ιατρικό οξυγόνο (Wanger et al., 2005). Επίσης, σε λίγες μεμονωμένες περιπτώσεις εξεταζόμενων που ήταν αδύνατη η εφαρμογή της ζύγισης στο νερό (π.χ. ηλικιωμένοι, παιδιά), εφαρμόστηκε η μέθοδος της πληθυσμογραφίας (Bod Pod) με το όργανο Bod Pod, by Cosmed USA Inc., Concord, CA, Bod Pod version 5.4.3. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στον νόμο των ιδανικών αερίων των Boyle-Mariotte, κατά τον οποίο ο όγκος ενός αερίου που συμπιέζεται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της πίεσης, ώστε τελικά το γινόμενο P·V να παραμένει σταθερό (Dempster & Aitkens, 1995). Αρκετές μελέτες έχουν αξιολογήσει την εγκυρότητα της μεθόδου σε σχέση με τη ζύγιση στο νερό (Wagner, Heyward & Gibson, 2000; Fields, Hunter & Goran, 2000; Biaggi et al., 1999; Fields, Goran & McCrory, 2002).

3.2.2 Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής εμπέδησης – BIS

Η φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Bioelectrical Impendance Spectroscopy, BIS) βασίζεται στη βιοηλεκτρική εμπέδηση του σώματος, καθώς η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο σώμα διαφέρει ανάλογα τη σύσταση του ιστού τον οποίο διαπερνά το εναλλασσόμενο ρεύμα. Συγκεκριμένα, η αγωγιμότητα του λιπώδους ιστού είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή της άλιπης μάζας σώματος (FFM) και των υγρών σώματος (Lukaski et al.1985). Αυτό συμβαίνει, αφενός μεν, λόγω των ηλεκτρολυτών (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Cl^- κ.ά.) που εμπεριέχονται στα εξωκυττάρια και ενδοκυττάρια υγρά και οι οποίοι άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και αφετέρου, διότι ο άπαχος ιστός περιέχει περισσότερο νερό (~73%) απ' ότι ο λιπώδης ιστός (~10-15%) (Ζαφειρόπουλος, 2015). Η μέθοδος αυτή έχει τη δυνατότητα να μετρά τη βιοηλεκτρική εμπέδηση σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών συχνοτήτων του εφαρμοζόμενου εναλλασσόμενου ρεύματος. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιούνται 256 διαφορετικές συχνότητες από 1 kHz έως 1 MHz (Freeborn, Milligan & Esco, 2018). Επίσης, είναι χρήσιμη για την εύρεση του συνολικού νερού του σώματος (TBW), αλλά και για το ποσοστό του ενδοκυττάριου νερού (%ICW) (Lorenzo et al., 1995; DeLorenzo et al., 1997). Το όργανο που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο για την εφαρμογή της μεθόδου είναι το Imp SFB7 (ImpediMed, Brisbane, Qld, Australia, Bio-imp version 5.3.1.1).

3.2.3 Μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων

Το μοριακό μοντέλο ανάλυσης σύστασης σώματος στηρίζεται στην ταξινόμηση των μορίων που αποτελούν το ανθρώπινο σώμα, σε ομάδες οι οποίες έχουν χημική συγγένεια μεταξύ τους. Τέτοιες ομάδες είναι οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια, τα οστικά άλατα, τα μη οστικά άλατα, το γλυκογόνο και τέλος, το νερό (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Συγκεκριμένα το μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων χωρίζει το ανθρώπινο σώμα σε 3 τμήματα στο συνολικό λίπος, στο νερό και τρίτο, στην ξηρή άλιπη μάζα σώματος, δηλαδή στην πρωτεΐνη, στα μεταλλικά άλατα, στην οστική μάζα κλπ. (Siri, 1961; Ζαφειρόπουλος, 2015). Γνωρίζοντας την D_b (από τη μέθοδο της ζύγισης στο νερό) και το TBW (από τη μέθοδο BIS) είμαστε σε θέση να εφαρμόσουμε το μοντέλο 3-τμημάτων, μέσω της εξίσωσης Siri (1961):

$$\boldsymbol{\%BF = (211{,}8 / D_b) - (78 \cdot TBW / BM) - 135{,}4}$$

Όπου *BM* είναι η σωματική μάζα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το μοντέλο 3-τμημάτων μετατρέπεται σε μοντέλο 4-τμημάτων, λόγω χρήσης της BIS, όπου το *TBW* χωρίζεται σε ενδοκυττάριο (*ICW*) και σε εξωκυττάριο (*ECW*) νερό.

3.2.4 Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

3.2.4.1 Μάζα σώματος & ύψος

Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις έγιναν ενώ τα άτομα φορούσαν μαγιό και είχαν αφαιρέσει τα υποδήματα. Αναλυτικότερα για τη μέτρηση του ύψους χρησιμοποιήθηκε το αναστημόμετρο Tanita HR 001. Τα άτομα στέκονταν με το κεφάλι, την ωμοπλάτη, τις φτέρνες και τους γλουτούς να εφάπτονται στην κάθετη επιφάνεια του στυλοβάτη. Οι ώμοι ήταν χαλαροί, τα πόδια τεντωμένα με το βάρος ίσα κατανεμημένο και στα δύο, ενώ τα χέρια βρίσκονταν ελεύθερα στα πλάγια, με τις παλάμες στραμμένες προς τους μηρούς. Το κεφάλι τοποθετούνταν ευθεία σε οριζόντια θέση, με βλέμμα παράλληλο στο επίπεδο του εδάφους-Frankfort horizontal plane (το Frankfort horizontal plane ορίζεται στο οριζόντιο επίπεδο με σημεία αναφοράς δύο ανατομικές περιοχές, το άνω σημείο του ακουστικού πόρου και το κατώτερο σημείο του οφθαλμικού κόγχου, με τη νοητή ευθεία που σχηματίζεται να πρέπει να είναι παράλληλη στο επίπεδο του εδάφους) (Rinaldo & Gualdi-Russo, 2015). Πριν τη μέτρηση τα άτομα έπαιρναν μια βαθιά εισπνοή την οποία άφηναν όταν ολοκληρώνονταν η μέτρηση. Επίσης, ο εκάστοτε εξεταστής κατά τη διάρκεια των μετρήσεων φρόντιζε να ασκήσει την κατάλληλη πίεση ώστε να συμπιέσει τα μαλλιά του εξεταζόμενου (Frisancho,

1990). Οι μετρήσεις της μάζας σώματος έγιναν με τον ηλεκτρικό ζυγό της εταιρείας Seca (model 770, Hamburg, Germany), ο οποίος βρίσκονταν σε σταθερή θέση, σε επίπεδη επιφάνεια. Τα άτομα στέκονταν ακίνητα στο μέσο της ζυγαριάς και χωρίς να στηρίζονται κάπου. Το πρόσωπό τους και το βλέμμα τους ήταν ευθεία μπροστά και οι ώμοι τους χαλαροί στα πλάγια. Οι μετρήσεις έγιναν με ακρίβεια 0,1cm και 0,1kg αντίστοιχα.

3.2.4.2 BMI

Ο δείκτης μάζας σώματος υπολογίζεται ως ο λόγος της σωματικής μάζας (kg) δια το ύψος στο τετράγωνο (cm^2). Ο δείκτης αυτός έχει εδραιωθεί από πολλά χρόνια παλαιότερα. Συγκεκριμένα, εφευρέθηκε το 1832 από τον Βέλγο μαθηματικό και στατιστικό Adolphe Quetelet, με ονομασία Quetelet Index. Το 1972, ο φυσιολόγος Ancel Keys μετονόμασε τον δείκτη αυτόν σε Body Mass Index (BMI), όπως είναι ευρέως γνωστός μέχρι και σήμερα (Eknoyan, 2008; Keys et al., 1972; Pray & Riskin, 2023). Αν και δεν εμφανίζει την ικανότητα διάκρισης της λιπώδους από την άλιπη μάζα, χρησιμοποιείται συχνά ως μια πρώτη ένδειξη προσδιορισμού της παχυσαρκίας λόγω της ευκολίας στην εφαρμογή του. Στατιστικά το BMI σχετίζεται με το %BF, όμως για μια συγκεκριμένη τιμή BMI η διακύμανση στη μυϊκή μάζα και κατά συνέπεια στο %BF είναι μεγάλη από άνθρωπο σε άνθρωπο, καθώς και μεταξύ διαφορετικών φυλετικών / εθνοτικών ομάδων (Jackson et al., 2002; Dulloo et al., 2010).

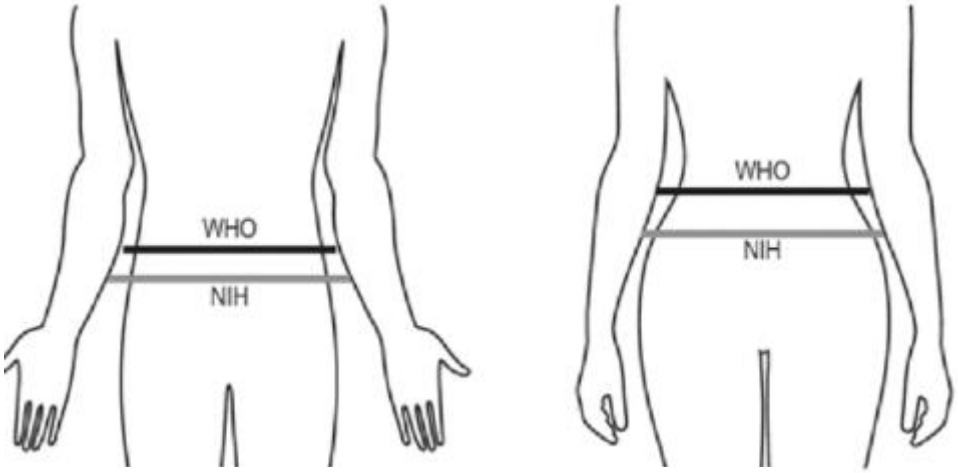
3.2.4.3 Περίμετροι σώματος

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν εντοπιστεί διαφορετικά πρωτόκολλα αλλά και ονομασίες για τη μέτρηση περιμέτρων γύρω από την περιοχή της μέσης. Για παράδειγμα, στη βιβλιογραφία μπορεί να εντοπιστεί συχνότερα η μέτρηση της μέσης στο λεπτότερο σημείο αυτής (Stewart et al., 2018; Eston & Reilly, 2009; Rinaldo & Gualdi-Russo, 2015), το οποίο σε κάποιες περιπτώσεις ταυτίζεται με το σημείο στο μέσον μεταξύ της τελευταίας πλευράς και της λαγόνιας ακρολοφίας (Stewart et al., 2018; Eston & Reilly, 2009), είτε προτείνεται εναλλακτικά η μέτρηση μεταξύ των δύο ανατομικών περιοχών όταν δεν υπάρχει εμφανή στένωση (Lohman, Roche & Martorell, 1988; Rinaldo & Gualdi-Russo, 2015). Σε κάποιες άλλες βιβλιογραφικές πηγές παρουσιάζεται ως μέτρηση στο σημείο του ομφαλού (Eastman & Ellis, 1993) ή και στις δύο προαναφερόμενες περιοχές, δηλαδή και στο λεπτότερο σημείο της μέσης και στο σημείο του ομφαλού (Katch,McArdle&Katch, 2010; Lohman, Roche & Martorell, 1988). Οι Lohman & Milliken στο βιβλίο *ACSM's body composition assessment* αν και επέλεξαν να πραγματοποιούνται οι

μετρήσεις στο λεπτότερο σημείο της μέσης διευκρινίζουν ότι δεν έχει θεσπιστεί τυποποιημένη μέτρηση για τις περιμέτρους της κοιλιάς και της μέσης, κάνοντας αναφορά και στην έρευνα των Wang et al., οι οποίοι αξιολόγησαν τη μέτρηση της περιμέτρου μέσης σε τέσσερις διαφορετικές ανατομικές περιοχές (Lohman & Milliken, 2005). Όπως επίσης και οι Eston & Reilly στο βιβλίο *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data,* αν και χρησιμοποιούν τη μέτρηση στο λεπτότερο σημείο, σημειώνουν ότι η περίμετρος της μέσης λαμβάνεται σε ποικίλα σημεία όπως στο στενότερο σημείο, το σημείο του ομφαλού ή άλλες προκαθορισμένες ανατομικές θέσεις. (Eston & Reilly, 2009).

Αντίστοιχο περίπου φαινόμενο συναντάται και στη διεθνή αρθρογραφία και έρευνα. Συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο WHO για τη μέτρηση της περιμέτρου μέσης συμπεριλαμβάνει τη μέτρηση στο μεσαίο σημείο μεταξύ της τελευταίας ψηλαφητής πλευράς και της κορυφής της λαγόνιας ακρολοφίας (WHO, 2008; WHO, 2011). Διαφορετικά πρωτόκολλα (όπως αυτό που προτείνουν τα εθνικά ινστιτούτα υγείας-NIH), υποδεικνύουν ότι η μέτρηση πρέπει να γίνεται στην κορυφή της λαγόνιας ακρολοφίας (Westat Inc, 1998; NHLBI Obesity Education Initiative, 2000).

Εικόνα 3-1: Πρωτόκολλα μέτρησης περιμέτρου μέσης - WHO & NHI

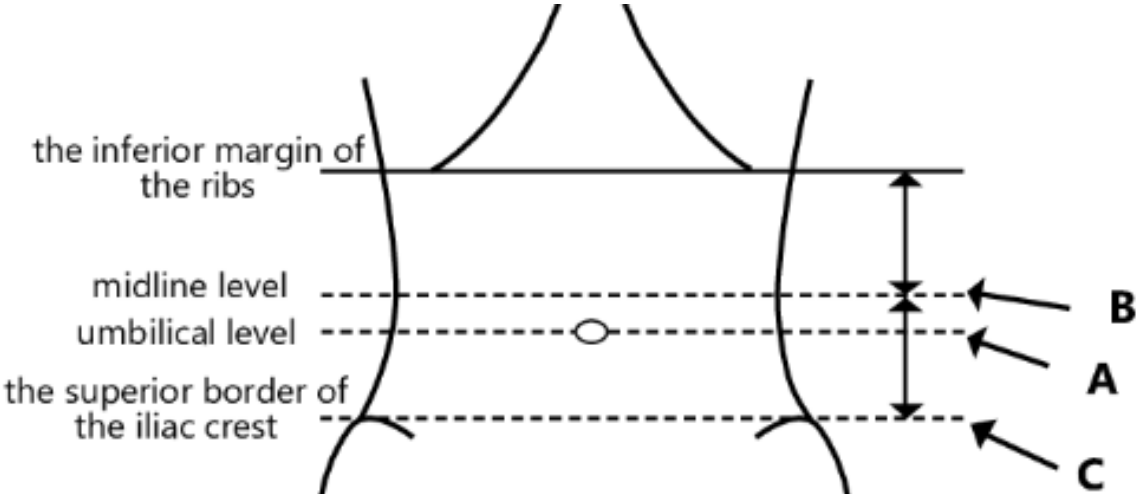


Πηγή: Razi et al., 2016

Κάποιες άλλες μελέτες μπορεί να αξιοποιούν τη μέτρηση στο σημείο του ομφαλού ή στο λεπτότερο σημείο της μέσης. Σύμφωνα και με την ανασκόπηση των Ross et al., 2008 τα τέσσερα πιο συχνά πρωτόκολλα που μπορεί να εμφανιστούν στις έρευνες ήταν αυτά που προαναφέρθηκαν. Κάποιες από τις ονομασίες που συνοδεύουν την περίμετρο μέσης, για

επεξήγηση των παραπάνω ανατομικών θέσεων μπορεί να είναι: Umbilicus (περίμετρος στο σημείο του ομφαλού), Minimal waist (λεπτότερο σημείο της μέσης), Midpoint (μεταξύ της τελευταίας ψηλαφητής πλευράς και της κορυφής της λαγόνιας ακρολοφίας) και Iliac crest (κορυφή της λαγόνιας ακρολοφίας) (Ross et al., 2008; Mason & Katzmarzyk, 2009). Τα υπόλοιπα δύο ανατομικά σημεία από τα τέσσερα, τα οποία δεν υπάρχουν στην εικόνα 3-1, παρουσιάζονται στην εικόνα 3-2 και είναι τα A και B.

Εικόνα 3-2: Συχνά ανατομικά σημεία μέτρησης περιμέτρου μέσης



Πηγή: Lemoncito et al., 2010

Ωστόσο οι ονομασίες αυτές δεν έχουν τεθεί υπό στενά όρια και δεν αναιρείται το γεγονός ότι κάποια ερευνητική ομάδα μπορεί να παρουσιάσει τις προαναφερόμενες περιμέτρους με δική της ονομασία ή/και συντομογραφία. Αρκετές ακόμη μελέτες επικεντρώθηκαν στην μεταβλητότητα των μετρήσεων περιμέτρων στην περιοχή της μέσης, ανάλογα την ανατομική θέση (Shi, Neubeck & Gallagher, 2017; Wang et al., 2003; Mason & Katzmarzyk, 2009). Η μελέτη Mason & Katzmarzyk, 2009 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι για τις γυναίκες, ο συνολικός μέσος όρος για κάθε σημείο μέτρησης ήταν σημαντικά διαφορετικός (με εξαίρεση που ελήφθησαν στη λαγόνια ακρολοφία και στο μέσο). Αντίθετα, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις μεταξύ των ανατομικών σημείων στους άνδρες. Επίσης αναφέρει, ότι και στα δύο φύλα, οι υψηλότερες μέσες τιμές μετρήθηκαν στον ομφαλό και οι μικρότερες στη στενότερη μέση, με μέσο εύρος διαφοράς των περιοχών αυτών 2,5 και 8,6 cm για άνδρες και γυναίκες, αντίστοιχα.

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν οι περίμετροι στο σημείο του ομφαλού (AC) και στο λεπτότερο σημείο της μέσης (WC), καθώς αυτές είχαν μετρηθεί σύμφωνα με το εργαστηριακό μας πρωτόκολλο. Έγινε ενδελεχής έλεγχος των πρωτοκόλλων που ακολουθήθηκαν για να δημιουργηθούν οι διάφορες εξισώσεις που αξιολογήθηκαν στην παρούσα εργασία, ώστε τα ανατομικά σημεία λήψης των περιμέτρων τους να αντιστοιχούν με τα σημεία των μετρήσεων της δικής μας μελέτης. Επίσης, για ένα μέρος του δείγματός μας είχαν μετρηθεί οι περίμετροι ισχίων και λαιμού, οι οποίες αναφέρονται πολύ συχνά στη βιβλιογραφία και δεν υπάρχει σύγχυση ως προς το πρωτόκολλο μέτρησής τους. Επομένως, όσες εξισώσεις εμπεριέχουν τις περιμέτρους ισχίων και λαιμού ή/και σε συνδυασμό με τις περιμέτρους κοιλιάς και μέσης, αξιολογήθηκαν για το αντίστοιχο διαθέσιμο δείγμα. Παρακάτω θα αναλυθεί εκτενώς ο τρόπος που μετρήθηκε η κάθε περίμετρος στο εργαστήριο μας.

Περίμετρος κοιλιάς (AC):

Για την περίμετρο κοιλιάς χρησιμοποιήθηκε το όργανο Viscan (Abdominal Fat Analyser AB-140, by Tanita). Το Viscan βασίζεται στη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του κοιλιακού λίπους (Thomas et al., 2010). Παράλληλα όμως, το όργανο αυτό μετρά την περίμετρο κοιλιάς στο σημείο του ομφαλού, η οποία αντιστοιχεί στη γνωστή περίμετρο της κοιλιάς, Abdomen circumference (AC). Η ακρίβεια αυτής της μέτρησης ήταν 1 cm, σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Για τη μέτρηση της περιμέτρου κοιλιάς ακολουθήθηκαν οι οδηγίες του οργάνου. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε το όργανο στην εξεταστική κλίνη πάνω από την περιοχή της κοιλίας έτσι ώστε το σώμα να είναι κάθετο με το όργανο. Μετά την έναρξη της μέτρησης και της εισαγωγής των απαραίτητων στοιχείων, ενεργοποιούνταν το laser του οργάνου που θα έπρεπε να κατευθύνουμε ακριβώς πάνω από τον ομφαλό του, μετακινώντας την συσκευή. Το όργανο δεν μετρά απευθείας την περιφέρεια της κοιλιάς, όπως συμβαίνει με τη μεζούρα. Αντίθετα, χρησιμοποιεί ειδικούς αισθητήρες απόστασης και έναν δείκτη λέιζερ για να μετρήσει το πλάτος της κοιλιάς στο σημείο του ομφαλού. Στη συνέχεια, αυτή η μέτρηση πλάτους συνδυάζεται με δεδομένα από έρευνες που έγιναν σε περίπου 600 άτομα διαφορετικών σωματότυπων (υγιείς ενήλικες, αθλητές, άτομα με τραυματισμούς κ.λπ.). Με βάση αυτά τα δεδομένα, έχει δημιουργηθεί μια μαθηματική συσχέτιση (μια εξίσωση παλινδρόμησης), η οποία επιτρέπει στη συσκευή να εκτιμήσει την πραγματική περιφέρεια της κοιλιάς χρησιμοποιώντας το μετρούμενο πλάτος. Να σημειωθεί ότι σε ένα δείγμα 120 υγειών ανδρών και γυναικών επιβεβαιώθηκε ότι η εκτιμώμενη μέτρηση της περιμέτρου κοιλιάς

μέσω του οργάνου επιτυγχάνει υψηλά επίπεδα επαναληψιμότητας και εξαιρετική αξιοπιστία, με συντελεστή συσχέτισης των τιμών από το όργανο και από μεζούρα 0,95 (Tanita Corporation, 2008). Με την εγκυρότητα του οργάνου ως προς τη μέτρηση της περιμέτρου κοιλιάς ασχολήθηκαν αργότερα αρκετές μελέτες (Manios et al., 2013; Schtz et al., 2012; Browning et al., 2010; Vironya, 2015; Thomas et al., 2010).

Οι υπόλοιπες περίμετροι (μέσης, ισχίων και λαιμού) πάρθηκαν με μεζούρα και ακρίβεια 0,1cm. Η ακρίβεια των μετρήσεων των περιμέτρων εξαρτάται από τη σωστή χρήση τη μεζούρας και στη σωστή τοποθέτησή της (δηλαδή παράλληλα με το επίπεδο στο οποίο γίνεται η μέτρηση) (WHO, 2011). Λήφθηκε επομένως, υπόψιν η άσκηση της σωστής πίεσης στην ταινία ώστε να μην είναι σφικτή (καθώς οι ιστοί είναι συμπιέσιμοι και θα υπάρξει υποεκτίμηση στη μέτρηση) αλλά ούτε και πολύ χαλαρή (ώστε να μην υπάρξει υπερεκτίμηση). Οι λεπτομέρειες δίδονται παρακάτω.

Περίμετρος μέσης (WC):

Η περίμετρος μέσης μετρήθηκε στο επίπεδο του στενότερου σημείου της μέσης. Μετριέται κάθετα στον μακρύ άξονα του κορμού. Το άτομο παίρνει μια χαλαρή όρθια θέση με τα χέρια διπλωμένα κατά μήκος του θώρακα. Συγκεκριμένα, συμβουλεύεται να χαλαρώσει και να πάρει μερικές βαθιές, φυσικές αναπνοές πριν από την πραγματοποίηση της μέτρησης, για να ελαχιστοποιηθεί η έλξη προς τα μέσα του κοιλιακού περιεχομένου κατά τη διάρκεια της μέτρησης, οποία μπορεί να επιφέρει υποεκτίμηση (WHO, 2011). Ο εξεταστής στέκεται μπροστά για να εντοπίσει σωστά το στενότερο σημείο της μέσης. Η μέτρηση λαμβάνεται στο τέλος μιας κανονικής εκπνοής για τη μείωση πιθανών αποκλίσεων λόγω διακυμάνσεων στον όγκο της κοιλιακής χώρας.

Περίμετρος ισχίων (HC):

Η περίμετρος ισχίου λαμβάνεται στο επίπεδο της μεγαλύτερης οπίσθιας προεξοχής των γλουτών και κάθετα στον μακρύ άξονα του κορμού. Ο εξεταστής στέκεται στο πλάι του μετρούμενου για να διασφαλίσει ότι η ταινία βρίσκεται ομοιόμορφα σε οριζόντιο επίπεδο κατά τη μέτρηση της περιφέρειας. Το άτομο στέκεται με τα πόδια ενωμένα, με το βάρος τους ίσα κατανεμημένο και στα δύο πόδια, χωρίς να τεντώνει τους γλουτιαίους μυς ενώ τα χέρια βρίσκονταν σταυρωμένα κατά μήκος του θώρακα (Norton & Eston, 2018; WHO, 2011; Lohman & Milliken, 2005).

Περίμετρος λαιμού (NC):

Η περίμετρος γύρω από το λαιμό μετριέται ακριβώς πάνω από το σημείο του χόνδρου του θυρεοειδούς (μήλο του Αδάμ) και κάθετα στον άξονα του λαιμού. Το άτομο κάθεται ή στέκεται όρθια με το κεφάλι σε Frankfort Horizontal Plane (Norton & Eston, 2018).

3.3 Στατιστική ανάλυση με το λογισμικό SPSS

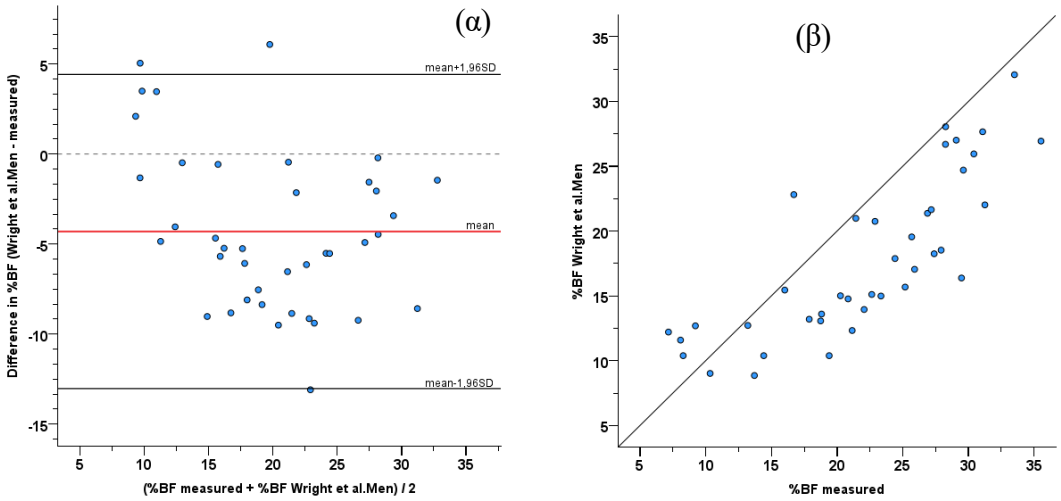
Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα SPPS της IBM, έκδοση 29.0 και με τη βοηθητική χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 365. Αρχικά, τα δεδομένα καθώς και οι εξισώσεις καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα του Excel και στη συνέχεια, για καθεμία από τις εξισώσεις πραγματοποιήθηκε η αντίστοιχη ανάλυση στο πρόγραμμα SPSS. Συγκεκριμένα έγινε one sample t-test για την εύρεση του μέσου όρου της διαφοράς και της τυπικής απόκλισης, έγιναν συσχετίσεις μεταξύ της διαφοράς και του μέσου όρου των μετρήσεων για τον έλεγχο της κλίσης (bias) καθώς και συσχετίσεις μεταξύ της μετρημένης και της εκτιμώμενης τιμής %BF για την εύρεση του συντελεστή συσχέτισης. Επίσης έγιναν δύο διαγράμματα για την κάθε εξίσωση, ένα Bland-Altman και ένα διάγραμμα συσχέτισης με ευθεία x=y. Η μέθοδος Bland-Altman (1999), χρησιμοποιείται για τη σύγκριση δυο διαφορετικών μεθόδων μέτρησης/εκτίμησης της ίδιας μεταβλητής. Η μέθοδος αυτή αποτυπώνεται μέσω ενός διαγράμματος xy όπου ο άξονας x αντιστοιχεί στον μέσο όρο των δύο συγκρινόμενων τιμών και ο άξονας y αντιστοιχεί στη διαφορά τους και συγκεκριμένα, στην εκτιμώμενη μείον τη μετρημένη τιμή. Οι πρόσθετοι οριζόντιοι άξονες αποτυπώνουν τη μηδενική διαφορά, τη μέση διαφορά, το ανώτερο (mean+1,96SD) και το κατώτερο (mean-1,96SD) όριο συμφωνίας, Μπορούμε επίσης να εξετάσουμε εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική ή αρνητική κλίση των σημείων, η οποία φανερώνει το κατά πόσο οι αποκλίσεις σχετίζονται/εξαρτώνται από το μέτρο των τιμών. Στη διεθνή βιβλιογραφία αυτό συνήθως καλείται “bias” ή “magnitude bias” αναφερόμενο στις τιμές του διαγράμματος Bland-Altman. Στα παρακάτω διαγράμματα Bland-Altman συγκρίνονται οι δύο τιμές του %BF, δηλαδή η εκτίμηση του %BF μέσω μίας συγκεκριμένης κάθε φορά εξίσωσης και η μετρημένη με ακρίβεια τιμή του %BF.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ

4.1 Συσχετίσεις μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω των εξισώσεων περιμέτρων και της μετρημένης με ακρίβεια τιμής

Όπως προαναφέρθηκε, εφαρμόστηκαν οι εξισώσεις των οποίων τα πρωτόκολλα μετρήσεων των περιμέτρων τους, συμπίπτουν με τα δικά μας δεδομένα και στη συνέχεια ακολούθησε η αξιολόγηση αυτών, η οποία αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο 4. Παρακάτω παρουσιάζονται, για καθεμία εξίσωση εκτίμησης του %BF με βάση τις περιμέτρους, τα διαγράμματα Bland-Altman και οι συσχετίσεις μεταξύ της εκτίμησης και της μετρημένης με ακρίβεια τιμής του %BF (χρήση μοριακού μοντέλου 3-τμημάτων).

Εξίσωση Wright et al. (Άνδρες)

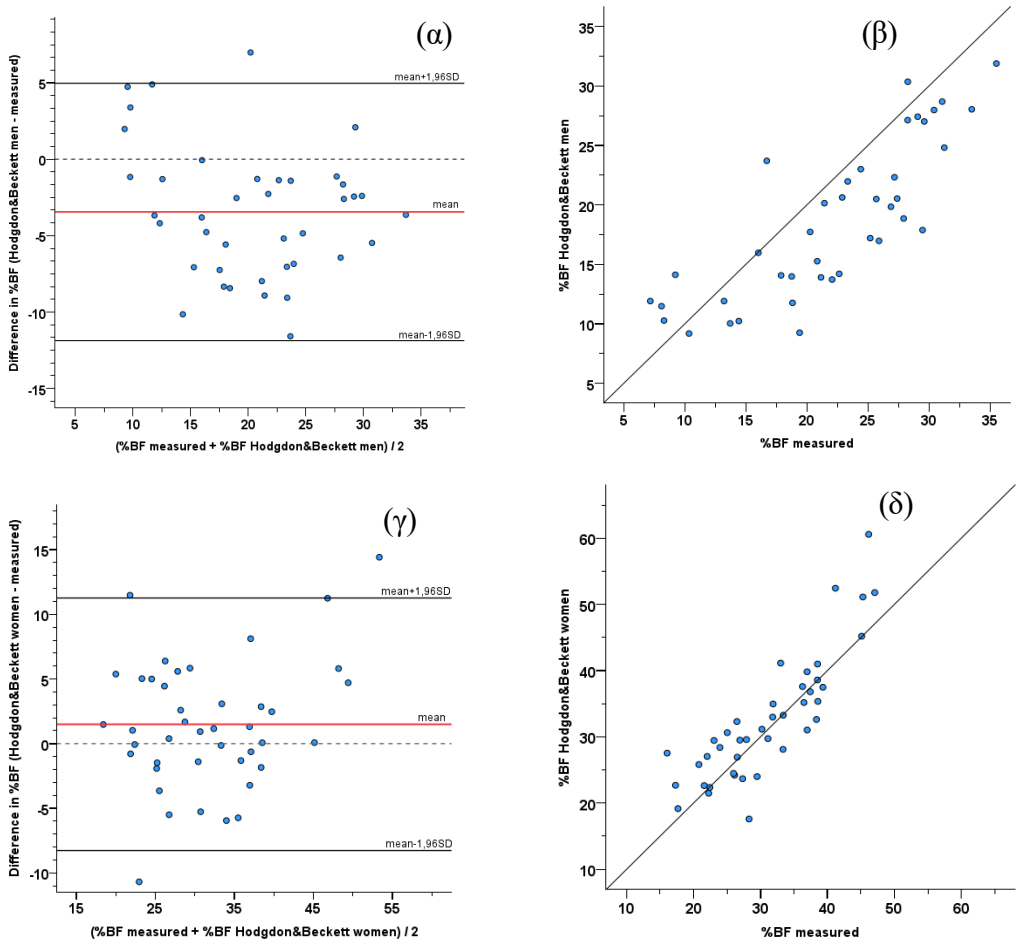


Σχήμα 4-1: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Wright et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Wright et al**. που αφορά στους **άνδρες** και της μετρημένης τιμής του %BF είναι –4,3%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,5%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +4,4% έως –13,0% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως υπάρχει στατιστικά σημαντική ($p<0,05$) συσχέτιση ή τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος με αρνητική κλίση ($R= –0,32$).

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μικρότερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται κάτω από τη διχοτόμο), όπως ακριβώς φαίνεται και στο διάγραμμα Bland-Altman. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε $R= 0,80$ ($p< 0,001$).

Εξίσωση Hodgdon&Beckett (Άνδρες & γυναίκες)



Σχήμα 4-2*: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Hodgdon&Beckett με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

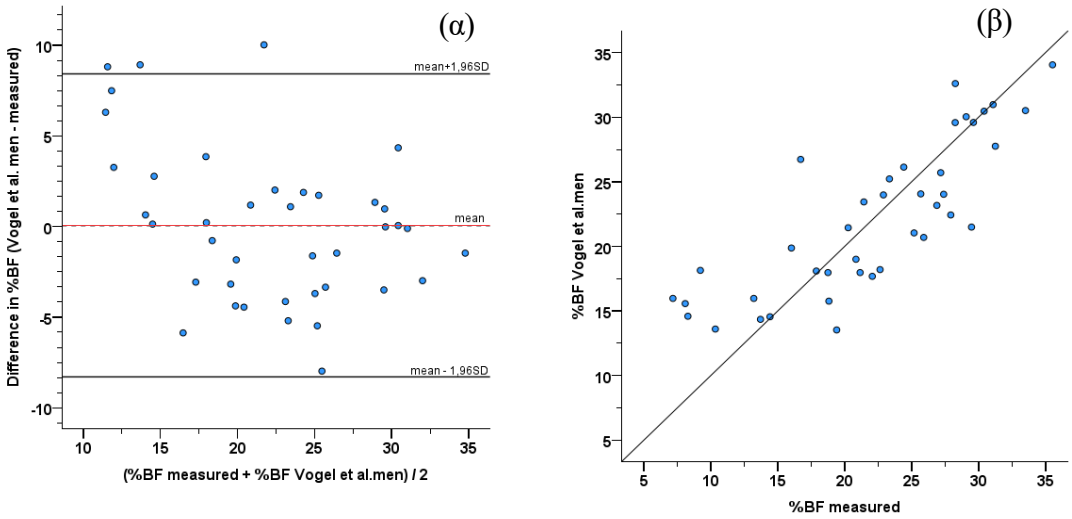
Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Hodgdon&Beckett** και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι –3,5%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,3%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +5,0% έως –11,9% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μικρότερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται κάτω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Hodgdon&Beckett** και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι +1,5%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,3% έως –8,3% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι κοντά στις μετρημένες τιμές (τα σημεία σχεδόν εξίσου κατανεμημένα κάτω και πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε $R= 0,85$ ($p< 0,001$).

Εξίσωση Vogel et al. (Άνδρες)

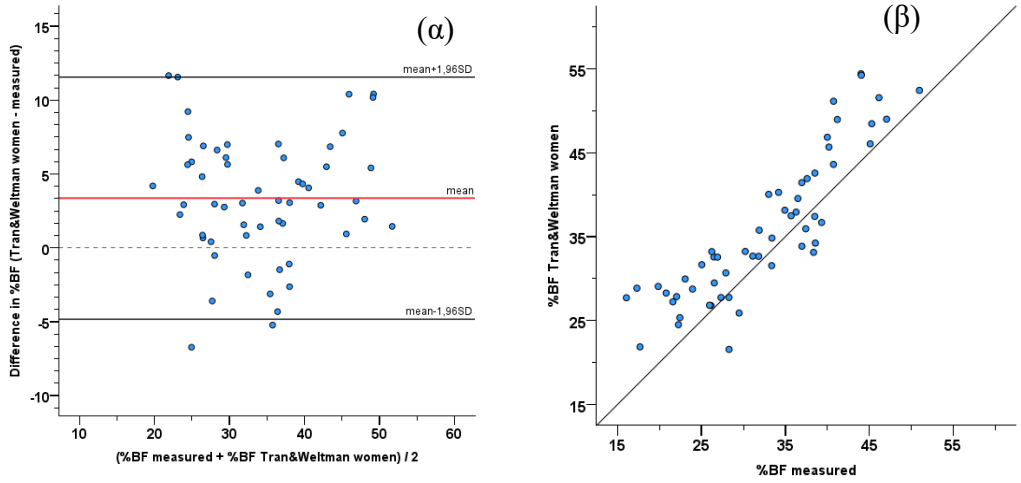


Σχήμα 4-3: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Vogel et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Vogel et al.** και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι +0,06%, τιμή πολύ κοντά στο μηδέν. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,3% Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +8,4% έως -8,3% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν ($p<0,05$) με $R=-0,39$ αποδεικνύεται ότι υπάρχει αρνητική κλίση.

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι κοντά στις μετρημένες τιμές (τα σημεία σχεδόν εξίσου κατανεμημένα κάτω και πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε $R= 0,82$ ($p< 0,001$).

Εξίσωση Tran & Weltman (Γυναίκες)

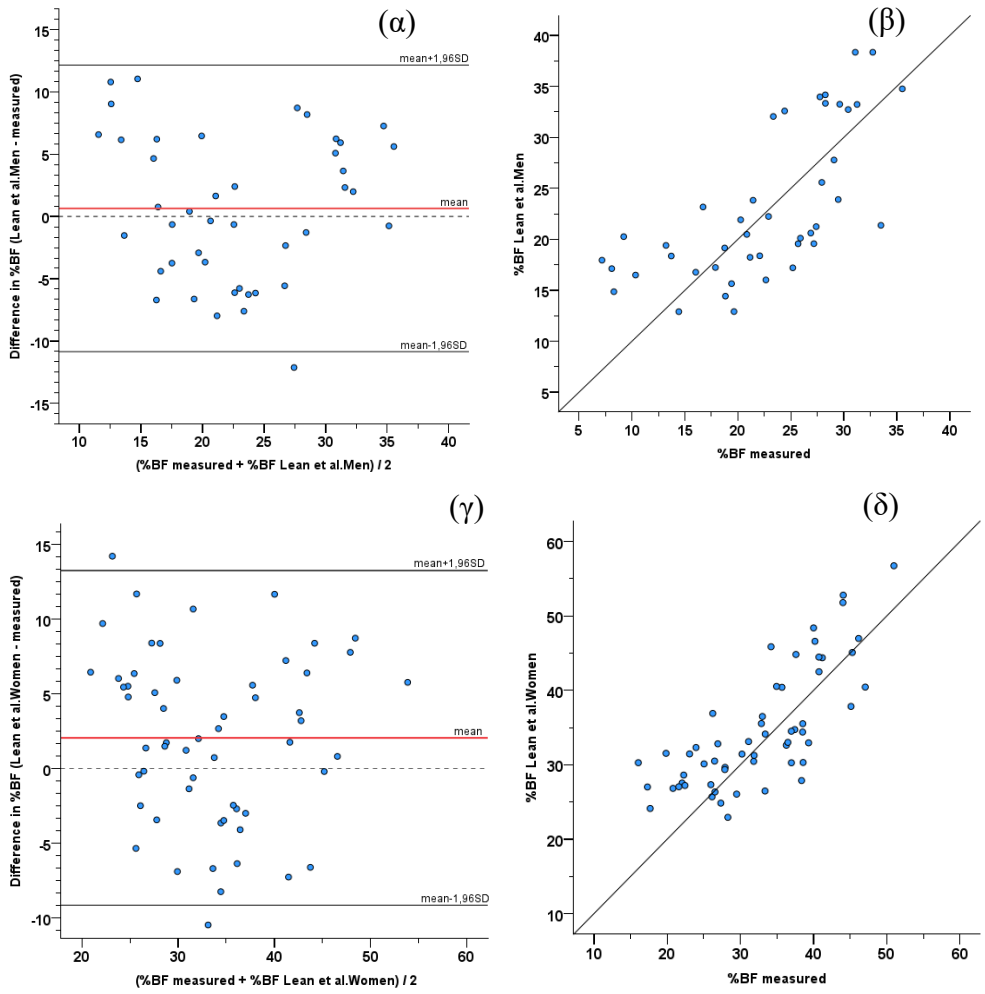


Σχήμα 4-4: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Tran&Weltman με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Tran&Weltman** που αφορά τις **γυναίκες** και της μετρημένης τιμής του %BF είναι +3,4%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,2%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,6% έως –4,8% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από μετρημένες τιμές (τα σημεία είναι περισσότερο κατανεμημένα πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001).

Εξίσωση Lean,Hant&Deurenberg (Άνδρες & Γυναίκες)



Σχήμα 4-5: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Lean et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

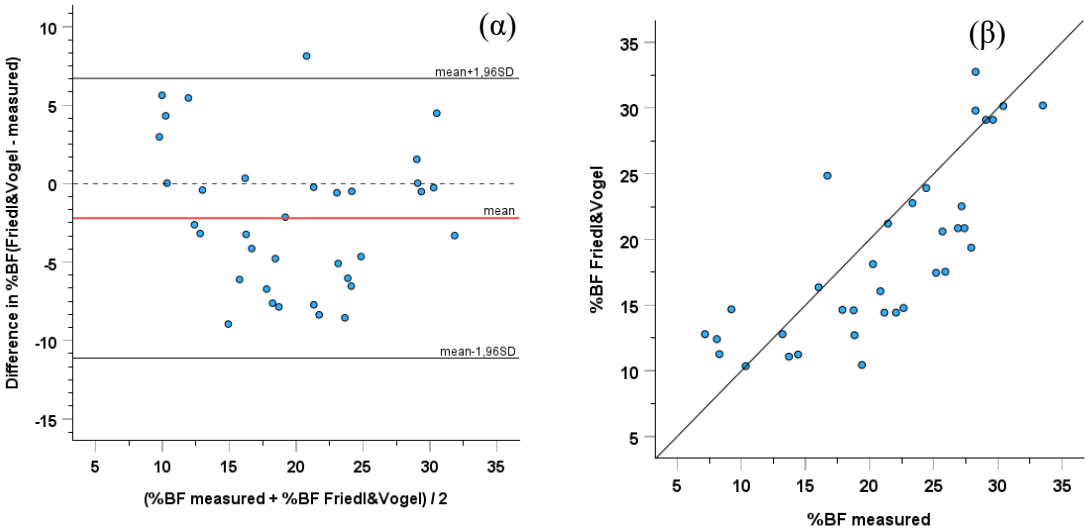
Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Lean et al**. και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι +0,7%, τιμή αρκετά κοντά στο μηδέν. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,9%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +12,2% έως –10,9% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι αρκετές τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες (περισσότερα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Lean et al.** και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι +2,1%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,7%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +13,3% έως –9,2% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (περισσότερα σημεία είναι κατανεμημένα πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,75 (p< 0,001).

Εξίσωση Friedl & Vogel (Άνδρες)

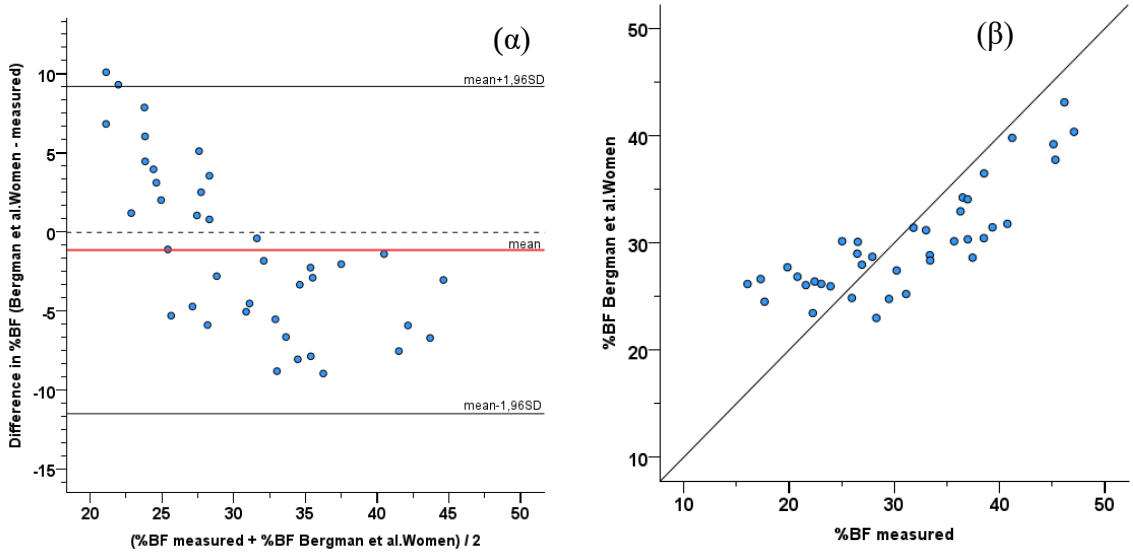


***Σχήμα 4-6**: Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Friedl&Vogel με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Friedl&Vogel**. που αφορά τους **άνδρες** και της μετρημένης τιμής του %BF είναι –2,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,6%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται +6,7% έως –11,1% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μικρότερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται κάτω από τη διχοτόμο), όπως ακριβώς φαίνεται και στο διάγραμμα Bland-Altman. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,78 (p< 0,001).

Εξίσωση Bergman et al. (Γυναίκες)

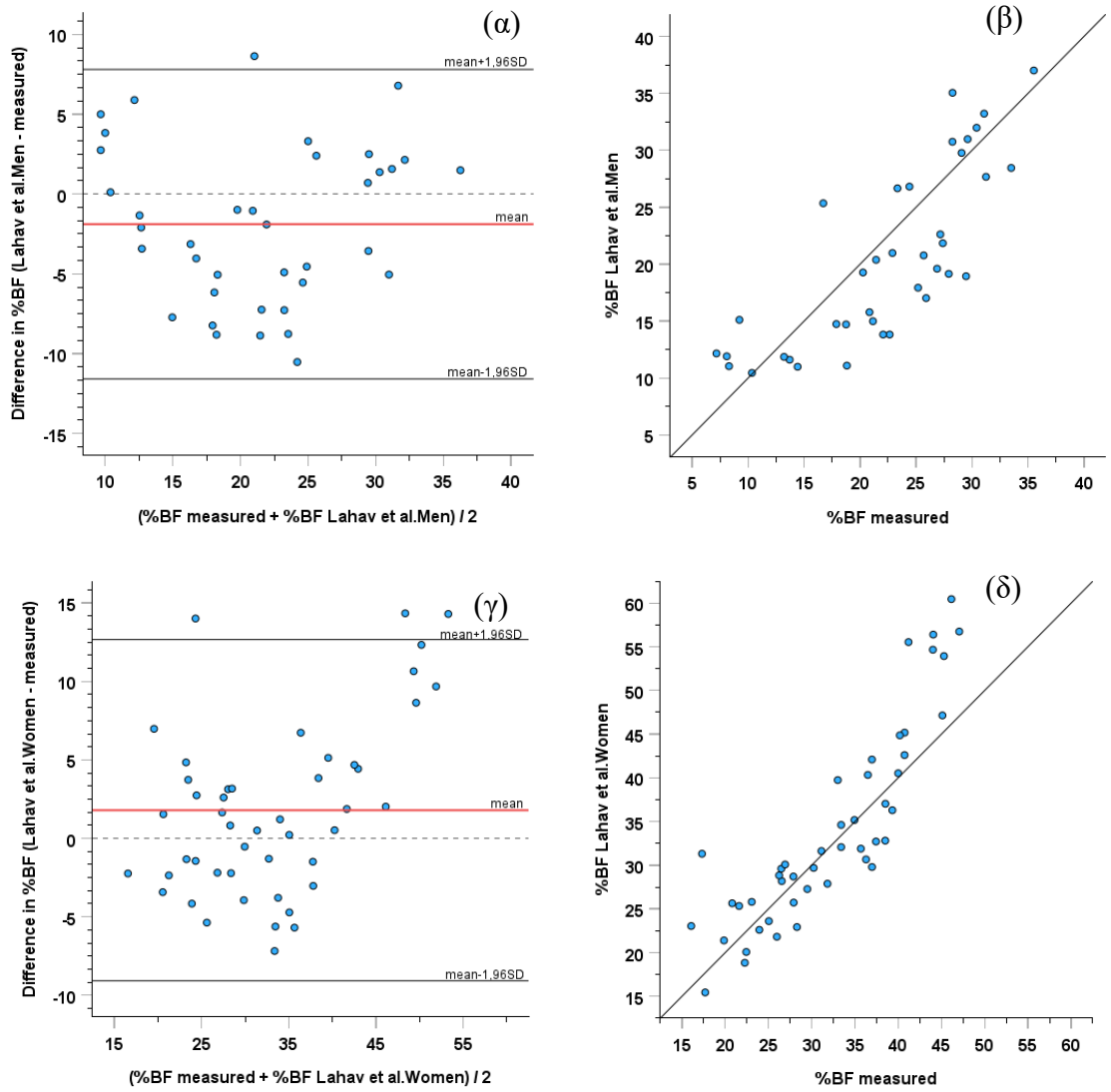


Σχήμα 4-7: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Bergman et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Bergman et al.** που αφορά τις **γυναίκες** και της μετρημένης τιμής του %BF είναι –1,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,3%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται +9,2% έως – 11,5% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος ($p< 0,05$).

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μικρότερες από τις μετρημένες τιμές (περισσότερα σημεία βρίσκονται κάτω από τη διχοτόμο), όπως ακριβώς φαίνεται και στο διάγραμμα Bland-Altman. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε $R= 0,71$ ($p< 0,001$).

Εξίσωση Lahav et al. (Άνδρες & γυναίκες)



Σχήμα 4-8: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Lahav et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

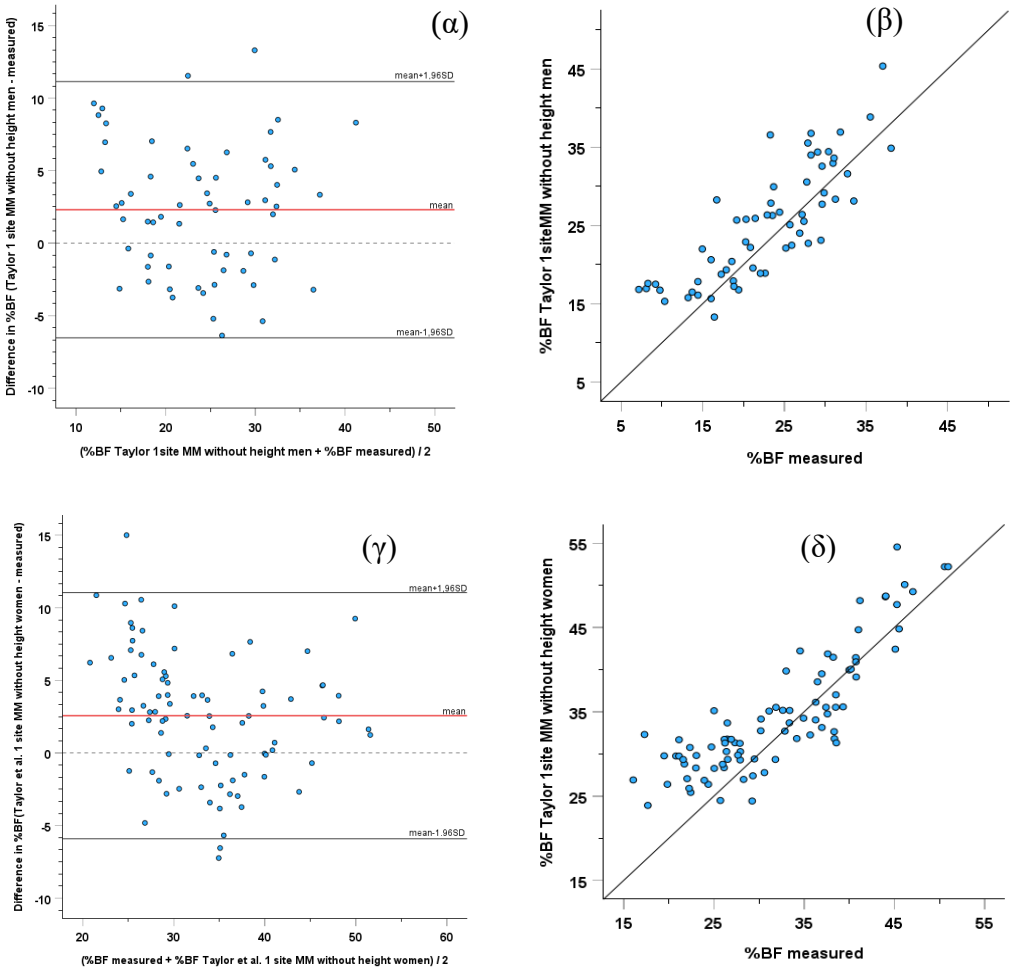
Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Lahav et al**. και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι –1,9%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +7,8% έως –11,6% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι αρκετές τιμές εκτίμησης είναι μικρότερες από τις μετρημένες (περισσότερα σημεία βρίσκονται κάτω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,79 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Lahav et al**. και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι +1,8%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,6%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +12,7% έως −9,1% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν (p <0,05).

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές κατανέμονται ομοιόμορφα πάνω και κάτω από τη διχοτόμο, με εξαίρεση κάποια σημεία που αντιστοιχούν σε υψηλό %BF για τα οποία φαίνεται πως υπάρχει υπερεκτίμηση μέσω της εξίσωσης. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,88 (p< 0,001).

Taylor et al., 1 site MM without height (Άνδρες & γυναίκες)



Σχήμα 4-9: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al. 1 site MM without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al. 1 site MM without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι +2,3%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,5%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας

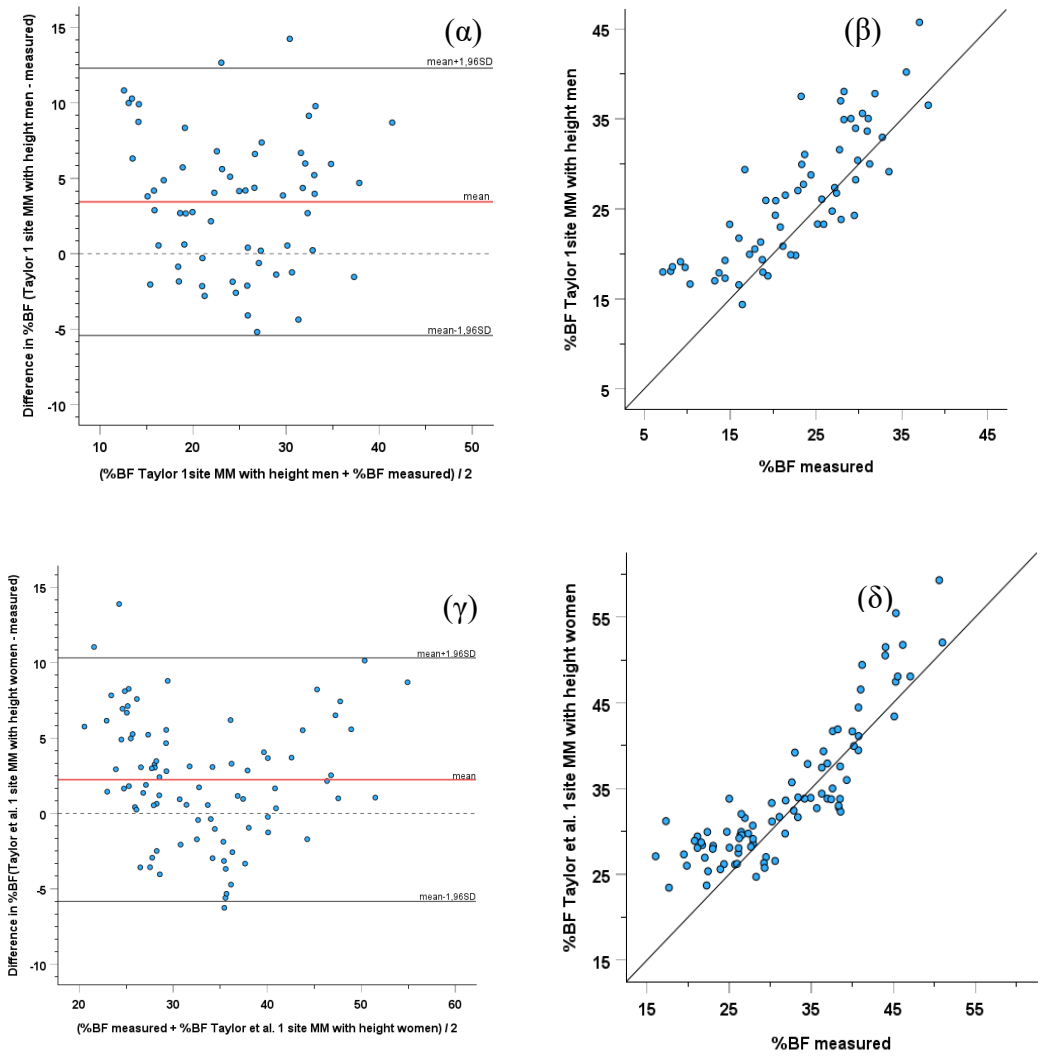
(mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,1% έως -6,5% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων (p=NS).

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές κατανέμονται ομοιόμορφα πάνω και κάτω από τη διχοτόμο, με εξαίρεση κάποια σημεία για τα οποία φαίνεται πως υπάρχει υπερεκτίμηση μέσω της εξίσωσης. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al**. **1 site MM without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι +2,6%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,3%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,0% έως -5,9% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν (p=NS)

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές κατανέμονται ομοιόμορφα πάνω και κάτω από τη διχοτόμο, με εξαίρεση κάποια σημεία για τα οποία φαίνεται πως υπάρχει υπερεκτίμηση μέσω της εξίσωσης. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,86 (p< 0,001).

Taylor et al., 1 site MM with height (Άνδρες & γυναίκες)



Σχήμα 4-10: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al. 1 site with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

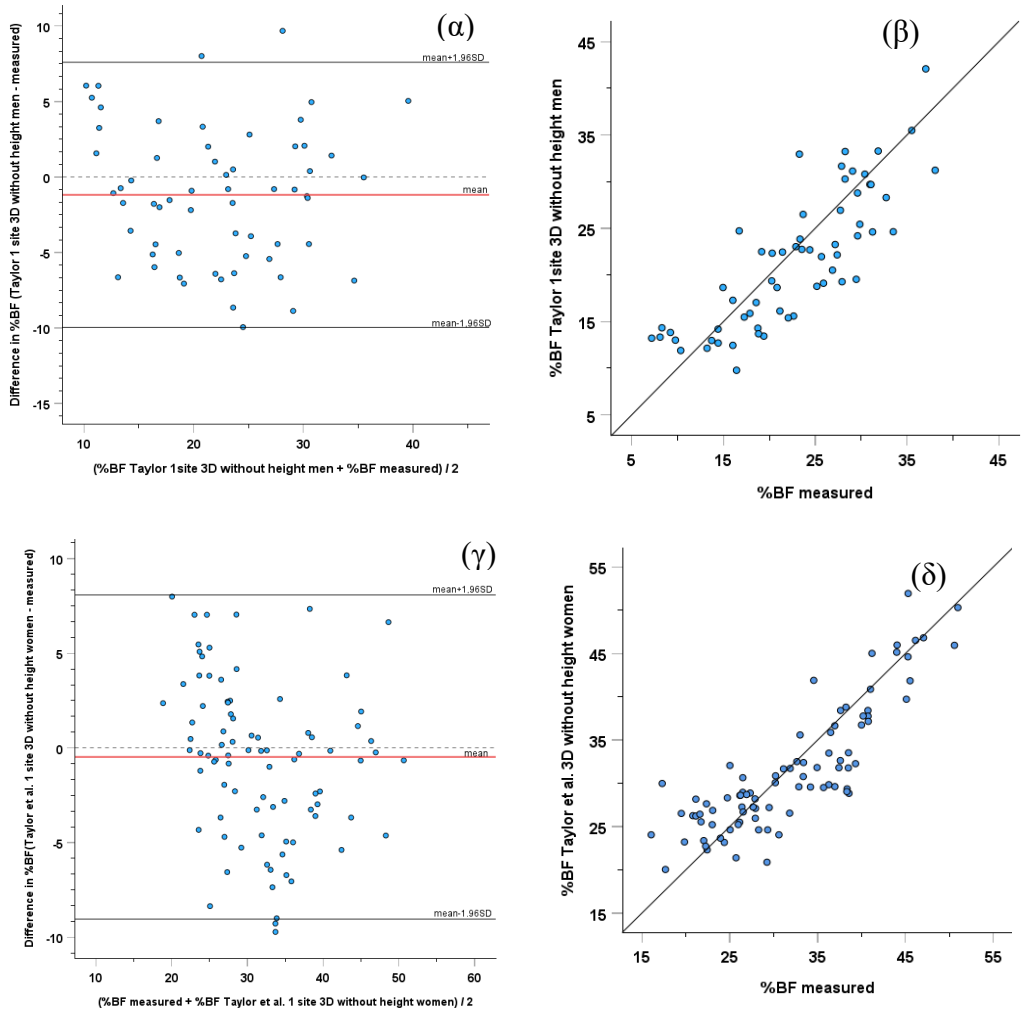
Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al. 1 site MM with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι +3,4%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,5%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +12,3% έως -5,4% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν (p=NS).

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι αρκετές τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,84 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης εξίσωσης **Taylor et al**. **1 site MM with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι +2,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,1%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +10,3% έως -5,8% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν (p=NS)

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι αρκετές τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,88 (p< 0,001).

Taylor et al., 1 site 3D without height (Άνδρες & γυναίκες)



Σχήμα 4-11: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 1 site 3D without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

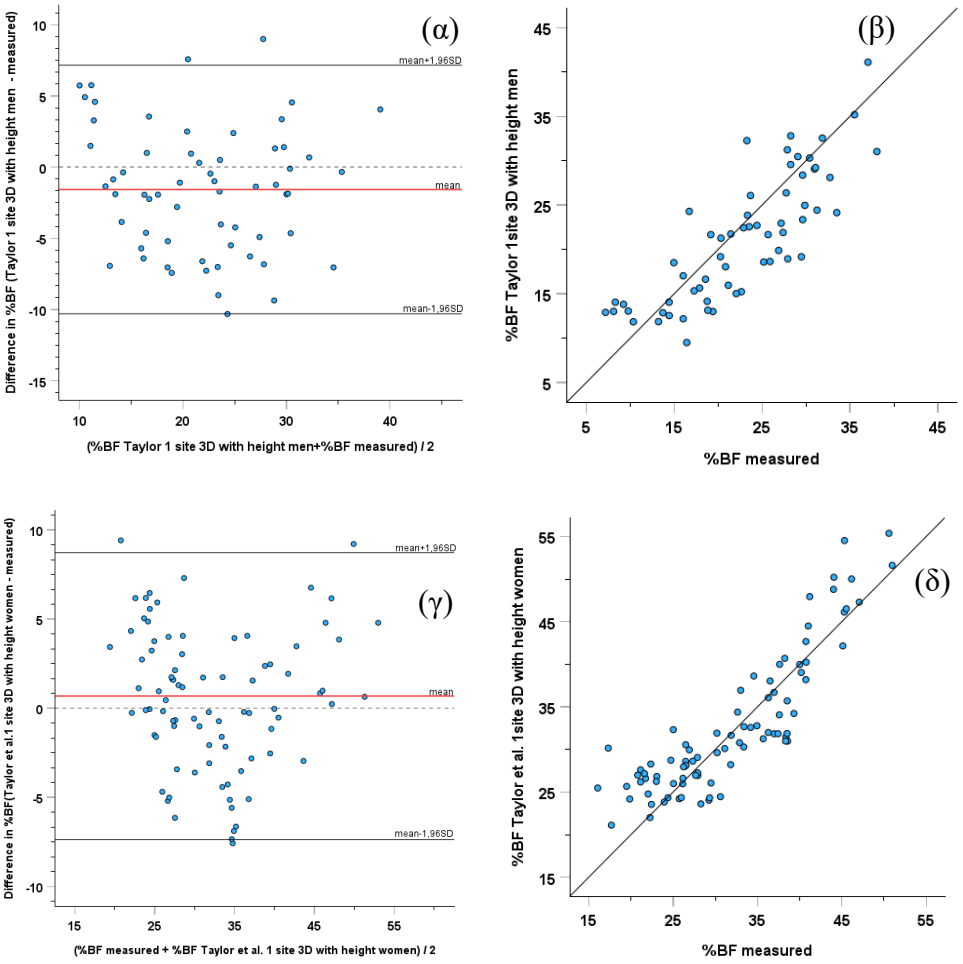
Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al. 1 site 3D without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι -1,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,5%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +7,6% έως -10,0% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν (p=NS).

Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι τα σημεία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα κάτω και πάνω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al**. **1 site 3D without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για **γυναίκες** είναι αρκετά κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα -0,5%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,4%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +8,1% έως -9,0% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων (p=NS)

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι τα σημεία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα κάτω και πάνω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,85 (p< 0,001).

Taylor et al., 1 site 3D with height (Άνδρες & γυναίκες)



Σχήμα 4-12: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 1 site 3 D with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al. 1 site 3D with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για **άνδρες** είναι -1,6% . Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,5%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +7,2% έως -10,3% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος. (p=NS).

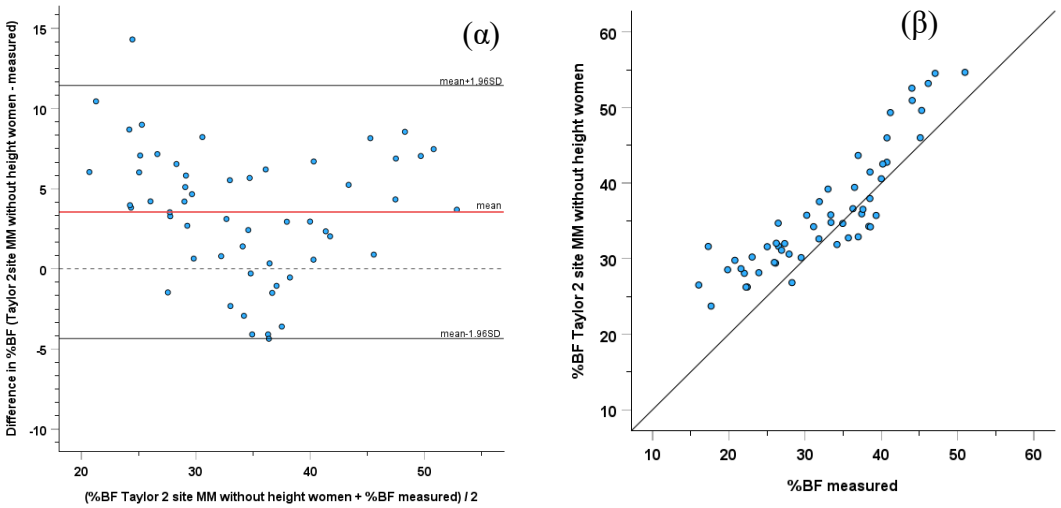
Από το διάγραμμα (β) παρατηρούμε ότι τα σημεία είναι σχετικά ομοιόμορφα κατανεμημένα κάτω και πάνω από τη διχοτόμο, με λίγα περισσότερα σημεία να βρίσκονται κάτω από τη

διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης εξίσωσης **Taylor et al**. **1 site 3D with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι αρκετά κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα +0,7%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,1%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +8,7% έως -7,4% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Από το διάγραμμα (δ) παρατηρούμε ότι τα σημεία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα κάτω και πάνω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,88 (p< 0,001).

Taylor et al., 2 site MM without height (Γυναίκες)

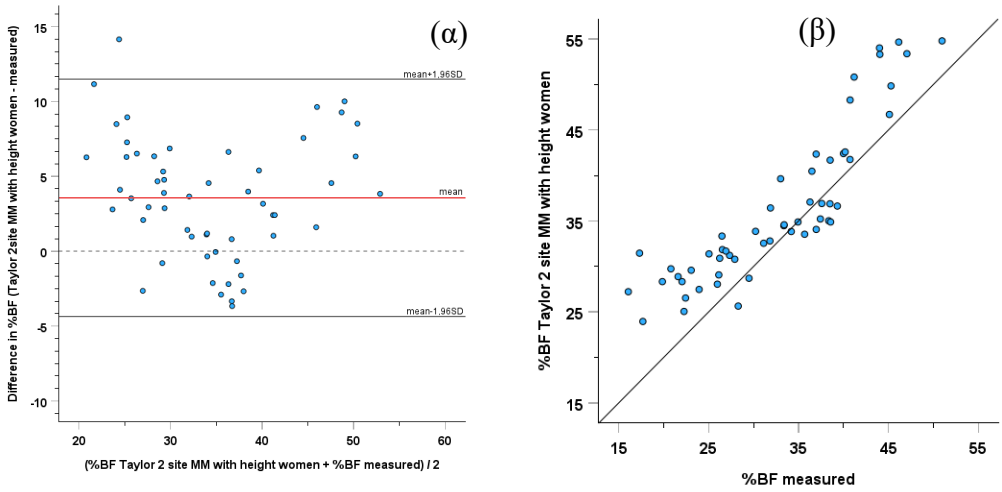


Σχήμα 4-13: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site MM without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al**., **2 site MM without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι +3,5%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,4% έως -4,4% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο), όπως ακριβώς φαίνεται και στο διάγραμμα Bland-Altman. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,88 (p< 0,001).

Taylor et al., 2 site MM with height (Γυναίκες)

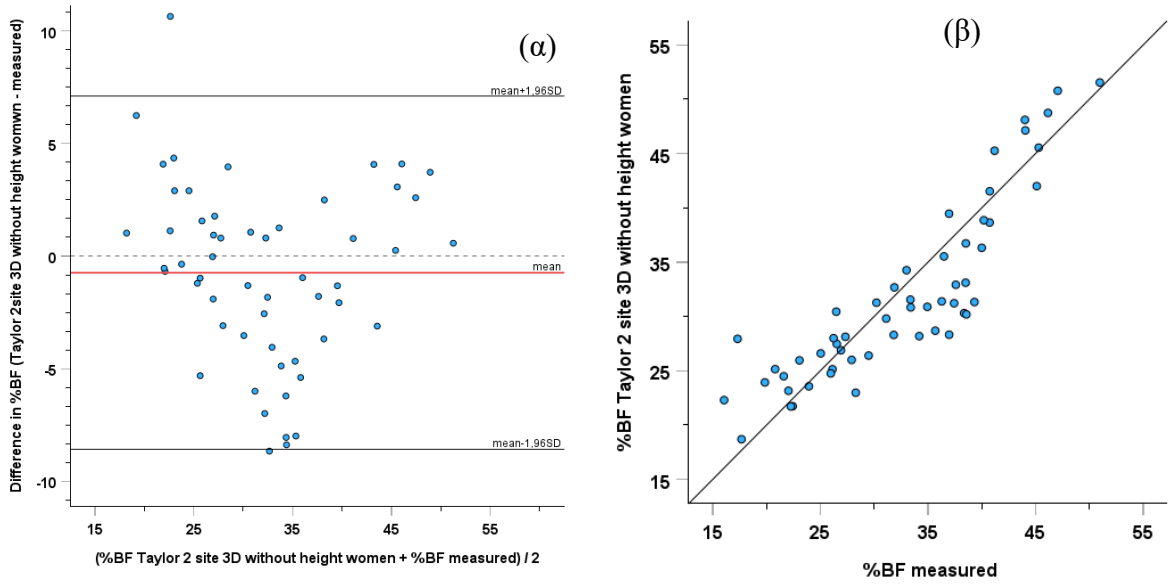


Σχήμα 4-14: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site MM with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al**., **2 site MM with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι +3,6%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,1%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,5 έως -4,4% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,89 (p< 0,001).

Taylor et al., 2 site 3D without height (Γυναίκες)

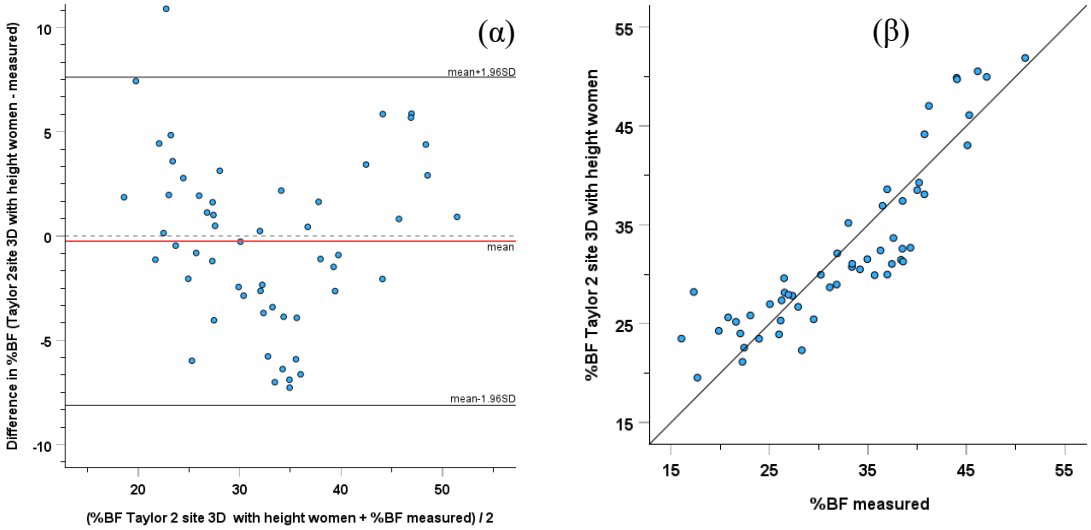


Σχήμα 4-15: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site 3D without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al.**, **2 site 3D without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι -0,7%, τιμή αρκετά κοντά στο μηδέν. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +7,1 έως -8,6% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε επίσης πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,89 (p< 0,001).

Taylor et al., 2 site 3D with height (Γυναίκες)

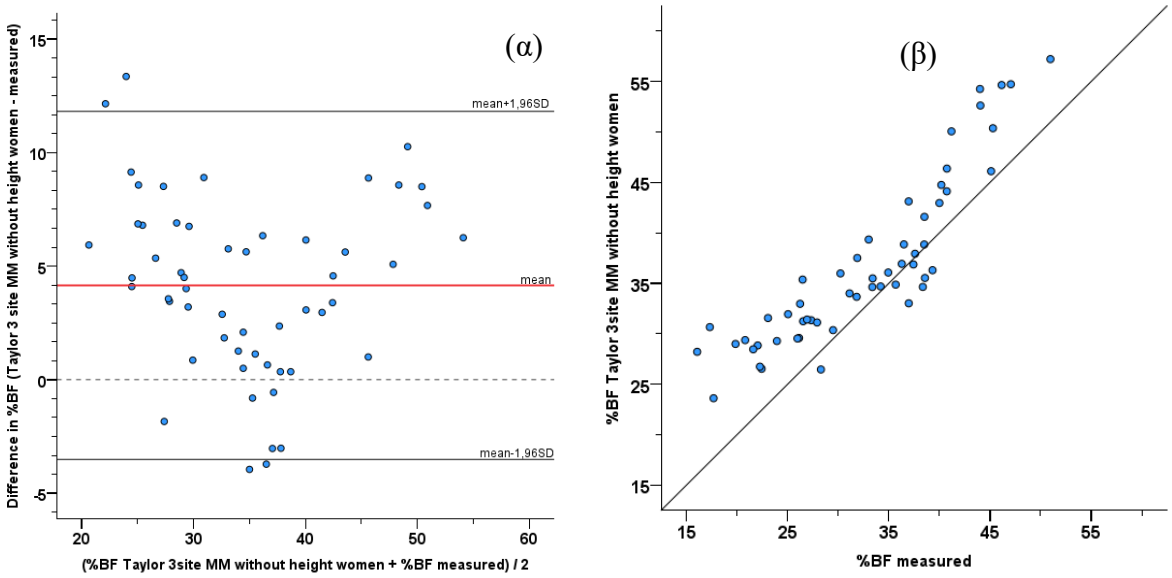


Σχήμα 4-16: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site 3D with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al., 2 site 3D with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι -0,3%, τιμή πολύ κοντά στο μηδέν. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +7,6% έως -8,1% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε $R= 0,89$ ($p< 0,001$).

Taylor et al., 3 site MM without height (Γυναίκες)

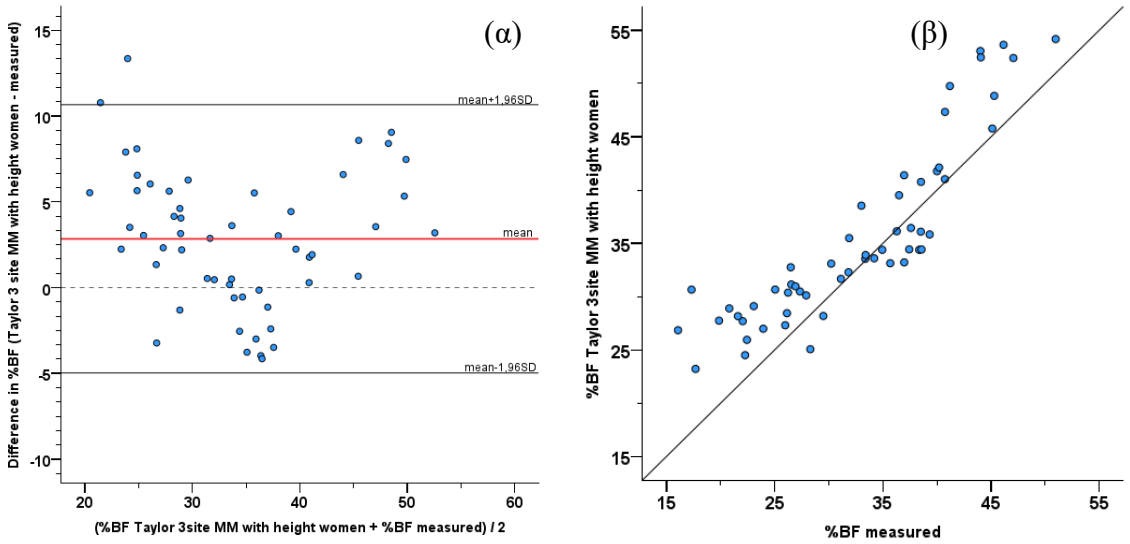


Σχήμα 4-17: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site MM without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al.**, **3 site MM without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι +4,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 3,9%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,8 έως -3,5% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,89 (p< 0,001).

Taylor et al.,3 site MM with height

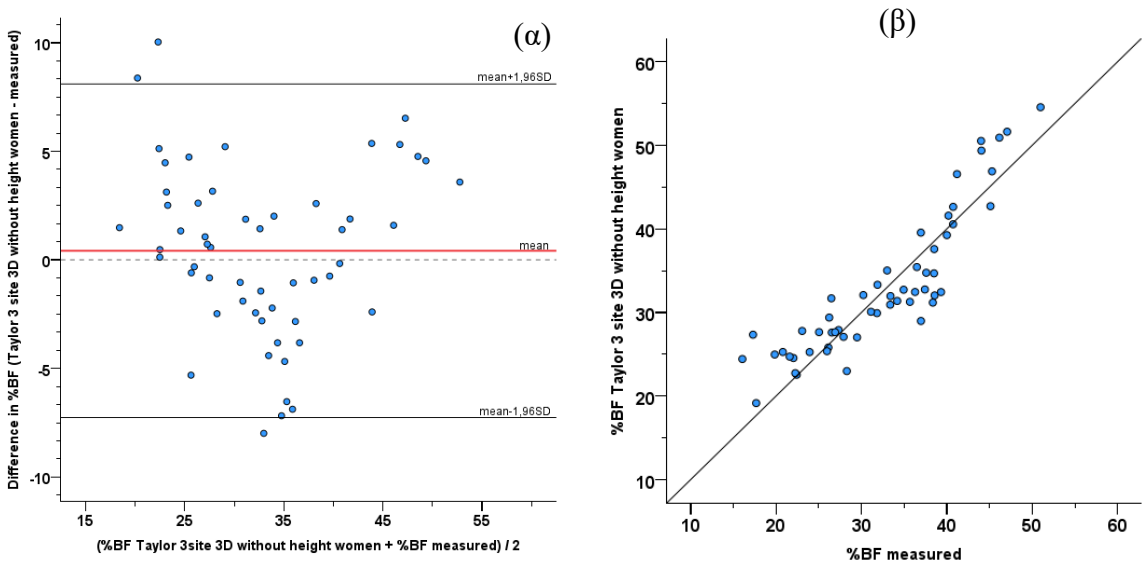


Σχήμα 4-18: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site MM with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al**., **3 site MM with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι +2,8%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +10,7% ως -5,0% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι αρκετές από τις τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες τιμές (τα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,89 (p< 0,001).

Taylor et al., 3 site 3D without height (Γυναίκες)

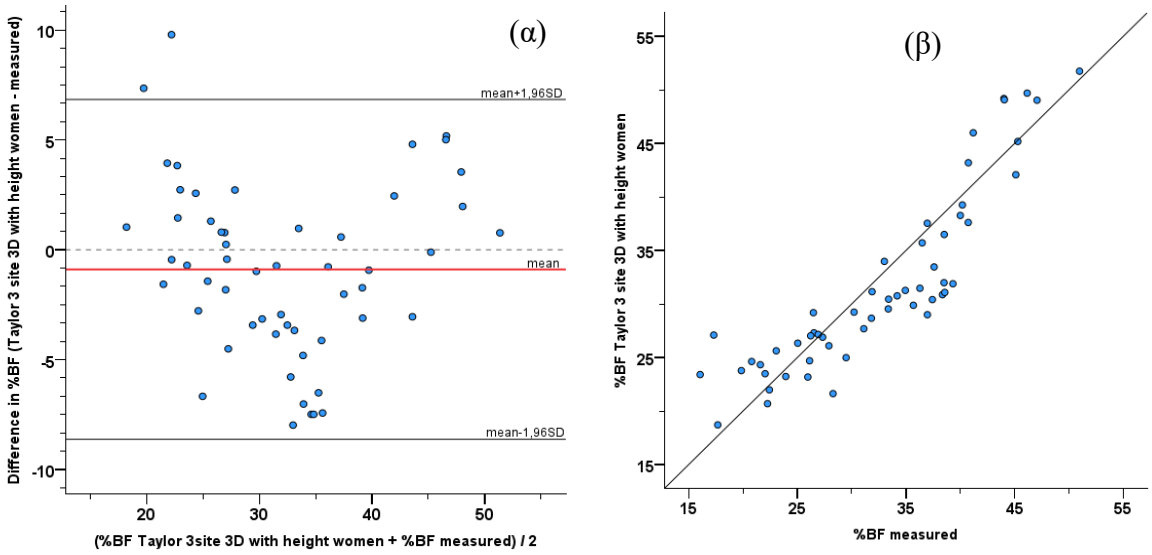


Σχήμα 4-19: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site 3D without height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al.**, **3 site 3D without height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι +0,4%, τιμή αρκετά κοντά στο μηδέν. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 3,9%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +8,1% έως -7,3% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε $R= 0,89$ ($p< 0,001$).

Taylor et al.,3 site 3D with height (Γυναίκες)



Σχήμα 4-20: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Taylor et al., 2 site 3D with height με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Taylor et al.**, **3 site 3D with height** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **γυναικών** είναι -0,9%,τιμή αρκετά κοντά στο μηδέν. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 3,9%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +6,8% ως -8,6% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,89 (p< 0,001).

Στον Πίνακα 4-1 παρατίθενται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της αξιολόγησης των εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω των σωματικών περιμέτρων και συγκεκριμένα, το **μέσο σφάλμα (mean)** *(εκτιμώμενη μέσω εξίσωσης τιμή μείον μετρημένη τιμή)*, η **τυπική απόκλιση (SD)** (*η οποία αποτελεί μέτρο διασποράς των δεδομένων καθώς φανερώνει την κατανομή τους γύρω από τη μέση τιμή),* **το ανώτερο (mean+1,96SD) και κατώτερο (mean-1,96SD) όριο** *(όρια που καθορίζουν την περιοχή όπου αναμένεται να κυμαίνονται το 95% των μετρήσεων)*, η ύπαρξη ή όχι (NS) **κλίσης (bias)** και ο **αριθμός του δείγματος** στο οποίο εφαρμόστηκαν οι εξισώσεις **(N)**.

Πίνακας 4-1: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω περιμέτρων

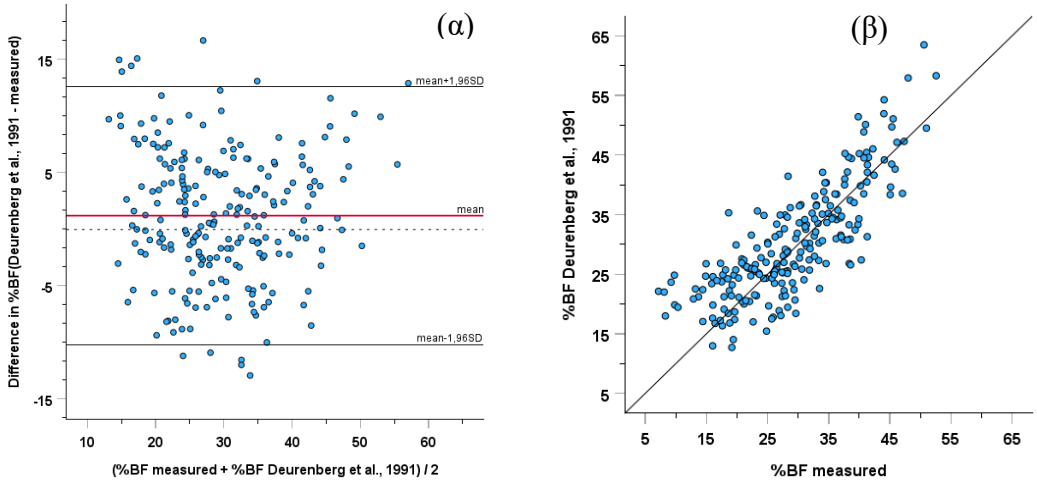
ΠΗΓΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΗΛΙΚΙΕΣ	ΦΥΛΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ	MEAN(Δ%BF)	SD(Δ%BF)	MEAN+1,96SD	MEAN-1,96SD	BIAS (p)	N
Wright et al., 1981	18-56y	Άνδρες	% BF = 0,740AC – 1,249NC + 0,985	-4,30	4,45	+4,43	-13,02	0,043	40
Hodgdon&Beckett, 1984	18-56y	Άνδρες	Db= –0,19077 LOG (AC – NC)+ 0,15456 LOG(Ht) + 1,0324 %BF= (495/Db) – 450]	-3,45	4,30	+4,98	-11,87	NS	40
	18-44y	Γυναίκες	Db= –0,35004 LOG(WC+ HC – NC) + 0,221 LOG(Ht) + 1,29579 %BF= (495/Db) – 450]	+1,5	4,98	+11,27	-8,27	NS	42
Vogel et al., 1988	17-56y	Άνδρες	% BF = 46,892 – 68,678 LOG(Ht) + 76,462 LOG(AC – NC)	+0,06	4,26	+8,42	-8,30	0,013	40
Tran & Weltman, 1989	15-79	Γυναίκες	Db = 1,168297 – 0,002824(AC+WC)/2 + 0,0000122098[(AC+WC)/2]^2– 0,000733128 HC + 0,000510477Ht –0,000216161Age %BF siri=[(4,95/Db) – 4,50]	+3,36	4,18	+11,56	-4,83	NS	56
Lean et al., 1996	17-65y	Άνδρες	%BF= 0,567WC + 0,101Age – 31,8	+0,65	5,87	+12,15	-10,86	NS	43
	18-64y	Γυναίκες	%BF= 0,439 WC + 0,221AGE – 9,4	+2,05	5,72	+13,26	-9,15	NS	57
Friedl & Vogel, 1997	<40y	Άνδρες	%BF = 0,771(AC–NC) – 0,132Ht + 4,29	-2,20	4,55	+6,71	-11,12	NS	35
Bergman et al., 2011	18-67y	Γυναίκες	BAI=HC/(Height/100)^1,5 %BF=0,93*BAI–14,89	-1,15	5,28	+9,20	-11,50	<0,000	39
Lahav et al., 2018	21-60y	Άνδρες	%BF= 10,1 – 0,239Ht + 0,8AC – 0,5NC	-1,89	4,95	+7,81	-11,59	NS	38
	20-62y	Γυναίκες	%BF= 19,2 – 0,239Ht + 0,8AC – 0,5NC	+1,79	5,55	+12,67	-9,08	<0,001	48
Taylor et al., 2024 – 1 site	>17	Άνδρες	%BF= –27,05 + 2,06AC/2,54 – 0,12BM **MM without Ht**	+2,31	4,51	+11,14	-6,53	NS	61
			%BF= –29,78 + 2,09AC/2,54 – 0, 13BM **3D without Ht**	-1,19	4,48	+7,60	-9,97	NS	61
			%BF= –17,7 + 1,98AC/2,54 – 0, 1BM – 0, 13Ht/2,54 **MM with Ht**	+3,44	4,52	+12,30	-5,42	NS	61
			%BF= –23,60 + 2,03AC/2,54 – 0, 12BM – 0,09Ht/2,54 **3D with Ht**	-1,57	4,45	+7,15	-10,29	NS	61
	>17	Γυναίκες	%BF= –8,06 + 1, 25AC/2,54 – 0,004BM **MM without Ht**	+2,57	4,32	+11,04	-5,91	NS	87
			%BF= –11,96 + 1,43AC/2,54 – 0,04BM **3D without Ht**	-0,48	4,36	+8,08	-9,04	NS	87
			%BF= 36,86 + 0,96AC/2,54 + 0,07BM – 0,72Ht/2,54 **MM with Ht**	+2,24	4,12	+10,32	-5,84	NS	87
			%BF= 30,69 + 1, 13AC + 0,04BM – 0,67Ht/2,54 **3D with Ht**	+0,68	4,11	+8,73	-7,37	NS	87
Taylor et al., 2024 – 2 site	>17	Γυναίκες	%BF= –31,68 + 1,09AC/2,54 + 1, 18HC/2,54 – 0, 12BM **MM without Ht**	+3,53	4,03	+11,43	-4,36	NS	55
			%BF= –36,02 + 1, 26AC/2,54 + 1, 11HC/2,54 – 0, 14BM **3D without Ht**	-0,74	4,00	+7,10	-8,58	NS	55
			%BF= 6,09 + 0,91AC/2,54 + 0,95HC/2,54 – 0,04BM – 0,53Ht/2,54 **MM with Ht**	+3,57	4,05	+11,50	-4,36	NS	55
			%BF= 1, 21 + 1,06AC/2,54 + 0,89HC/2,54 – 0,06BM – 0,51Ht /2,54 **3D with Ht**	-0,25	4,01	+7,62	-8,11	NS	55
Taylor et al., 2024 – 3 site	>17	Γυναίκες	%BF= –34,92 + 0,87AC/2,54 + 1, 22HC/2,54 + 0,39WC/2,54 – 0, 14BM **MM without Ht**	+4,15	3,91	+11,81	-3,51	NS	55
			%BF= –39,71 + 1,01AC/2,54 + 1, 2HC /2,54 + 0,39WC/2,54 – 0, 16BM **3D without Ht**	+0,42	3,92	+8,10	-7,26	NS	55
			%BF= 4,87 + 0,88AC/2,54 + 0,96HC/2,54 + 0,06WC/2,54 – 0,05BM – 0,52Ht/2,54 **MM with Ht**	+2,84	3,99	+10,66	-4,98	NS	55
			%BF= –2,58 + 0,98AC/2,54 + 0,94HC/2,54 + 0, 15WC/2,54 – 0,08BM – 0,48Ht/2,54 **3D with Ht**	-0,89	3,94	+6,84	-8,62	NS	55

AC: Abdomen Circumference/Περίμετρος κοιλιάς, WC: Waist Circumference/Περίμετρος μέσης, HC: Hip Circumference/Περίμετρος ισχίων, NC: Neck Circumference/Περίμετρος λαιμού, Ht: Height, BM: Body Mass (weight)

4.2 Συσχετίσεις μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω των εξισώσεων BMI και της μετρημένης με ακρίβεια τιμής

Παρακάτω παρουσιάζονται, για καθεμία εξίσωση εκτίμησης του %BF με βάση το BMI, τα διαγράμματα Bland-Altman και οι συσχετίσεις μεταξύ της εκτιμώμενης και της μετρημένης με ακρίβεια τιμής του %BF (χρήση μοριακού μοντέλου 3-τμημάτων).

Εξίσωση Deurenberg,Waststrate&Seidell (Άνδρες & Γυναίκες)



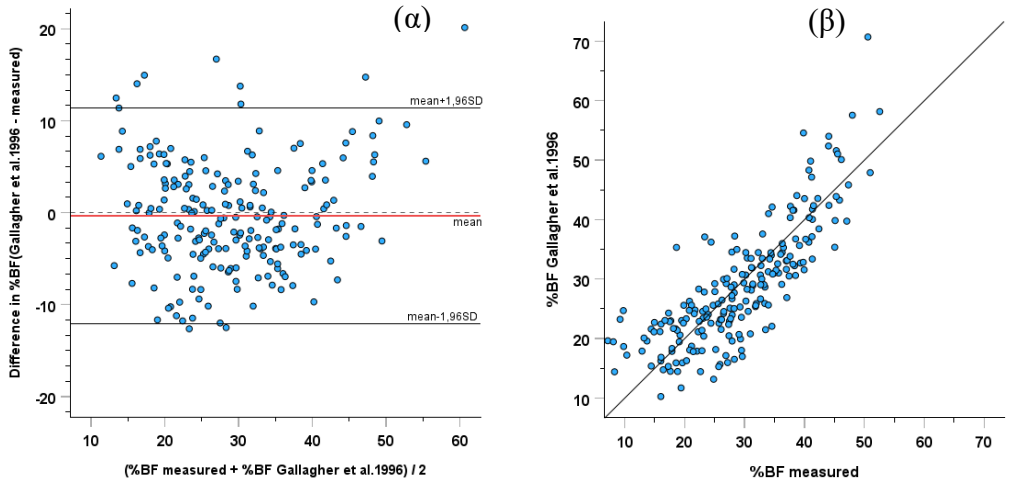
Σχήμα 4-21: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Deurenberg et al., 1991* με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή. (για άνδρες & γυναίκες). (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Deurenberg et al., 1991** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **ανδρών και γυναικών** είναι +1,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,8%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +12,6% έως -10,2% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι σχετικά ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,81 (p< 0,001)

Να σημειωθεί ότι για την εξίσωση **Deurenberg et al., 1991** για τις **γυναίκες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε +0,9%, η τυπική απόκλιση σε 5,1% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +10,9% και -9,1% αντίστοιχα. Για τους **άνδρες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε +1,6%, η τυπική απόκλιση σε 6,7% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +14,7% και -11,6% αντίστοιχα.

Εξίσωση Gallagher et al., 1996 (Άνδρες & Γυναίκες)



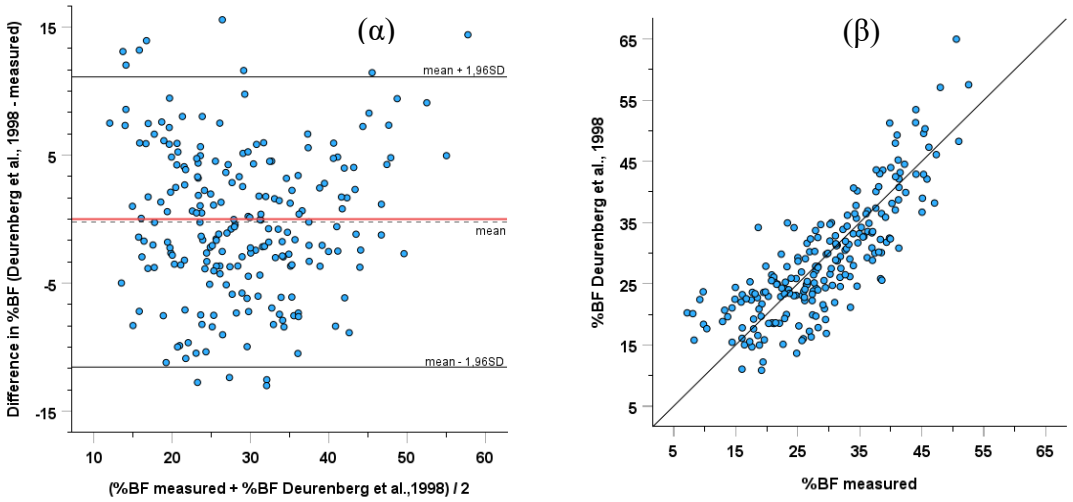
Σχήμα 4-22: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Gallagher et al. 1996 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες & γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης Gallagher et al., 1996 και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **ανδρών και γυναικών** είναι πολύ κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα, -0,3%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 6,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,4% έως -12,1% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,81 (p< 0,001).

Να σημειωθεί ότι για την εξίσωση **Gallagher et al., 1996** για τις **γυναίκες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -0,5%, η τυπική απόκλιση σε 5,1% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +9,6% και -10,5% αντίστοιχα. Για τους **άνδρες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -0,2%, η τυπική απόκλιση σε 6,9% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +13,4% και -13,8% αντίστοιχα.

Deurenberg,Yap & Staveren, 1998 (Άνδρες & Γυναίκες)



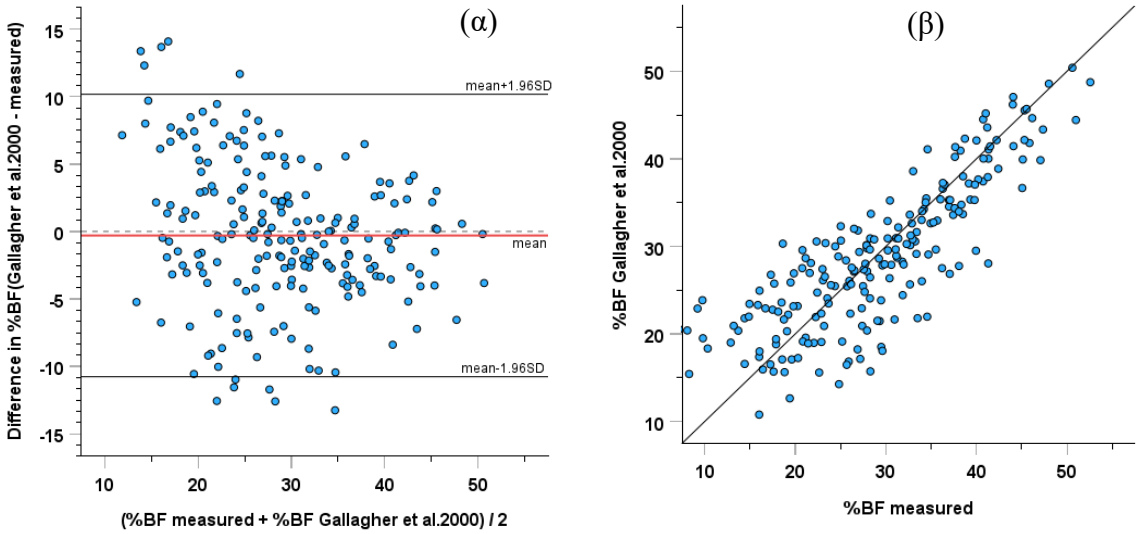
Σχήμα 4-23: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Deurenberg et al., 1998 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες & γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Deurenberg et al., 1998** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **ανδρών και γυναικών** είναι πολύ κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα, -0,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,8%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,6% έως -11,1% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,82 (p< 0,001)

Να σημειωθεί ότι για την εξίσωση **Deurenberg et al., 1998** για τις **γυναίκες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -0,2%, η τυπική απόκλιση σε 5,0% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +9,5% και -10,0% αντίστοιχα. Για τους **άνδρες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -0,2%, η τυπική απόκλιση σε 6,7% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +13,0% και -13,4% αντίστοιχα.

Εξίσωση Gallagher et al., 2000 (Άνδρες & Γυναίκες)



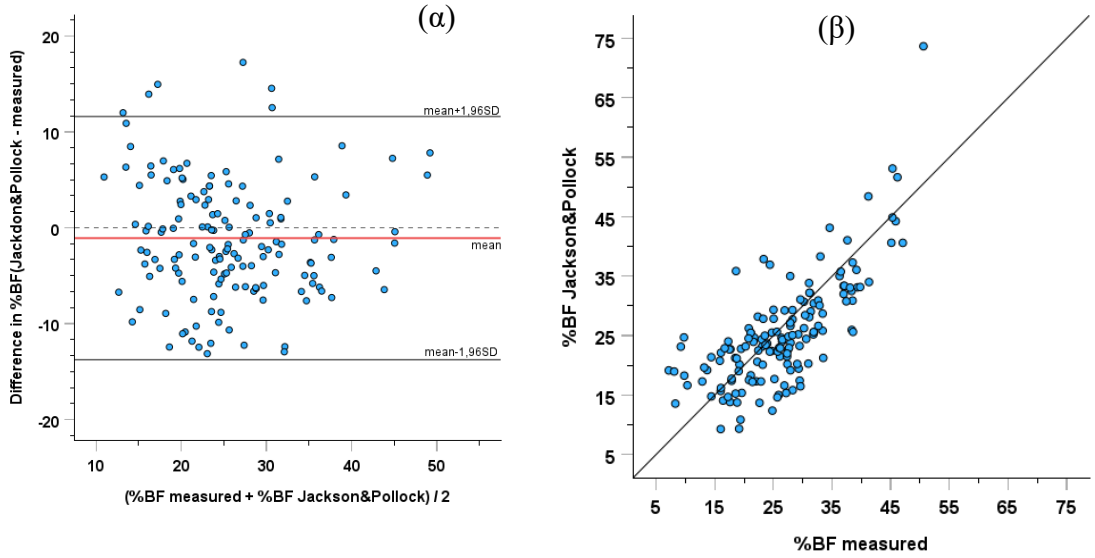
Σχήμα 4-24: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Gallagher et al., 2000 με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες & γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Gallagher et al., 2000** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **ανδρών και γυναικών** είναι πολύ κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα, -0,3%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 5,3%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +10,2% έως -10,8% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος, με αρνητική κλίση (R= -0,24)

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,83 (p< 0,001)

Να σημειωθεί ότι για την εξίσωση **Gallagher et al., 2000** για τις **γυναίκες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε +0,2%, η τυπική απόκλιση σε 4,3% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +8,8% και -8,3% αντίστοιχα. Για τους **άνδρες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -1,0%, η τυπική απόκλιση σε 6,3% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +11,4% και -13,4% αντίστοιχα.

Εξίσωση Jackson&Pollock (Άνδρες & Γυναίκες)



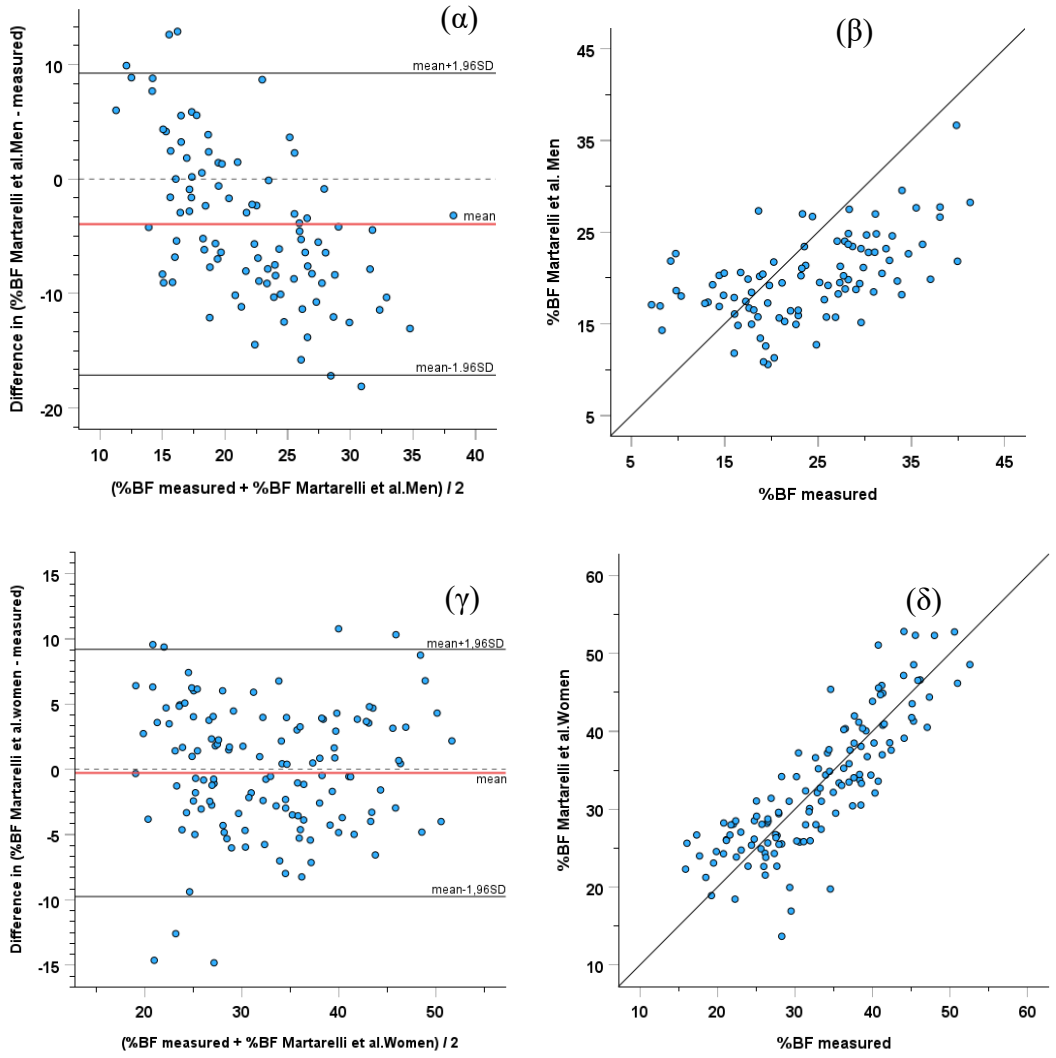
Σχήμα 4-25: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Jackson & Pollock με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες & γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Jackson&Pollock** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **ανδρών και γυναικών** είναι αρκετά κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα -0,8%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 6,4%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +11,8% έως -13,4% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος.

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι σχετικά ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,74 (p< 0,001).

Να σημειωθεί ότι για την εξίσωση **Jackson&Pollock** για τις **γυναίκες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -0,8%, η τυπική απόκλιση σε 5,4% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +9,8% και -11,3% αντίστοιχα. Για τους **άνδρες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε -0,8%, η τυπική απόκλιση σε 7,5% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +14,0% και -15,6% αντίστοιχα.

Εξίσωση Martarelli et al. (Άνδρες & Γυναίκες)



Σχήμα 4-26: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Martarelli et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.* Διαγράμματα Bland-Altman (α), (γ) για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα. Διαγράμματα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (β), (δ) για άνδρες και γυναίκες. Η εικονιζόμενη γραμμή στα (β) και (δ) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

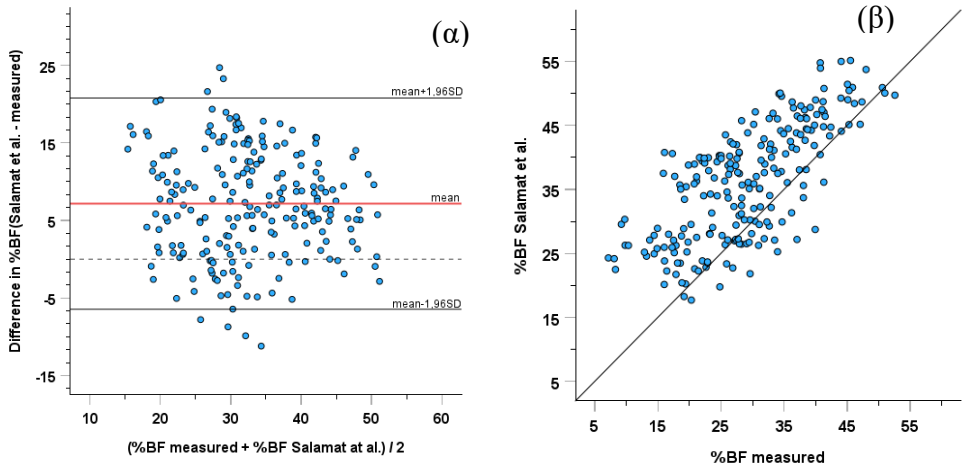
Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Martarelli et al.** και της μετρημένης τιμής του %BF για τους **άνδρες** είναι -4,0%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 6,7%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +9,3% έως -17,1% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος ($p< 0,05$), με αρνητική κλίση ($R=-0,582$).

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι μικρότερες από τις μετρημένες (περισσότερα σημεία βρίσκονται κάτω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,55 (p< 0,001)

Από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Martarelli et al.** και της μετρημένης τιμής του %BF για τις **γυναίκες** είναι αρκετά κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα -0,3%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 4,8%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +9,2% έως -9,8% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος

Στο διάγραμμα συσχέτισης (δ) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω και κάτω από τη διχοτόμο. Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (δ) βρέθηκε R= 0,84 (p< 0,001).

Εξίσωση Salamat et al. (Άνδρες & Γυναίκες)



Σχήμα 4-27: *Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Salamat et al. με τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή (για άνδρες & γυναίκες).* (α) Διάγραμμα Bland-Altman. (β) Διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών. Η εικονιζόμενη γραμμή του διαγράμματος (β) ταυτίζεται με τη διχοτόμο (y = x).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) προκύπτει ότι η μέση διαφορά (κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του %BF μέσω της εξίσωσης **Salamat et al.** και της μετρημένης τιμής του %BF για το διαθέσιμο δείγμα **ανδρών και γυναικών** είναι +7,2%. Η τυπική απόκλιση βρέθηκε ίση με 7,0%. Στο διάγραμμα τα όρια συμφωνίας (mean±1,96SD) κυμαίνονται από +20,8% έως 6,5% (τα όρια συμφωνίας δηλώνουν την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από τη μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman). Βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος

Στο διάγραμμα συσχέτισης (β) παρατηρούμε ότι οι τιμές εκτίμησης είναι μεγαλύτερες από τις μετρημένες (τα περισσότερα σημεία βρίσκονται πάνω από τη διχοτόμο). Ο συντελεστής συσχέτισης των σημείων του διαγράμματος (β) βρέθηκε R= 0,72 (p< 0,001)

Να σημειωθεί ότι για την εξίσωση **Salamat et al** για τις **γυναίκες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε +9,8%, η τυπική απόκλιση σε 5,7% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +21,0% και -1,4% αντίστοιχα. Για τους **άνδρες** η μέση διαφορά διαμορφώνεται σε +3,7%, η τυπική απόκλιση σε 6,9% ενώ τα ανώτερα και κατώτερα όρια είναι ίσα με +17,1% και -9,8% αντίστοιχα.

Στον Πίνακα 4-2 παρατίθενται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της αξιολόγησης των εξισώσεων εκτίμησης του %BF μέσω του BMI και συγκεκριμένα: Το **μέσο σφάλμα (mean)** *(εκτιμώμενη μέσω εξίσωσης τιμή μείον μετρημένη τιμή)*, **η τυπική απόκλιση (SD)** *(μέτρο διασποράς των δεδομένων, φανερώνει την κατανομή τους γύρω από τη μέση τιμή)*, **το ανώτερο (mean+1,96SD) και κατώτερο (mean-1,96SD) όριο** (*καθορίζουν την περιοχή όπου αναμένεται να κυμαίνονται το 95% των μετρήσεων*), η ύπαρξη ή όχι (NS) **κλίσης (bias)** και ο **αριθμός του δείγματος** που εφαρμόστηκαν οι εξισώσεις **(N)**.

Πίνακας 4-2: Σύνοψη αποτελεσμάτων για τις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω BMI

ΠΗΓΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΗΛΙΚΙΕΣ	ΦΥΛΟ	ΕΞΙΣΩΣΗ	MEAN(Δ%BF)	SD(Δ%BF)	MEAN+1,96SD	MEAN-1,96SD	BIAS (p)	N
Deurenberg et al., 1991	7-83y	Άνδρες & Γυναίκες	BF%= 1,20BMI + 0,23Age – 10,8Gender –5,4	+1,19	5,82	+12,60	-10,22	NS	224
		Άνδρες		+1,57	6,69	+14,68	-11,55		
		Γυναίκες		+0,90	5,08	+10,86	-9,06		
Gallagher et al., 1996	20-94y	Άνδρες & Γυναίκες	%BF= 1,506BMI + 0,133 Age – 11,481Gender – 11,52	-0,34	5,99	+11,39	-12,08	NS	210
		Άνδρες		-0,17	6,93	+13,40	-13,75		
		Γυναίκες		-0,48	5,13	+9,57	-10,54		
Deurenberg et al., 1998	18,4-76,6y	Άνδρες & Γυναίκες	BF%= 1,294BMI + 0,2Age – 11,4Gender –8,0	-0,23	5,78	+11,55	-11,10	NS	217
		Άνδρες		-0,24	6,73	+12,95	-13,42		
		Γυναίκες		-0,22	4,98	+9,54	-9,97		
Gallagher et al., 2000	20-79y	Άνδρες & Γυναίκες	%BF= 64,5 – 848 (1/BMI) + 0,079Age – 16,4Gender + 0,05GenderAge +39,0Gender(1/BMI)	-0,30	5,34	+10,17	-10,76	<0,001	209
		Άνδρες		-0,96	6,33	+11,44	-13,36		
		Γυναίκες		+0,24	4,34	+8,75	-8,26		
Jackson & Pollock	19-43y	Άνδρες& Γυναίκες	%BF= 1,61BMI + 0, 13Age – 12, 1Gender –13,9	-0,78	6,44	+11,84	-13,40	NS	151
		Άνδρες		-0,79	7,54	+13,99	-15,58		
		Γυναίκες		-0,77	5,37	+9,76	-11,30		
Martarelli et al., 2008	11-80y	Άνδρες	FM= 1,407BMI–21,389 %BF= FM100/BM	-3,95	6,73	+9,25	-17,14	<0,001	95
	11-80y	Γυναίκες	FM= 1,9337BMI–26,422 %BF= FM100/BM	-0,27	4,83	+9,20	-9,75	NS	128
Salamat et al., 2015	>18y (47±11,17)	Άνδρες& Γυναίκες	FM= – 11,938 + 1,606BMI – 8,511Gender %BF= FM100/BM	+7,16	6,95	+20,77	-6,45	NS	220
		Άνδρες		+3,65	6,88	+17,14	-9,83		
		Γυναίκες		+9,83	5,72	+21,04	-1,37		

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ %BF

5.1 Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του %BF που χρησιμοποιούν περιμέτρους σώματος για τους άνδρες

Εάν λάβουμε υπόψη το **πρώτο** κατά σειρά κριτήριο, που αφορά στη **μέση διαφορά** μεταξύ της εκτίμησης του %BF (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) και της μετρημένης τιμής, διαμορφώνεται η ακόλουθη σειρά κατάταξης των εξισώσεων, ξεκινώντας από την εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση:

- Vogel et al. με μέση διαφορά +0,06%.
- Lean et al. με μέση διαφορά +0,65%.
- Taylor et al. 1 site 3D without Ht με μέση διαφορά -1,19%.
- Taylor et al. 1 site 3D with Ht με μέση διαφορά -1,57%.
- Lahav et al. με μέση διαφορά -1,89%.
- Friedl & Vogel με μέση διαφορά -2,20%.
- Taylor et al. 1 site MM without Ht με μέση διαφορά +2,31%.
- Taylor et al. 1 site MM with Ht με μέση διαφορά +3,44%.
- Hodgdon & Beckett με μέση διαφορά -3,45%.
- Wright et al. με μέση διαφορά -4,30%.

Αναφορικά με το **δεύτερο** κριτήριο Bland-Altman δηλαδή με την **τυπική απόκλιση (SD)** της διαφοράς εκτιμώμενης μείον μετρημένης τιμής, η σειρά κατάταξης είναι η ακόλουθη:

- Vogel et al. με τυπική απόκλιση 4,26%.
- Hodgdon & Beckett με τυπική απόκλιση, 4,30%.
- Wright et al και Taylor et al. 1 site 3D with Ht με ίση τυπική απόκλιση 4,45%.
- Taylor et al. 1 site 3D without Ht με τυπική απόκλιση 4,48%.
- Taylor et al. 1 site MM without Ht με τυπική απόκλιση 4,51%.
- Taylor et al. 1 site MM with Ht με τυπική απόκλιση 4,52%.
- Friedl & Vogel. Με τυπική απόκλιση 4,55%.
- Lahav et al. με τυπική απόκλιση 4,95%.
- Lean et al. με τυπική απόκλιση 5,87%.

Σύμφωνα με το **τρίτο** κριτήριο αξιολόγησης των διαγραμμάτων Bland-Altman, παρατηρούμε ότι σε δυο εξισώσεις υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση των σημείων να κλίνουν (**bias**) με $p<0.05$. Συγκεκριμένα, στατιστικά σημαντική κλίση (bias), για τις εξισώσεις περιμέτρων που αφορούν τους άνδρες, βρέθηκε μόνο για τις ακόλουθες δυο εξισώσεις: Vogel et al. και Wright et al.

Με βάση όλα τα παραπάνω, από τις εξισώσεις που περιλαμβάνουν περιμέτρους, για το δείγμα που μελετήσαμε, προκύπτει η ακόλουθη σειρά κατάταξης η οποία διαμορφώθηκε ξεκινώντας από την εξίσωση που βρέθηκε να εκτιμά καλύτερα το %BF των **ανδρών** του δείγματος και καταλήγοντας σε εκείνη που απέχει περισσότερο από τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.

1. **Vogel et al.** Η εξίσωση αυτή είναι η ακριβέστερη ως προς τη μέση διαφορά εκτιμώμενης μείον μετρημένης τιμής (+0,06%). Συγχρόνως, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς είναι επίσης η μικρότερη (4,26%) συγκριτικά με όλες τις άλλες εξισώσεις που ελέγχθηκαν. Η εξίσωση κατατάσσεται πρώτη με την υποσημείωση όμως ότι υπάρχει κλίσης-bias.
2. **Taylor et al. 1 site 3D without Ht.** Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (-1,19%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,48%).
3. **Taylor et al. 1 site 3D with Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (-1,57%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,45%).
4. **Friedl & Vogel.** Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (-2,20%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,55%).
5. **Lahav et al**. Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (-1,89%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μεγαλύτερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,95%). Η εξίσωση αυτή είναι σχεδόν ισάξια με τη Friedl & Vogel.
6. **Taylor et al. 1 site MM without Ht.** Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (+2,31%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,51%).

7. **Lean et al.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (+0,65%). Όμως, εμφανίζει τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (SD=5,87%).
8. **Hodgdon & Beckett**. Η εξίσωση εμφανίζει σχετικά μεγαλύτερη μέση διαφορά (-3,45%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,30%).
9. **Taylor et al. 1 site MM with Ht**. Η εξίσωση εμφανίζει σχετικά μεγαλύτερη μέση διαφορά (+3,44%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,52%). Η εξίσωση είναι σχεδόν ισάξια με τη Hodgdon & Beckett.
10. **Wright et al**. Η εξίσωση εμφανίζει τη μεγαλύτερη μέση διαφορά (-4,30%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά καλή (4,45%). Όμως, εμφανίζει κλίση (bias).

5.2 Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του %BF που χρησιμοποιούν περιμέτρους σώματος για τις γυναίκες

Εάν λάβουμε υπόψη το **πρώτο** κατά σειρά κριτήριο, που αφορά τη **μέση διαφορά** μεταξύ της εκτίμησης του %BF (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) και της μετρημένης τιμής, διαμορφώνεται η ακόλουθη σειρά κατάταξης, ξεκινώντας από την εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση προς τη μεγαλύτερη:

- Taylor et al. 2 site 3D with Ht με μέση διαφορά -0,25%.
- Taylor et al. 3 site 3D without Ht με μέση διαφορά +0,42%.
- Taylor et al. 1 site 3D without Ht με μέση διαφορά -0,48%.
- Taylor et al. 1 site 3D with Ht με μέση διαφορά +0,68%.
- Taylor et al. 2 site 3D without Ht με μέση διαφορά -0,74%.
- Taylor et al. 3 site 3D with Ht με μέση διαφορά -0,89%.
- Bergman et al. με μέση διαφορά -1,15%.
- Hodgdon & Beckett με μέση διαφορά +1,50%.
- Lahav et al. με μέση διαφορά +1,79%.
- Lean et al. με μέση διαφορά +2,05%.
- Taylor et al. 1 site MM with Ht με μέση διαφορά +2,24%.
- Taylor et al. 1 site MM without Ht με μέση διαφορά +2,57%.
- Taylor et al. 3 site MM with Ht με μέση διαφορά +2,84%.
- Tran&Weltman με μέση διαφορά +3,36%.
- Taylor et al. 2 site MM without Ht με μέση διαφορά +3,53%.
- Taylor et al. 2 site MM with Ht με μέση διαφορά +3,57%.
- Taylor et al. 3 site MM without Ht με μέση διαφορά +4,15%.

Αναφορικά με το **δεύτερο** κριτήριο Bland-Altman δηλαδή με τη **τυπική απόκλιση (SD)** της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής:

- Taylor et al. 3 site MM without Ht με τυπική απόκλιση 3,91%.
- Taylor et al. 3 site 3D without Ht με τυπική απόκλιση 3,92%.
- Taylor et al. 3 site 3D with Ht με τυπική απόκλιση 3,94%.
- Taylor et al. 3 site MM with Ht με τυπική απόκλιση 3,99%.

- Taylor et al. 2 site 3D without Ht με τυπική απόκλιση 4,00%.
- Taylor et al. 2 site 3D with Ht με τυπική απόκλιση 4,01%.
- Taylor et al. 2 site MM without Ht με τυπική απόκλιση 4,03%.
- Taylor et al. 2 site MM with Ht με τυπική απόκλιση 4,05%.
- Taylor et al. 1 site 3D with Ht με τυπική απόκλιση 4,11%.
- Taylor et al. 1 site MM with Ht με τυπική απόκλιση 4,12%.
- Tran&Weltman με τυπική απόκλιση 4,18%.
- Taylor et al. 1 site MM without Ht με τυπική απόκλιση 4,32%.
- Taylor et al. 1 site 3D without Ht με τυπική απόκλιση 4,36%.
- Hodgdon&Beckett με τυπική απόκλιση 4,98%.
- Bergman et al. με τυπική απόκλιση 5,28%.
- Lahav et al. με τυπική απόκλιση 5,55%.
- Lean et al. με τυπική απόκλιση 5,72%.

Σύμφωνα με το **τρίτο** κριτήριο αξιολόγησης των διαγραμμάτων Bland-Altman, παρατηρούμε ότι σε κάποιες εξισώσεις υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση των σημείων να κλίνουν (**bias**) με $p<0.05$. Συγκεκριμένα, στατιστικά σημαντική κλίση (bias), για τις εξισώσεις περιμέτρων που αφορούν τις γυναίκες, βρέθηκε μόνο για τις ακόλουθες δυο εξισώσεις: Bergman et al. και Lahav et al.

Με βάση όλα τα παραπάνω, από τις εξισώσεις που περιλαμβάνουν περιμέτρους, για το δείγμα που μελετήσαμε, προκύπτει η ακόλουθη σειρά κατάταξης η οποία διαμορφώθηκε ξεκινώντας από την εξίσωση που βρέθηκε να εκτιμά καλύτερα το %BF των **γυναικών** του δείγματος και καταλήγοντας σε εκείνη που απέχει περισσότερο από τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.

1. **Taylor et al. 2 site 3D with Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,25%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,01%).
2. **Taylor et al. 3 site 3D without Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (+0,42%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (3,92%).

Οι δύο πρώτες εξισώσεις είναι σχεδόν ισάξιες

3. **Taylor et al. 1 site 3D with Ht.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (+0,68%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,11%).
4. **Taylor et al. 2 site 3D without Ht.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,74%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,00%).
5. **Taylor et al. 3 site 3D with Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,89%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (3,94%).
6. **Taylor et al. 1 site 3D without Ht.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,48%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,36%).

Οι εξισώσεις 3 έως 6 είναι σχεδόν ισάξιες.

Παρατηρούμε ότι οι εξισώσεις 3D, με ή χωρίς ύψος 1, 2 ή 3 site, εκτιμούν με ακρίβεια το %BF για τις γυναίκες και είναι σχεδόν ισάξιες. Έχουν μέση διαφορά <1% και τυπική απόκλιση 3,9%-4,4%.

7. **Taylor et al. 1 site MM with Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (+2,24%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,12%).
8. **Hodgdon & Beckett με μέση διαφορά**. Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (+1,50%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι λίγο μεγαλύτερη συγκριτικά με τις προαναφερόμενες εξισώσεις (4,98%).
9. **Taylor et al. 3 site MM with Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως τη μέση διαφορά (+2,84%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (3,99%).
10. **Taylor et al. 1 site MM without Ht**. Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως τη μέση διαφορά (+2,57%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,32%).
11. **Tran&Weltman**. Η εξίσωση αυτή εμφανίζει μια σχετικά καλή μέση διαφορά (+3,36%), μεγαλύτερη από τις προαναφερόμενες εξισώσεις. Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,18%).

12. **Taylor et al. 2 site MM without Ht.** Η εξίσωση αυτή εμφανίζει μια μεγαλύτερη μέση διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (+3,53%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,03%).
13. **Taylor et al. 2 site MM with Ht.** Η εξίσωση αυτή εμφανίζει μια μεγαλύτερη μέση διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (+3,57%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή (4,05%).
14. **Taylor et al. 3 site MM without Ht**. Η εξίσωση αυτή εμφανίζει τη μεγαλύτερη μέση διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (+4,15%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρή (3,91%).
15. **Lean et al**. Η εξίσωση αυτή εμφανίζει καλή μέση διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (+2,05%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η μεγαλύτερη (5,72%).
16. **Bergman et al.** Η εξίσωση αυτή εμφανίζει καλή μέση διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (-1,15%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι από τις μεγαλύτερες (5,28%). Όμως, βρέθηκε ότι εμφανίζει κλίση (bias)
17. **Lahav et al**. Η εξίσωση αυτή εμφανίζει καλή μέση διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (+1,79%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι από τις μεγαλύτερες (5,55%). Όμως, βρέθηκε ότι εμφανίζει κλίση (bias)

5.3 Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του %BF που χρησιμοποιούν BMI

Εάν λάβουμε υπόψη το **πρώτο** κατά σειρά κριτήριο, που αφορά τη **μέση διαφορά** μεταξύ της εκτίμησης του %BF (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) και της μετρημένης τιμής διαμορφώνεται η ακόλουθη σειρά κατάταξης, ξεκινώντας από την εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση προς τη μεγαλύτερη.

Για το συνολικό δείγμα:

- Deurenberg et al., 1998 με μέση διαφορά -0,23%.
- Gallagher et al., 2000 με μέση διαφορά -0,30%.
- Gallagher et al.1996 με μέση διαφορά -0,34%.
- Jackson&Pollock με μέση διαφορά -0,78%.
- Deurenberg et al., 1991 με μέση διαφορά +1,19%.

- Salamat et al. με μέση διαφορά +7,16%.

Για τους άνδρες ξεχωριστά:

- Gallagher et al., 1996 με μέση διαφορά -0,17%.
- Deurenberg et al., 1998 με μέση διαφορά -0,24%.
- Jackson&Pollock με μέση διαφορά -0,79%.
- Gallagher et al., 2000 με μέση διαφορά -0,96%.
- Deurenberg et al., 1991 με μέση διαφορά +1,57%.
- Salamat et al. με μέση διαφορά +3,65%.
- Martarelli et al. με μέση διαφορά -3,95%.

Για τις γυναίκες ξεχωριστά:

- Deurenberg et al., 1998 με μέση διαφορά -0,22%.
- Gallagher et al., 2000 με μέση διαφορά +0,24%.
- Martarelli et al. με μέση διαφορά -0,27%.
- Gallagher et al.1996 με μέση διαφορά -0,48%.
- Jackson&Pollock με μέση διαφορά -0,77%.
- Deurenberg et al., 1991 με μέση διαφορά +0,90%.
- Salamat et al. με μέση διαφορά +9,83%.

Αναφορικά με το **δεύτερο** κριτήριο Bland-Altman δηλαδή με τη **τυπική απόκλιση (SD)** της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής.

Για το συνολικό δείγμα:

- Gallagher et al., 2000 με τυπική απόκλιση 5,34%.
- Deurenberg et al., 1998 με τυπική απόκλιση 5,78%.
- Deurenberg et al., 1991 με τυπική απόκλιση 5,82%.
- Gallagher et al.1996 με τυπική απόκλιση 5,99%.
- Jackson&Pollock με τυπική απόκλιση 6,44%.
- Salamat et al. με τυπική απόκλιση 6,95%.

Για τους άνδρες ξεχωριστά:

Να σημειωθεί ότι οι τυπικές αποκλίσεις στο δείγμα των ανδρών ήταν σχετικά κοντά (6,33%-7,57%) και αρκετά πιο μεγάλες από αυτές των γυναικών.

- Gallagher et al., 2000 με τυπική απόκλιση 6,33%.
- Deurenberg et al., 1991 με τυπική απόκλιση 6,69%.
- Deurenberg et al., 1998 και Martarelli et al. με ίσες τυπικές αποκλίσεις, 6,73%.
- Salamat et al. με τυπική απόκλιση 6,88%.
- Gallagher et al., 1996 με τυπική απόκλιση 6,93%.
- Jackson&Pollock με τυπική απόκλιση 7,54%.

Για τις γυναίκες ξεχωριστά:

Οι τυπικές αποκλίσεις στο δείγμα των γυναικών κυμαίνονταν χαμηλότερα από αυτές στο δείγμα των ανδρών (4,34% έως 5,72%).

- Gallagher et al., 2000 με τυπική απόκλιση 4,34%.
- Martarelli et al. με τυπική απόκλιση 4,83%.
- Deurenberg et al., 1998 με τυπική απόκλιση 4,98%.
- Deurenberg et al., 1991 με τυπική απόκλιση 5,08%.
- Gallagher et al., 1996 με τυπική απόκλιση 5,13%.
- Jackson&Pollock με τυπική απόκλιση 5,37%.
- Salamat et al. με τυπική απόκλιση 5,72%.

Σύμφωνα με το **τρίτο** κριτήριο αξιολόγησης των διαγραμμάτων Bland-Altman, παρατηρούμε ότι σε κάποιες εξισώσεις υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση των σημείων να κλίνουν (**bias**) με $p<0.05$. Συγκεκριμένα, στατιστικά σημαντική κλίση (bias) βρέθηκε για τις ακόλουθες δυο εξισώσεις: Gallagher et al. 2000 (για άνδρες και γυναίκες) και Martarelli et al. (για άνδρες).

Με βάση όλα τα παραπάνω, για το δείγμα που μελετήσαμε, προκύπτει η ακόλουθη σειρά κατάταξης η οποία διαμορφώθηκε ξεκινώντας από την εξίσωση που βρέθηκε να εκτιμά καλύτερα το %BF του δείγματος και καταλήγοντας σε εκείνη που απέχει περισσότερο από τη μετρημένη με ακρίβεια τιμή.

Για το συνολικό δείγμα:

1. **Deurenberg et al., 1998**. Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,23%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (5,78%).
2. **Gallagher et al., 2000**. Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,30%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η δεύτερη μικρότερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (5,34%). Όμως, εμφανίζει κλίση (bias)

3. **Gallagher et al., 1996.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,34%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μία μέση τιμή συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (5,99%).
4. **Jackson&Pollock** . Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,78%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι υψηλή συγκριτικά με τις προαναφερόμενες εξισώσεις (6,44%).
5. **Deurenberg et al., 1991**. Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (+1,19%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μία μέση τιμή συγκριτικά με τις προαναφερόμενες εξισώσεις (5,82%).
6. **Salamat et al.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (+7,16%) ενώ η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η υψηλότερη (6,95%).

Για τους άνδρες ξεχωριστά:

1. **Deurenberg et al., 1998.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,24%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι παρόμοια με τις υπόλοιπες εξισώσεις (6,73%).
2. **Gallagher et al., 1996.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,17%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι παρόμοια με τις υπόλοιπες εξισώσεις (6,93%).

Οι δύο προαναφερόμενες είναι ισάξιες

3. **Gallagher et al., 2000**. Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,96%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρή τιμή συγκριτικά με τις προαναφερόμενες εξισώσεις (6,33%).
4. **Jackson&Pollock**. Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,79%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες εξισώσεις (7,54%).

Οι δύο προαναφερόμενες είναι σχεδόν ισάξιες

5. **Deurenberg et al., 1991**. Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (+1,57%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρή συγκριτικά με τις προαναφερόμενες εξισώσεις (6,69%).
6. **Salamat et al**. Η εξίσωση αυτή δεν είναι τόσο καλή ως προς τη μέση διαφορά (+3,65%) ενώ η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η μία μέση τιμή συγκριτικά με τις υπόλοιπες (6,88%).

7. **Martarelli et al**. Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (-3,95%) ενώ η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η μία μέση τιμή συγκριτικά με τις υπόλοιπες (6,73%). Επίσης βρέθηκε ότι εμφανίζει κλίση (bias).

Για τις γυναίκες ξεχωριστά:

1. **Gallagher et al., 2000.** Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (+0,24%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρή τιμή συγκριτικά με τις προαναφερόμενες εξισώσεις (4,34%).
2. **Deurenberg et al., 1998.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,22%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι παρόμοια με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,98%).
3. **Martarelli et al.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,27%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι παρόμοια με τις υπόλοιπες εξισώσεις (4,83%).

Οι τρείς προαναφερόμενες είναι σχεδόν ισάξιες

4. **Gallagher et al., 1996.** Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,48%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι υψηλότερη σε σχέση με τις τρεις πρώτες εξισώσεις (5,13%).
5. **Jackson&Pollock.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση διαφορά (-0,77%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις τρείς πρώτες εξισώσεις (5,37%).
6. **Deurenberg et al., 1991.** Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (+0,90%). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις τρείς πρώτες εξισώσεις (5,08%).

Οι τρείς προαναφερόμενες είναι σχεδόν ισάξιες

7. **Salamat et al.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση διαφορά (+9,83%) ενώ η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η υψηλότερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες (5,72%).

Στις γυναίκες οι μέσες διαφορές ήταν πολύ μικρές (κάτω από 1%) με εξαίρεση την εξίσωση Salamat et al., η οποία είχε πολύ μεγάλη μέση τιμή. Οι τυπικές αποκλίσεις κυμαίνονταν από 4,34% έως 5,72%. Φάνηκε επομένως πως αν και οι εξισώσεις είναι ενιαίες για τα δύο φύλα (εκτός από μία μόνο), εκτιμούν καλύτερα το %BF των γυναικών από ότι των ανδρών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο υπολογισμός του ποσοστού σωματικού λίπους (%BF) είναι ιδιαιτέρως σημαντικός στην επιστήμη της διατροφής και διαιτολογίας, τόσο για τον καθορισμό των στόχων στην αρχή κάθε παρέμβασης, όσο και για την παρακολούθηση της πορείας του διαιτώμενου. Οι επαγγελματίες υγείας οφείλουν να είναι ενημερωμένοι σχετικά με τις μεθόδους σύστασης σώματος που μπορούν να εφαρμόσουν και τα πλεονεκτήματα της καθεμίας.

Η άμεση μέτρηση του %BF με μοντέλα μοριακών τμημάτων ή ακόμη και με μία μόνο μέθοδο (π.χ BIA, BIS), δεν είναι πάντα εφικτή. Για τον προαναφερόμενο λόγο έχουν δημιουργηθεί αρκετές εξισώσεις που εκτιμούν το %BF μέσω απλών ανθρωπομετρικών μετρήσεων, όπως δερματοπτυχομετρήσεων ή διάφορων περιμέτρων σώματος.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση των διάφορων εξισώσεων εκτίμησης του %BF, μέσω της μέτρησης διάφορων περιμέτρων σώματος, στον Ελληνικό πληθυσμό και συγκεκριμένα σε τυχαίο δείγμα εθελοντών στην Κρήτη. Ως γνωστό οι μετρήσεις αυτές είναι οι ευκολότερες και οικονομικότερες από όλες τις άλλες μετρήσεις σύστασης σώματος (απαιτούν μόνο τη σωστή χρήση της μεζούρας).

Μια από τις πλέον αξιόπιστες μεθόδους για την ακριβή μέτρηση του %BF είναι η χρήση των μοριακών μοντέλων (π.χ. 3- ή 4-τμημάτων), οι οποίες εφαρμόζονται στο Εργαστήριο του Τμήματός μας. Η παρούσα μελέτη έγινε σε ένα μεγάλο τυχαίο δείγμα εθελοντών και εξετάστηκαν αρκετές από τις εξισώσεις της υπάρχουσας βιβλιογραφίας.

Τα αποτελέσματα τής παρούσας μελέτης έδειξαν ποιες εξισώσεις εκτίμησης του %BF, μέσω μέτρησης των σωματικών περιμέτρων, είναι οι εγκυρότερες όταν εφαρμόζονται σε ένα τυχαίο δείγμα πληθυσμού που κατοικεί στην Κρήτη.

Ξεκινώντας με τις εξισώσεις περιμέτρων που αφορούν στους άνδρες, εγκυρότερες βρέθηκαν οι ακόλουθες εξισώσεις:

- ***Vogel et al.,*** με σχεδόν μηδενικό μέσο σφάλμα.

Έπειτα ακολουθούν οι εξισώσεις:

- ***Taylor et al. 1 site 3D without Ht*** και
- ***Taylor et al. 1 site 3D with Ht***.

Οι δυο παραπάνω εξισώσεις είχαν μικρή διαφορά μεταξύ τους, με μέσο σφάλμα -1,19% και -1,57% αντίστοιχα. Οι τυπικές αποκλίσεις του σφάλματος και για τις τρείς εξισώσεις

κυμάνθηκε κοντά στο 4,5%.

Από τις εξισώσεις περιμέτρων που αφορούν στις γυναίκες, ως εγκυρότερες βρέθηκαν οι εξής:

- ***Taylor et al. 2 site 3D with Ht.***
- ***Taylor et al. 3 site 3D without Ht.***

  Οι οποίες είναι σχεδόν ισάξιες και των οποίων το μέσο απόλυτο σφάλμα είναι <0,5% και οι τυπικές αποκλίσεις του σφάλματος είναι περίπου 4%.

  Έπειτα ακολουθούν οι εξής εξισώσεις οι οποίες είναι περίπου ισάξιες μεταξύ τους, με μέσο απόλυτο σφάλμα <1% και τυπικές αποκλίσεις τού σφάλματος από περίπου 4% έως 4,4%:
- ***Taylor et al. 1 site 3D with Ht.***
- ***Taylor et al. 2 site 3D without Ht.***
- ***Taylor et al. 3 site 3D with Ht.***
- ***Taylor et al. 1 site 3D without Ht.***

Καταλήξαμε επομένως στο συμπέρασμα ότι οι εξισώσεις Taylor et al. 3D (με ή χωρίς ύψος 1, 2 ή 3 site) είναι έγκυρες ως προς την εκτίμηση του %BF για τις γυναίκες και είναι σχεδόν ισάξιες.

Όσον αφορά στις εξισώσεις εκτίμησης του %BF μέσω του BMI, ως εγκυρότερες (για το γενικό δείγμα ανδρών/γυναικών) βρέθηκαν να είναι η Deurenberg et al., 1998 και στη συνέχεια η Gallagher et al., 2000. Όμως, δεν ενδείκνυται η χρήση των εξισώσεων αυτών για την εύρεση του %BF με σκοπό τη διάγνωση της παχυσαρκίας, καθώς στις εξισώσεις αυτές η τιμή του %BF προέρχεται από τη συσχέτιση μεταξύ BMI και %BF, δηλαδή καθεμία τιμή BMI αντιστοιχεί σε μία μέση τιμή %BF. Ως εκ τούτου, η εκτίμηση του %BF μέσω των εξισώσεων αυτών δεν προέρχεται από μια ανεξάρτητη μέτρηση του σωματικού λίπους, αλλά από μια συσχέτιση των δυο παραμέτρων στον γενικό πληθυσμό. Σύμφωνα με τις νέες οδηγίες για την αξιολόγηση της παχυσαρκίας (Rubino et al., 2025), απαιτείται η επί τούτου μέτρηση τού %BF και σύγκρισή της με το BMI, επομένως η χρήση τής τιμής %BF που προκύπτει από το BMI μέσω οποιασδήποτε εξίσωσης δεν ενδείκνυται για τον σκοπό αυτόν.

7. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ένας περιορισμός της έρευνας όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι ο προαιρετικός χαρακτήρας των μετρήσεων των περιμέτρων στο πρωτόκολλο του εργαστηρίου, με αποτέλεσμα να μπορούμε να αξιολογήσουμε εξισώσεις που εμπεριείχαν μόνο τις συγκεκριμένες τέσσερις περιμέτρους (λαιμού, μέσης, κοιλιάς, και ισχίων) για τις οποίες είχαν γίνει οι αντίστοιχες μετρήσεις. Επομένως, αξιολογήθηκε η εγκυρότητα των εξισώσεων αυτών στο αντίστοιχο διαθέσιμο υποσύνολο του δείγματος, το οποίο για κάποιες από τις εξισώσεις ήταν σχετικά μικρό.

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Χρήσιμο θα ήταν να θεσπιστούν συγκεκριμένες ονομασίες για τις περιμέτρους κοιλιάς – μέσης, ώστε να υπάρχει ενιαία αναφορά από όλες τις ερευνητικές ομάδες που χρησιμοποιούν αυτές τις περιμέτρους, γεγονός που δυστυχώς δεν συμβαίνει και ως εκ τούτου, πολλές φορές υπάρχει σύγχυση ως προς το ποια συγκεκριμένη περίμετρος τού σώματος μετράται κάθε φορά. Παραδείγματος χάριν, συχνά συγχέεται η διαφορετικότητα μεταξύ WC και AC, δυσχεραίνοντας την εφαρμογή αρκετών εξισώσεων της βιβλιογραφίας, στις οποίες δεν αντιστοιχεί η μετρημένη περίμετρος με την ονομασία που έχουν καθορίσει οι ερευνητικές ομάδες.

Η παραπάνω περίπτωση συναντάται και σε έρευνες που αφορούν το όργανο Viscan για το οποίο μερικές από αυτές έδειξαν ότι υπερεκτιμά την περίμετρο μέσης σε σχέση με τη μεζούρα, σε αντίθεση με άλλες οι οποίες συμπέραναν πως υπάρχει εγκυρότητα στη μέτρηση αυτή. Στην πραγματικότητα όμως, το όργανο Viscan μετρά στο σημείο του ομφαλού, όπου εμφανίζεται το αποτύπωμα της δέσμης Laser και η περίμετρος αυτή αντιστοιχεί στην περίμετρο κοιλιάς (AC) και όχι στην περίμετρο μέσης (WC). Χρήσιμο θα ήταν επομένως, να μελετηθεί περαιτέρω η εγκυρότητα τού Viscan ως προς την περίμετρο αυτή, συγκρίνοντας την τιμή που δίνει το Viscan με τη μετρημένη (με μεζούρα) περίμετρο κοιλιάς (AC), της οποίας η μέτρηση γίνεται επίσης, κοντά στο σημείο του ομφαλού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bergman, R. N., Stefanovski, D., Buchanan, T. A., Sumner, A. E., Reynolds, J. C., Sebring, N. G., Xiang, A. H., & Watanabe, R. M. (2011). A better index of body adiposity. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, *19*(5), 1083–1089.

Biaggi, R. R., Vollman, M. W., Nies, M. A., Brener, C. E., Flakoll, P. J., Levenhagen, D. K., Sun, M., Karabulut, Z., & Chen, K. Y. (1999). Comparison of air-displacement plethysmography with hydrostatic weighing and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in healthy adults. *The American journal of clinical nutrition*, *69*(5), 898–903.

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research, 8(2), 135–160.*

Blue, M. N. M., Tinsley, G. M., Hirsch, K. R., Ryan, E. D., Ng, B. K., & Smith-Ryan, A. E. (2023). Validity of total body water measured by multi-frequency bioelectrical impedance devices in a multi-ethnic sample. *Clinical nutrition ESPEN*, *54*, 187–193.

Browning, L. M., Mugridge, O., Chatfield, M. D., Dixon, A. K., Aitken, S. W., Joubert, I., Prentice, A. M., & Jebb, S. A. (2010). Validity of a new abdominal bioelectrical impedance device to measure abdominal and visceral fat: comparison with MRI. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, *18*(12), 2385–2391.

Brozek, J., 1965. Methods for the study of body composition: some recent advances and developments. In: J. Brozek, ed. 1965. *Symposia of the Society for the study of Human Biology. Vol. VII. Human body composition: Approaches and applications*. London: Pergamon Press Ltd. pp. 1-29

Chen, G. C., Arthur, R., Iyengar, N. M., Kamensky, V., Xue, X., Wassertheil-Smoller, S., Allison, M. A., Shadyab, A. H., Wild, R. A., Sun, Y., Banack, H. R., Chai, J. C., Wactawski-Wende, J., Manson, J. E., Stefanick, M. L., Dannenberg, A. J., Rohan, T. E., & Qi, Q. (2019). Association between regional body fat and cardiovascular disease risk among postmenopausal women with normal body mass index. *European heart journal*, *40*(34), 2849–2855.

De Lorenzo, A., Candeloro, N., Andreoli, A., & Deurenberg, P. (1995). Determination of intracellular water by multifrequency bioelectrical impedance. *Annals of nutrition & metabolism*, *39*(3), 177–184.

DeLorenzo, A., Andreoli, A., Matthie, J. and Withers, P. (1997). Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *Journal of Applied Physiology*, 82(5), 1542-1558.

Dempster, P., & Aitkens, S. (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine and science in sports and exercise*, *27*(12), 1692–1697.

Deurenberg, P., Weststrate, J. A., & Seidell, J. C. (1991). Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *The British journal of nutrition*, *65*(2)

Deurenberg, P., Yap, M., & van Staveren, W. A. (1998). Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, *22*(12), 1164–1171.

Dulloo, A. G., Jacquet, J., Solinas, G., Montani, J. P., & Schutz, Y. (2010). Body composition phenotypes in pathways to obesity and the metabolic syndrome. *International journal of obesity (2005), 34 Suppl 2*, S4–S17.

Eastman, J. D., & Ellis, K. J. (Eds.). (1993). *Human body composition: In vivo methods, models, and assessment* (1st ed.). Springer Science+Business Media.

Eknoyan, G. (2008). Adolphe Quetelet (1796–1874)—The average man and indices of obesity. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 23(1), 47–51.

Eston, R. G., & Reilly, T. (Eds.). (2009). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data* (3rd ed.). Routledge.

Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *The American journal of clinical nutrition*, 75(3), 453–467.

Fields, D. A., Hunter, G. R., & Goran, M. I. (2000). Validation of the BOD POD with hydrostatic weighing: influence of body clothing. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, *24*(2), 200–205.

Freeborn, T. J, Milligan, A., & Esco, M. R. (2018). Evaluation of ImpediMed SFB7 BIS device for low-impedance measurements. *Measurement.129*, 20-30

Friedl, K. E., & Vogel, J. A. (1997). Validity of percent body fat predicted from circumferences: classification of men for weight control regulations. *Military medicine*, *162*(3), 194–200.

Frisancho, A. R. (1990). *Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status*. University of Michigan press.

Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *The American journal of clinical nutrition*, *72*(3), 694–701.

Gallagher, D., Visser, M., Sepúlveda, D., Pierson, R. N., Harris, T., & Heymsfield, S. B. (1996). How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups?. *American journal of epidemiology*, *143*(3), 228–239.

Going, S. B. (2005). Hydrodensitometry and air displacement plethysmography. In S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. M. Wang, & S. B. Going (Eds.), *Human body composition* (2nd ed., pp. 17-33). Human Kinetics.

Hodgdon, J. A., and M. B. Beckett. (1984).Prediction of percent body fat for U.S. Navy men from body circumferences and height. *Naval Health Research Center, San Diego, Calif.* Report No. 84-11

Ibrahim, Vironya. (2015). *Difference between waist circumference measured at different sites with a measuring tape and the Tanita Viscan AB-140M Bio- Impedance analyser (using a laser-guided light-emitting diode (LED*).. 10.13140/RG.2.1.3106.0647.

Jackson, A. S., Stanforth, P. R., Gagnon, J., Rankinen, T., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., Bouchard, C., & Wilmore, J. H. (2002). The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, *26*(6), 789–796.

Kanellakis, S., Skoufas, E., Khudokonenko, V., Apostolidou, E., Gerakiti, L., Andrioti, M. C., Bountouvi, E., & Manios, Y. (2017). Development and validation of two equations based on anthropometry, estimating body fat for the Greek adult population. Obesity.*Silver Spring, Md.*, 25(2), 408–416.

Katch, V. L., McArdle, W. D., & Katch, F. I. (2010). *Essentials of exercise physiology* (4th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Kerr, A. et al. (2015) 'Validation of bioelectrical impedance spectroscopy to measure total body water in resistance-trained males', *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(5), 494–503

Keys, A., Fidanza, F., Karvonen, M. J., Kimura, N., & Taylor, H. L. (1972). Indices of relative weight and obesity. *Journal of chronic diseases*, 25(6-7), 329-343.

Lahav, Y., Epstein, Y., Kedem, R., & Schermann, H. (2018). A novel body circumferences-based estimation of percentage body fat. *The British journal of nutrition*, *119*(6), 720–725.

Lean, M. E., Han, T. S., & Deurenberg, P. (1996). Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *The American journal of clinical nutrition*, *63*(1), 4–14.

Lohman, T. G., & Milliken, L. A. (Eds.). (2005). *ACSM's body composition assessment*. American College of Sports Medicine.

Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (Eds.). (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Human Kinetics Books.

Lohman, T.G., 1992. Advances in Body Composition Assessment (Current Issues in Exercise Science; Monograph No 3). Champaign, IL: *Human Kinetics Publishers.*

Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *The American journal of clinical nutrition*, *41*(4)

Lemoncito, M. V., Paz-Pacheco, E., Lim-Abrahan, M. A., Jasul, G. Jr., Isip-Tan, I. T., & Sison, C. M. (2010). Impact of waist circumference measurement variation on the diagnosis of metabolic syndrome. *Philippine Journal of Internal Medicine*.

Manios, Y., Kanellakis, S., Moschonis, G., Pipidis, I., Skoufas, E., & Zafiropulos, V. (2013). Estimation of abdominal fat mass: validity of abdominal bioelectrical impedance analysis and a new model based on anthropometry compared with dual-energy x-ray absorptiometry. *Menopause (New York, N.Y.)*, *20*(12), 1280–1283.

Martarelli, D., Martarelli, B., & Pompei, P. (2008). Body composition obtained from the body mass index: an Italian study. *European journal of nutrition*, *47*(8), 409–416.

Mason, C., & Katzmarzyk, P. T. (2009). Variability in waist circumference measurements according to anatomic measurement site. *Obesity* (*Silver Spring, Md.)*, 17(9), 1789–1795.

Moon, J. R., Tobkin, S. E., Roberts, M. D., Dalbo, V. J., Kerksick, C. M., Bemben, M. G., Cramer, J. T., & Stout, J. R. (2008). Total body water estimations in healthy men and women using bioimpedance spectroscopy: a deuterium oxide comparison. *Nutrition & metabolism*, *5*, 7.

Morrow, J. R., Jr, Jackson, A. S., Bradley, P. W., & Hartung, G. H. (1986). Accuracy of measured and predicted residual lung volume on body density measurement. *Medicine and science in sports and exercise*, 18(6), 647–652.

National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI). (2000). *The practical guide: Identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults* (NIH Publication No. 00-4084). National Institutes of Health.

Nickerson, B. S., Esco, M. R., Bishop, P. A., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., Fedewa, M. V., Wingo, J. E., & Welborn, B. A. (2017). Impact of Measured vs. Predicted Residual Lung Volume on Body Fat Percentage Using Underwater Weighing and 4-Compartment Model. *Journal of strength and conditioning research*, *31*(9), 2519–2527.

Norton,K.,Eston,R. (2018) Standards for Anthropometry Assessment *Kinanthropometry and Exercise Physiology*

Peterson D. D. (2015). History of the U.S. Navy Body Composition program. *Military medicine*, *180*(1), 91–96.

Pray, R., & Riskin, S. (2023). The History and Faults of the Body Mass Index and Where to Look Next: A Literature Review. *Cureus*, *15*(11), e48230.

Razi, S. M., Manish, G., Keshav, G. K., & Gupta, A. (2016). Site or size of waist circumference, which one is more important in metabolic syndrome? *International Journal of Medicine and Public Health, 6*(2), 69–72.

Rinaldo, N., & Gualdi-Russo, E. (2015). Anthropometric techniques. *Annali Online dell'Università di Ferrara, Sezione di Didattica e della Formazione docente*, 10(9), 275–289.

Ross, R., Berentzen, T., Bradshaw, A. J., Janssen, I., Kahn, H. S., Katzmarzyk, P. T., Kuk, J. L., Seidell, J. C., Snijder, M. B., Sørensen, T. I., & Després, J. P. (2008). Does the relationship between waist circumference, morbidity and mortality depend on measurement protocol for waist circumference?. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, *9*(4), 312–325.

Rubino, F., Cummings, D. E., Eckel, R. H., Cohen, R. V., Wilding, J. P. H., Brown, W. A., Stanford, F. C., Batterham, R. L., Farooqi, I. S., Farpour-Lambert, N. J., le Roux, C. W., Sattar, N., Baur, L. A., Morrison, K. M., Misra, A., Kadowaki, T., Tham, K. W., Sumithran, P., Garvey, W. T., Kirwan, J. P., … Mingrone, G. (2025). Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 13(3), 221–262.

Salamat, M. R., Shanei, A., Salamat, A. H., Khoshhali, M., & Asgari, M. (2015). Anthropometric predictive equations for estimating body composition. *Advanced biomedical research*, *4*, 34.

Schutz, Y., Sarafian, D., Miles, J. L., Montani, J. P., & Dulloo, A. G. (2012). Non-contact assessment of waist circumference: will tape measurements become progressively obsolete?. *European journal of clinical nutrition*, *66*(2), 269–272.

Shi, W., Neubeck, L., Gallagher, R (2017). Measurement matters: A systematic review of waist measurement sites for determining central adiposity. *Collegian*, 24(5), 513-523.

Siri W. E. (1993). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, *9*(5), 480–492.

Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, J. (Eds.). (2018). *Standards for anthropometry assessment*. Kinanthropometry and Exercise Physiology (4th ed., pp. 68–137). Routledge.

Tanita Corporation. (2008). *AB-140 Abdominal Fat Analyser: Instruction Manual*. Tanita Corporation.

Taylor, K. M., Castellani, M. P., Bartlett, P. M., Oliver, T. E., & McClung, H. L. (2024). Development and cross-validation of a circumference-based predictive equation to estimate body fat in an active population. *Obesity science & practice*, *10*(2), e747.

Thomas, E. L., Collins, A. L., McCarthy, J., Fitzpatrick, J., Durighel, G., Goldstone, A. P., & Bell, J. D. (2010). Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance: the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *European journal of clinical nutrition*, 64(5), 525–533.

Tinsley, G. M., Park, K. S., Saenz, C., Mehra, A., Esco, M. R., Czerwinski, S. A., & Nickerson, B. S. (2023). Deuterium oxide validation of bioimpedance total body water estimates in Hispanic adults. *Frontiers in nutrition*, *10*, 1221774.

Tran, Z. V., &Weltman, A. (1989). Generalized equation for predicting body density of women from girth measurements. *Medicine and science in sports and exercise*, *21*(1), 101–104.

Van Marken Lichtenbelt, W. D., Westerterp, K. R., Wouters, L., & Luijendijk, S. C. (1994). Validation of bioelectrical-impedance measurements as a method to estimate body-water compartments. *The American journal of clinical nutrition*, *60*(2), 159–166.

Vogel, J. A., J. W. Kirkpatrick, P. I. Fitzgerald, J. A. Hodgdon, and E. A. Harman. (1988). Derivation of anthropometry based body fat equations for the Army's weight control program. *U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, Mass.*Technical Report No. T17-88

Wagner, D. R., Heyward, V. H., & Gibson, A. L. (2000). Validation of air displacement plethysmography for assessing body composition. *Medicine and science in sports and exercise*, *32*(7), 1339–1344.

Wang, J., Thornton, J. C., Bari, S., Williamson, B., Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Horlick, M., Kotler, D., Laferrère, B., Mayer, L., Pi-Sunyer, F. X., & Pierson, R. N., Jr (2003). Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites. *The American journal of clinical nutrition*, 77(2), 379–384.

Wanger, J., Clausen, J. L., Coates, A., Pedersen, O. F., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C. P., Gustafsson, P., Hankinson, J., Jensen, R., Johnson, D., Macintyre, N., McKay, R., Miller, M. R., Navajas, D., Pellegrino, R., & Viegi, G. (2005). Standardisation of the measurement of lung volumes. *The European respiratory journal*, 26(3), 511–522.

Westat, Inc. (1998). *National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III.* National Center for Health Statistics, Centers for Disease Control and Prevention.

World Health Organization. (2008). *WHO STEPwise approach to surveillance (STEPS).* Geneva, Switzerland: World Health Organization.

World Health Organization. (2011). *Waist circumference and waist–hip ratio: Report of a WHO expert consultation, Geneva, 8–11 December 2008.* World Health Organization.

Ζαφειρόπουλος, Β.(2015). *Μέτρηση Σύστασης του Ανθρώπινου Σώματος.* Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. Ηλεκτρονι κόβιβλίο: https://repository.kallipos.gr/handle/11419/3626

Κλεισούρας, Β., Γελαδάς, Ν., & Κοσκόλου, Μ. (2015). *Εργομετρία*. Αθήνα: Broken Hills Publishers Ltd.