



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ - ΔΙΑΤΡΟΦΗ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΛΙΠΩΔΟΥΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΕΝΗΛΙΚΕΣ



ΚΗΥΔΟΚΟΝΕΝΚΟ VLADLENA (dp4521341)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΝΙΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΝΙΟΣ
ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΟΣ
ΚΩΣΤΑΡΕΛΛΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω των επιβλέποντα μου Αναπληρωτή Καθηγητή, Δρ. Μανιό Ιωάννη, για την υποστήριξη και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια ερευνητικής διαδικασίας.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στον Δρ. Κανελλάκη Σπύρο για την καθοδήγηση, την εκπαίδευση και την εμπιστοσύνη που μου παρείχε ώστε να ολοκληρωθεί η ερευνητική εργασία αυτή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλη την ερευνητική ομάδα που συμμετείχε στη μελέτη για την βοήθεια τους στη διεκπεραίωση του εργαστηριακού μέρους και για την άριστη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας.

1. Περιεχόμενα	3
1. Περιεχόμενα	3
2. Εισαγωγή	6
2.1 Η ιστορία του Δείκτη Μάζας Σώματος	7
2.2 ΔΜΣ, Λιπώδης Μάζα και Άλιπη Μάζα Σώματος	8
2.3 Σύσταση σώματος και ανθρωπομετρία	10
2.3.1 Ανάγκη μελέτης της σύστασης του σώματος	10
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση σώματος	11
2.4.1 Γενετικοί παράγοντες	11
2.4.2 Περιβαλλοντικοί παράγοντες	12
2.5 Μοντέλα Σύστασης Σώματος	14
2.5.1 Μοντέλο 2 διαμερισμάτων (2-C)	14
2.5.2 Μοντέλο 3 διαμερισμάτων (3-C)	14
2.5.3 Μοντέλο 4 διαμερισμάτων	15
2.5.4 Πολυδιαμερισματικά μοντέλα	15
2.6 Μέθοδοι Σύστασης Σώματος	16
2.6.1 Απορροφησιομετρία ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA = Dual Energy X-ray Absorptiometry)	16
2.6.2 Υδροπυκνομετρία (HD = Hydrodensitometry)	18
2.6.3 Αέρια πηλυσμογραφία	18
2.6.4 Αξονική Τομογραφία (CT = Computed Tomography) και Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI = Magnetic Resonance Tomography)	19
2.7 Βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA = Bioelectrical Impedance Analysis)	20
2.8 Ανθρωπομετρία	20
2.8.1 Δερματικές πτυχές	21
2.8.2 Σωματικές περιφέρειες	22
Βιβλιογραφικό κενό	23
3. Πειραματικό μέρος	24
3.1 Σκοπός της μελέτης	24
3.2 Μεθοδολογία	25
Τα χαρακτηριστικά του δείγματος	25
Μεθοδολογία μετρήσεων	26
Συλλογή Δεδομένων	26
Στατιστική ανάλυση	28
Εξισώσεις της βιβλιογραφίας	28
4. Αποτελέσματα	30
5. Συζήτηση των αποτελεσμάτων	37
5.1 Αξιολόγηση εξισώσεων βιβλιογραφίας	38
5.2 Μειονεκτήματα	41
6. Συμπεράσματα	42

Περίληψη

Σκοπός: Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αναπτυχθεί και να ελεγχθεί η εγκυρότητα δυο εξισώσεων προσδιορισμού του %ΣΛ σε γενικό πληθυσμό χαμηλής και μέσης φυσικής δραστηριότητας και να συγκριθούν με τις υπάρχουσες εξισώσεις στη διεθνή βιβλιογραφία.

Υλικό και Μεθοδολογία: Ανθρωπομετρικά δεδομένα από 642 ενήλικες καυκάσιας φυλής (408 γυναίκες και 234 άνδρες) συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ώστε να αναπτυχθεί και να ελεγχθεί η εγκυρότητα των δυο εξισώσεων. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η απορροφησιομετρία διπλής ενέργειας (DXA). Η εγκυρότητα κι η αξιοπιστία των μεθόδων προσδιορίστηκε με τις τεχνικές Bland Altman Test και Intraclass Correlation Coefficient.

Αποτελέσματα: Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν ήταν:

$$\Sigma\Lambda\% = -0.615 - 10.948 * \Phi + 0.321 * \text{Περ.Μ.} + 0.502 * \text{Περ.Ι.} - 0.39 * \text{Περ.Π.} - 19.768 * Y(m)$$

και

$$\Sigma\Lambda\% = -27.787 - 5.515 * \Phi - 8.419 * Y + 0.145 * \text{Περ.Μ.} + 0.270 * \text{Περ.Ι.} + 7.509 * \text{Log}\Delta.\Pi.$$

$$\Delta\iota., \text{Τρι.}, \Omega\mu. + 20.090 * \text{Log}\Delta.\Pi.\text{Μηρ.} - 0.445 * \text{Περ.Π.}$$

Στην ομάδα ελέγχου έγινε έλεγχος εγκυρότητας με την τεχνική Bland Altman η οποία έδειξε μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα (bias) -0,052 ΣΛ% και -0.148 %ΣΛ και τα όρια συμφωνίας ήταν ± 8.100 και ± 6.056 με συντελεστή συσχέτισης 0.955 και 0.976 αντίστοιχα. Τα δυο μοντέλα βρέθηκαν να είναι έγκυρα και πιο αξιόπιστα με μικρότερο διάστημα εμπιστοσύνης από τα 31 μοντέλα της βιβλιογραφίας.

Συμπεράσματα: Στη παρούσα μελέτη δυο μοντέλα αναπτύχθηκαν και ελέγχθηκαν. Το πρώτο μοντέλο είναι απλό και εύκολα εφαρμόσιμο και το δεύτερο μοντέλο είναι πιο πολύπλοκο, όμως έχει μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία. Τα δυο μοντέλα βρέθηκαν να είναι αξιόπιστα για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος και μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν στη κλινική πράξη και στην έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: Fat Mass, DXA, skinfolds, body fat percentage, equation, Hellenic Body Composition Study

*Φ : φύλο, Περ.Μ. : περιφέρεια μέσης σε cm, Περ.Ι. : περιφέρεια ισχίου σε cm, Περ.Π. : περιφέρεια πήχη σε cm, Y: ύψος σε m

Log Δ.Π. Δι.,Τρι.,Ωμ. : λογάριθμος του αθροίσματος των δερματικών πτυχών δικεφάλου, υπερλαγονίου και ωμοπλαταίου, Log Δ.Π.Μηρ. : λογάριθμος της δερματοπτυχής του μηρού

Abstract

Objective: The aim of this study was to develop, and validate two anthropometric models that estimate body fat percentage of general population of low and medium physical activity and compare it to existing models retrieved from the literature.

Subjects/Methods: Anthropometric data from 642 white adults (408men and 234women) were incorporated for the development and validation of these models. Dual energy x-ray absorptiometry was used as reference method. The comparison with other models was made using Bland-Altman analysis and intraclass correlation coefficient.

Results: The models accrued were:

$$\text{BF\%} = -0.615 - 10.948 * \text{sex} + 0.321 * \text{WC} + 0.502 * \text{HC} - 0.39 * \text{FC} - 19.768 * \text{H(m)}$$

and

$$\text{BF\%} = -27.787 - 5.515 * \text{sex} - 8.419 * \text{H} + 0.145 * \text{WC} + 0.270 * \text{HC} + 7.509 * \text{LogTSKF} + 20.090 * \text{LogsumSKF} - 0.445 * \text{FC}.$$

Bland Altman's reliability analysis on the validation cohort showed no significant bias of -0.058 and -0.148 %BF and limits of agreement ± 8.100 and ± 6.056 while the intraclass correlation coefficient was 0.955 and 0.976 respectively. The formed models were found to be valid and more reliable with narrower limits of agreement from the 31 models retrieved from the literature and were applicable to this population.

Conclusions: From the current study two models were designed and validated. A very simple and easily applicable and a second one more complicated, yet more accurate and reliable. Both were found to be reliable for the assessment of general population body composition and can be easily applied in clinical practice and research.

Key words: Fat Mass, DXA, skinfolds, body fat percentage, equation, Hellenic Body Composition Study

*Sex : sex, WC : waist circumference in cm, HC. : hip circumference in cm, FC: forearm circumference in cm , H: height in m
LogTSKF: log of biceps+ subscapular + suprailiac skinfolds. LogsumSKF: log of thigh skinfolds.

2. Εισαγωγή

Παθολογικές καταστάσεις όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, μεταβολικό σύνδρομο, καρκίνος, σακχαρώδης διαβήτης κα., σχετίζονται με το αυξημένο σωματικό βάρος και με την αυξημένη συσσώρευση σωματικού λίπους [1]. Επιπλέον, ελλιποβαρή άτομα με χαμηλά επίπεδα σωματικού λίπους τείνουν προς τη δυσθρεψία και διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο από ηλεκτρολυτικές διαταραχές, νεφρικές διαταραχές, οστεοπόρωση και μυϊκή έκπτωση [2]. Συνεπώς, η διατήρηση ενός υγιούς σωματικού βάρους και των φυσιολογικών επιπέδων του σωματικού λίπους, είναι το κλειδί για καλή υγεία και καλύτερη ποιότητα ζωής.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει ορίσει την παχυσαρκία ως «η μη φυσιολογική ή υπερβολική εναπόθεση λίπους που μπορεί να επηρεάσει την υγεία» [3]. Επιπλέον, ο ΠΟΥ κατηγοριοποιεί την παχυσαρκία χρησιμοποιώντας των Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) [3]. Ο Δείκτης Μάζας Σώματος ($\Delta\text{Μ}\Sigma : B/Y^2$, B – βάρος, Y – ύψος) είναι ένας απλός και εύχρηστος δείκτης τόσο για τον επιστήμονα υγείας, όσο και για μεγάλες επιδημιολογικές μελέτες ο οποίος μπορεί να καθορίσει το ενδεχόμενο κίνδυνο για την υγεία. Ωστόσο, για κάθε τιμή του ΔΜΣ μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στη σύσταση του σώματος. Αυτό συμβαίνει επειδή ο ΔΜΣ υπολογίζεται μόνο από το βάρος και το ύψος χωρίς να λαμβάνει υπ' όψιν τη σύσταση του σώματος (λιπώδης μάζα και άλιπη μάζα σώματος) ενός ατόμου. Κατά συνέπεια έχει χαμηλή ευαισθησία και ειδικότητα για την αξιολόγηση κινδύνων υγείας, ειδικότερα όταν αφορά τα άτομα με φυσιολογικό ή ελαφρώς αυξημένο σωματικό βάρος [4]. Οι ηλικιωμένοι, για παράδειγμα, έχουν αυξημένο σωματικό λίπος (ΣΛ) για οποιαδήποτε τιμή του ΔΜΣ σε σχέση με τους νεότερους. Επίσης, έχει φανεί ότι, συχνά τα άτομα με χαμηλό ΔΜΣ μπορεί να έχουν αυξημένο ΣΛ σε σχέση με τα άτομα με αυξημένο ΔΜΣ [5]. Αυτό συμβαίνει διότι ο ΔΜΣ δεν υπολογίζει την λιπώδη και την άλιπη μάζα σώματος (ΑΜΣ) και κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούν να δημιουργηθούν σφάλματα κατά την κατηγοριοποίηση του ελλιποβαρούς, του υπέρβαρου και του παχύσαρκου. Έτσι, ένας σημαντικός στόχος των ερευνητών είναι η ανάπτυξη αξιόπιστων και απλών για την χρήση μεθόδων για τον ακριβή προσδιορισμό του σωματικού λίπους ειδικά για εκείνους που βρίσκονται σε κίνδυνο για την υγεία.

2.1 Η ιστορία του Δείκτη Μάζας Σώματος

Ο ΔΜΣ επινοήθηκε από τον Adolphe Quetelet το 1832 [6]. Ο πιο σύγχρονος όρος «Δείκτης Μάζας Σώματος» προτάθηκε από τον Ancel Keys το 1971 [7]. Στο συγκεκριμένο άρθρο ο Keys υποστήριξε πως ο ΔΜΣ δεν είναι από τα πιο ικανοποιητικά εργαλεία για την μέτρηση της σύστασης του σώματος, αλλά είναι αρκετά εύχρηστος και γρήγορα υπολογίσιμος δείκτης για το προσδιορισμό της παχυσαρκίας [7]. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη ενός δείκτη ο οποίος θα προσδιορίζει την παχυσαρκία προήλθε λόγω της αύξησης του ποσοστού της παχυσαρκίας στις Δυτικές κοινωνίες. Ο Keys αναφέρει πως η χρήση του ΔΜΣ προορίζεται πιο πολύ για πληθυσμιακές μελέτες, παρά για την ατομική αξιολόγηση [8]. Παρ' όλα αυτά λόγω της απλότητάς του, χρησιμοποιείται ευρέως για τη διάγνωση της παχυσαρκίας [9].

Η απλότητα και η λειτουργικότητα του ορισμού για τον προσδιορισμό του υποσιτισμού και της παχυσαρκίας έχει οριστεί από τον Norgan et al., ως εξής: το σωματικό βάρος και το ύψος είναι δύο απλές ανθρωπομετρικές μετρήσεις θεμελιώδης για την φυσική περιγραφή του ατόμου ή του πληθυσμού [10]. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις έχουν το πλεονέκτημα στο ότι είναι αρκετά ακριβής (υψηλή επαναληψιμότητα) και έγκυρες. Από μόνες τους παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την μάζα και το μέγεθος του ανθρώπινου σώματος, ιδιαίτερα σε άτομα που είναι παχύσαρκα.

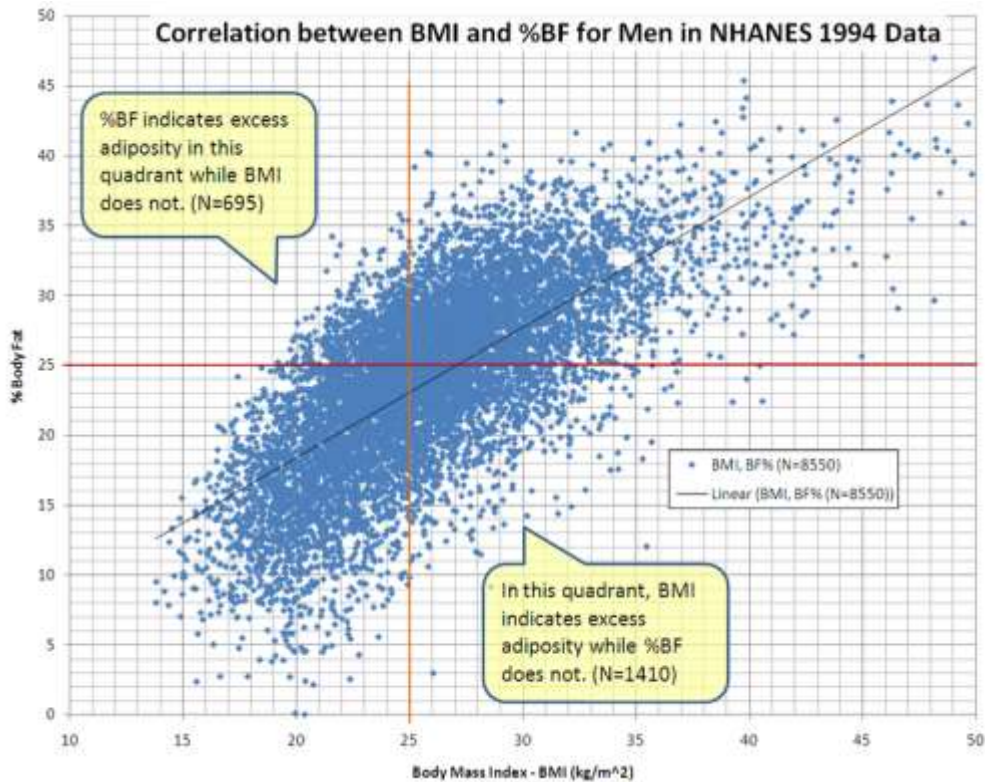
Διαφορετικά επίπεδα λίπους στο ανθρώπινο σώμα σχετίζονται με διαφορετικό επίπεδο νοσηρότητας και θνησιμότητας, για αυτόν τον λόγο υπάρχει ανάγκη για μια απλή, μη επεμβατική μέθοδο για την εκτίμηση της φυσικής κατάστασης του ατόμου. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην χρήση του ΔΜΣ για την καλύτερη παρακολούθηση του υποσιτισμού και της παχυσαρκίας και ο οποίος, κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών αποτέλεσε βάση στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) για την κατάταξη του ελλιποβαρή, φυσιολογικού βάρους, υπέρβαρου και της παχυσαρκίας [11].

Παρά το γεγονός ότι πολλές τεχνικές είναι τώρα διαθέσιμες, δεν υπάρχει μόνο μία πρότυπη μέθοδος αναφοράς για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος. Ωστόσο, πολλές από τις μεθόδους είναι ακριβείς, χρονοβόρες και μη πρακτικές για τις μεγάλες επιδημιολογικές μελέτες και στην καθημερινή κλινική πρακτική [12]. Σε αυτές τις

περιπτώσεις, ο ΔΜΣ χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος. Παρόλο που παραμένει ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης για τον προσδιορισμό της παχυσαρκίας, αρκετές μελέτες έδειξαν πως δεν υπάρχει απόλυτη συσχέτιση μεταξύ του ΔΜΣ και της παχυσαρκίας έτσι όπως αυτή μετριέται με άλλες μεθόδους σε ενήλικο πληθυσμό και ότι οι άλλοι παράγοντες όπως, η ηλικία, η φυλή, το σχήμα του σώματος και τα επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας συγχέουν την σχέση του ΔΜΣ με τα επίπεδα της παχυσαρκίας [4, 12].

2.2 ΔΜΣ, Λιπώδης Μάζα και Άλιπη Μάζα Σώματος

Ο ΔΜΣ δεν κάνει διάκριση μεταξύ της λιπώδους και ΑΜΣ. Για παράδειγμα, οι αθλητές σωματοδομικής και οι αθλητές που συμμετέχουν σε αθλήματα δύναμης και αντοχής (πυγμαχία, σφαιροβολία, πάλη κτλ.) έχουν χαμηλό ποσοστό λίπους, όμως ο ΔΜΣ τους είναι αυξημένος λόγω της αυξημένης ΑΜΣ (μυϊκή μάζα). Σε μια μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε το 2008 από τον Romero-Corral et.al. στην οποία εξετάστηκαν 13.601 άτομα (μελέτη NHANES III) διαπίστωσαν ότι ο ΔΜΣ ο οποίος ορίζει την παχυσαρκία ($\Delta\text{ΜΣ} > 30$) αντιπροσώπευε μόνο το 21% των ανδρών και 31% των γυναικών, ενώ η μέτρηση του σωματικού λίπους αντιπροσώπευε 50% των αντρών και 62% των γυναικών. Επιπλέον, φάνηκε πως το ενδιαμέσο εύρος του ΔΜΣ (20-30) αντιστοιχεί σε ένα ευρύ φάσμα των ποσοστών του σωματικού λίπους. Για τους άνδρες με ΔΜΣ από 25 και πάνω, περίπου 20% είχαν ένα %ΣΛ κάτω από 20% και περίπου τα 10% είχαν %ΣΛ πάνω από 30% (Εικόνα 1) [13].



Εικόνα 1.

Δείχνει τη συσχέτιση μεταξύ του ΔΜΣ και του ποσοστού σωματικού λίπους (ΣΛ) για 8550 άνδρες στην μελέτη NHANES'NCHS, δεδομένα του 1994. Τα δεδομένα στην επάνω αριστερά και κάτω δεξιά τεταρτημόρια δείχνουν κάποιους περιορισμούς του ΔΜΣ.

<http://www.nature.com/ijo/journal/v32/n6/full/ijo200811a.html>

Όταν ο ΔΜΣ χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος, οι διακρίσεις αυτές είναι αδύνατον να γίνουν. Όπως για παράδειγμα, οι ηλικιωμένοι που δεν είναι παχύσαρκοι, η ακούσια απώλεια της λιπώδους μάζας τους σχετίστηκε με την μειωμένη θνησιμότητα, ενώ η απώλεια της ΑΜΣ συσχετίστηκε με αυξημένη θνησιμότητα [14]. Η σύσταση του σώματος αλλάζει αρκετά με την πάροδο του χρόνου και αυτό μπορεί να έχει σοβαρό αντίκτυπο στην ερμηνεία των ανθρωπομετρικών δεδομένων στα άτομα τρίτης ηλικίας. Ηλικιωμένα άτομα σε σχέση με τα νεότερα είναι κοντύτερα είτε λόγω της συρρίκνωσης της σπονδυλικής στήλης, είτε σπονδυλικής οστικής απώλειας, κύφωσης και σκολίωσης [15], ως αποτέλεσμα αυτών, ο ΔΜΣ στους ηλικιωμένους μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Επιπλέον, με την αύξηση της ηλικίας, το ποσοστό της ΑΜΣ μειώνεται, μια διαδικασία που ονομάζεται σαρκοπένια [16]. Σαρκοπένια μπορεί να έχει κάποιος λόγω αύξησης του ΣΛ αλλά με σταθερό το βάρος [17, 18]. Οι μελέτες δείχνουν πως τα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας έχουν, κατά μέσο όρο,

μεγαλύτερο ΣΛ% σε σχέση με τους νεότερους σε οποιαδήποτε τιμή του ΔΜΣ [19]. Επομένως, ο υπολογισμός του ΔΜΣ υποεκτιμά το %ΣΛ στους ηλικιωμένους [20].

Ένας άλλος πιθανός περιορισμός του ΔΜΣ έγκειται στο ότι δεν προσδιορίζει την κατανομή του σωματικού λίπους. Η αυξημένη συσσώρευση του κοιλιακού λίπους, σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στην συσσώρευση του σπλαχνικού (ενδοκοιλιακού) λίπους. Η διαφορετική εναπόθεση του σωματικού λίπους παίζει σημαντικό ρόλο στην πρόβλεψη των μεταβολικών διαταραχών. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι το κοιλιακό λίπος, ανεξάρτητα από τον βαθμό της παχυσαρκίας, σχετίζεται με μεταβολικές διαταραχές και αυξημένο κίνδυνο για τη νόσο [21, 22]. Τέλος, οι διακρίσεις αυτές έχουν μεγάλη σημασία στον προσδιορισμό της παχυσαρκίας σε μεγάλες πληθυσμιακές μελέτες.

2.3 Σύσταση σώματος και ανθρωπομετρία

Η σύσταση του σώματος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αντανακλά το επίπεδο υγείας του οργανισμού και η παρακολούθηση των αλλαγών αυτής έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον επιστήμονα υγείας. Η παρακολούθηση των αλλαγών στη σύσταση του σώματος είναι απαραίτητη για την κατανόηση και τον καθαρισμό των μηχανισμών με τους οποίους οι περιβαλλοντικοί και γενετικοί παράγοντες επηρεάζουν τη σύσταση επιμέρους συστατικών του σώματος. Τέλος, η μελέτη της σύστασης σώματος αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της διατροφικής αξιολόγησης ενός ατόμου ή ενός πληθυσμού, καθώς οι αλλαγές της συνδέονται άμεσα με την υγεία, τη γήρανση, την πορεία μίας νόσου και τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας μιας θεραπευτικής ή διαιτητικής αγωγής [23].

2.3.1 Ανάγκη μελέτης της σύστασης του σώματος

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο προσδιορισμός του ΣΛ έχει μεγάλη σημασία στην κλινική πράξη για την εκτίμηση κινδύνου υγείας. Επιπλέον, ο τακτικός έλεγχος της σωματικής σύστασης σε ασθενείς μπορεί να δώσει απαντήσεις αναφορικά με την αλληλεπίδραση της νόσου με το μεταβολικό ρυθμό. Επιπρόσθετα μπορεί να δώσει κατευθυντήριες γραμμές για τον τύπο της διατροφικής παρέμβασης και του προγράμματος άσκησης για την αντιμετώπιση τόσο της νόσου όσο και συνοδών

καταστάσεων. Τέλος μπορεί να είναι και ένα πολύ καλό εργαλείο κινητοποίησης στην προσπάθεια απώλειας βάρους [24].

Ο αξιόπιστος κι έγκυρος έλεγχος του σωματικού βάρους αλλά και της σύστασης σώματος είναι, επίσης, σημαντικός για τους αθλητές. Υπάρχουν αθλήματα όπως η πάλη, η σωματοδομική, το τζούντο, τα αγωνίσματα δρόμου, η πυγμαχία, η κολύμβηση κλπ, όπου η κατάλληλη σύσταση της σωματικής μάζας δύναται να ενισχύσει την απόδοση και τις επιδόσεις του αθλητή είτε δρώντας προστατευτικά κάποιες φορές (πχ πυγμαχία) είτε επιβαρυντικά (πχ αγωνίσματα δρόμου ως επιπλέον φορτίο).

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση σώματος

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος επηρεάζεται τόσο από γενετικούς παράγοντες όπως το φύλο, η ηλικία, η φυλή, το σωματικό μέγεθος, οι ορμόνες όσο κι από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η διατροφή, η φυσική δραστηριότητα αλλά και νοσογόνες καταστάσεις.

2.4.1 Γενετικοί παράγοντες

Οι κυριότεροι γενετικοί παράγοντες που πραγματοποιούν αλλαγές στη σύσταση του ανθρώπινου σώματος είναι το φύλο και η ηλικία.

Οι διαφορές στη σύσταση του ανθρώπινου σώματος παρατηρούνται από την εμβρυική ηλικία, όμως αρχίζουν να διακρίνονται στην εφηβεία. Κατά τη νεογνική περίοδο τα αγόρια έχουν ελαφρώς μεγαλύτερο ποσοστό άλιπης μάζας σε σχέση με τα κορίτσια. Οι διαφορές αυτές παραμένουν ίδιες μέχρι και την παιδική ηλικία. Ωστόσο, στις γυναίκες η ωρίμανση και η μετάβαση από παιδική ηλικία στην εφηβική γίνεται πιο γρήγορα, ενώ τα αγόρια έχουν μια σημαντικά μεγαλύτερη περίοδο ανάπτυξης. Μετά την εφηβεία, οι ενήλικοι άνδρες έχουν περισσότερη μυϊκή μάζα στα άνω άκρα, πιο δυνατά και μακριά οστά, χαμηλότερο ποσοστό λίπους στα άκρα αλλά παρόμοια συσσώρευση λίπους στην κοιλιακή χώρα σε σχέση με τις γυναίκες. Οι νεαρές ενήλικες γυναίκες έχουν μεγαλύτερη κατανομή λίπους στην περιφέρεια. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου και κατά την εμμηνόπαυση, εμφανίζουν ανδρικού τύπου κατανομή του λιπώδους ιστού [25].

Ο διμορφισμός αυτός μεταξύ των δύο φύλων οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη δράση των φυλετικών στεροειδών ορμονών κατά την εφηβική περίοδο. Παραδείγματος χάριν τα οιστρογόνα είναι απαραίτητα για την κατανομή του λίπους και την ανάπτυξη των οστών. Επίσης, χαμηλά επίπεδα τεστοστερόνης, που εμφανίζονται φυσιολογικά με το γήρας, σχετίζονται με την εναπόθεση λίπους στον άνω κορμό εξαιτίας διαφοροποίησης της κατανομής ανδρογονικών υποδοχέων στο λιπώδη ιστό [25].

Αρκετές μελέτες εξέταζαν και την επίδραση της φυλής στη διαφοροποίηση της σωματικής σύστασης. Οι Heyward και Wagner [26] αναφέρουν ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ λευκών και μαύρων ατόμων. Συγκεκριμένα, παρατήρησαν ότι οι μαύροι έχουν αυξημένη οστική πυκνότητα και σωματική πρωτεΐνη σε σχέση με τους λευκούς, άρα και υψηλότερη πυκνότητα ΑΜΣ. Επίσης, ο Vissel et.al., [27] υπολόγισαν το ποσοστό λίπους σε 668 μαύρους και λευκούς άνδρες και γυναίκες με το μοντέλο τεσσάρων διαμερισμάτων. Από την ανάλυσή τους προέκυψε ότι το κλάσμα μετάλλων της άλιπης μάζας ήταν σημαντικά υψηλότερο στους μαύρους (γυναίκες κι άνδρες). Εξάλλου, οι φυλετικές διαφορές αναφορικά με τη σύσταση σώματος επηρεάζουν και κλινικούς δείκτες. Για παράδειγμα η κατανομή του σπλαγχνικού λίπους φαίνεται να είναι διαφορετική μεταξύ λευκών και μαύρων ατόμων [28]. Όσον αφορά την ολική λιπώδη μάζα σώματος, οι μαύρες γυναίκες και παιδιά φάνηκε να έχουν λιγότερο ενδοκοιλιακού λίπους σε σύγκριση με τις λευκές γυναίκες και παιδιά που έχουν μικρότερη κατανομή με τη μορφή υποδόριου λίπους [29].

2.4.2 Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Οι διατροφικές συνήθειες, το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας και η εμφάνιση ασθενειών είναι οι παράγοντες που επηρεάζονται από το περιβάλλον και ευθύνονται για τις αλλαγές στο σώμα ενός ατόμου.

Διαθεσιμότητα των τροφίμων και το μέγεθος της μερίδας

Ένας από τους τρόπους με τον οποίο το περιβάλλον προάγει την αύξηση της παχυσαρκίας είναι η αυξημένη ενεργειακή πρόσληψη. Η πρόσβαση σε μεγάλες ποσότητες τροφίμων, ποικιλία, μικρό κόστος και εύκολη προσβασιμότητα οδηγούν

εύκολα στην παχυσαρκία. Επιπλέον, αύξηση στη συχνότητα κατανάλωσης τροφής εκτός σπιτιού (εστιατόρια, fast-food καταστήματα κτλ.) έχει μια αναμφισβήτητα σημαντική επίδραση στη διατροφική συμπεριφορά [30]. Ένας άλλος παράγοντας που οφείλεται στην κατανάλωση έτοιμου φαγητού, είναι εν μέρει το γεγονός ότι οι περισσότερες γυναίκες πλέον εργάζονται, με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερο διαθέσιμο χρόνο για την παρασκευή των τροφίμων [30].

Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες

Αυξημένη τηλεθέαση έχει αναφερθεί ως ένας από τους παράγοντες που ευθύνεται για την καθιστική συμπεριφορά του ατόμου και την μειωμένη φυσική δραστηριότητα [31]. Επιπλέον οι αλλαγές στο εργασιακό περιβάλλον (καθιστική εργασία) και τρόποι μεταφοράς (αυτοκίνητο, μέσα μαζικής μεταφοράς έχουν συμβάλει σημαντικά στην τάση προς χαμηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας [32].

Η φυσική δραστηριότητα είναι ένας συμπεριφορικός παράγοντας που έχει επίδραση τόσο στη ΛΜΣ όσο και στην ΑΜΣ. Οι αλλαγές στη σύσταση σώματος εξαρτώνται από τη συχνότητα, τον τύπο και την ένταση της άσκησης [33].

Ενδεχομένως, οι αλλαγές στη σύσταση του σώματος μπορεί να προκύψουν ανάλογα με τις διατροφικές συνήθειες και την φυσική δραστηριότητα που έχει υιοθετήσει ένα άτομο στα πλαίσια θετικού ή αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου. Ωστόσο, οι διατροφικές συνήθειες τις περισσότερες φορές συνδέονται άμεσα με την φυσικής δραστηριότητας του ατόμου. Για παράδειγμα, οι αθλητές και οι ασκούμενοι ακολουθούν υπερθερμιδική διατροφή, για να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις ενεργειακές ανάγκες της προπόνησης. Πάρ' όλα αυτά, το σωματικό τους βάρος παραμένει σταθερό, αυξάνουν τη μυϊκή μάζα και μειώνουν τα επίπεδα σωματικού λίπους. Με άλλα λόγια, η φυσική δραστηριότητα είναι ένας παράγοντας με μεγάλη επίδραση στη σύσταση του ανθρώπινου σώματος [34].

Τέλος, οι διάφορες παθήσεις μπορούν να επηρεάσουν τη σύσταση του σώματος. Υπάρχουν καταστάσεις υγείας που μπορούν να οδηγήσουν μακροπρόθεσμα σε μειωμένο ενεργειακό ισοζύγιο (π.χ. καρκίνος) με συνέπεια την έκπτωση τόσο της λιπώδους όσο και της άλιπης μάζας. Επιπλέον, μεταβολές παρατηρούνται και στα εξωκυττάρια υγρά (πχ οίδημα) που μπορεί να οδηγήσουν και σε ψευδή εικόνα ποσοστού ΑΜΣ [35]. Οι

μεταβολές στα ενδοκυττάρια υγρά δεν είναι τόσο ορατές, ωστόσο παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αποτελούν δείκτη αξιολόγησης της υγείας του κυττάρου [36].

2.5 Μοντέλα Σύστασης Σώματος

Με βάση τα μοντέλα σύστασης σώματος, το σώμα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης όπως το ατομικό, το μοριακό, το κυτταρικό, το επίπεδο ιστών, ή και το επίπεδο ανάλυσης ολόκληρου του σώματος. Το κάθε μοντέλο σύστασης σώματος καθώς και η κάθε μέθοδος ανάλυσης σύστασης σώματος που βασίζεται σε κάποιο μοντέλο, έχει τα πλεονεκτήματά του και τα μειονεκτήματά του, καθώς και συγκεκριμένες εφαρμογές. Επομένως, για την έγκυρη αξιολόγηση της σύστασης του σώματος, χρειάζεται επιλογή του κατάλληλου μοντέλου καθώς και της μεθόδου ανάλυσης σύστασης σώματος, που να μπορεί να ανιχνεύσει τις αλλαγές αυτές [23].

2.5.1 Μοντέλο 2 διαμερισμάτων (2-C)

Το μοντέλο των δυο διαμερισμάτων, το οποίο χρησιμοποιείται πάνω από 50 χρόνια στις μελέτες της σύστασης του σώματος, συνεχίζει και παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση των νέων τεχνικών που έχουν ως επίκεντρο την εκτίμηση του ΣΛ. Βασίζεται στην μέτρηση της σωματικής πυκνότητας, πάνω στο οποίο βασίστηκαν οι Behnke et al [37] όταν δημιούργησαν το πρώτο μοντέλο δυο διαμερισμάτων λεγόμενο υδροπυκνόμετρία. Κατ' αυτό το μοντέλο, υπάρχει μια ανάλογη σχέση μεταξύ σωματικής πυκνότητας και λιπώδους μάζας, όπου το υπερβάλλον σωματικό λίπος είναι αυτό που επηρεάζει την πυκνότητα. Οι υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζεται η εφαρμογή του μοντέλου των 2 τμημάτων είναι ότι οι πυκνότητες ΑΜΣ και ΛΜΣ είναι σταθερές (1.100 και 0.900 g/cm³ αντίστοιχα) και ότι τα επιμέρους συστατικά της ΑΜΣ είναι επίσης σταθερά μεταξύ τους [38].

2.5.2 Μοντέλο 3 διαμερισμάτων (3-C)

Το βασικότερο μειονέκτημα της εφαρμογής των μεθόδων εκτίμησης σύστασης σώματος, που βασίζονται στο μοντέλο των δυο διαμερισμάτων, είναι ότι δεν

ποσοτικοποιούν την ολική πρωτεΐνη σώματος ή το ολικό νερό σώματος, αλλά ούτε και την οστική μεταλλική μάζα. Για να μειωθούν λοιπόν οι περιορισμοί που προκύπτουν με το μοντέλο των δυο διαμερισμάτων, ακολούθησε η διαμόρφωση του μοντέλου των τριών διαμερισμάτων. Το συγκεκριμένο μοντέλο διακρίνει το σώμα σε λίπος, μέταλλα και σταθερή αναλογία νερού και μετάλλων. Φάνηκε πως το μοντέλο 3-C είχε καλύτερα αποτελέσματα όταν εφαρμόστηκε σε υγιούς ενήλικες και παιδιά. Ωστόσο, σε ασθενείς με σημαντική έκπτωση στη σωματική πρωτεΐνη ή/και στα μέταλλα των οστών η τελική εκτίμηση του ΣΛ ήταν ανακριβείς [39]

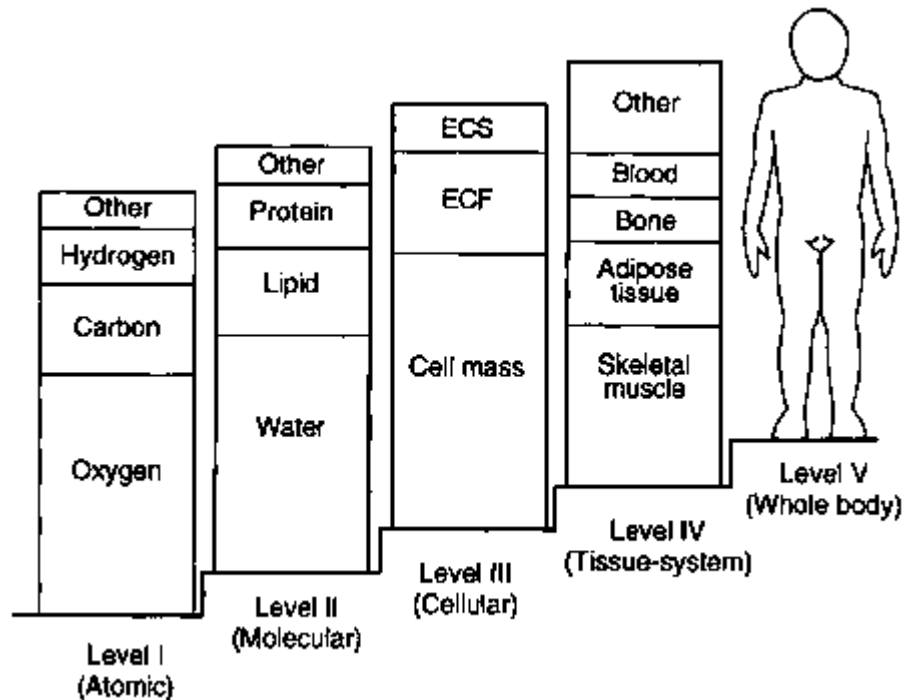
2.5.3 Μοντέλο 4 διαμερισμάτων

Για την μέτρηση του σωματικού λίπους από την πυκνότητα, σε περιπτώσεις όπου η υδάτωση και το περιεχόμενο των μετάλλων ποικίλουν, χρειάζεται να εφαρμόζονται εξισώσεις 4 διαμερισμάτων. Το μοντέλο αυτό διακρίνει το σώμα σε λίπος, νερό, μέταλλα και πρωτεΐνες. Ωστόσο, για να υπάρχουν τα δεδομένα των επιμέρους συστατικών του σώματος, θα πρέπει να γίνουν επιπλέον μετρήσεις όπως η ανάλυση ενεργοποίησης νετρονίων για την πρωτεΐνη του σώματος και απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA) για οστική πυκνότητα [40].

2.5.4 Πολυδιαμερισματικά μοντέλα

Ο Wang et.al. μετά από ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των τελευταίων 50 χρόνων, παρουσιάζει την εξέλιξη των μοντέλων της σύστασης σώματος, ξεκινώντας από το μοντέλο των 2 διαμερισμάτων έως και το μοντέλο των 4 διαμερισμάτων. Στη συνέχεια, συγκέντρωσε όλες τις πληροφορίες και παρουσίασε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο των 5 διαμερισμάτων [41]. Το μοντέλο αυτό έχει γίνει πρότυπο στη μελέτη της σύστασης του σώματος, διότι οργανώνει περισσότερα από 30 διαφορετικά συστατικά σε 5 ξεχωριστά επίπεδα : ατομικό, μοριακό, κυτταρικό, σύστημα ιστών και ολικό σώμα (Εικόνα 2.). Μια σημαντική παράμετρος στο μοντέλο των πέντε διαμερισμάτων είναι ότι τα συστατικά των επιπέδων υψηλότερης οργάνωσης, δομούνται από τα συστατικά των χαμηλότερων επιπέδων. Τέλος, το συγκεκριμένο μοντέλο παρέχει όλες τις απαραίτητες

μετρήσεις για τη δημιουργία νέων εξισώσεων, έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει σφάλματα σε μια μελέτη της σύστασης του σώματος και προτείνει νέες ενδιαφέρουσες ερευνητικές κατευθύνσεις [39].



Εικόνα 2. Μοντέλο πέντε διαμερισμάτων

<http://www.nzdl.org/>

2.6 Μέθοδοι Σύστασης Σώματος

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται οι πιο πρόσφατες και συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αξιολόγησης και εκτίμησης της σύστασης σώματος.

2.6.1 Απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA = Dual Energy X-ray Absorptiometry)

Με την μέθοδο DEXA μπορούμε να αξιολογήσουμε ποσοτικά και με μεγάλη ακρίβεια την σύσταση του σώματος. Παρότι η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας ασθενών με οστεοπόρωση, σήμερα αποτελεί την μέθοδο αναφοράς για την αξιολόγησης της σωματικής σύστασης , δίνοντας πληροφορίες

για τα επίπεδα της άλιπης και της λιπώδους σωματικής μάζας [42]. Η μέθοδος στην οποία βασίζεται η τεχνολογία του DXA είναι η εξασθένηση των ακτίνων X, με υψηλή και χαμηλή ενέργεια φωτονίων, είναι ποσοτικά μετρήσιμη και εξαρτάται από το πάχος, την πυκνότητα και τη χημική σύνθεση του υπό εξέταση ιστού. Η δόση, που λαμβάνει ο δοκιμαζόμενος, είναι εξαιρετικά μικρότερη από το 1/10 της δόσης, που λαμβάνει κανείς από μία ακτινογραφία θώρακος, και μικρότερη από την ημερήσια δόση ακτινοβολίας, που ακούσια λαμβάνει κάθε άτομο από το περιβάλλον. Στα σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνονται η υψηλή ακρίβεια και επαναληψιμότητα, ο τμηματικός έλεγχος της σωματικής σύστασης και η αξιολόγηση της κατάστασης θρέψης σε παθολογικές περιπτώσεις και αναπτυξιακές διαταραχές [43] κάτι που καθιστά τη μέθοδο DXA κατάλληλη μέθοδο για χρήση σε μελέτες στις οποίες απαιτείται η μέτρηση μικρών αλλαγών στη σύσταση σώματος. Ωστόσο, στα παχύσαρκα άτομα η μέθοδος DEXA παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς. Αρχικά, η επιφάνεια σάρωσης της μεθόδου είναι σχετικά μικρή (200 cm x 60 cm) και συνεπώς ανεπαρκής για άτομα με νοσογόνο παχυσαρκία. Άλλο μειονέκτημα είναι η επίδραση του πάχους των γύρω ιστών στην εκτίμηση της λιπώδους μάζας. Επίσης, σ' ότι αφορά το ενδοκοιλιακό λίπος, η μέθοδος DEXA δεν μπορεί να διαφοροποιήσει το υποδόριο από το ενδοσπλαγχνικό λίπος ούτε να υπολογίσει την συνολική επιφάνειά του σε αντίθεση με την αξονική ή μαγνητική τομογραφία. Τέλος, η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ακριβή και δεν επιτρέπει την συχνή κλινική εφαρμογή της [42].



Εικόνα 3. Απεικόνιση του μηχανήματος DXA

<http://www3.gehealthcare.com/>

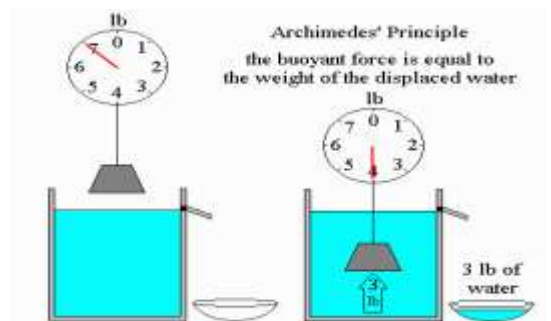
2.6.2 Υδροπυκνομετρία (HD = Hydrodensitometry)

Η πυκνομετρία είναι μια μέθοδος μέτρησης του όγκου σώματος του εξεταζόμενου για τον υπολογισμό της ολικής πυκνότητας του σώματος του, που προκύπτει από το λόγο της σωματικής μάζας (BD = Body Mass) προς το σωματικό όγκο (BV = Body Volume).

Η πυκνότητα του σώματος υπολογίζεται με την υδροπυκνομετρία (HD, υποβρύχια ζύγιση), είναι μια τεχνική η οποία υπολογίζει τη σύσταση του σώματος, χρησιμοποιώντας το σωματικό βάρος (Mw), τον όγκο του σώματος και τον υπολειπόμενο πνευμονικό όγκο του.

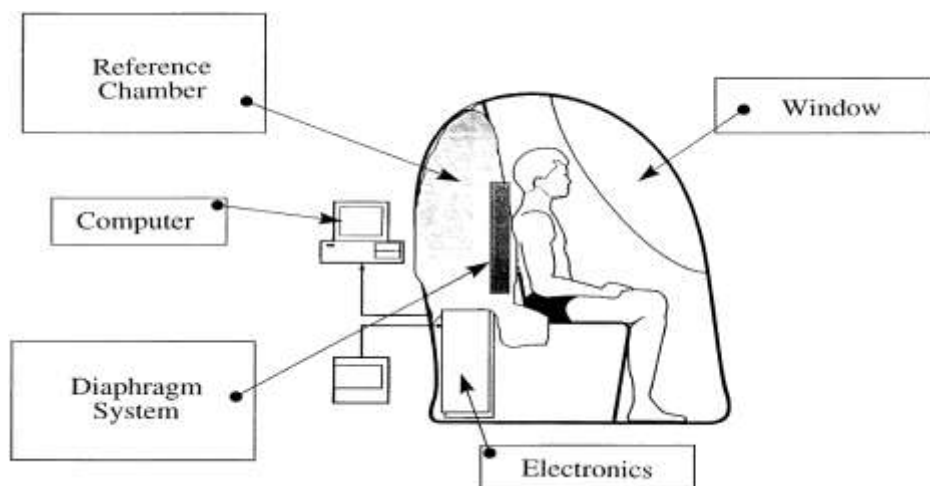
Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η μη επεμβατικότητα της και η καλή επαναληψιμότητα, ενώ στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται το υψηλό κόστος εξοπλισμού, η αδυναμία πρακτικής εφαρμογής σε ηλικιωμένους, σε παιδιά και σε άτομα με προβλήματα υγείας [44].

Εικόνα 4. Αρχή του Αρχιμήδη: η άνωση ισούται με το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού



2.6.3 Αέρια πηλομετρία

Η συγκεκριμένη μέθοδος μετρά τον όγκο και την πυκνότητα του σώματος, που τα τελευταία χρόνια τείνει να αντικαθιστά την υδροπυκνομετρία. Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην εφαρμογή του νόμου των αερίων με τον οποίο ο όγκος ενός αερίου που συμπιέζεται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της πίεσης. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της πυκνότητας σώματος σε ποσοστό λίπους είναι ίδιες με τις υδροπυκνομετρίας [38, 45].



Εικόνα 5. Αέρια πληθυσμογραφία με BODPOD

<http://physrev.physiology.org/content/80/2/649>

Η αέρια πληθυσμογραφία έχει δείξει μεγάλη ακρίβεια σε παιδιά [46, 47] και είναι αποδεκτή από την ηλικία των τεσσάρων ετών. Επιπλέον, τείνει να υπερεκτιμά τη λιπώδη μάζα σε σχέση με το DXA σε υγιείς ηλικιωμένους [48]. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων της μεθόδου είναι η απλή χρήση του μηχανήματος, η γρήγορη μέτρηση, η μη καταβύθιση στο νερό και το γεγονός ότι είναι κατάλληλη για ειδικές ομάδες ατόμων όπως είναι οι έγκυες, οι υπερήλικες, τα παιδιά και άτομα με σωματικές αναπηρίες [23].

2.6.4 Αξονική Τομογραφία (CT = Computed Tomography) και Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI = Magnetic Resonance Tomography)

Οι απεικονιστικές μέθοδοι, όπως αξονική και μαγνητική τομογραφία αντιπροσωπεύουν νέες τεχνικές για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος. Δυστυχώς οι συγκεκριμένες μέθοδοι συχνά δεν είναι πρακτικές για τα παχύσαρκα άτομα. Συγκεκριμένα η CT μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα παχύσαρκα άτομα, όμως εκπέμπει υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας και, ως εκ τούτου, είναι ακατάλληλη για την εκτίμηση της συνολικής σύστασης του σώματος. Επομένως, χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ενδοκοιλιακού λίπους. Η MRI από την άλλη, τις περισσότερες φορές δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα παχύσαρκα άτομα, όμως μπορεί να γίνει εκτίμηση της σύστασης του σώματος σε άτομα με φυσιολογικό βάρος ή ελαφρώς υπέρβαρα. Οι δυο αυτές μέθοδοι

είναι χρονοβόρες και απαιτούν ειδικό λογισμικό για να παρέχουν πληροφορίες για τη ΛΜΣ και ΑΜΣ [49].

Εκτός από τις απεικονιστικές δυνατότητες, Η CT δίνει τη δυνατότητα για διαχωρισμό του σώματος σε μυϊκό, λιπώδη και οστίτη ιστό αλλά και τμηματικά. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την εκτίμηση της ΑΜΣ ή τη λιπώδη διήθηση [50, 51].

2.7 Βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA = Bioelectrical Impedance Analysis)

Βιοηλεκτρική εμπέδηση είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος εκτίμησης της σύστασης του σώματος βασισμένη σε μοντέλο δυο διαμερισμάτων. Κατά την μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης εφαρμόζεται μικρής έντασης εναλλασσόμενο ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα και μετράτε η αγωγιμότητα του. Είναι μια μη παρεμβατική και γρήγορη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος και υπολογίζει τη ΛΜΣ και ΑΜΣ.

Η εκτίμηση του ΣΛ σε παχύσαρκο πληθυσμό με τη μέθοδο BIA είναι δύσκολη, διότι αυτά τα άτομα έχουν υπερβάλλον σωματική μάζα, αυξημένα υγρά του σώματος, είναι λιγότερο ενυδατωμένοι και το κλάσμα ενδοκυττάριου/εξωκυττάριου υγρού είναι αυξημένο [52].

Συνοψίζοντας, τα πλεονεκτήματα της BIA μπορούμε να πούμε ότι είναι ασφαλής, γρήγορη, εύχρηστη, ανώδυνη, εύκολα αποδεκτή από τον εξεταζόμενο και είναι σχετικά φτηνή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις μεγάλης κλίμακας μελέτες. Το σφάλμα της μεθόδου δεν υπερβαίνει το 2 – 3%. Η εγκυρότητα της μεθόδου επηρεάζεται από το φύλο, την ηλικία, την κατάσταση υγείας, τη φυλή, την εθνικότητα, την αυστηρή τήρηση του πρωτοκόλλου (αποχή από φυσική δραστηριότητα, φαγητό και ποτό 3 – 4 ώρες πριν την εξέταση) [53].

2.8 Ανθρωπομετρία

Η ανθρωπομετρία θεωρείται από τις πιο βασικές μεθόδους για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος [54]. Επιπλέον, υπολογίζει τη μάζα του σώματος, το

μέγεθος, το σχήμα και το ΣΛ. Η ανθρωπομετρία αποτελεί εύχρηστη και χαμηλού κόστους μέθοδος εκτίμησης του σώματος. Ωστόσο, υπάρχει κίνδυνος συστηματικού σφάλματος σε περίπτωση μη τήρησης πρωτοκόλλου μέτρησης, όσο αφορά τους εξεταζόμενους, και μειωμένης τεχνικής επιδεξιότητας, όσο αφορά τον εξεταστή.

2.8.1 Δερματικές πτυχές

Η μέτρηση των δερματικών πτυχών είναι ο έμμεσος τρόπος μέτρησης του υποδόριου λιπώδους ιστού σε οποιαδήποτε περιοχή του σώματος. Οι περισσότερες εξισώσεις χρησιμοποιούν δυο ή περισσότερες δερματοπτυχές για την πρόβλεψη είτε σωματικής πυκνότητας, είτε %ΣΛ. Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από τις δεξιότητες του εξεταστή, το είδος του δερματοπτυχόμετρου και τη τήρηση του πρωτοκόλλου μέτρησης.



Εικόνα 5. Μέτρηση με δερματοπτυχόμετρο

<http://www.harpenden-skinfold.com/measurements.html>

Οι μετρήσεις καλύτερα να μην πραγματοποιούνται αμέσως μετά την άσκηση λόγω της πιθανής συσσώρευσης του εξωκυττάριου υγρού (οίδημα) στον υποδόριο ιστό. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος στα παιδιά και ενηλίκους διαφορετικής εθνικότητας, καθώς και στους αθλητές [55, 56].

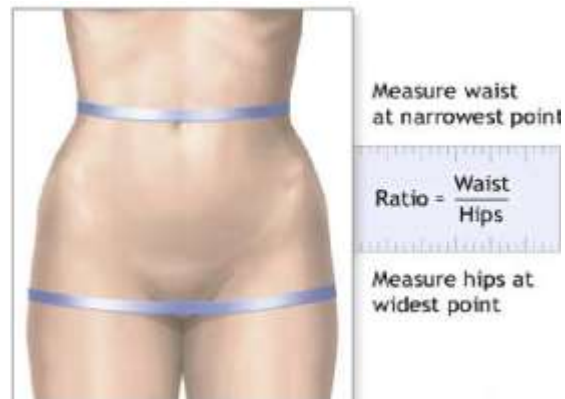
Η αρχή της μεθόδου αναφέρει ότι ο υποδόριος λιπώδης ιστός είναι αντιπροσωπευτικός του ολικού σωματικού λίπους. Η μέτρηση του πάχους του υποδόριου λιπώδους ιστού πραγματοποιείται με το δερματοπτυχόμετρο. Είναι μη επεμβατική και σχεδόν καθόλου επίπονη μέθοδος. Το δερματοπτυχόμετρο είναι φορητό, απλό, εύχρηστο και συνήθως έχει χαμηλό κόστος.

Ωστόσο, περιλαμβάνει και κάποιους περιορισμούς που μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένα αποτελέσματα. Αν και είναι μια εξαιρετική μέθοδος για την εκτίμηση του υποδόριου λίπους σε άτομα φυσιολογικού σωματικού βάρους (ΣΒ) και σε αθλητές, είναι δύσκολο να γίνουν αξιόπιστες και ακριβείς μετρήσεις σε ηλικιωμένους με χαλαρό συνδετικό ιστό και σε παχύσαρκα άτομα λόγω της αδυναμίας ψηλάφησης της πτυχής [57].

2.8.2 Σωματικές περιφέρειες

Η Ανθρωπομετρία αναφέρεται στη μέτρηση του μεγέθους και των περιφερειών του ανθρώπινου σώματος. Οι εξισώσεις που περιέχουν σωματικές περιφέρειες έχουν τη δυνατότητα εκτίμησης της σωματικής πυκνότητας, %ΣΛ ή ΑΜΣ από συνδυασμό μετρήσεων όπως, ΣΒ, ύψος, σκελετική διάμετρος και περιφέρειες. Σε σύγκριση με τις δερματικές πτυχές, οι ανθρωπομετρικές τεχνικές είναι σχετικά απλές, χαμηλού κόστος και απαιτούν λιγότερη ειδίκευση [58]. Η μεταβλητότητα μεταξύ των μετρήσεων είναι σχετικά μικρή (0.2 to 1.0 cm). Αν και η μέτρηση των περιφερειών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε παχύσαρκα άτομα, όμως είναι λιγότερο ακριβείς σε σχέση με τα νορμοβαρή [59]. Ωστόσο, η μέτρηση των περιφερειών είναι προτιμότερη από τη μέτρηση των δερματικών πτυχών στους παχύσαρκους, διότι ανεξάρτητα από το μέγεθος του ατόμου η περιφέρειες πάντα μπορούν να μετρηθούν, χρειάζεται λιγότερη ειδίκευση και έχει μικρή μεταβλητότητα μεταξύ των μετρήσεων [59]. Με τη χρήση των σωματικών περιφερειών μπορεί να γίνει και αξιολόγηση της κατανομής του λίπους σε σχέση με παθολογικές καταστάσεις όπως το μεταβολικό σύνδρομο.

Ο λόγος της περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίων (WHR) αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη για την υγεία του ατόμου. Αποτελεί δείκτη παχυσαρκίας, αφού ο Π.Ο.Υ. ορίζει την παχυσαρκία όταν το WHR > 0,90 για άνδρες και >0,85 για γυναίκες [60].



Εικόνα 6. Μέτρηση λόγου περιφέρεια μέσης / ισχίων
<http://www.fat2fittools.com/tools/whr/>

Το NIDDK (National Institute of Diabetes, Digestive and Kidney Diseases) αναφέρει ότι γυναίκες με WHR > 0,80 και άνδρες με WHR > 0,90 έχουν αυξημένο κίνδυνο υγείας εξαιτίας της κατανομής του λίπους. Μερικά από τα σημεία που πραγματοποιούνται σωματομετρήσεις είναι η περιφέρεια λαιμού, κοιλιάς, γαστροκνημίου, ομφαλού, μέσου βραχίονα, καρπού κ.α. [61].

Βιβλιογραφικό κενό

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το φύλο, η φυλή και η εθνικότητα αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν και διαφοροποιούν τη σύσταση του σώματος αλλά και την κατανομή του λίπους στο ανθρώπινο σώμα. Για αυτόν τον λόγο υπάρχει πληθώρα διαφορετικών εξισώσεων στη διεθνή βιβλιογραφία.

Όπως παρατηρήσαμε υπάρχουν πολλές μελέτες σε Καυκάσιους άνδρες και γυναίκες (Πίνακς 3.2). Ωστόσο, καμία ποτέ δεν έχει ελεγχθεί για την εγκυρότητά της σε ελληνικό πληθυσμό. Αυτός ήταν και ο λόγος για τον οποίον ελέγξαμε την εγκυρότητα των συγκεκριμένων εξισώσεων σε ελληνικό πληθυσμό και παρατηρήσαμε πως δεν λειτουργούσαν καλά είτε έχοντας στατιστικά σημαντικό σφάλμα, είτε πολύ υψηλά όρια συμφωνίας.

Υπάρχει ανάγκη λοιπόν δημιουργίας νέων εξισώσεων που να είναι έγκυρες και αξιόπιστες για το ελληνικό πληθυσμό, αλλά και παράλληλα εύχρηστες και να μην απαιτούν μεγάλο κόστος.

3. Πειραματικό μέρος

3.1 Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αναπτυχθεί και να ελεγχθεί η εγκυρότητα δυο εξισώσεων προσδιορισμού του %ΣΛ σε ελληνικό πληθυσμό και να συγκριθούν με τα υπάρχοντα στη διεθνή βιβλιογραφία. Τα μοντέλα από τη βιβλιογραφία επιλέχθηκαν, ακολουθώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δείγματος (φύλο και φυλή) και φέροντας κοινές μεταβλητές (δερματικές πτυχές, σωματομετρία) με αυτές τις παρούσες μελέτης. Σαν μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η απορροφησιομετρία διπλής ενέργειας (DXA).

3.2 Μεθοδολογία

Τα χαρακτηριστικά του δείγματος

Το δείγμα αποτελούνταν από 642 ενήλικες (408 γυναίκες και 234 άνδρες), ηλικίας από 18 έως 80 ετών (ΜΟ = 41,3 χρόνια και SD $\pm$ 15,3 χρόνια) με το Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) που κυμαινόταν από 17.0 μέχρι 48,5 kg/m² (ΜΟ = 25,85 και SD $\pm$ 4,705). Οι εθελοντές προέρχονταν από την ευρύτερη περιοχή της Αττικής και προσκλήθηκαν να παρευρεθούν στο εργαστήριο του Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου που βρίσκεται στην Καλλιθέα της Αττικής. Η φυσική δραστηριότητα του δείγματος ήταν χαμηλή έως μέτρια (PAL < 2), η οποία αξιολογήθηκε από το ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε. Κανένας από τους εθελοντές δεν είχε κάποιο πρόβλημα υγείας το οποίο θα μπορούσε να επηρεάσει τα επίπεδα υδάτωσης ή τη σύσταση του σώματος ή δεν χρειάζονταν κλινική φροντίδα. Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε μετά από λήψη σύντομο ιατρικού ιστορικού και ερωτηματολογίου προσωπικών δεδομένων έτσι ώστε να ελεγχθεί το αν πληρούνται τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη (Πίνακας Α).

Πίνακας 3.1. Κριτήρια συμμετοχής μελέτης

Κριτήρια επιλογής

Καυκάσιοι, ηλικίας 18 – 80 ετών

Απουσία νόσου που επηρεάζει τη σύσταση του σώματος (π.χ. οίδημα, καρκίνος, διαταραχές του θυρεοειδούς, διαταραχές του νεφρικού συστήματος, ασκίτης)

Απουσία εγκυμοσύνης

Απουσία μεταλλικών εμφυτευμάτων στο σώμα

Μεθοδολογία μετρήσεων

Όλοι οι εθελοντές υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Η μελέτη εγκρίθηκε από την Επιτροπή Δεοντολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου και διεξήχθη σύμφωνα με το σχετικό κώδικα δεοντολογίας της Διακήρυξης του Ελσίνκι.

Συλλογή Δεδομένων

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα γίνει αναλυτική αναφορά μόνο των μέσων συλλογής δεδομένων, δηλαδή των σωματομετρήσεων και των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς αυτής της έρευνας.

Σωματομετρήσεις. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εφόσον τηρούνταν το πρωτόκολλο μετρήσεων (αποχή από λήψη τροφής και υγρών 3 ώρες πριν την εξέταση, ελαφρά ενδυμασία κατά τη διάρκεια της εξέτασης, απουσία μεταλλικών αντικειμένων στο σώμα (ρολόι, κοσμήματα, στηθόδεσμο με μπανέλες).

Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ). Το σωματικό βάρος και ύψος εκτιμήθηκαν με ελαφρά ενδυμασία, χωρίς υποδήματα με τη χρήση ψηφιακής ζυγαριάς (Seca 861, Seca Ltd., Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια 0.1 kg και με τη χρήση ενός αναστημόμετρου (Seca Leicester Height Measure, Seca Ltd., Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια 0.1 cm.

Περιφέρειες. Η μέτρηση των σωματικών περιφερειών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μη ελαστικής ταινίας με ακρίβεια ± 0.1 cm. Η περιφέρεια μέσης (WC) μετρήθηκε στο μέσο της απόστασης μεταξύ ακρολοφίας λαγόνιου οστού και κατώτατων πλευρών στο ύψος του ομφαλού, η περιφέρεια γλουτών (GC) στο επίπεδο της μεγαλύτερης περιφέρειας των ισχύων και την ηβική σύμφυση, η περιφέρεια βραχίονα (FC) και γαστροκνημίου (CC) στο παχύτερο σημείο, η περιφέρεια λαιμού (NC) ακριβώς πάνω από τη λαρυγγική στο κοντινότερο 0.1 cm.

Δερματικές πτυχές. Οι δερματικές πτυχές μετρήθηκαν με δερματοπτυχόμετρο Harpenden (skinfold caliper) στη δεξιά πλευρά του σώματος κι οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν δύο φορές. Μετρήθηκαν οι δερματικές πτυχές δικέφαλου βραχιόνιου

(BSKF - μετρήθηκε το μέσο του μήκους του βραχίονα, δηλ. το μέσο μεταξύ ακρώμιου και προωλένιας αύλακας. Σε αυτό το μήκος μετρήθηκε κάθετα η πτυχή στο δικέφαλο βραχιόνιο μυ), τρικέφαλου βραχιονίου (TSKF - στο μέσο μεταξύ ακρώμιου και προωλένιας αύλακας μετρήθηκε κάθετα η πτυχή στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ), υπερλαγόνιου (η πτυχή μετρήθηκε διαγώνια στη φυσική διάσπαση του δέρματος μεταξύ μασχालιαίας γραμμής και λαγόνιας ακρολοφίας), κοιλιάς (μετρήθηκε οριζόντια η πτυχή 2 cm δεξιά του ομφαλού), μηρού, γαστροκνημίου (με τον εθελοντή σε καθιστή θέση και ο μηρός σε γωνία 90° με την κνήμη, μετρήθηκε κάθετα η πτυχή στο ύψος της μέγιστης περιφέρειας γαστροκνημίου) και υποωμολατιαίου (η πτυχή μετρήθηκε διαγώνια, κατά μήκος της φυσικής διάσπασης του δέρματος, ακριβώς κάτω από την κατώτερη γωνία της ωμοπλάτης). Από τις δερματικές πτυχές και τον περιφέρεια βραχίονα υπολογίστηκε ο δείκτης cMAMA για τον προσδιορισμό της μυϊκής μάζας.

Σύσταση σώματος. Η σύσταση του σώματος (ΛΜΣ, ΑΜΣ) μετρήθηκε με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτίνων X διπλής ενέργειας DXA (Lunar DPX-MD, Madison, WI, USA) (CV's 2% και 1.1% για ΛΜΣ και ΑΜΣ αντιστοίχως) με τη χρήση του λογισμικού έκδοση 4.6. Χρησιμοποιούνταν μεσαίος ρυθμός σάρωσης, εκτός εάν προτεινόνταν ένας πιο αργός ρυθμός από τον κατασκευαστή για τους παχύσαρκους εθελοντές. Εφαρμοζόταν καθημερινός έλεγχος διασφάλισης ποιότητας με ειδικό βαθμονομητή από εξειδικευμένο τεχνικό όπως προτείνεται από τον κατασκευαστή. Όλες οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από δύο καλά εκπαιδευμένους εξεταστές.

Ερωτηματολόγιο για κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά. Δόθηκε ένα αυτοσχέδιο ερωτηματολόγιο το οποίο ήταν σχεδιασμένο να συλλέγει πληροφορίες σχετικά με το φύλο, την ηλικία, την εθνικότητα, το μορφωτικό και επαγγελματικό στάδιο του ατόμου, το αυτοδηλούμενο βάρος και ύψος, καθώς και κάποιες ερωτήσεις σχετικά με το ιατρικό ιστορικό του ατόμου.

Ερωτηματολόγιο για την εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας. Δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο ήταν σχεδιασμένο για την εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας των εθελοντών. Στο ερωτηματολόγιο αυτό καταγράφονταν από τον ερευνητή οι συνήθειες δραστηριότητες των εθελοντών και ο χρόνος που τις εκτελούσαν

κατηγοριοποιημένες σε χαμηλής, μέτριας και έντονης ενεργειακής δαπάνης σύμφωνα με την τεχνική αναφορά 724 των WHO/FAO/UNU [62].

Βηματομετρητές. Στους εθελοντές δόθηκαν βηματομετρητές (Pedometers Omron walking style pro) για επτά μέρες, τα οποία αξιολογούσαν την φυσική δραστηριότητα μέσω των ημερήσιων βημάτων.

Στατιστική ανάλυση

Η κανονικότητα των κατανομών των μεταβλητών ελέγχθηκε με το Kolmogorov – Smirnov test. Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των εξισώσεων πρόβλεψης ποσοστού σωματικού λίπους. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν οι περιφέρειες μέγιστης κοιλιακής χώρας, ομφαλού, μέσης, μέσου βραχιόνιου, ισχίων, μέγιστης γαστροκνημίου και λαιμού, οι δερματικές πτυχές δικέφαλου βραχιόνιου, τρικέφαλου βραχιόνιου, υπερλαγονίου, κοιλιάς, γαστροκνημίου και υποωμοπλατιαίου, ηλικίας, ύψος, βάρους και ΔΜΣ. Bland – Altman και Intraclass Correlation Coefficient χρησιμοποιήθηκαν για να ελέγξουν και να συγκρίνουν τις εξισώσεις με τα αποτελέσματα του DEXA και της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Τα σφάλματα και τα όρια συμφωνίας (limits of agreement) υπολογίσθηκαν με την τεχνική Bland – Altman. Οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων, τα σφάλματα και η στατιστική τους σημαντικότητα ελέγχθηκαν με paired samples t – test. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο 5%. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πακέτο στατιστικής επεξεργασίας SPSS 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Εξισώσεις της βιβλιογραφίας

Από τον πληθυσμό της μελέτης πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση ανθρωπομετρικών εξισώσεων. Κατόπιν βιβλιογραφικής ανασκόπησης, επιλέχθηκαν εξισώσεις για καυκάσιους, χαμηλού κόστους (χρήση δερματοπτυχόμετρου, μη ελαστικής ταινίας) και με κοινή παρουσία μεταβλητών στην παρούσα μελέτη (δερματικές πτυχές, σωματικές περιφέρειες κ.α.). Οι εξισώσεις που επιλέχθηκαν περιγράφονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Εξισώσεις που ελέγχθηκαν στον πληθυσμό της μελέτης

Μοντέλο	Μοντέλο Εξίσωσης	Ηλικία	Μέγεθος δείγματος	Γένος
%BF Sloan	$\Sigma\pi=1.1043 - (0.001327 \times \text{Μ.}, \Delta.Π. \text{ σε mm}) - (0.00131 \times \text{Υπο.}\Delta.Π. \text{ σε mm})$	18 - 26 χ	50	Άνδρες
%BF Sloan	$\Sigma\pi=1.0764 - (0.0008 \times \text{Υπερ. } \Delta.Π. \text{ σε mm}) - (0.00088 \times \text{Τρι. } \Delta.Π. \text{ σε mm})$	17 - 25 χ	50	Γυναίκες
%BF Jackson and Pollock (1)	$\Sigma\Lambda=(0.29288 \times \text{Αθρ.}, \Delta.Π.) - (0.0005 \times \text{Ε.}, \text{Αθρ.}, \Delta.Π.) + (0.15845 \times \text{Η.}) - 5.76377 (\text{Κ.}, \text{Τ.}, \text{Μ.}, \text{ υπερλαγονίου})$	19 - 43 χ	402	Άνδρες
%BF Jackson and Pollock (2) (Siri equation)	$\Sigma\pi=1.0990750 - 0.0008209 (\text{Χ2}) + 0.0000026 (\text{Χ2})^2 - 0.0002017 (\text{Χ3}) - 0.005675 (\text{Χ4}) + 0.018586 (\text{Χ5})$ $\text{Χ2}=\text{Αθρ.}, \Delta.Π., \Sigma., \text{Κ.}, \text{Μ. σε mm}, \text{Χ3}=\text{Η.}, \text{Χ4}=\text{Π. Με. σε cm}, \text{ και } \text{Χ5}=\text{Π. Π. σε cm.}$	19 - 43 χ	402	Άνδρες
%BF Jackson and Pollock (3) (Siri equation)	$\Sigma\pi=1.10938 - (0.0008267 \times \text{Αθρ. } \Sigma., \text{Κ.}, \text{Μη.}, \Delta.Π. \text{ σε mm}) + (0.0000016 \times \text{Ε. Αθρ.}, \Sigma., \text{Κ.}, \text{Μη.}) - (0.0002574 \times \text{Η})$	19 - 43 χ	402	Άνδρες
%BF Jackson and Pollock (1)	$\Sigma\Lambda=(0.29288 \times \text{Αθρ. } \Delta.Π.) - (0.0005 \times \text{Ε.}, \text{Αθρ.}, \Delta.Π.) + (0.15845 \times \text{Η}) - 5.76377 (\text{Κ.}, \text{Τ.}, \text{Μη.}, \text{ και υπερλαγονίου})$	18 - 42 χ	283	Γυναίκες
%BF Jackson and Pollock (2)	$\Sigma\Lambda=(0.41563 \times \text{Αθρ. } \Delta.Π.) - (0.00112 \times \text{Ε.}, \text{Αθρ.}, \Delta.Π.) + (0.03661 \times \text{Η}) + 4.03653 (\text{Κ.}, \text{Τ. και υπερλαγονίου})$	18 - 42 χ	283	Γυναίκες
%BF Jackson and Pollock (3) (Siri equation)	$\Sigma\pi=1.1470292 - 0.0009376 (\text{Χ3}) + 0.0000030 (\text{Χ3})^2 - 0.0001156 (\text{Χ4}) - 0.0005839 (\text{Χ5})$ $\text{Χ3}=\text{Αθρ.}, \Delta.Π., \text{ Τ.}, \text{Μη.}, \text{ και υπερλαγονίου σε mm}, \text{ Χ4}=\text{Η και } \text{Χ5}=\text{Π.}, \text{ Γ.}, \text{ σε cm.}$	18 - 42 χ	283	Γυναίκες
%BF Jackson and Pollock (4) (Siri equation)	$\Sigma\pi=1.0994921 - (0.0009929 \times \text{Αθρ. } \Delta.Π., \text{ Τ.}, \text{Μη.}, \text{ Υπερλαγονίου}) + (0.0000023 \times \text{Ε.}, \text{Αθρ. } \Delta.Π., \text{ Τ.}, \text{Μη.}, \text{ και υπερλαγονίου}) - (0.0001392 \times \text{Η})$	18 - 42 χ	283	Γυναίκες
%BF Lean (1)	$\Sigma\Lambda = (1.31 \times \text{Τ.}) + (0.430 \times \text{Η}) - 9.16$	18 - 83 χ	146	Άνδρες
%BF Lean (2)	$\Sigma\Lambda = (0.567 \times \text{Με}) + (0.101 \times \text{Η}) - 31.8$	18 - 83 χ	146	Άνδρες
%BF Lean (3)	$\Sigma\Lambda = (1.33 \times \Delta\text{Μ}\Sigma) + (0.236 \times \text{Η}) - 20.2$	18 - 83 χ	146	Άνδρες
%BF Lean (4)	$\Sigma\Lambda = (0.353 \times \text{Με}) + (0.756 \times \text{Τ}) + (0.235 \times \text{Η}) - 26.4$	18 - 83 χ	146	Άνδρες
%BF Lean (5)	$\Sigma\Lambda = (0.742 \times \Delta\text{Μ}\Sigma) + (0.950 \times \text{Τ}) + (0.335 \times \text{Η}) - 20$	18 - 83 χ	146	Άνδρες
%BF Lean (6)	$\Sigma\Lambda = (30.9 \times \log\Delta.Π. (\Delta\iota., \text{ Τ.}, \text{ Υπο.}, \text{ και υπερλαγονίου})) + (0.271 \times \text{Η}) - 39.9$	18 - 83 χ	146	Άνδρες
%BF Lean (1)	$\Sigma\Lambda = (0.439 \times \text{Με.}) + (0.221 \times \text{Η.}) - 9.4$	18 - 83 χ	238	Γυναίκες
%BF Lean (2)	$\Sigma\Lambda = (0.944 \times \text{Τ.}) + (0.279 \times \text{Η.}) + 4.6$	18 - 83 χ	238	Γυναίκες
%BF Lean (3)	$\Sigma\Lambda = (1.21 \times \Delta\text{Μ}\Sigma) + (0.262 \times \text{Η.}) - 6.7$	18 - 83 χ	238	Γυναίκες
%BF Lean (4)	$\Sigma\Lambda = (0.232 \times \text{Με.}) + (0.657 \times \text{Τ.}) + (0.215 \times \text{Η}) - 5.5$	18 - 83 χ	238	Γυναίκες
%BF Lean (5)	$\Sigma\Lambda = (0.730 \times \Delta\text{Μ}\Sigma) + (0.548 \times \text{Τ.}) + (0.270 \times \text{Η.}) - 5.9$	18 - 83 χ	238	Γυναίκες
%BF Lean (6)	$\Sigma\Lambda = (30.8 \times \log\Delta.Π. (\Delta\iota., \text{ Τ.}, \text{ Υπο.}, \text{ και υπερλαγονίου})) + (0.274 \times \text{Η}) - 31.7$	18 - 83 χ	238	Γυναίκες
%BF Visser (1) (Siri equation)	$\Sigma\pi = 0.0186 \times \Phi - 0.030 \times \log(\Delta\iota. + \text{Τ.}) + 1.0481, \text{ Α}=1, \text{ Γ}=0$	60 - 87 χ	m:102, f:102	Άνδρες/Γυναίκες
%BF Deurenberg	$\Sigma\Lambda = 1.20 \times \Delta\text{Μ}\Sigma + 0.23 \times \text{Η} - 10.8 \times \Phi - 5.4, \text{ Α}=1, \text{ Γ}=0$	7 - 83 χ	m:521, f:708, m:422, f:341	Άνδρες/Γυναίκες
%BF Martarelli	$\Sigma\Lambda = \Delta\text{Μ}\Sigma \times 100/\text{Β.}$	11 - 80 χ	m:422, f:341	Άνδρες
%BF Martarelli	$\Sigma\Lambda = \Delta\text{Μ}\Sigma \times 100/\text{Β.}$	11 - 80 χ	m:214, f:290	Γυναίκες
%BF Gallagher	$\Sigma\Lambda = 1.506 \times \Delta\text{Μ}\Sigma (\text{kg/m}^2) + 0.133 \times \text{Α} (\text{έτη}) - 11.481 \times \Phi - 11.520, \text{ Α}=1, \text{ Γ}=0$	20 - 94 χ	m:402, f:283	Άνδρες/Γυναίκες
%BF Jackson & Pollock (5)	$\Sigma\pi = 1.168297 - 0.002824 \times (\text{Π.Με}) + 0.0000122098 \times (\text{Π.Με})^2 - 0.0000733128 \times (\text{Η.Κ.}) + 0.000510477 (\text{Η.Τ.}) - 0.000216161 \times (\text{Υ.})$	19 - 43 χ	482	Γυναίκες
%BF Tran & Weltman (Siri equation)	$\Sigma\pi = 0.0226 \times \Phi - 0.0022 \times \Delta\text{Μ}\Sigma + 1.0605, \text{ Α}=1, \text{ Γ}=0$	60 - 87 χ	m:102, f:102	Άνδρες/Γυναίκες
%BF Visser (2) (Siri equation)	$\Sigma\pi = 0.0226 \times \Phi - 0.0022 \times \Delta\text{Μ}\Sigma + 1.0605, \text{ Α}=1, \text{ Γ}=0$	60 - 87 χ	m:405, f:234	Άνδρες/Γυναίκες
%BF Current Study	$\Sigma\Lambda = -0.615 - 10.948 \times \Phi + 0.321 \times \text{Π. Με} + 0.502 \times \text{Π. Ι.} + 0.39 \times \text{Π. Βρ.} - 19.768 \times \text{Υ (m)}, \text{ Α}=1, \text{ Γ}=0$	18 - 75 χ	m:234, f:408	Άνδρες/Γυναίκες
%BF HBCS model 2	$\Sigma\Lambda = -27.787 - 5.515 \times \Phi - 8.419 \times \text{Υ} + 0.145 \times \text{Περ.Μ} + 0.270 \times \text{Π.Ι.} + 7.509 \times \log \Delta\iota., \text{ Υπερ.}, \text{ Υπο} + 20.090 \times \log(\Delta\iota. + \text{Τ.} + \text{Υπερ.} + \text{Υπο.}) - 0.445 \times \text{Π. Πη.}$	18 - 75 χ	m:234, f:408	Άνδρες/Γυναίκες

Όπου Αθρ. άθροισμα, Δ.Π. δερματοπτυχές, Α. άνδρες, Γ. γυναίκες, Η. ηλικία, Υ., ύψος, Β. βάρος, Φ. φύλο, Ε. Αθρ. Εξίσωση Αθροίσματος, Τ. τρικεφάλου, Δι. Δικεφάλου, Πη. Πήχη, Υπερ. Υπερλαγονίου, Υπο. Υπομωπλατιαία, Κ. κουλιακή, Μη. Μηρού, Γα. Γαστοκνημίου, Σ. στήθους, Π.Με. περίμετρος μέσης, Π.Ι. περίμετρος ισχίων, Π. Βρ. Περίμετρος βραχίονα.

4. Αποτελέσματα

Τα κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μελέτης περιγράφονται στον Πίνακα 4.1. Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού. Οι Πίνακες 4.3 και 4.4 περιγράφουν τις ανθρωπομετρήσεις (περιφέρειες και δερματικές πτυχές) που πραγματοποιήθηκαν στην μελέτη. Τέλος, ο Πίνακας 4.5 μας δείχνει τα αποτελέσματα του DEXA για το ποσοστό του σωματικού λίπους του πληθυσμού της μελέτης.

Πίνακας 4.1 Κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά της μελέτης

Χαρακτηριστικά	Άνδρες (N=234)		Γυναίκες (N=408)		P
	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση	
Ηλικία (έτη)	37,78	(14,582)	43,28	(15,290)	0,001
Χρόνια Εκπαίδευσης	15,72	(2,942)	14,41	(3,732)	0,001
Φυσική Δραστηριότητα	1,68	0,694	1,62	0,490	0,324

Πίνακας 4.2 Περιγραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μελέτης

Χαρακτηριστικά	Άνδρες (N=234)		Γυναίκες (N=408)		P
	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	
Ύψος (m)	1,772	(0,061)	1,626	(0,067)	0,001
Βάρος (kg)	84,149	(14,757)	66,722	(12,770)	0,001
ΔΜΣ (kg/m²)	26,743	(4,121)	25,351	(4,943)	0,001

Πίνακας 4.3 Περιφέρειες του πληθυσμού της μελέτης

Χαρακτηριστικά	Άνδρες (N=234)		Γυναίκες (N=408)		P
	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	
Περιφέρεια μέσης (cm)	92,090	(12,794)	81,691	(12,439)	0,001
Περιφέρεια ισχίου (cm)	103,136	(8,307)	103,263	(9,093)	0,857
Περιφέρεια Γαστροκνημίου (cm)	39,243	(3,082)	37,316	(3,364)	0,001
Περιφέρεια Πήχη (cm)	29,217	(2,163)	24,983	(2,352)	0,001
Περιφέρεια Βραχίονα (cm)	33,660	(3,274)	29,919	(4,016)	0,001

Πίνακας 4.4 Δερματικές πτυχές του πληθυσμού της μελέτης

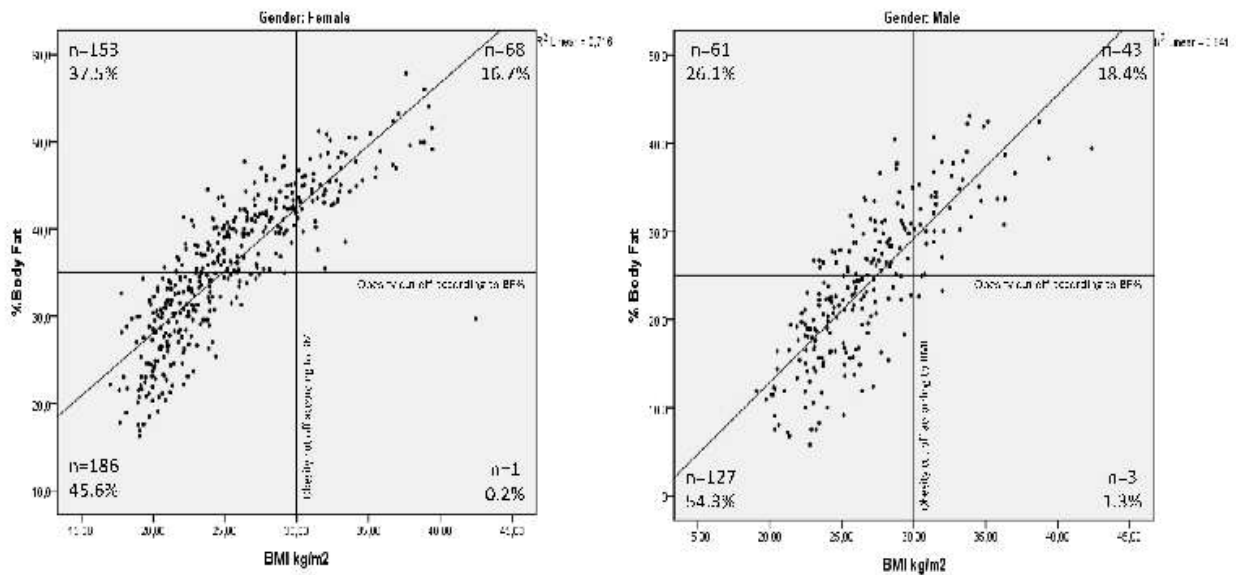
Χαρακτηριστικά	Άνδρες (N=234)		Γυναίκες (N=408)		P
	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	
Δερματική πτυχή δικεφάλου (mm)	7,084	(4,599)	12,4531	(7,292)	0,001
Δερματική πτυχή τρικεφάλου (mm)	13,313	(6,277)	23,7869	(9,224)	0,001
Δερματική πτυχή κοιλιάς (mm)	32,181	(14,719)	33,397	(13,008)	0,295
Δερματική πτυχή στήθους (mm)	11,271	(6,254)	27,200	(8,485)	0,228
Δερματική πτυχή υπερλαγονίου (mm)	18,725	(9,940)	19,513	(8,803)	0,315
Δερματική πτυχή ωμοπλατιαίου (mm)	18,694	(8,805)	19,755	(9,215)	0,150
Δερματική πτυχή μηρού (mm)	19,374	(8,861)	35,229	(11,986)	0,001
Δερματική πτυχή γαστροκνημίου (mm)	13,208	(6,080)	22,845	(8,026)	0,001

Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα DEXA για το ποσοστό του σωματικού λίπους του πληθυσμού της μελέτης

Χαρακτηριστικά	Άνδρες (N=234)		Γυναίκες (N=408)		P
	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	
Τμηματικό λίπος στα χέρια	18,429	(8,487)	31,350	(10,204)	0,001
Τμηματικό λίπος στον κορμό	26,901	(9,535)	34,850	(9,334)	0,001
Τμηματικό λίπος στα πόδια	22,933	(7,613)	40,627	(7,761)	0,001
Συνολικό λίπος σώματος	23,913	(8,394)	35,712	(8,198)	0,001

Στα Διάγραμμα 4.1 φάνηκε πως στο ενδιαμέσο εύρος του ΔΜΣ (20-30) αντιστοιχεί σε ένα ευρύ φάσμα των ποσοστών του σωματικού λίπους.

Διάγραμμα 4.1 Σύγκριση κατηγοριοποίησης παχυσαρκίας με το Δείκτη μάζα σώματος και το ποσοστό σωματικού λίπους για γυναίκες και άντρες.



Στον Διάγραμμα 4.1 διαπιστώνεται ότι για τις γυναίκες με ΔΜΣ από 30 και κάτω, περίπου 45,6% είχαν ένα ποσοστό σωματικού λίπους κάτω από 30% και περίπου τα 37,4% είχαν %ΣΛ πάνω από 30%, το οποίο υποδηλώνει πως δεν είναι παχύσαρκες, ενώ έχουν υπερβάλλον %ΣΛ (ΣΛ% > 30).

Αντίστοιχα στους άνδρες με ΔΜΣ από 30 και κάτω, περίπου 54,3% είχαν ένα ποσοστό σωματικού λίπους κάτω από 25% και περίπου τα 26,1% είχαν %ΣΛ πάνω από 25%, το οποίο υποδηλώνει πως δεν είναι παχύσαρκοι, ενώ έχουν υπερβάλλον %ΣΛ (ΣΛ% > 25).

Στον Πίνακα 4.8 παρουσιάζονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά και η σύγκριση μεταξύ των δύο ομάδων (δημιουργίας του μοντέλου και ελέγχου του μοντέλου). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.8 δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων.

Πίνακας 4.8 Περιγραφικά χαρακτηριστικά των ομάδων σχεδιασμού και ελέγχου των μοντέλων.

Χαρακτηριστικά	Ομάδα σχεδιασμού (n=428)		Ομάδα ελέγχου (n=214)		P
	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	
Ηλικία	41,38	(15,176)	40,79	(15,140)	0,640
Ύψος (m)	1,678	(0,094)	1,682	(0,099)	0,663
Βάρος (kg)	73,344	(15,826)	72,728	(16,137)	0,648
ΔΜΣ	26,006	(4,840)	25,582	(4,449)	0,272
Περιφέρεια μέσης (cm)	85,709	(13,458)	85,709	(13,458)	0,639
Περιφέρεια ισχίου (cm)	103,257	(8,733)	103,221	(8,969)	0,962
Περιφέρεια Γαστροκνημίου (cm)	38,078	(3,422)	37,922	(3,342)	0,585
Περιφέρεια Πήχη (cm)	26,631	(3,170)	26,382	(2,812)	0,314
Περιφέρεια Βραχίονα (cm)	31,438	(4,266)	31,015	(3,972)	0,218
Δερματική πτυχή δικεφάλου (mm)	10,553	(7,061)	10,396	(6,728)	0,786
Δερματική πτυχή τρικεφάλου (mm)	20,057	(9,792)	19,776	(9,533)	0,729
Δερματική πτυχή κοιλιάς (mm)	19,570	(9,264)	19,050	(8,707)	0,489
Δερματική πτυχή στήθους (mm)	11,542	(6,376)	11,117	(6,551)	0,641
Δερματική πτυχή υπερλαγόνιου (mm)	19,512	(9,268)	18,728	(9,170)	0,312
Δερματική πτυχή μέσης (mm)	33,049	(13,796)	32,783	(13,444)	0,816
Δερματική πτυχή μηρού (mm)	29,428	(13,555)	29,256	(13,010)	0,878
Δερματική πτυχή γαστροκνημίου (mm)	19,134	(8,614)	19,628	(8,903)	0,507
Εκπαιδευτικά έτη	14,966	(3,624)	14,735	(3,317)	0,433
Ποσοστό λίπους (DXA)	31,299	(9,948)	31,453	(10,203)	0,586

Από τη πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση προέκυψαν δύο εξισώσεις για την εκτίμηση του ποσοστού σωματικού λίπος (%ΣΛ). Οι μεταβλητές που εντάχθηκαν στην πρώτη και πιο απλή εξίσωση ήταν το ύψος, το φύλο, η περιφέρεια μέσης, περιφέρεια ισχίου, περιφέρεια πήχη. Η εξίσωση έχει ως εξής:

$$\% \Sigma \Lambda = -0,615 - 10,498 * \Phi + 0,321 * \text{Περ.Μ. (cm)} + 0,502 * \text{Περ.Ι. (cm)} - 0,390 * \text{Περ.Π (cm)} - 19,768 * Y \text{ (m)}$$

Όπου Φ : φύλο, Περ.Μ. : περιφέρεια μέσης σε cm, Περ.Ι. : περιφέρεια ισχίου σε cm, Περ.Π. : περιφέρεια πήχη σε cm, Y : ύψος σε m.

Το μοντέλο εξηγούσε το 85,2% της διακύμανσης ($R^2 = 0.852$, $p < 0,0001$, και $S.E.E. = 0,185$). Κατόπιν, στην ομάδα ελέγχου έγινε έλεγχος εγκυρότητας με την τεχνική Bland Altman η οποία έδειξε μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα (bias) -0,052 ΣΛ% ($p = 0,678$) (Διάγραμμα 4.2). Τα όρια συμφωνίας ήταν $\pm 8,1$ ΣΛ%, το οποίο υποδεικνύει ένα αποδεκτό επίπεδο εγκυρότητας. Επιπλέον, φάνηκε ότι δεν υπέρ ή υποεκτιμά τη λιπώδη μάζα στο εύρος της λιπώδη μάζας (ΛΜ). Τέλος, η συνάφεια που παρατηρήθηκε μεταξύ της μέσης τιμής και της διαφοράς ήταν στατιστικά μη σημαντική, αλλά με πολύ χαμηλό συντελεστή συσχέτισης ($p=0,008$, $r = -0,199$). Τελικώς, το μοντέλο βρέθηκε να είναι έγκυρο και με πολύ υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($r = 0,955$).

Η δεύτερη εξίσωση σχεδιάστηκε με ποικιλία ανθρωπομετρικών μετρήσεων για να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερη.

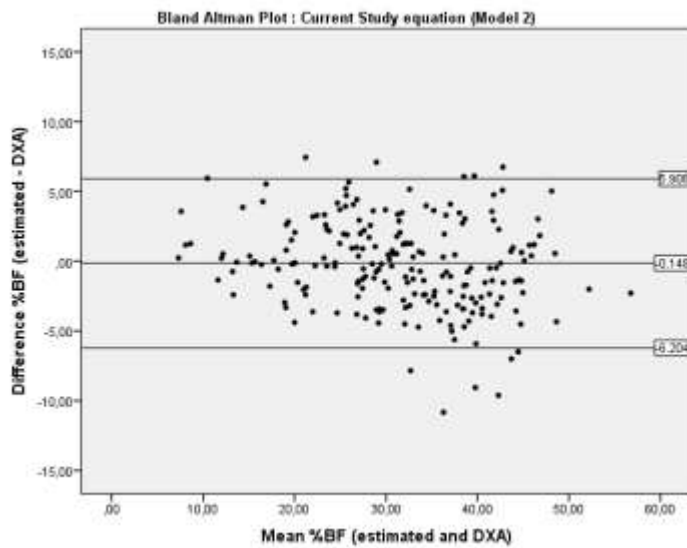
$$\% \Sigma \Lambda = -27,787 - 5,515 * \Phi - 8,419 * Y \text{ (m)} + 0,145 * \text{Περ.Μ. (cm)} + 0,270 * \text{Περ.Ι. (cm)} + 7,509 * \text{Log } \Delta. \Pi. \Delta\iota., \Gamma\rho\iota., \Omega\mu. + 20,090 * \text{Log } \Delta. \Pi. \text{Μηρ.} - 0,455 * \text{Περ.Π}$$

Όπου Φ : φύλο, Y : ύψος σε m, Περ.Μ. : περιφέρεια μέσης σε cm, Περ.Ι. : περιφέρεια ισχίου σε cm, Περ.Π. : περιφέρεια πήχη σε cm, $\text{Log } \Delta. \Pi. \Delta\iota., \Gamma\rho\iota., \Omega\mu. :$ λογάριθμος του δικεφάλου, υπερλαγονίου και ωμοπλαταίου, $\text{Log } \Delta. \Pi. \text{Μηρ.} :$ λογάριθμος της δερματοπτυχής του μηρού

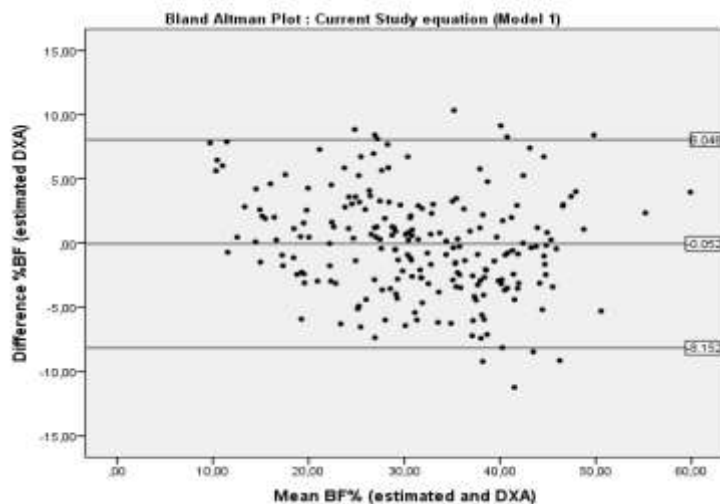
Το μοντέλο εξηγούσε το 91,7% της διακύμανσης ($R^2 = 0.917$, $p < 0,0001$, και $S.E.E. = 0,208$). Κατόπιν, στην ομάδα ελέγχου εφαρμόστηκε η τεχνική Bland Altman η οποία έδειξε μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα (bias) -0,148 ΣΛ% ($p = 0,479$)

(Διάγραμμα 4.3). Τα όρια συμφωνίας ήταν $\pm 6,05$ ΣΛ%, το οποίο υποδεικνύει ένα αποδεκτό επίπεδο εγκυρότητας. Επιπλέον, φάνηκε ότι δεν υπέρ ή υποεκτιμά τη λιπώδη μάζα στο εύρος της λιπώδη μάζας (ΛΜ). Τέλος, η συνάφεια που παρατηρήθηκε μεταξύ της μέσης τιμής και της διαφοράς ήταν στατιστικά μη σημαντική, αλλά με πολύ χαμηλό συντελεστή συσχέτισης ($p=0,004$, $r = -0,216$). Τελικώς, το μοντέλο βρέθηκε να είναι έγκυρο και με πολύ υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($r = 0,976$).

Διάγραμμα 4.2



Διάγραμμα 4.3



Πίνακας 4.9 Τα όρια συμφωνίας και η ενδοταξική συσχέτιση (intraclass correlation coefficient) των επιλεγμένων εξισώσεων.

Model	Age (years)	Sample Size	Gender	Bias [%BF]	p	Limits of agreement [%BF]	r	pr	ICC
%BF Sloan	18 - 26	50	males	-3.992	<0.001	9.873	0.149	0.205	0.921
%BF Sloan	17 - 25	50	females	-9.761	<0.001	8.989	-0.447	<0.001	0.892
%BF Jackson and Pollock (1)	19 - 43	402	males	-3.159	<0.001	6.318	0.134	0.256	0.965
%BF Jackson and Pollock (2) (Siri equation)	19 - 43	402	males	-8.858	0.022	6.486	-0.96	<0.001	0.498
%BF Jackson and Pollock (3) (Siri equation)	19 - 43	402	males	-4.338	<0.001	7.042	-0.238	0.041	0.952
%BF Jackson and Pollock (1)	18 - 42	283	females	-5.947	<0.001	7.930	-0.236	<0.001	0.929
%BF Jackson and Pollock (2)	18 - 42	283	females	-3.238	<0.001	8.350	-0.485	<0.001	0.909
%BF Jackson and Pollock (3)(Siri equation)	18 - 42	283	females	-4.531	<0.001	7.255	-0.201	0.019	0.942
%BF Jackson and Pollock (4) (Siri equation)	18 - 42	283	females	-2.636	<0.001	7.469	-0.147	0.087	0.932
%BF Lean (1)	18 - 83	146	males	0.380	0.685	16.045	0.476	<0.001	0.837
%BF Lean (2)	18 - 83	146	males	0.591	0.336	10.506	-0.102	0.387	0.907
%BF Lean (3)	18 - 83	146	males	0.411	0.505	10.569	-0.142	0.228	0.873
%BF Lean (4)	18 - 83	146	males	1.108	0.113	11.873	0.448	<0.001	0.906
%BF Lean (5)	18 - 83	146	males	0.995	0.209	13.504	0.464	<0.001	0.881
%BF Lean (6)	18 - 83	146	males	-0.335	0.489	8.305	-0.04	0.737	0.939
%BF Lean (1)	18 - 83	238	females	0.083	0.853	10.491	-0.04	0.164	0.878
%BF Lean (2)	18 - 83	238	females	3.071	<0.001	12.517	0.374	<0.001	0.880
%BF Lean (3)	18 - 83	238	females	-0.921	0.022	9.329	0.402	0.641	0.911
%BF Lean (4)	18 - 83	238	females	2.395	<0.001	10.679	-0.066	<0.001	0.906
%BF Lean (5)	18 - 83	238	females	1.119	0.015	10.678	-0.033	<0.001	0.908
%BF Lean (6)	18 - 83	238	females	0.862	0.022	8.671	0.021	.812	0.924
%BF Visser (1) (Siri equation)	60 - 87	m:102, f:102	both	7.908	<0.001	12.605	-0.578	<0.001	0.843
%BF Deurenberg	7 - 83	m:521, f:708	both	-0.543	0.104	9.682	-0.262	<0.001	0.932
(kg)FM Martarelli	11 - 80	422	males	-0.763	<0.001	10.339	-1	<0.001	0.869
(kg)FM Martarelli	11 - 80	341	females	-13.610	<0.001	8.930	-1	<0.001	0.923
%BF Martarelli	11 - 80	422	males	-5.168	<0.001	12.125	-0.779	<0.001	0.760
%BF Martarelli	11 - 80	341	females	-3.413	<0.001	9.646	-0.1	0.241	0.900
%BF Gallagher	20 - 94	m:214, f:290	both	-0.368	0.250	9.295	-0.166	0.015	0.941
%BF Jackson & Pollock (5)	19 - 43	m:402, f:283	both	-3.028	<0.001	9.118	-0.248	<0.001	0.941
%BF Tran & Weltman (Siri equation)	15 - 79	482	females	-3.533	<0.001	10.347	-0.628	<0.001	0.834
%BF Visser (2) (Siri equation)	60 - 87	m:102, f:102	both	7.711	<0.001	10.594	-0.719	<0.001	0.894
HBCS model 1	18 - 75	f:408, m:234	both	-0.052	0.678	8.100	-0.199	0.004	0.955
HBCS model 2	18 - 75	f:408, m:234	both	-0.148	0.479	6.056	-0.216	0.002	0.976

5. Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο ΔΜΣ τείνει να κατηγοριοποιεί ως ψευδώς παχύσαρκα τα άτομα με αυξημένη ΑΜΣ (π.χ. αθλητές) και να κατηγοριοποιεί ως ψευδώς νορμοβαρείς εκείνους με μειωμένη ΑΜΣ [13]. Κάτι το οποίο παρατηρήθηκε και στην παρούσα μελέτη. Το δείγμα της μελέτης είχε χαμηλή έως μέτρια φυσική δραστηριότητα, συνεπώς δεν μπορούμε να έχουμε συμπεράσματα για άτομα με πολύ υψηλή φυσική δραστηριότητα πχ αθλητές. Ωστόσο, φάνηκε πως στις γυναίκες με ΔΜΣ 30 και κάτω, περίπου τα 37,4% είχαν %ΣΛ πάνω από 30%, το οποίο υποδηλώνει πως ο ΔΜΣ τους κατατάσσει στις νορμοβαρείς, ενώ έχουν υπερβάλλον %ΣΛ ($\Sigma\Lambda\% > 30$) που σημαίνει ότι σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της παχυσαρκίας με κριτήριο το %ΣΛ (ΡΕΦ WHO) θα ήταν παχύσαρκες. Αντίστοιχα και στους άνδρες με ΔΜΣ από 30 και κάτω, περίπου τα 26,1% είχαν %ΣΛ πάνω από 25%, το οποίο εσφαλμένα τους κατηγοριοποιεί ως μη παχύσαρκους σύμφων με τα ανωτέρω κριτήρια [13]. Συμπερασματικά, η διαγνωστική απόδοση του ΔΜΣ περιορίζεται κυρίως λόγω της αδυναμίας του να κάνει διάκριση ανάμεσα στο %ΣΛ και ΑΜΣ.

Έχει φανεί σε άλλες μελέτες ότι ΔΜΣ στους άνδρες συσχετίζεται καλύτερα με την ΑΜΣ, παρά με την ΛΜΣ. Αντιθέτως, στις γυναίκες, ειδικά πιο μικρής ηλικίας, ο ΔΜΣ συσχετίζεται καλύτερα με το %ΣΛ, παρά με την μυϊκή μάζα. Αυτό μπορεί να εξηγεί τα ευρήματα των προηγούμενων μελετών όπου ο ΔΜΣ των υπέρβαρων γυναικών είχε μεγαλύτερη συσχέτιση με αυξημένη θνησιμότητα, από ότι στους άνδρες [63, 64].

Για να υπολογιστεί ο ΔΜΣ χρησιμοποιεί το συνολικό βάρος σώματος, το οποίο περιέχει δυο παράγοντες οι οποίοι έχουν αντίθετες βιολογικές επιδράσεις στον οργανισμό, δηλαδή τον λιπώδη ιστό και την ΑΜΣ. Ενώ ο λιπώδης ιστός έχει συνδεθεί με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, η ΑΜΣ, από την άλλη, σχετίζεται θετικά με αυξημένη φυσική δραστηριότητα του ατόμου και με μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη, τα οποία σχετίζονται με καλύτερο βιοτικό επίπεδο του ατόμου [65, 66]. Για παράδειγμα, ένα άτομο με ΔΜΣ 25 kg/m^2 με φυσιολογική μυϊκή μάζα και αυξημένο ΣΛ και ένα άτομο με ΔΜΣ 25 kg/m^2 , μειωμένη μυϊκή μάζα και αυξημένο ΣΛ, εκπροσωπούν εντελώς διαφορετικά επίπεδα έκθεσης στις βλαβερές επιδράσεις αυξημένου σωματικού λίπους, περιορίζοντας έτσι την ικανότητα του ΔΜΣ να προβλέπει μακροπρόθεσμα τις αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία.

Επιπροσθέτως, στην παρούσα μελέτη αναπτύχθηκαν δυο εξισώσεις χρησιμοποιώντας ανθρωπομετρικές μετρήσεις για την πρόβλεψη του %ΣΛ σε ένα δείγμα Καυκάσιου πληθυσμού με χαμηλή έως μέτρια φυσική δραστηριότητα. Οι δυο εξισώσεις φάνηκε να είναι έγκυρες και με πολύ χαμηλό, μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα. Τα δυο μοντέλα εξηγούσαν το 85,2% και 91,7% της διακύμανσης αντίστοιχα ($r^2 = 0,852$ και $r^2 = 0,917$) και πολύ υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($r = 0,955$ και $r = 0,976$ αντίστοιχα). Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του πρώτου μοντέλου πιθανόν να οφείλεται στο ότι περιέχει απλές παραμέτρους, όπως το ύψος, την περιφέρεια μέσης, την περιφέρεια ισχίου και την περιφέρεια του πήχη. Οι περιφέρειες είναι εύκολα μετρήσιμες ενώ έχει φανεί σε άλλες μελέτες ότι υπάρχουν λιγότερες πιθανότητες λάθους κατά την διαδικασία της μέτρησης τους σε σχέση με δερματικές πτυχές [55]. Επιπλέον, θεωρούμε πως η εισαγωγή της μεταβλητής της περιφέρειας του πήχη διορθώνει την εξίσωση ως προς την μυϊκή μάζα, δεδομένου ότι η περιφέρεια του πήχη σχετίζεται με τα ποσοστά της μυϊκής μάζας [67]. Στη παρούσα μελέτη, η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται από το αρνητικό πρόσημο στην εξίσωση, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια σχετική βελτίωση στην εκτίμηση του %ΣΛ για την αυξημένη μυϊκή μάζα ενός ατόμου που έχει αυξημένη περιφέρεια πήχη.

Όσον αφορά στο δεύτερο μοντέλο, η υψηλή εγκυρότητα και η αξιοπιστία πιστεύεται ότι οφείλεται στην ολιστική ανθρωπομετρική προσέγγιση. Στο συγκεκριμένο μοντέλο, οι μετρήσεις όπως περιφέρεια ισχίου, περιφέρεια μέσης και τεσσάρων δερματοπτυχών εκτιμούν το σωματικό λίπος σε όλες τις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος, ενώ η περιφέρεια του πήχη, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, διορθώνει την εξίσωση ως προς την μυϊκή μάζα και η μεταβλητή του ύψους το μέγεθος του σώματος.

Τέλος, το μέγεθος του δείγματος (642 άτομα) θεωρείται επαρκές, ώστε να παρέχει αρκετή στατιστική ισχύ για τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν καθώς όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.9, τα μεγέθη δείγματος σε αντίστοιχες μελέτες κυμαίνονται από 50 έως 1229 άτομα με μέση τιμή τα 400.

5.1 Αξιολόγηση εξισώσεων βιβλιογραφίας

Από τις 31 εξισώσεις που αξιολογήθηκαν στο υπό-δείγμα 214 εθελοντών, οχτώ βρέθηκαν να μην έχουν στατιστικά σημαντικό σφάλμα. Από αυτές πέντε είχαν ICC πάνω

από 0,900 ενώ μόλις τρεις εξισώσεις είχαν κάτω από 10% ποσοστό λίπους διάστημα εμπιστοσύνης (95% CI).

Πολλές εξισώσεις έχουν δημιουργηθεί για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος, ορισμένες είναι πιο σύνθετες και άλλες είναι πιο απλές και βασίζονται μόνο σε ανθρωπομετρία [68]. Αναλυτικότερα, οι Lean et.al., μέσα από τη μελέτη τους σε 146 άνδρες και 238 γυναίκες δημιούργησαν εξισώσεις και για τα δυο φύλα, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς απλών ανθρωπομετρικών μετρήσιων και δερματοπτυχών, ώστε να πετύχουν την καλύτερη εκτίμηση της σύστασης του σώματος. Οι εξισώσεις της βιβλιογραφίας που σχεδιάστηκαν για τους άνδρες φάνηκε να μην έχουν στατιστικά σημαντικό σφάλμα, υψηλό ICC, όμως με μεγάλο διάστημα εμπιστοσύνης. Εξαίρεση αποτέλεσε η εξίσωση που περιείχε σύνολο δερματικών πτυχών, το οποίο μπορεί να οφείλεται στο μεγάλο ηλικιακό εύρος. Αντίστοιχα για τις γυναίκες, η πρώτη εξίσωση που περιείχε περιφέρεια μέσης και ηλικία βρέθηκε να είναι αξιόπιστη, αλλά με μεγάλο διάστημα εμπιστοσύνης ($\pm 10,5$ %ΣΛ), το οποίο ενδεχομένως να αποδίδεται στη διαφορετική κατανομή του ΣΛ ανάμεσα σε μεσόγειες και βορειο-Ευρωπαϊκές γυναίκες [68].

Ο Deurenberg et. Al., ωστόσο, πρότεινε την χρήση του ΔΜΣ σε συνδυασμό με την ηλικία και το φύλο για την μέτρηση της πυκνότητας του σώματος σε μεγάλο δείγμα ολλανδικού πληθυσμού. Η εξίσωση φάνηκε να έχει εγκυρότητα και αξιοπιστία, αρκετά υψηλό ICC (0,932), χαμηλό και μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα ($\sim -0,5\%$, $p=0,104$) και σχετικά χαμηλό διάστημα εμπιστοσύνης ($\sim \pm 9,7\%$). Ο ΔΜΣ αποτελεί ένα εύχρηστο και γρήγορο εργαλείο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για την εκτίμηση κινδύνου από υπερβάλλον σωματικό βάρος. Ωστόσο, δεν μπορεί να εκτιμήσει τη σύσταση του σώματος, διότι χρησιμοποιεί τις μεταβλητές όπως το ύψος και το βάρος. Επίσης, η παρουσία του ΔΜΣ σε εξισώσεις συχνά αδυνατεί να δώσει έγκυρα αποτελέσματα για το σωματικό λίπος σε παχύσαρκα άτομα $\Delta\text{Μ}\Sigma > 30\text{kg/m}^2$ [69, 70]. Ο λόγος που χρησιμοποιείται συχνά ο ΔΜΣ στις εξισώσεις, είναι η ελαχιστοποίηση του σφάλματος της μέτρησης που υπάρχει με τη χρήση των άλλων μεθόδων, όπως στις εξισώσεις που χρησιμοποιούν ως μεταβλητές τις δερματοπτυχές όπου απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό [71, 72]. Η εξισώσεις του Deurenberg έχουν υψηλή εγκυρότητα τόσο λόγω του ΔΜΣ, όσο και εξαιτίας των μεταβλητών όπως ηλικία και φύλο, διότι σε αρκετές

μελέτες έχει φανεί ότι το %ΣΛ εξαρτάται από μεταβλητές όπως ηλικία, φύλο και φυλή [69, 73].

Αντίστοιχα και η εξίσωση του Gallagher et.al., χρησιμοποιεί για τον προσδιορισμό του %ΣΛ στους άνδρες και στις γυναίκες το ΔΜΣ [19]. Η εξίσωση είχε χαμηλό μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα ($\sim -0,4\%$, $p=0,25$), ICC αρκετά υψηλό (0,941) και χαμηλό διάστημα εμπιστοσύνης ($\sim \pm 9,3\%$). Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία φάνηκε να αποδίδεται στο μεγάλο ηλικιακό εύρος αλλά και στο μεγάλο μέγεθος του δείγματος. Επιπλέον, υποστηρίζει την χρήση του ΔΜΣ ως μεταβλητή, αντί να χρησιμοποιεί ξεχωριστά το ύψος και το βάρος, διότι δεν παρατηρήθηκε καμία βελτίωση στα αποτελέσματα όταν το σωματικό βάρος και το ύψος αντικατέστησαν τον ΔΜΣ ως ανεξάρτητες μεταβλητές.

Όσον αφορά την εξίσωση των Martarelli et.al., στην οποία χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή μόνο ο ΔΜΣ [74], φάνηκε ότι εκτίμησε με μικρό σφάλμα τη ΛΜΣ. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην πολύ απλή κατασκευή της, με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη μεταβλητή να αυξάνει την ευαισθησία της εξίσωσης στο να εκτιμά τη ΛΜΣ. Επομένως, η ύπαρξη της συγκεκριμένης μεταβλητής μπορεί να είναι ένας ακόμη πιθανός λόγος που αυτή λειτούργησε καλά όταν εφαρμόστηκε στο γενικό πληθυσμό. Παρόλο που το σφάλμα της εξίσωσης ήταν χαμηλό, παράλληλα ήταν και στατιστικά σημαντικό.

Οι εξισώσεις των Jackson and Pollock η οποίες επίσης σχεδιάστηκαν για να προβλέπουν το %ΣΛ χρησιμοποιώντας το ΔΜΣ, φάνηκε να υποεκτιμούν το %ΣΛ, ειδικά στις ηλικιωμένες παχύσαρκες γυναίκες. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η αύξηση της ηλικίας οδηγεί σε αύξηση του λιπώδους ιστού [56, 75].

Οι εξισώσεις των Sloan et.al., υπολογίζουν το ΣΛ και ως μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν μόνο δερματοπτυχές. Το σφάλμα υποεκτιμούσε το ποσοστό λίπους όσο στους άνδρες, τόσο και στις γυναίκες, ήταν σχετικά μεγάλο και στατιστικά σημαντικό ($\text{Bias}_{\text{male}} : -3,92\%$, $\text{Bias}_{\text{female}} : -9,76$, $p < 0,001$, $p < 0,001$ αντίστοιχα). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το μοντέλο περιλαμβάνει μόνο δερματικές πτυχές και για αυτόν τον λόγο το σφάλμα της μεθόδου ενδεχομένως να αυξηθεί εξαιτίας ανεπαρκούς τεχνικής επιδεξιότητας και ανεπαρκούς κάλυψης όλων των περιοχών του σώματος [76].

Συνεπώς, τα μοντέλα της παρούσας μελέτης φαίνεται να λειτουργούν καλύτερα σε σύγκριση με τις εξισώσεις της βιβλιογραφίας, αφού το σφάλμα τους ήταν μη στατιστικά σημαντικό, ο βαθμός αξιοπιστίας ICC's ήταν υψηλός ($r=0.955$ και $r=0.976$ αντίστοιχα) και στενότερα όρια συμφωνίας (8.1 και 6.056 αντίστοιχα).

5.2 Μειονεκτήματα

Ως μειονεκτήματα της παρούσας μελέτης θα μπορούσαμε να αναφέρουμε το γεγονός ότι το δείγμα παρουσίαζε μια ανισοκατανομή ανδρών και γυναικών καθώς οι γυναίκες ήταν περισσότερες από τους άνδρες που όμως δεν φάνηκε να επηρεάζει την απόδοση των εξισώσεων ανά φύλο Πίνακα 4.9.

Επιπρόσθετα, παρά του ότι οι εξισώσεις είναι πιο αξιόπιστες από τις εξισώσεις της βιβλιογραφίας έχουν 8 και 6% όρια συμφωνίας συγκριτικά με την πρότυπη μέθοδο.

6. Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι ο ΔΜΣ κατηγοριοποιεί εσφαλμένα την παχυσαρκία συγκριτικά με το %ΣΛ. Επιπρόσθετα πραγματοποιήθηκε έλεγχος εγκυρότητας εξισώσεων βιβλιογραφίας για τον προσδιορισμό της σύστασης σώματος σε 642 καυκάσιους έλληνες. Τέλος σχεδιάστηκαν 2 εξισώσεις εκτίμησης %ΣΛ, οι οποίες βρέθηκαν να είναι έγκυρες και αξιόπιστες για τον ελληνικό πληθυσμό χαμηλής και μέτριας φυσικής δραστηριότητας ενώ παράλληλα φάνηκε να αποδίδουν καλύτερα από τις υπάρχουσες της βιβλιογραφίας. Οι εξισώσεις της παρούσας μελέτης μπορούν να εφαρμοστούν στην κλινική πράξη, αλλά και στην έρευνα όταν η χρήση κάποιας πρότυπης μεθόδου δεν είναι εφικτή. Το πρώτο μοντέλο είναι απλό εύκολα εφαρμόσιμο, απαιτεί ελάχιστο εξοπλισμό, μια μετροταινία. Το δεύτερο μοντέλο είναι πιο περίπλοκο, απαιτεί μετρήσεις δερματοπτυχών και περιφέρειών, όμως φαίνεται να είναι πιο έγκυρο και πιο αξιόπιστο σε σύγκριση με το πρώτο. Η περαιτέρω αξιολόγηση των μοντέλων αυτών στην ικανότητα τους να προσδιορίζουν αλλαγές σύστασης σώματος σε κλινικές δοκιμές αναμένεται να παρέχει ισχυρότερα αποτελέσματα σχετικά με την ακρίβειά τους.

Βιβλιογραφία

1. Guh, D.P., et al., *The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis*. BMC public health, 2009. **9**(1): p. 1.
2. Mazess, R.B., H.S. Barden, and E.S. Ohlrich, *Skeletal and body-composition effects of anorexia nervosa*. The American journal of clinical nutrition, 1990. **52**(3): p. 438-441.
3. Organization, W.H., *Obesity and Overweight factsheet from the WHO*. World, 2015.
4. Dulloo, A.G., et al., *Body composition phenotypes in pathways to obesity and the metabolic syndrome*. International journal of obesity, 2010. **34**: p. S4-S17.
5. Baumgartner, R.N., S.B. Heymsfield, and A.F. Roche, *Human body composition and the epidemiology of chronic disease*. Obesity Research, 1995. **3**(1): p. 73-95.
6. Eknayan, G., *Adolphe Quetelet (1796–1874)—the average man and indices of obesity*. Nephrology Dialysis Transplantation, 2008. **23**(1): p. 47-51.
7. Keys, A., et al., *Indices of relative weight and obesity*. International journal of epidemiology, 2014: p. dyu058.
8. Lung, N.H. and B. Institute, *Assessing your weight and health risk*. Aim for a Healthy Weight, Sept, 2010.
9. Razak, F., et al., *Defining obesity cut points in a multiethnic population*. Circulation, 2007. **115**(16): p. 2111-2118.
10. Norgan, N.G., *Population differences in body composition in relation to the body mass index*. European journal of clinical nutrition, 1994. **48**: p. S10-25; discussion S26-7.
11. Organization, W.H., *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. 2000: World Health Organization.
12. Snijder, M., et al., *What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them?* International journal of epidemiology, 2006. **35**(1): p. 83-92.
13. Romero-Corral, A., et al., *Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population*. International journal of obesity, 2008. **32**(6): p. 959-966.
14. Allison, D.B., et al., *Hypothesis concerning the U-shaped relation between body mass index and mortality*. American Journal of Epidemiology, 1997. **146**(4): p. 339-349.
15. Noppa, H., et al., *Longitudinal studies of anthropometric data and body composition. The population study of women in Göteborg, Sweden*. The American journal of clinical nutrition, 1980. **33**(1): p. 155-162.
16. Doherty, T.J., *Invited review: aging and sarcopenia*. Journal of applied physiology, 2003. **95**(4): p. 1717-1727.
17. Gallagher, D., et al., *Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women*. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism, 2000. **279**(2): p. E366-E375.
18. Hughes, V.A., et al., *Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity*. The American journal of clinical nutrition, 2002. **76**(2): p. 473-481.
19. Gallagher, D., et al., *How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups?* American journal of epidemiology, 1996. **143**(3): p. 228-239.
20. Deurenberg, P., et al., *Body mass index as a measure of body fatness in the elderly*. European journal of clinical nutrition, 1989. **43**(4): p. 231-236.
21. Folsom, A.R., et al., *Associations of general and abdominal obesity with multiple health outcomes in older women: the Iowa Women's Health Study*. Archives of internal medicine, 2000. **160**(14): p. 2117-2128.

22. Janssen, I., P.T. Katzmarzyk, and R. Ross, *Body mass index, waist circumference, and health risk: evidence in support of current National Institutes of Health guidelines*. Archives of internal medicine, 2002. **162**(18): p. 2074-2079.
23. Μανιός, Γ., *Διατροφική Αξιολόγηση*. Ιατρικές Εκδόσεις ΠΧ Πασχαλίδης, 2006.
24. Heyward, V.H. and D.R. Wagner, *Applied body composition assessment*. 2nd ed. 2004, Champaign, IL: Human Kinetics. xi, 268 p.
25. Siervogel, R.M., et al., *Puberty and body composition*. Hormone Research in Paediatrics, 2004. **60**(Suppl. 1): p. 36-45.
26. Wagner, D.R. and V.H. Heyward, *Measures of body composition in blacks and whites: a comparative review*. Am J Clin Nutr, 2000. **71**(6): p. 1392-402.
27. Visser, M., et al., *Density of fat-free body mass: relationship with race, age, and level of body fatness*. Am J Physiol, 1997. **272**(5 Pt 1): p. E781-7.
28. Perry, A.C., et al., *Racial differences in visceral adipose tissue but not anthropometric markers of health-related variables*. J Appl Physiol (1985), 2000. **89**(2): p. 636-43.
29. Lovejoy, J.C., et al., *Abdominal fat distribution and metabolic risk factors: effects of race*. Metabolism, 1996. **45**(9): p. 1119-24.
30. French, S.A., M. Story, and R.W. Jeffery, *Environmental influences on eating and physical activity*. Annual review of public health, 2001. **22**(1): p. 309-335.
31. Tucker, L.A., *Television viewing and physical fitness in adults*. Research quarterly for exercise and sport, 1990. **61**(4): p. 315-320.
32. JACOBS JR, D.R., J.M. SPRAFKA, and P.J. HANNAN, *Mortality and Risk-factor Trends. Lessons for Science from the Seven Countries Study: A 35-Year Collaborative Experience in Cardiovascular Disease Epidemiology*, 2012: p. 145.
33. Fry, A.C., *The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations*. Sports medicine, 2004. **34**(10): p. 663-679.
34. Fry, A.C., *The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations*. Sports Med, 2004. **34**(10): p. 663-79.
35. Bedogni, G., et al., *The assessment of body composition in health and disease*. 2006.
36. Bedogni, G., A. Borghi, and N. Battistini, *Body water distribution and disease*. Acta diabetologica, 2003. **40**(1): p. s200-s202.
37. Forbes, R.M., A.R. Cooper, and H.H. Mitchell, *The composition of the adult human body as determined by chemical analysis*. J Biol Chem, 1953. **203**(1): p. 359-66.
38. Brožek, J., et al., *Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions**. Annals of the New York Academy of Sciences, 1963. **110**(1): p. 113-140.
39. Ellis, K.J., *Human body composition: in vivo methods*. Physiological reviews, 2000. **80**(2): p. 649-680.
40. Heymsfield, S.B., et al., *Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis*. Am J Clin Nutr, 1996. **64**(3 Suppl): p. 478S-484S.
41. Wang, Z.-M., R. Pierson, and S.B. Heymsfield, *The five-level model: a new approach to organizing body-composition research*. The American journal of clinical nutrition, 1992. **56**(1): p. 19-28.
42. Ramos, R.L., et al., *Dual energy X-ray absorptimetry: fundamentals, methodology, and clinical applications*. Radiología (English Edition), 2012. **54**(5): p. 410-423.
43. Lee, S.Y. and D. Gallagher, *Assessment methods in human body composition*. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2008. **11**(5): p. 566-72.

44. Pace, N. and E.N. Rathbun, *Studies on body composition. 3. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content*. Journal of Biological Chemistry, 1945. **158**: p. 685-691.
45. Siri, W.E., *Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods*. Techniques for measuring body composition, 1961. **61**: p. 223-44.
46. Dewit, O., et al., *Whole body air displacement plethysmography compared with hydrodensitometry for body composition analysis*. Archives of disease in childhood, 2000. **82**(2): p. 159-164.
47. Nunez, C., et al., *Body composition in children and adults by air displacement plethysmography*. European journal of clinical nutrition, 1999. **53**(5): p. 382-387.
48. Bosy-Westphal, A., et al., *Validation of air-displacement plethysmography for estimation of body fat mass in healthy elderly subjects*. Eur J Nutr, 2003. **42**(4): p. 207-16.
49. Duren, D.L., et al., *Body composition methods: comparisons and interpretation*. Journal of diabetes science and technology, 2008. **2**(6): p. 1139-1146.
50. Goodpaster, B.H., F.L. Thaete, and D.E. Kelley, *Composition of skeletal muscle evaluated with computed tomography*. Annals of the New York Academy of Sciences, 2000. **904**(1): p. 18-24.
51. Piekarski, J., et al., *Difference between liver and spleen CT numbers in the normal adult: its usefulness in predicting the presence of diffuse liver disease*. Radiology, 1980. **137**(3): p. 727-729.
52. Pateyjohns, I.R., et al., *Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men*. Obesity, 2006. **14**(11): p. 2064-2070.
53. Rush, E.C., V. Chandu, and L.D. Plank, *Prediction of fat-free mass by bioimpedance analysis in migrant Asian Indian men and women: a cross validation study*. Int J Obes (Lond), 2006. **30**(7): p. 1125-31.
54. Roche, A.F., S.B. Heymsfield, and T.G. Lohman, *Human body composition*. 1996: Human Kinetics Publishers.
55. Jackson, A.S. and M.L. Pollock, *Generalized equations for predicting body density of men*. British journal of nutrition, 1978. **40**(03): p. 497-504.
56. Jackson, A.S., M.L. Pollock, and A. Ward, *Generalized equations for predicting body density of women*. Medicine and science in sports and exercise, 1979. **12**(3): p. 175-181.
57. Fanelli, M.T. and R.J. Kuczmarski, *Ultrasound as an approach to assessing body composition*. Am J Clin Nutr, 1984. **39**(5): p. 703-9.
58. Callaway, C.W., et al., *Circumferences*. Anthropometric standardization reference manual, 1988. **1988**: p. 39-54.
59. Bray, G. and D. Gray, *Anthropometric measurements in the obese*. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988: p. 131-36.
60. Nishida, C., G.T. Ko, and S. Kumanyika, *Body fat distribution and noncommunicable diseases in populations: overview of the 2008 WHO Expert Consultation on Waist Circumference and Waist-Hip Ratio*. Eur J Clin Nutr, 2010. **64**(1): p. 2-5.
61. Health, U.D.o. and H. Services, *Understanding Adult Obesity. WIN Weight-control Information Network: National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK) Web site. NIH Publication No. 06-3680. November 2008*. 2010.
62. FAO, W. and U. Energy, *proteins requirements in technical report. Series 724*. World Health Organization, Geneva, 1985: p. 1-110.
63. Calle, E.E., et al., *Overweight, obesity, and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of US adults*. New England Journal of Medicine, 2003. **348**(17): p. 1625-1638.

64. Adams, K.F., et al., *Overweight, obesity, and mortality in a large prospective cohort of persons 50 to 71 years old*. New England Journal of Medicine, 2006. **355**(8): p. 763-778.
65. O'Donovan, G., et al., *Cardiovascular disease risk factors in habitual exercisers, lean sedentary men and abdominally obese sedentary men*. International Journal of Obesity, 2005. **29**(9): p. 1063-1069.
66. Goldberg, A.P., et al., *Cardiovascular fitness, body composition, and lipoprotein lipid metabolism in older men*. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 2000. **55**(6): p. M342-M349.
67. Martin, A., et al., *Anthropometric estimation of muscle mass in men*. Medicine and science in sports and exercise, 1990. **22**(5): p. 729-733.
68. Lean, M., T.S. Han, and P. Deurenberg, *Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements*. The American journal of clinical nutrition, 1996. **63**(1): p. 4-14.
69. Jackson, A., et al., *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, 2002. **26**(6): p. 789-796.
70. Meeuwse, S., G. Horgan, and M. Elia, *The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex*. Clinical nutrition, 2010. **29**(5): p. 560-566.
71. Frankenfield, D.C., et al., *Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition*. Nutrition, 2001. **17**(1): p. 26-30.
72. Ranasinghe, C., et al., *Relationship between Body mass index (BMI) and body fat percentage, estimated by bioelectrical impedance, in a group of Sri Lankan adults: a cross sectional study*. BMC public health, 2013. **13**(1): p. 1.
73. Garrow, J.S. and J. Webster, *Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness*. International journal of obesity, 1984. **9**(2): p. 147-153.
74. Martarelli, D., B. Martarelli, and P. Pompei, *Body composition obtained from the body mass index*. European journal of nutrition, 2008. **47**(8): p. 409-416.
75. Jackson, A.S., *Research design and analysis of data procedures for predicting body density*. Medicine and science in sports and exercise, 1984. **16**(6): p. 616-622.
76. Yusuf, S., et al., *Obesity and the risk of myocardial infarction in 27 000 participants from 52 countries: a case-control study*. The Lancet, 2005. **366**(9497): p. 1640-1649.