



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ - ΔΙΑΤΡΟΦΗ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΑΤΟΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ.**

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ.



Γερακίτη Λουκία ΑΜ: DP4421415

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ιωάννης Μανιός, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δημοσθένης Παναγιωτάκος, Καθηγητής

Κωνσταντίνος Τσίγκος, Καθηγητής

Ιωάννης Μανιός, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ιούνιος 2016, Καλλιθέα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την ενθάρρυνση και βοήθεια τον επιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή μου Δρ Ιωάννη Μανιό. Η υποστήριξη του καθ'όλη τη διάρκεια της μελέτης αλλά και της διεκπεραίωσης της εργασίας ήταν μείζονος σημασίας για μένα.

Θα ήθελα επίσης να τονίσω πως χωρίς την καθοδήγηση και ουσιαστική συμβολή του Δρ Σπυρίδωνα Κανελλάκη στην διεξαγωγή της έρευνας αλλά και στην ανάπτυξη της εργασίας, το αποτέλεσμα θα ήταν αμφίβολο.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την αμέριστη εκτίμησή μου σε όλη την ερευνητική ομάδα της Hellenic Body Composition Study, και ιδίως στους συναδέλφους Σκουφά Στάθη και Khodokonenko Vladlena, για την άριστη συνεργασία κατά τις διαδικασίες της έρευνας αλλά και την ανιδιοτελή βοήθεια στα δύσκολα σημεία που προέκυπταν.

Τέλος, η ψυχολογική υποστήριξη της οικογένειας και των φίλων μου ήταν παραπάνω από καταλυτική.

Γερακίτη Λουκία

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1. Σύσταση σώματος	8
1.2. Μελέτη σύστασης του σώματος.....	8
1.3. Ανάλυση σύστασης σώματος σε άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα	10
1.4. Μέθοδοι ανάλυσης σύστασης σώματος	11
1.4.1. Βιοηλεκτρική εμπέδηση	12
1.4.2. Απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας	13
1.4.3. Υδροπυκνομετρία.....	15
1.4.4. Συσκευές υπερήχων.....	16
1.4.5. Αέρια πληθυσμογραφία.....	17
1.4.6. Αξονική τομογραφία	18
1.4.7. Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού	18
1.4.8. Τεχνικές διάλυσης	19
1.4.9. Ανθρωπομετρία και δερματοπυχομέτρηση.....	19
1.5. Βιβλιογραφικό κενό.....	22
2. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	23
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	24
3.1. Το δείγμα της μελέτης.....	24
3.2. Μεθοδολογία μετρήσεων	25
3.3. Στατιστική Ανάλυση	28
3.4. Εξειδικευμένες εξισώσεις βιβλιογραφίας.....	28
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	30
4.1. Περιγραφή δείγματος	30
4.2. Έλεγχος εγκυρότητας εξειδικευμένων εξισώσεων.....	32
4.3. Δημιουργία νέων εξισώσεων	41
4.4. Έλεγχος εγκυρότητας γενικευμένων εξισώσεων.....	43
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	46
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Σκοπός της μελέτης ήταν η ανάπτυξη και ο έλεγχος εγκυρότητας δυο εξισώσεων προσδιορισμού της σύστασης σώματος Ελλήνων με υψηλή φυσική δραστηριότητα και η σύγκρισή τους με τις υπάρχουσες εξισώσεις στη διεθνή βιβλιογραφία.

Υλικό και Μεθοδολογία: Ανθρωπομετρικά δεδομένα συλλέχθηκαν, βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA) και απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA) εφαρμόστηκαν σε 105 ενήλικες Έλληνες (55♀, 50♂) με έντονη φυσική δραστηριότητα (ΦΔ) με σκοπό να αναπτυχθούν δυο νέες εξειδικευμένες εξισώσεις και να ελεγχθεί η εγκυρότητα τους. Μέθοδος αναφοράς ήταν DXA. Η εγκυρότητα κι η αξιοπιστία των μεθόδων προσδιορίσθηκε με Bland-Altman Test και Intraclass Correlation Coefficient.

Αποτελέσματα: Τα μοντέλα ήταν: $\%BF = 18.015 * \log_{sumbitrithigh} + 72.980 * \log_{waistmax} - 4.973 * Gender - 27.391 * Height - 96.862$ και

$$FFM = 4.596 * Gender + 0.2 * Weight + 61.567 * Height - 0.049 * Rz + 0.08 * Xc - 46.076^1$$

Αναφορικά με την πρώτη εξίσωση, στην ομάδα ελέγχου ο έλεγχος εγκυρότητας έδειξε μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα (bias) $-0,187\%BF$, με όρια συμφωνίας $\pm 7,13\%$ και ο συντελεστής συσχέτισης R ήταν 0,967. Στην δεύτερη εξίσωση το σφάλμα ήταν 0,014kg FFM, μη στατιστικά σημαντικό, τα όρια συμφωνίας ήταν $\pm 7,808kg$ και ο συντελεστής συσχέτισης R = 0,973. Καμία άλλη εξειδικευμένη εξίσωση σύστασης σώματος για άτομα υψηλής ΦΔ δεν έχει σταθμιστεί στον ελληνικό πληθυσμό.

Συμπεράσματα: Στη παρούσα μελέτη αναπτύχθηκαν δυο μοντέλα που βρέθηκαν να είναι αξιόπιστα για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος Ελλήνων υψηλής ΦΔ και μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν από επιστήμονες υγείας στην έρευνα αλλά και με στόχο τη βελτίωση της αθλητικής τους απόδοσης.

¹ %BF: ποσοστό λιπώδους μάζας, sumbitrithigh: άθροισμα δερματικών πτυχών δικέφαλου, τρικέφαλου και μηρού σε mm, waistmax: μέγιστη περιφέρεια κοιλιάς σε cm, gender: φύλο (0= για τις γυναίκες, 1= για τους άνδρες), height: ύψος σε m, FFM: άλιπη μάζα σώματος(kg) height: ύψος σε m, weight: σωματικό βάρος σε kg, Rz: resistance, πραγματική αντίσταση, Xc: reactance, μη ωμική αντίσταση

Λέξεις κλειδιά: Fat mass, body composition, athlete, active adults, equation, Hellenic body composition study.

ABSTRACT

Abstract

Objective: The aim of this study was to develop, and validate two models that estimate body composition of highly active subjects and compare it to existing models retrieved from the literature.

Methods: Anthropometric data were collected and BIA (bioelectrical impedance analysis) was performed in 105 Caucasian adults (55♀, 50♂). Dual energy x-ray absorptiometry (DXA) was used as the reference method. The comparison with other models was made using Bland-Altman analysis and Intraclass Correlation Coefficient.

Results: The models accrued were:

$\%BF = 18.015 * \log_{\text{sumbitrithigh}} + 72.980 * \log_{\text{waistmax}} - 4.973 * \text{Gender} - 27.391 * \text{Height} - 96.862$
and

$FFM = 4.596 * \text{Gender} + 0.2 * \text{Weight} + 61.567 * \text{Height} - 0.049 * R_z + 0.08 * X_c - 46.076$ ²

Bland Altman's reliability analysis on the validation cohort showed no significant bias of -0.187%BF and 0,014kg FFM and limits of agreement $\pm 7.130\%$ and $\pm 7.808\text{kg}$ while the Intraclass Correlation Coefficient was 0.967 and 0.973 respectively.

Conclusions: From the current study two models were designed and validated. Both were found to be reliable for the body composition assessment of Caucasian highly active population. Furthermore they can be easily applied in research and daily practice.

Key words: Fat mass, body composition, athlete, active adults, equation, Hellenic body composition study.

² %BF: Body Fat percentage, sumbitrithigh: sum of skinfolds: biceps, triceps and thigh (mm), waistmax: maximum waist circumference in cm, gender: (0= women, 1= men), height in m, FFM: Fat Free Mass(kg), weight in kg, Rz: resistance, Xc: reactance

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύσταση του σώματος των ατόμων που έχουν υψηλή φυσική δραστηριότητα διαφέρει σε μορφολογικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα άτομα που έχουν καθιστικό τρόπο ζωής[1].

Η ανάλυση της σύστασης του σώματος έχει ραγδαία ανάπτυξη της τελευταίες δεκαετίες. Η γνώση της σύστασης του σώματος αποτελεί πλέον μια βασική προϋπόθεση για την διαιτητική πρακτική, τόσο σε κλινικό, όσο και σε διαιτολογικό επίπεδο. Η μέτρηση της σύστασης του σώματος είναι, παράλληλα, απαραίτητη ως προγνωστικός δείκτης στην ιατρική, αλλά και στην παρακολούθηση των ασθενών, όπως επίσης, και στην επιστήμη της άθλησης. Ο διαρκώς αυξανόμενος όγκος πληροφοριών από τα νέα ερευνητικά αποτελέσματα εμπλουτίζει καθημερινά τις γνώσεις της επιστημονικής κοινότητας. Ως ένα μεγάλο βαθμό, πλέον, η διαιτητική βασίζεται στην ενδελεχή γνώση της σύστασης του ανθρώπινου σώματος, πριν από κάθε διατροφική παρέμβαση[2].

Πολλές μέθοδοι εκτίμησης της σύστασης του σώματος έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί ερευνητικά αλλά και στην πράξη. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος στον αθλητικό χώρο, αλλά και η πιο έγκυρη είναι η απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας, η υδροπυκνομετρία και η πληθυσμογραφία[3]. Παρόλα αυτά, αυτά τα ογκώδη εργαστηριακά μηχανήματα δεν είναι πάντα εύχρηστα και διαθέσιμα. Η δερματοπτυχομετρία, η βιοηλεκτρική εμπέδηση και άλλες μέθοδοι φαίνονται περισσότερο προσιτές, με μία επιφύλαξη αναφορικά με την επιδεξιότητα του εξεταστή και την καταλληλότητα του μοντέλου (εξίσωσης) από το οποίο θα προκύψει το τελικό αποτέλεσμα.

Μοντέλα με απλές μεταβλητές, έγκυρες και με αξιόπιστα αποτελέσματα κρίνονται απαραίτητες καθώς θα βοηθούσαν καθοριστικά το έργο των επιστημόνων που ασχολούνται με την σύσταση του σώματος των ατόμων με υψηλή φυσική δραστηριότητα[3]. Αξιοσημείωτο είναι το ότι στην επιστημονική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν μελέτες που να έχουν σχεδιάσει και σταθμίσει κάποιο μοντέλο εκτίμησης της σύστασης του σώματος Ελλήνων με υψηλή σωματική δραστηριότητα.

1.1. Σύσταση σώματος

Σύσταση του ανθρώπινου σώματος ορίζεται η ποσοτική συμμετοχή των διαφόρων συστατικών από τα οποία αποτελείται το ανθρώπινο σώμα. Τα συστατικά αυτά ταξινομούνται σε πέντε διαφορετικά επίπεδα, τα οποία είναι: το ατομικό (οξυγόνο, άνθρακας κτλ.), το μοριακό (νερό, λιπίδια, πρωτεΐνες, ανόργανα συστατικά), το κυτταρικό (κυτταρική μάζα, εξωκυττάρια υγρά και στερεά), των ιστών (μυϊκός, λιπώδης, οστικός κτλ.) και το επίπεδο ολόκληρου του σώματος [4].

1.2. Μελέτη σύστασης του σώματος

Η μελέτη της σύστασης του σώματος απαντά σε ερωτήματα που αφορούν τη περιεκτικότητα του ανθρώπινου σώματος σε αυτά τα συστατικά, διερευνά αν υπάρχει συσχέτιση των συστατικών αυτών με προδιάθεση σε ασθένειες ή καλή υγεία, όπως επίσης εξελίσσει τις τεχνικές και μεθόδους για έγκυρη, ασφαλή και αξιόπιστη εκτίμηση των συστατικών [5]. Αναλυτικότερα, μέσω της ανάλυσης της σύστασης του ανθρώπινου σώματος εντοπίζεται τυχόν κίνδυνος υγείας σε άτομα με υπερβάλλον σωματικό λίπος, όπως καρδιαγγειακές επιπλοκές [6], σακχαρώδης διαβήτης [7], ορθοπεδικά προβλήματα [8], τύποι καρκίνου [9] και νεφρικοί λίθοι [10]. Επίσης, έντονες διακυμάνσεις στη σύσταση του σώματος ίσως οφείλονται σε κάποια παθολογική κατάσταση ή διαταραχή [11]. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της σύστασης του σώματος φανερώνουν τις μεταβολές μετά από ένα παρεμβατικό πρόγραμμα εκγύμνασης ή/και διατροφής σε παχύσαρκα άτομα [12] ή μη. Επίσης, απαραίτητη κρίνεται η ανάλυση του σώματος των ατόμων με υψηλή φυσική δραστηριότητα με στόχο τον έλεγχο του προπονητικού και διατροφικού προγράμματος και την επόμενη στοχοθέτηση [13]. Φαίνεται, τέλος, να έχει χρήση και για την επισήμανση των αλλαγών στη σύσταση του σώματος με το πέρασ της ηλικίας[14].

Η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με την ανάλυση της σύστασης του σώματος στο επίπεδο των υγιών ατόμων με έντονη φυσική δραστηριότητα. Το ενδιαφέρον για τη σύσταση σώματος είναι αρκετά έντονο στους κύκλους του αθλητισμού. Παραδείγματος χάριν, οι αθλητές οι οποίοι ασχολούνται με αθλήματα που έχουν κατηγορίες βάρους, ενδιαφέρονται για ένα χαμηλότερο σωματικό βάρος και λίπος αφού κάτι τέτοιο θα αυξήσει τις πιθανότητες για διάκριση[15]. Επίσης, σε αθλήματα όπου η καλαισθησία του σώματος αποτελεί μέρος του αγωνίσματος, αλλά και σε

αθλήματα όπου το αυξημένο βάρος μειώνει την απόδοση αισθητά, η σύσταση σώματος του αθλητή πρέπει να αξιολογείται και να παρακολουθείται συστηματικά [15].

Έχοντας αυτά υπόψιν τους, οι αθλούμενοι στην προσπάθειά τους να αυξήσουν όσο δυνατόν περισσότερο την επίδοσή τους, ίσως προβαίνουν σε μη θεμιτές τεχνικές απώλειας βάρους, λίπους ή υγρών[16]. Είτε, λοιπόν, το ενδιαφέρον είναι στραμμένο στην εξάλειψη αυτού του φαινομένου, είτε στην παρακολούθηση μεταβολών στα ποσοστά λίπους και μυϊκής μάζας, είτε στην παρακολούθηση των υγιεινών ή μη συνηθειών του ατόμου, η εκτίμηση της σύστασης του σώματος είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τους προπονητές, τους διαιτολόγους και τον ίδιο τον αθλούμενο[15].

1.3. Ανάλυση σύστασης σώματος σε άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα

Μελέτες τονίζουν πως η σύσταση του σώματος είναι αδιαμφισβήτητα συσχετιζόμενη με την ενασχόληση ή μη με κάποια σωματική δραστηριότητα. Καθώς το άτομο αυξάνει τη συχνότητα ή/και την ένταση των προπονήσεων, η σύσταση του σώματός του διαφοροποιείται [17]. Οι αλλαγές στη σύσταση του σώματος εξαρτώνται από τον τύπο, τη συχνότητα και την ένταση της εκτελούμενης δραστηριότητας [18]. Έτσι, η σύσταση σώματος των ατόμων που γυμνάζονται έντονα διαφέρει σημαντικά, και σε αρκετά σημεία από εκείνη των ατόμων που είτε δεν εμπλέκονται συστηματικά σε κάποια σωματική δραστηριότητα είτε απέχουν εντελώς και έχουν έναν καθιστικό τρόπο ζωής[4].

Όσον αφορά τους τελευταίους, τους μη αθλούμενους, ωφέλιμο θα ήταν να δώσουν την κατάλληλη προσοχή, εφόσον οι επιπτώσεις της έλλειψης φυσικής δραστηριότητας στην σύσταση του σώματος και κατ' επέκταση στην υγεία είναι σοβαρές, ευρέως γνωστές και διατυπωμένες από παγκόσμιους οργανισμούς και κοινότητες (WHO: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, AHA: Αμερικάνικος Καρδιολογικός Σύλλογος) [19].

Στην αντίπερα όχθη, οι έντονα δραστήριοι πρέπει να ελέγχουν τη σύσταση του σώματός τους για άλλους λόγους. Αρχικά η σύσταση του σώματος του ατόμου επηρεάζει άμεσα την αθλητική επίδοσή του [4]. Η απόδοση σε αθλήματα και δραστηριότητες όπως η πάλη, οι άρσεις, τα άλματα, η πυγμαχία, η κολύμβηση, η συγχρονισμένη κολύμβηση και άλλα εξαρτάται από τη σύσταση του σώματος του ασκούμενου [4].

Παρακάτω φαίνεται η διαβάθμιση των κατηγοριών της φυσικής δραστηριότητας στα ενήλικα άτομα. Το PAL, εν συντομία το Physical activity level, το επίπεδο δηλαδή της φυσικής δραστηριότητας είναι το νούμερο που όταν το πολλαπλασιάζεις με το Βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR) προκύπτουν οι Ενεργειακές ανάγκες του ατόμου[20]

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση φυσικής δραστηριότητας και PAL

Κατηγοριοποίηση τρόπου ζωής	PAL	Λεπτομέρειες
Χαμηλή φυσική δραστηριότητα	1,40-1,69	Καθιστική ζωή, εργασία γραφείου ή ανεργία, μετακινήσεις με όχημα, καμία ΦΔ ψυχαγωγίας ή αθλητισμού Εργασία που απαιτεί περισσότερη ενέργεια ή
Μέτρια φυσική δραστηριότητα	1,70-1,99	καθιστική εργασία αλλά ΦΔ κατά τον ελεύθερο χρόνο (πχ 1 ώρα/μέρα jogging, ποδηλασία, αερόβιος χορός ή άθλημα)
Υψηλή/Έντονη φυσική δραστηριότητα	2,00-2,40	Πολύωρη καθημερινή ενασχόληση με κάποιου είδους σωματική άσκηση (πχ κολύμβηση ή χορός >2 ώρες/ημέρα) στα πλαίσια της εργασίας ή του ελεύθερου χρόνου. Έντονα χειρονακτικά επαγγέλματα (πχ οικοδόμος, χρήση βαρύ εξοπλισμού)

1.4. Μέθοδοι ανάλυσης σύστασης σώματος

Αρκετές μέθοδοι, υψηλής ακρίβειας, έχουν αναπτυχθεί για την ανάλυση της σύστασης του σώματος, αλλά η εκτίμηση της σύστασης σώματος των ατόμων με υψηλή φυσική δραστηριότητα έχει επικεντρωθεί σε μοντέλα δύο διαμερισμάτων (μυϊκή και λιπώδης μάζα) [5].

Οι μέθοδοι υπολογισμού της σωματικής σύστασης ποικίλουν ανάλογα με τον τόπο διεξαγωγής της μέτρησης και την πολυπλοκότητά τους. Κάθε μέθοδος, παρουσιάζει περιορισμούς που αν δεν αξιολογηθούν ορθά οδηγούν σε συστηματικά σφάλματα. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου βασίζεται στην αιτία της μέτρησης, στο κόστος και στην ευχρηστία της. Όσον αφορά την ανάλυση της σωματικής σύστασης των ατόμων με υψηλή φυσική δραστηριότητα οι δύο τελευταίοι παράμετροι λαμβάνονται σοβαρά

υπόψιν ιδίως αν αναφερόμαστε σε αθλητικά σωματεία ή ομάδες ή σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις μέσα στην αγωνιστική ή προπονητική περίοδο[5].

Παρακάτω περιγράφονται οι πιο πρόσφατες και συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι (στην πράξη και στην έρευνα) εκτίμησης της σύστασης του σώματος σε άτομα με έντονη σωματική δραστηριότητα.

1.4.1. Βιοηλεκτρική εμπέδηση

Η βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA = Bioelectrical Impedance Analysis) βασίζεται στο μοντέλο 2 διαμερισμάτων και μετρά την εμπέδηση που συναντά το χαμηλής έντασης εναλλασσόμενο ρεύμα που εφαρμόζεται διασχίζοντας το ανθρώπινο σώμα. Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στις αρχές του Ηλεκτρισμού. Οι ιστοί του ανθρώπινου σώματος που είναι πλούσιοι σε νερό και ηλεκτρολύτες όπως οι μύες, το αίμα, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό είναι εξαιρετικά αγωγιμοί. Αντίθετα ο λιπώδης ιστός έχει μικρή αγωγιμότητα εξαιτίας της μικρής περιεκτικότητάς του σε νερό [21]. Λόγω του ότι το ρεύμα που εφαρμόζεται σε έναν αγωγό και κατ' επέκταση στο ανθρώπινο σώμα, ακολουθεί την οδό με τη μικρότερη αντίσταση, γίνεται σαφές ότι στο ανθρώπινο σώμα, η συνολική αγωγιμότητα συνδέεται στενά με την άλιπη μάζα του σώματος και η αντίσταση που μετράται με την ποσότητα της λιπώδους μάζας [21].

Πρόκειται για μία μέθοδο που ικανοποιεί τους επιστήμονες λόγω του χαμηλού της κόστους, της φορητότητας και της ευχρηστίας της. Το σφάλμα της κυμαίνεται σε 3,5-5% και ποικίλει λόγω των διαφορετικών εξισώσεων από τις οποίες απορρέουν τα τελικά αποτελέσματα [5].

Η ακρίβεια της μεθόδου έχει φανεί πως έχει έντονες διακυμάνσεις ανάλογα τις συνθήκες κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Η θερμοκρασία του σώματος, η έντονη γυμναστική, η αφυδάτωση, και η εξάντληση του γλυκογόνου επηρεάζουν σημαντικά τις τιμές της εμπέδησης. Έτσι, έχει προκύψει συγκεκριμένο πρωτόκολλο που πρέπει να ακολουθείται με στόχο τη σωστή διεξαγωγή της μέτρησης και τη σωστή συλλογή των αποτελεσμάτων. Το πρωτόκολλο προτείνει την αποχή από σωματική άσκηση, φαγητό και ροφήματα 3-4 ώρες πριν την εξέταση [22]. Επίσης δεν ενδείκνυται σε καταστάσεις οιδημάτων, κατακρατήσεων και διαταραχών ισορροπίας των υγρών ή ηλεκτρολυτών του σώματος (φάση εμμηνορρυσίας κ.α.).

Στην αγορά προσφέρονται δύο τύποι οργάνων, τη μονοσυχνотική και τη πολυσυχνотική BIA. Το προτέρημα της δεύτερης είναι ότι διαχωρίζει τη κατανομή των υγρών σε εξωκυττάρια και ενδοκυττάρια.

Όσον αφορά τους αθλητές ή τις αθλήτριες αν και εκτεταμένη έρευνα έχει πραγματοποιηθεί γύρω από τη βιοηλεκτρική εμπέδηση σε αυτό τον πληθυσμό, υπάρχει ένα βιβλιογραφικό κενό εφόσον δεν υπάρχει μια γενικευμένη εξίσωση για τους αθλητές που να περιέχει σαν μεταβλητή το σύνολο των υγρών του σώματος[23]. Άλλη μελέτη έχει έρθει στο συμπέρασμα πως στους αθλητές με πολύ υψηλή μυϊκή μάζα και πολύ χαμηλό ποσοστό λίπους ίσως η BIA δεν έχει τόσο αξιόπιστα αποτελέσματα συγκριτικά με τις εξισώσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών [24].

Εικόνα 1. Διαδικασία υπολογισμού της σύστασης του σώματος μέσω της χρήσης της βιοηλεκτρικής αγωγιμότητας



Πηγή: <http://www.juwell.de/en/bioimpedance/bioelectrical-impedance-bia/>

1.4.2. Απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας

Η μέθοδος DXA (Dual energy X-ray absorptiometry) χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο ως μέθοδος ανάλυσης της σύστασης σώματος, ιδίως στον αθλητικό πληθυσμό[25]. Τις τελευταίες 2 δεκαετίες αποτελεί την διαγνωστική εξέταση για την οστεοπόρωση και χρησιμοποιείται ευρέως για την ποσοτικοποίηση των μαλακών ιστών. Το DXA έγινε διαθέσιμο στην κλινική έρευνα στις αρχές του 1980 σαν απόγονος του DPA (απορρόφηση φωτονίων με διπλή ενέργεια) και βασίζεται στην εξασθένιση φωτονίων in vivo, σαν λειτουργία της σύνθεσης του ανθρώπινου ιστού [26]. Η αξιοπιστία και η επαναληψιμότητά της μεθόδου στην εκτίμηση του λιπώδους

και μυϊκού ιστού είναι πολύ υψηλές [27]. Μέσω αυτής της μεθόδου υπάρχει και η δυνατότητα τμηματικού ελέγχου της σωματικής σύστασης, και αξιολόγηση της κατάστασης θρέψης [28].

Σε μελέτες έχει φανεί πως η συγκεκριμένη μέθοδος υποεκτιμά ελάχιστα το ποσοστό του λίπους σε πληθυσμούς αθλητών[29-30]. Άλλοι ερευνητές μελετώντας αθλούμενους από διάφορες κατηγορίες και ήδη αθλημάτων κατέληξαν πως υπάρχει πλήρη συμφωνία μεταξύ του DXA και άλλων πολυδιαμερισματικών μοντέλων ανάλυσης της σύστασης του σώματος [31]. Εν γένει, οι αθλητές και οι συστηματικά αθλούμενοι έχουν υψηλότερη οστική μάζα, και άλιπη μάζα σώματος ενώ έχουν χαμηλότερο ποσοστό λίπους στο σώμα συγκριτικά με τους μη αθλητές[32]. Με τη σκέψη ότι το DXA μετρά την πυκνότητα των οστών, ίσως είναι προτιμότερες σαν μέθοδοι αναφοράς για τους αθλητές και τα δραστήρια άτομα η υδροπυκνομετρία ή η αέρια πληθυσμογραφία [33]. Λόγος ανησυχίας για την εκπομπή ακτινοβολίας δεν υπάρχει αφού κυμαίνεται από 0,004 - 0,86 mrem, που αντιστοιχεί στο 1-10% μίας ακτινογραφίας θώρακος[34].

Μελέτη αξιολόγησης κατέληξε στο συμπέρασμα πως η μυϊκή μάζα μετράται με ακρίβεια χρησιμοποιώντας DXA [35]. Άλλη πρόσφατη μελέτη έφτασε στο συμπέρασμα πως το DXA είναι ικανό να εντοπίσει πραγματικές αλλαγές στη σύσταση του σώματος αθλητών που ήθελαν να αυξήσουν την δύναμη και κατ' επέκταση τη μυϊκή τους σύσταση, ακόμα και χωρίς περαιτέρω προσαρμογές σάρωσης [36]. Το σφάλμα της μεθόδου, σύμφωνα με πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση εκτιμάται σε $\pm 1,8\%$ [5].

Εικόνα 2. Μέθοδος DXA για την ανάλυση της σύστασης σώματος σε ποδηλάτη.



Πηγή: <https://wwwwp.oakland.edu/shs/preventionresearch/>

1.4.3. Υδροπυκνομετρία

Η μέθοδος της υποβρύχιας ζύγισης χαρακτηρίζεται διεθνώς σαν «χρυσή σταθερά» και θεωρείται μέθοδος αναφοράς καθώς σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο ελέγχεται η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των υπολοίπων [5] [37]. Συμπεριλαμβάνεται στις μεθόδους που βασίζουν την εκτίμηση του λίπους στην πυκνότητα του σώματος.

Η διαδικασία χωρίζεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο μετριέται το βάρος ενός ατόμου μέσα στο νερό και με βάση αυτό προσδιορίζεται η πυκνότητα ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος [37]. Στο δεύτερο στάδιο, μετράται ο υπολειπόμενος όγκος στους πνεύμονες [38] και τέλος υπολογίζεται το ποσοστό του σωματικού λίπους με βάση την πυκνότητα που έχει μετρηθεί, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες παραδοχές του «διπλού μοντέλου». Σύμφωνα με το διπλό μοντέλο, το σώμα έχει σταθερές αναλογίες σε πρωτεΐνες, νερό και μέταλλα [39]. Έπειτα, χρησιμοποιώντας δύο ευρέως διαδεδομένες στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία εξισώσεις υπολογίζεται το ποσοστό λίπους [40], [39].

Η περισσότερη βιβλιογραφία αναφορικά με την εκτίμηση της σύστασης του σώματος αθλητών στηρίζεται στην υδροπυκνομετρία [5]. Αξιολογώντας την συγκεκριμένη μέθοδο, τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι τα αποτελέσματά της θεωρούνται

από τα πλέον έγκυρα και ότι το κόστος αν και είναι υψηλό, σε σχέση με τις πιο νέες, εξίσου αξιόπιστες μεθόδους είναι αρκετά φθηνότερο. Το σφάλμα της μεθόδου είναι της τάξης του $\pm 2,5\%$ [5]. Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί ο ειδικός υψηλός κόστους εξοπλισμός που απαιτείται. Επίσης είναι μία μέθοδος αμιγώς εργαστηριακή που δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε άλλο μέρος.

Εικόνα 3. Στιγμιότυπο από τη διαδικασία της υδροπυκνομετρίας. Ζύγιση κάτω από το νερό.

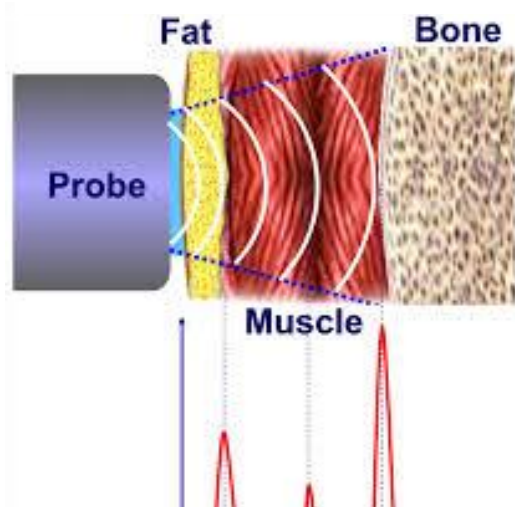


Πηγή: <http://youtube-downloader-mp3.com/watch-hydrostatic-body-fat-testing-real-footage-results-id-kgIIcATPQWI.html?similar>

1.4.4. Συσκευές υπερήχων

Αποτελεί τη νέα τάση στην σύσταση σώματος. Η χρήση των υπερήχων φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενη για την ανάλυση της σύστασης του σώματος, όμως σαφή

Εικόνα 4. Σχέδιο εγκάρσιας τομής περιοχής στο βραχίονα κατά την εκπομπή υπερήχων



Πηγή: <https://www.cartwrightfitness.co.uk/bodymetrix/>

συμπεράσματα είναι νωρίς να εξαχθούν σύμφωνα με πρόσφατη ανασκόπηση [41].

Η πρώτη αναφορά ήρθε από την επιστημονική ομάδα του Muller που ανέπτυξε ένα ειδικό λογισμικό που με μεγάλη ακρίβεια μετρούσε το υποδόριο λίπος, με τη χρήση συγκεκριμένης συσκευής [42]. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο εφαρμόστηκε σε αθλητές που έλαβαν μέρος στους

Ολυμπιακούς αγώνες [43] όμως, φάνηκε ιδιαιτέρως ακριβό και δύσχρηστο [44]. Έκτοτε, αναπτύχθηκε άλλο ένα μοντέλο υπολογισμού του ποσοστού λίπους με βάση τους υπερήχους περισσότερο εύχρηστο και λιγότερο δαπανηρό, το οποίο εξετάστηκε σε αθλητικό πληθυσμό [44]. Φάνηκε, λοιπόν, πως εκτιμά με μεγαλύτερη ακρίβεια από τη δερματοπτυχομετρία το ποσοστό λίπους, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μελέτη. Όμως στις γυναίκες αθλήτριες φάνηκε να υπερεκτιμά το ποσοστό συστηματικά [44]. Περισσότερες μελέτες είναι απαραίτητες για την καλύτερη κατανόηση της ποιότητας των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης μεθόδου και συσκευής.

1.4.5. Αέρια πληθυσμογραφία

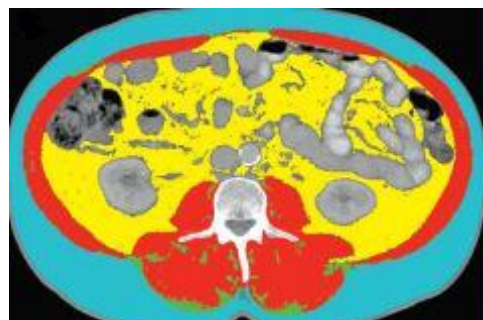
Πρόκειται για εναλλακτική μέθοδο της υδροπυκνομετρίας, που όμως δεν απαιτείται βύθιση στο νερό αλλά μέτρηση της μάζας και της πυκνότητας του σώματος μέσω του BODPOD (Life Measurement INC.,Concord, California, USA) [45]. Το BODPOD εκτιμά τον όγκο αέρα που εκτοπίζει ο εξεταζόμενος. Πρόκειται για μία γρήγορη μέθοδο, μη παρεμβατική με υψηλή αξιοπιστία και εγκυρότητα στη μέτρηση της πυκνότητας σώματος και του ποσοστού λίπους στο σώμα [46].

Εκτιμάται πως είναι παρόμοιας ακρίβειας μέτρηση με την υδροπυκνομετρία, ενώ παράλληλα δεν απαιτεί υψηλή τεχνική από τον εξεταστή [47]. Στην κατηγορία των αθλητών οι δύο μέθοδοι δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους [48]. Όσον αφορά τον πληθυσμό των αθλητών, από μελέτες έχει προκύψει πως όταν χρησιμοποιείται προκύπτουν αξιόπιστα αποτελέσματα για το ποσοστό του λίπους. Ως πρακτική εφαρμογή, προτείνεται, να γίνεται μέτρηση και όχι εκτίμηση του θωρακικού όγκου των αθλητών και έπειτα να υπολογίζεται το ποσοστό σωματικού λίπους του εξεταζόμενου αθλητή[47]. Βέβαια, η μέση διαφορά του μετρημένου με τον εκτιμώμενο θωρακικό όγκο δεν ήταν στατιστικά σημαντική [47]. Το σφάλμα της μεθόδου έτσι όπως υπολογίστηκε από βιβλιογραφική ανασκόπηση κυμαίνεται μεταξύ $\pm 2,2-3,7\%$ BF[5].

1.4.6. Αξονική τομογραφία

Η αξονική τομογραφία αποτελεί μία απεικονιστική μέθοδο που χρησιμοποιεί την εκπομπή ακτίνων X για την παραγωγή εικονικών τομών συγκεκριμένων περιοχών του σώματος. Με αυτή τη μέθοδο έχουμε πληροφορίες για το σπλαχνικό και το υποδόριο λίπος, το μυϊκό τονοστίτη ιστό[49]. Αν και έχει υψηλή ακρίβεια, εγκυρότητα και επαναληψιμότητα, λόγω των υψηλών επιπέδων ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος αλλά και του υψηλού κόστους δεν είναι συχνή μέθοδος ανάλυσης σύστασης σώματος σε υγιή ή αθλούμενο πληθυσμό [50]. Όσον αφορά στο σφάλμα της μεθόδου, πρέπει να τονίσουμε πως υπάρχει ασυμφωνία των ερευνητών, αφού από παλιότερη δημοσίευση έχει προκύψει σφάλμα στην εκτίμηση της λιπώδους μάζας κατά 3-3,5 kg, ενώ σε άλλη πιο πρόσφατη ανασκόπηση δεν δόθηκε συγκεκριμένη απάντηση [50] [5]. Οι περισσότερες μελέτες που χρησιμοποιούν αξονική τομογραφία για την εκτίμηση της σύστασης σώματος αφορούν ασθενείς με χρόνιες ή σοβαρές ασθένειες που προκαλούν εξασθένηση του μυϊκού ή οστικού ιστού ή ηλικιωμένα άτομα για τον ίδιο λόγο[51-52].

Εικόνα 5.Απεικόνιση από αξονική τομογραφία, οι διαφορετικοί χρωματισμοί αναφέρονται σε άλλο ιστό



Πηγή:<http://www.adjacentgovernment.co.uk/stakeholders/myopenia-and-myosteosis-prevention/5016/>

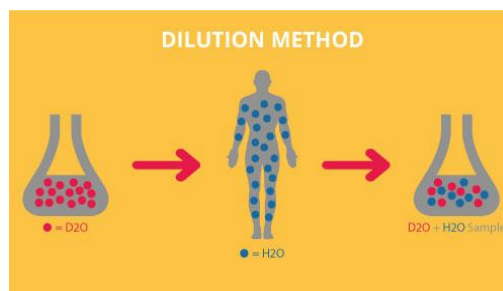
1.4.7. Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού

Πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα, η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού πρόκειται για μια απεικονιστική μέθοδο όπως η προηγούμενη. Μέσω της χρήσης μαγνητικών πεδίων και ραδιοκυμάτων έχει στόχο την οπτικοποίηση του ανθρώπινου σώματος. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι ευρέως διαδεδομένη στην ανάλυση της σύστασης του σώματος ατόμων με παθολογικές καταστάσεις. Η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού είναι έγκυρη και αξιόπιστη μέθοδος με σφάλμα λιγότερο από 1% [49]. Αν και πρόκειται για μία ασφαλή τεχνική χωρίς ακτινοβολία, το υψηλό κόστος, η μεγάλη χρονική διάρκεια της εφαρμογής της και η υψηλή κατάρτιση του εξεταστή την κάνουν δυσπρόσιτη προς εφαρμογή [50]. Δεν έχει εφαρμοστεί με σκοπό την ανάλυση σώματος σε άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα.

1.4.8. Τεχνικές διάλυσης

Η θεωρία στην οποία στηρίζονται οι τεχνικές διάλυσης είναι ότι το πηλίκο του ολικού νερού με την άλιπη μάζα του σώματος είναι σταθερό 0,73. Μέσω της χρήσης ισοτόπων όπως δευτέριο, σημασμένο οξυγόνο ή ραδιενεργό τρίτιο καθορίζεται το ολικό νερό του σώματος με διάλυση [28]. Η χορήγηση και η λήψη των δειγμάτων είναι εύκολη όμως μη πρακτική για μεγάλες μελέτες ή μικρά παιδιά. Το συνολικό λίπος στο σώμα υπολογίζεται αφαιρώντας την άλιπη μάζα του σώματος από το συνολικό βάρος του σώματος του εξεταζόμενου. Τέλος, πρόκειται για μια επεμβατική μέθοδο, εφόσον τα ισότοπα είναι ραδιενεργά (εκτός του δευτέρου και του σημασμένου οξυγόνου)[53].

Εικόνα 6. Τεχνική Διάλυσης



Πηγή: <https://www.inbodyusa.com/blogs/inbodyblog/40668865-your-body-and-you-a-guide-to-body-water>

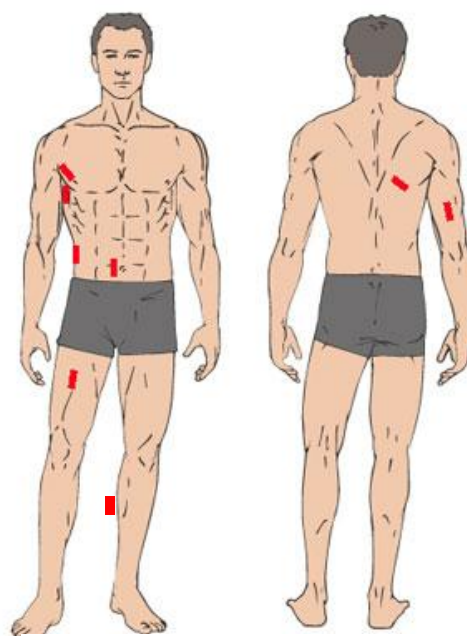
1.4.9. Ανθρωπομετρία και δερματοπτυχομέτρηση

Στις ανθρωπομετρικές τεχνικές περιλαμβάνεται η μέτρηση σωματικού βάρους και ύψους, η μέτρηση δερματικών πτυχών και η μέτρηση των περιφερειών του σώματος. Πρόκειται για ένα σύνολο εύκολων μετρήσεων, χαμηλού κόστους. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η τεχνική του εξεταστή. Σαφείς οδηγίες και ο αναλυτικός τρόπος λήψης των μετρήσεων περιγράφονται διεξοδικά σε ειδικό εγχειρίδιο[54]

Οι πτυχές που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι:

- Δερματική πτυχή δικέφαλου μυ
- Δερματική πτυχή τρικέφαλου μυ
- Δερματική πτυχή στήθους
(μόνο για τους άνδρες)
- Δερματική πτυχή υποωμοπλατιαίου
- Δερματική πτυχή υπερλαγόνιας ακρολοφίας
- Δερματική πτυχή κοιλιακής περιοχής

Εικόνα 7. Σημεία των δερματοπτυχομετρήσεων



Πηγή: <https://www.inbodyusa.com/blogs/inbodyblog/40668865-your-body-and-you-a-guide-to-body-water>

- Δερματική πτυχή μηρού
- Δερματική πτυχή γαστροκνήμιου μυ

Ενώ οι περιφέρειες που συνήθως λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Περιφέρεια λαιμού
- Περιφέρεια βραχίονα
- Περιφέρεια πήχη
- Περιφέρεια καρπού
- Περιφέρεια μέσης απόστασης μεταξύ κατώτερης πλευράς και υπερλαγονίου
- Περιφέρεια ομφαλού
- Μέγιστη κοιλιακή περιφέρεια
- Περιφέρεια γοφών
- Περιφέρεια γαστροκνήμιου

Επίσης, μετά την εκτίμηση του ύψους και του βάρους, υπολογίζεται ο ΔΜΣ[=βάρος σε kg/(ύψος σε m)²]

Το σύνολο των μετρήσεων αποτελούν μη επεμβατικές και ελάχιστα επίπονες διαδικασίες, ενώ το δερματοπτυχόμετρο, η μεζούρα, ο ζυγός και το αναστημόμετρο είναι φορητά, απλά και εύχρηστα εργαλεία. Για αυτό το λόγο, θεωρούνται απαραίτητα κατά την κλινική πράξη ή/και τη διατροφική αξιολόγηση. Πέραν των απλών εφαρμογών, η χρήση των δερματοπτυχομετρήσεων είναι ικανή να αποδώσει την διαφορά μεταξύ των περιόδων προετοιμασίας ή των αγωνιστικών περιόδων σε υψηλού επιπέδου αθλητές [55]. Το σφάλμα στον υπολογισμό λίπους μέσω της δερματοπτυχομετρίας αντιστοιχεί σε 3,3-3,5% για τον γενικό πληθυσμό[56] [5], όμως για τους άνδρες αθλητές το σφάλμα για το ποσοστό λίπους μέσω της δερματοπτυχομέτρησης υπολογίζεται στο 1,7% ενώ για τις αθλήτριες στο 2,2% [57].

Εκτενές πλήθος εξισώσεων για τον υπολογισμό του λίπους στο σώμα από τις δερματικές πτυχές μπορεί να βρει κανείς στη βιβλιογραφία για διαφορετικών κατηγοριών αθλητές (Durnin and Womersley, Katch and McArdle), όμως συγκεκριμένες είναι οι εξισώσεις που έχουν εφαρμογή και στα δύο φύλα [5]. Προφανώς, το μέγεθος του σφάλματος αλλάζει έντονα ανάλογα με την εξίσωση που θα χρησιμοποιηθεί. Εξαρτάται, λοιπόν, και από την επιλογή που θα κάνει ο εξεταστής ανάμεσα στο πλήθος των εξισώσεων. Πέραν τούτου, μερίδα της επιστημονικής

κοινότητας έχει αναφέρει πως η δερματοπτυχομετρία είναι καλύτερη μέθοδος υπολογισμού της σύστασης σώματος στους αθλητές σε σύγκριση με την BIA[31, 58]. Η δερματοπτυχομετρία είναι περισσότερο κατάλληλη για τον εντοπισμό μικρών μεταβολών στη σωματικό λίπος ενός αθλητή, ενώ η BIA είναι χρήσιμη στην καταγραφή δεδομένων σύστασης σώματος σε ομαδικό επίπεδο [59].

1.5. Βιβλιογραφικό κενό

Η επιλογή της κατάλληλης εξίσωσης που θα χρησιμοποιηθεί για την τελική εκτίμηση του ποσοστού λίπους στο σώματος του αθλούμενου είναι πολύ σημαντική εφόσον καθορίζει το συνολικό σφάλμα της διαδικασίας. Ενώ, λοιπόν, μπορεί να έχει μεγάλη εμπειρία και τεχνική επιδεξιότητα στην δερματοπτυχομετρία, το σφάλμα της εκτιμώμενης λιπώδους μάζας δύναται να προκύψει μεγαλύτερο από το προβλεπόμενο αν η εξίσωση που θα επιλεγεί έχει κακή ή μέτρια πρόγνωση ή δεν είναι ειδική για τον συγκεκριμένο πληθυσμό[60].

Τέτοιου είδους ζητήματα προκύπτουν συνεχώς είτε στην καθημερινή πρακτική είτε στην έρευνα[5]. Όσο διακυμαίνονται ορισμένοι παράγοντες στο δείγμα από το οποίο προέκυψε μία εξίσωση τόσο η εγκυρότητα όσο και η αξιοπιστία της εξίσωσης επηρεάζονται[61]. Σε αυτούς τους παράγοντες συμπεριλαμβάνεται η ηλικία, η φυλή, ο βαθμός της φυσικής δραστηριότητας κλπ [62-63]. Οι εξισώσεις που απορρέουν από μελέτες με ετερογενή δείγματα ονομάζονται στη βιβλιογραφία «generalized equations» ή γενικευμένες εξισώσεις [61]. Στον αντίποδα, όσο περισσότερο περιορισμένο και ειδικό είναι το δείγμα από το οποίο προκύπτει μία εξίσωση τόσο πιθανότερο είναι το σφάλμα να είναι μικρό και η εξίσωση περισσότερο έγκυρη. Οι «population-specific equations» όπως λέγονται ή εξειδικευμένες εξισώσεις εκτιμούν τη σύσταση του σώματος σε ένα συγκεκριμένο υποσύνολο του πληθυσμού, για παράδειγμα γυναίκες δρομείς ή στρατιωτικό προσωπικό ή άνδρες ποδοσφαιριστές[64-66].

Παρόλα αυτά, πολλές φορές εντοπίζονται μεθοδολογικές λεπτομέρειες που απομακρύνουν τα αποτελέσματα των εξειδικευμένων εξισώσεων από τις πραγματικές τιμές. Τέτοιες λεπτομέρειες είναι για παράδειγμα, η ανάμειξη των φυλών στα δείγματα των ερευνών όπως έγινε σε μελέτη με γυναίκες αθλήτριες [67]. Εκτός των άλλων, όσον αφορά τον ελληνικό πληθυσμό, οι εξισώσεις που έχουν ως τώρα σχεδιαστεί και μπορεί να ανιχνεύσει κανείς στη βιβλιογραφία αφορούν γενικό πληθυσμό και μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες[68].

Όσον αφορά τον ελληνικό πληθυσμό με υψηλή φυσική δραστηριότητα, δεν βρέθηκαν μοντέλα υπολογισμού σύστασης σώματος στην βιβλιογραφία. Κρίνεται απαραίτητη, λοιπόν, η περαιτέρω μελέτη και έρευνα με στόχο τον σχεδιασμό εξισώσεων

υπολογισμού του ποσοστού λίπους για άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα εφόσον αυτή τη στιγμή η βιβλιογραφία είναι περιορισμένη[23].

2. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν ο έλεγχος εγκυρότητας μη παρεμβατικών μοντέλων για την πρόβλεψη της σύστασης σώματος ατόμων υψηλής σωματικής δραστηριότητας. Τα μοντέλα στα οποία έγινε έλεγχος, συλλέχθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, ακολουθούν τα χαρακτηριστικά του δείγματος (Καυκάσια φυλή συστηματική ενασχόληση με κάποιο είδος σωματικής δραστηριότητας) και φέρουν κοινές μεταβλητές (δερματικές πτυχές, περιφέρειες σώματος, βιοηλεκτρική εμπέδηση). Επίσης, ελέγχθηκε η πρόβλεψη μοντέλων που προορίζονται για το γενικό πληθυσμό.

Παράλληλα, δημιουργήθηκαν δύο νέα μοντέλα, εκ των οποίων το πρώτο στηρίζεται στην ανθρωπομετρία και το δεύτερο στη βιοηλεκτρική εμπέδηση, για τον υπολογισμό της σύστασης σώματος Ελλήνων με υψηλή φυσική δραστηριότητα. Πραγματοποιήθηκε, επίσης, έλεγχος της αξιοπιστίας των δύο αυτών μοντέλων στον ελληνικό πληθυσμό και σύγκριση με τις ήδη υπάρχουσες εξισώσεις της επιστημονικής βιβλιογραφίας.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Παρακάτω περιγράφονται 1^ον τα εργαλεία και ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκαν για την συλλογή των δεδομένων, 2^ον τα χαρακτηριστικά του δείγματος της μελέτης και 3^ον τα χαρακτηριστικά του υποσυνόλου του δείγματος που στηρίχθηκε η εργασία.

3.1. Το δείγμα της μελέτης

Η συγκεκριμένη εργασία είναι τμήμα της μελέτης “Hellenic Body Composition Study”. Από τη βάση δεδομένων που προέκυψε επιλέχθηκαν τα άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα με $PAL \geq 2$ (σύμφωνα με τις απαντήσεις που έδωσαν στο ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας).

Έτσι το δείγμα της μελέτης που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία ήταν $n=105$ Έλληνες, (55♀, 50♂), ηλικίας 18-68 ετών, με μέσο όρο δείκτη μάζας σώματος $24,7\text{kg/m}^2$ (τυπική απόκλιση $\pm 3,705$) και ποσοστού λίπους στο σώμα από 25,3% (τυπική απόκλιση $\pm 10,63$) με έντονη φυσική δραστηριότητα, εκτιμώμενη από το ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας ($PAL \geq 2$).

Οι εθελοντές προέρχονταν από την ευρύτερη περιοχή της Αττικής και προσκλήθηκαν να παρευρεθούν στις εγκαταστάσεις του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Η φυσική δραστηριότητα του δείγματος ήταν από χαμηλή έως υψηλή. Αποκλείστηκαν οι εθελοντές που είχαν προβλήματα υγείας τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα επίπεδα υδάτωσης ή/και τη σύσταση του σώματος. Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε μετά από λήψη σύντομου ιατρικού ιστορικού και ερωτηματολογίου προσωπικών δεδομένων έτσι ώστε να ελεγχθεί αν πληρούνται τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη. Παρακάτω παρατίθενται τα κριτήρια επιλογής του δείγματος για τη συγκεκριμένη εργασία.

Κριτήρια επιλογής
Καυκάσιοι, ενήλικες
Συστηματικά έντονη ενασχόληση με κάποιου είδους άσκηση, έντονη φυσική δραστηριότητα, $pal \geq 2$
Απουσία νόσου που επηρεάζει τη σύσταση του σώματος (π.χ. οίδημα, καρκίνος, διαταραχές του θυρεοειδούς, διαταραχές του νεφρικού συστήματος, ασκίτης)
Απουσία εγκυμοσύνης- θηλασμού
Απουσία μεταλλικών εμφυτευμάτων στο σώμα

3.2. Μεθοδολογία μετρήσεων

Όλοι οι εθελοντές ενημερώθηκαν για τη διαδικασία γραπτώς και 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.

Παρακάτω γίνεται αναλυτική αναφορά των μέσων συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της συγκεκριμένης έρευνας. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν μόνο εάν το πρωτόκολλο μετρήσεων τηρούνταν (αποχή από λήψη φαγητού και ποτού τουλάχιστον 3 ώρες πριν την εξέταση, ελαφρά ενδυμασία κατά τη διάρκεια της εξέτασης, απουσία μεταλλικών αντικειμένων από τον εξεταζόμενο).

DXA ανάλυση

Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε DXA (LunarDPX-MD, Madison, WI, USA) με τη χρήση του λογισμικού έκδοση 4.6. Ο μεσαίος ρυθμός σάρωσης χρησιμοποιήθηκε ως επί το πλείστον, εκτός εξαιρέσεων σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Καθημερινός έλεγχος διασφάλισης ποιότητας εφαρμόζοταν πριν από κάθε ημέρα μετρήσεων με ειδικό βαθμονομητή από εξειδικευμένο τεχνικό όπως προτείνεται από το κατασκευαστή. Όλες οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από δύο καλά εκπαιδευμένους εξεταστές.

Βιοηλεκτρική αγωγιμότητα (BIA)

Ζητήθηκε στα άτομα να ξαπλώσουν σε ανάσκελη θέση πάνω σε μία μη αγωγή επιφάνεια.. Έμειναν σε αυτή τη θέση για πέντε περίπου λεπτά πριν τη μέτρηση αλλά όχι πάνω από δέκα λεπτά. Η θερμοκρασία του δωματίου ήταν ρυθμισμένη στους 21-23°C. Τα χέρια των εξεταζόμενων σχημάτιζαν γωνία 30° με τον κορμό και τα πόδια τους γωνία 45° μεταξύ τους. Απομάκρυναν μεταλλικά αντικείμενα, όπως ρολόι ή κόσμημα διότι αυτά άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και, ως εκ τούτου, θα επηρέαζαν την αντίσταση που θα μετρούσε το όργανο. Τηρήθηκαν επίσης και κάποιες άλλες προϋποθέσεις: α) τουλάχιστον τρεις ώρες από τη λήψη ελαφρού γεύματος ή νερού, β) όχι άσκηση τις τελευταίες 12 ώρες, πριν την εξέταση, γ) όχι αλκοόλ τις τελευταίες 48 ώρες, πριν την εξέταση, δ) όχι κατακράτηση ούρων, ε) όχι διουρητικά φάρμακα ή άλλα φάρμακα που σχετίζονται με την κατακράτηση υγρών. Μετά την απομάκρυνση της λιπαρότητας του δέρματος από τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων (δεξί πόδι και χέρι), τοποθετήθηκαν με προσοχή ακριβώς στις προτεινόμενες κατά τον κατασκευαστή περιοχές και εφαρμόστηκε η μέθοδος. Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν AKERN BIA 101.

Σωματομετρία

Το σωματικό βάρος και ύψος εκτιμήθηκαν με ελαφρά ενδυμασία, χωρίς υποδήματα με τη χρήση ψηφιακής ζυγαριάς (Seca 861, SecaLtd., Vogel&Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια $\pm 0,100$ kg και με τη χρήση ενός αναστημόμετρου (Seca Leicester Height Measure, SecaLtd., Vogel&Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια $\pm 0,1$ cm.

Περιφέρειες. Η μέτρηση των σωματικών περιφερειών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ελαστικής ταινίας seca με ακρίβεια $\pm 0,1$ cm. Η περιφέρεια μέσης μετρήθηκε στο μέσο της απόστασης μεταξύ υπερλαγόνιας ακρολοφίας και κατώτερης πλευράς στο ύψος του ομφαλού, η περιφέρεια γλουτών στο επίπεδο της μεγαλύτερης περιφέρειας των ισχύων και την ηβική σύμφυση, η περιφέρεια βραχίονα και γαστροκνημίου στο παχύτερο σημείο.

Δερματοπτυχομετρία. Οι δερματικές πτυχές μετρήθηκαν με δερματοπτυχόμετρο Harpenden στη δεξιά πλευρά του σώματος κι οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν δύο φορές. Μετρήθηκαν οι δερματικές πτυχές δικέφαλου βραχιόνιου (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 βραχίονιου (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 μασχαλιαίας γραμμής και λαγόνιας ακρολοφίας), κοιλιάς (μετρήθηκε οριζόντια η πτυχή 2 cm δεξιά του ομφαλού), μηρού, γαστροκνημίου (με τον/την 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).

Ερωτηματολόγια

Δόθηκε ένα σύντομο και περιεκτικό ερωτηματολόγιο για τον καθορισμό των κοινωνιο-οικονομικών χαρακτηριστικών, του φύλου, την ηλικίας, την εθνικότητας, του αυτοδηλούμενου βάρους και ύψους, καθώς και κάποιες ερωτήσεις αναφορικά με το ιατρικό ιστορικό του ατόμου.

Δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο για τον προσδιορισμό της φυσικής δραστηριότητας, το οποίο ήταν σχεδιασμένο για την εκτίμηση της έντασης και της συχνότητας της φυσικής δραστηριότητας των ατόμων. 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.

3.3. Στατιστική Ανάλυση

Η κανονικότητα των κατανομών των μεταβλητών ελέγχθηκε με το Kolmogorov – Smirnovtest. 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 βραχίονιου, ισχίων, μέγιστης γαστροκνημίου και λαιμού, οι δερματικές πτυχές δικέφαλου βραχίονιου, τρικέφαλου βραχίονιου, υπερλαγομίου, 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) υπολογίστηκαν με την τεχνική Bland Altman. Ο προσδιορισμός της αξιοπιστίας των εξισώσεων έγινε επίσης με Intraclass Correlation Coefficient (ICC). Οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων, τα σφάλματα και η στατιστική τους σημαντικότητα ελέγχθηκαν με paired sample T – test. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο 5%. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πακέτο στατιστικής επεξεργασίας SPSS 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3.4. Εξειδικευμένες εξισώσεις βιβλιογραφίας

Πραγματοποιήθηκε εκτενής αναζήτηση στη βιβλιογραφία για τον εντοπισμό εξισώσεων υπολογισμού ποσοστού λίπους, πυκνότητας σώματος ή άλιπης μάζας σώματος για άτομα με έντονη φυσική δραστηριότητα. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: “equation”, “body composition”, “fat mass”, “athlete” και η αναζήτηση έγινε στη βάση pubmed. Επιπροσθέτως, να σημειωθεί, πως διαβάστηκαν και λήφθηκαν υπόψιν μόνον άρθρα γραμμένα στην αγγλική γλώσσα.

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται εκτενώς οι εξειδικευμένες εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Οι εξισώσεις που επιλέχθηκαν αφορούσαν Καυκάσιους άνδρες και γυναίκες, έντονα αθλούμενους, μεγαλύτερους των 18 ετών που είχαν ως μεταβλητές, παράγοντες που μετρήθηκαν και κατά τη δική μας μεθοδολογία (δερματικές πτυχές, περιφέρειες σώματος, βιοηλεκτρική εμπέδηση, ύψος, σωματικό βάρος, ηλικία κ.α.).

Πίνακας 3. Εξισώσεις βιβλιογραφίας που ελέγχθηκαν στο δείγμα της μελέτης και αφορούν άτομα με αυξημένη φυσική δραστηριότητα

Ερευνητική ομάδα και έτος δημοσίευσης	Μοντέλο	Φύλο
Durnin and Womersley,1974[69]	$BD = 1.1765 - 0.0744 * (\log_{10} \text{ άθροισμα των δερματικών πτυχών: δικέφαλου, τρικέφαλου, υπερλαγόνιας ακρολοφίας και υποωμοπλατιαία})$	♂ αθλητές
Durnin and Womersley,1974[69]	$BD = 1.1567 - 0.0717 * (\log_{10} \text{ άθροισμα των δερματικών πτυχών: δικέφαλου, τρικέφαλου, υπερλαγόνιας ακρολοφίας και υποωμοπλατιαία})$	♀ αθλήτριες
Davidson,2011[70]	$\%BF = 22.044 * (\log_{10} \text{ άθροισμα των δερματικών πτυχών: δικέφαλου, τρικέφαλου, υπερλαγόνιας ακρολοφίας και υποωμοπλατιαία}) + 0.053 * \text{ηλικία (έτη)} + 0.179 * \text{σωματικό βάρος(kg)} - 0.155 * \text{ύψος(cm)} + 0.156 * \text{περιφέρεια μέσης (cm)} - 13.093$	♀ αθλήτριες
Davidson,2011[70]	$\%BF = 23.317 * (\log_{10} \text{ άθροισμα των δερματικών πτυχών: δικέφαλου, τρικέφαλου, υπερλαγόνιας ακρολοφίας και υποωμοπλατιαία}) + 0.064 * \text{ηλικία(έτη)} + 0.097 * \text{σωματικό βάρος(kg)} - 0.126 * \text{ύψος (cm)} + 0.081 * \text{περιφέρεια μέσης (cm)} - 15.596$	♂ αθλητές
Eston et al. 2005[71]	$\%BF = 6.15 + 0.39 * \text{μηνιαία δερματική πτυχή} + 0.42 * \text{γαστροκνήμια δερματική πτυχή} + 0.239 * \text{δερματική πτυχή στην υπερλαγόνια ακρολοφία}$	♀ αθλήτριες
Eston et al 2005[71]	$\%BF = 4.05 + 0.52 * \text{μηνιαία δερματική πτυχή} + 0.32 * \text{πτυχή υπερλαγόνια ακρολοφία}$	♂ αθλητές
Peterson, 2003[72]	$\%BF = 20.94878 + (\text{ηλικία(έτη)} * 0.1166) - (\text{ύψος(cm)} * 0.11666) + (\text{άθροισμα των δερματικών πτυχών υπερλαγόνιας ακρολοφίας , μηρού, τρικεφάλου και ωμοπλάτης} * 0.42696) - ((\text{άθροισμα των δερματικών πτυχών υπερλαγόνιας ακρολοφίας , μηρού, τρικεφάλου και ωμοπλάτης})^2 * 0.00159)$	♂ αθλητές
Peterson 2003[72]	$\%BF = 22.18945 + (\text{ηλικία (έτη)} * 0.06368) + (\Delta\text{ΜΣ} * 0.60404) - (\text{ύψος (cm)} * 0.14520) + (\text{άθροισμα των δερματικών πτυχών υπερλαγόνιας ακρολοφίας , μηρού, τρικεφάλου και ωμοπλάτης} * 0.30919) - ((\text{άθροισμα των δερματικών πτυχών υπερλαγόνιας ακρολοφίας , μηρού, τρικεφάλου και ωμοπλάτης})^2 * 0.00099562)$	♀ αθλήτριες
Reily et al, 2009[73]	$\%BF = 5.174 + (0.124 * \text{δερματική πτυχή μηρού}) + (0.147 * \text{κοιλιακή δερματική πτυχή}) + (0.196 * \text{δερματική πτυχή τρικεφάλου}) + (0.130 * \text{πτυχή γαστροκνημίου})$	♂ αθλητές
Lukaski and Bolonchuk, 1987[74]	$FFM = 0.734 * \text{ύψος(cm)}^2 / R + 0.116 * \text{σωματικό βάρος(kg)} + 0.096 * Xc + 0.878 * \text{φύλο(για άνδρα=1, για γυναίκα=0)} - 4.03$	♂ & ♀ αθλητές
Lohman et al, 1982[75]	$FFM = 0.485 * \text{ύψος(cm)}^2 / R + 0.338 * \text{σωματικό βάρος (kg)} + 5.32$	♂ αθλητές
Warner, 2004[76]	$FFM = 8.51 + (0.809 * \text{σωματικό βάρος (kg)}) - (0.178 * \text{κοιλιακή δερματική πτυχή}) - (0.225 * \text{μηνιαία δερματική πτυχή}).$	♀ αθλήτριες

1 BD:πυκνότητα σώματος (body density), %BF: ποσοστό λιπώδους μάζας στο σύνολο του σώματος, ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος(πηλίκο βάρους προς το τετράγωνο του ύψους), FFM: άλιπη μάζα σώματος, Xc:ωμική αντίσταση, R: πραγματική αντίσταση.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Περιγραφή δείγματος

Τα χαρακτηριστικά του δείγματος της μελέτης παρουσιάζονται σε πίνακες παρακάτω. Στον Πίνακα 4 παρατίθενται τα αποτελέσματα στο σύνολο του δείγματος ενώ στον Πίνακα 5 υπάρχουν τα δεδομένα ξεχωριστά ανά φύλο.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά του συνόλου του δείγματος

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Ηλικία (έτη)	33	12,580
Ύψος (m)	1,71	0,094
Βάρος (kg)	73,300	13,138
ΔΜΣ(kg/m ²)	24,76	3,705
Περιφέρεια Λαιμού (cm)	36,78	3,943
Περιφέρεια Βραχίονα (cm)	31,18	3,919
Περιφέρεια πήχη (cm)	26,94	2,860
Περιφέρεια κάρπου (cm)	16,49	1,273
Πλάτος αγκώνα (mm)	65,30	9,216
Περιφέρεια μέσης απόστασης (cm)	81,90	10,381
Περιφέρεια στην περιοχή του ομφαλού(cm)	86,654	10,877
Μέγιστη περιφέρεια κοιλιακής περιοχής (cm)	89,76	11,529
Περιφέρεια γοφών (cm)	101,96	8,257
Περιφέρεια γαστροκνημίου (cm)	38,24	3,124
Δερματική πτυχή δικέφαλου (mm)	7,77	5,682
Δερματική πτυχή τρικέφαλου (mm)	15,47	8,362
Υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή (mm)	15,66	7,418
Δερματική πτυχή στήθους (mm)	8,07	3,833
Δερματική πτυχή υπερλαγόνιας ακρολοφίας (mm)	15,78	8,490
Κοιλιακή δερματική πτυχή (mm)	25,65	12,556
Δερματική πτυχή μηρού (mm)	24,90	14,347
Δερματική πτυχή γαστροκνημίου (mm)	17,01	8,573
Άλιπη μάζα σώματος (kg)	51,34	11,952
Ποσοστό συνολικού λίπους σώματος (%)	25,35	10,634

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά δείγματος ανά φύλο

	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
Φύλο- Πλήθος	Γυναίκες 55		Άνδρες 50	
Ηλικία (έτη)	35,2	13,421	31,980	11,483
Ύψος (m)	1,65	0,07	1,78	0,061
Βάρος (kg)	67,858	12,527	79,226	11,151
ΔΜΣ(kg/m²)	24,671	4,333	24,870	2,903
Περιφέρεια Λαιμού (cm)	34,440	3,688	39,370	2,241
Περιφέρεια Βραχίονα (cm)	29,585	3,773	32,984	3,272
Περιφέρεια πήχη (cm)	25,278	2,089	28,772	2,455
Περιφέρεια κάρπου (cm)	15,727	1,043	17,348	0,915
Πλάτος αγκώνα (mm)	60,832	10,451	70,243	3,530
Περιφέρεια μέσης απόστασης (cm)	79,151	10,828	84,936	9,034
Περιφέρεια στην περιοχή του ομφαλού(cm)	85,747	11,880	87,652	9,675
Μέγιστη περιφέρεια κοιλιακής περιοχής (cm)	90,700	13,122	88,734	9,501
Περιφέρεια γοφών (cm)	103,664	9,072	100,098	6,872
Περιφέρεια γαστροκνημίου (cm)	37,656	3,364	38,892	2,726
Δερματική πτυχή δικέφαλου (mm)	10,394	6,567	4,898	2,206
Δερματική πτυχή τρικέφαλου (mm)	20,264	8,368	10,207	4,148
Υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή (mm)	17,261	8,289	13,914	5,924
Δερματική πτυχή υπερλαγόνιας ακρολοφίας (mm)	17,882	8,618	13,486	7,798
Κοιλιακή δερματική πτυχή (mm)	29,017	11,683	21,959	12,553
Δερματική πτυχή μηρού (mm)	33,749	13,676	15,184	6,821
Δερματική πτυχή γαστροκνημίου (mm)	22,165	8,114	11,355	4,580
Άλιπη μάζα σώματος (kg)	42,375	6,084	61,421	8,309
Ποσοστό συνολικού λίπους σώματος	32,330	8,138	14,508	7,034

4.2. Έλεγχος εγκυρότητας εξειδικευμένων εξισώσεων

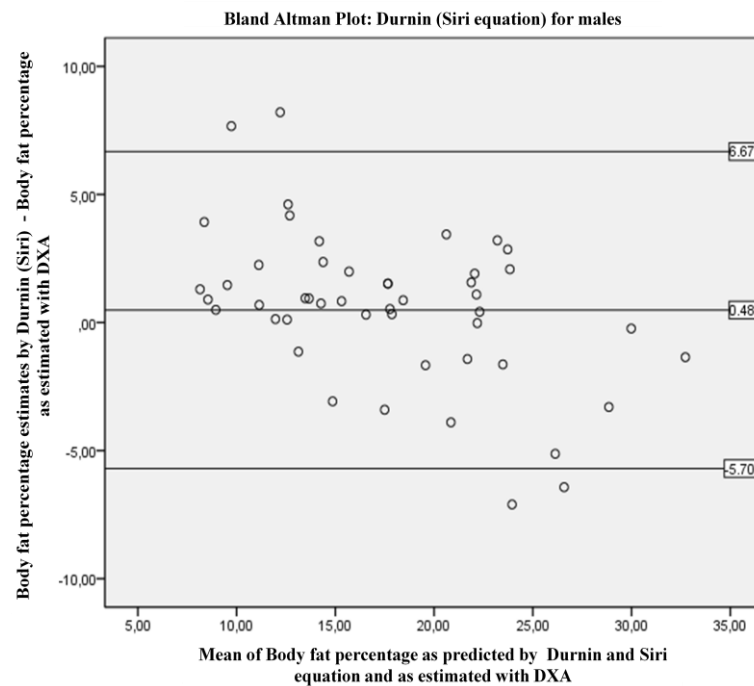
Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ο έλεγχος εγκυρότητας που πραγματοποιήθηκε για τις εξειδικευμένες εξισώσεις της βιβλιογραφίας στο δείγμα των αθλητών της μελέτης (Πίνακας 6). Στα διαγράμματα που ακολουθούν, αμέσως μετά τον πίνακα φαίνονται τα Bland-Altman Plots για αυτές τις εξισώσεις.(Διάγραμμα 1-14).

Πίνακας 6. Έλεγχος εγκυρότητας εξειδικευμένων εξισώσεων στο πληθυσμό της μελέτης

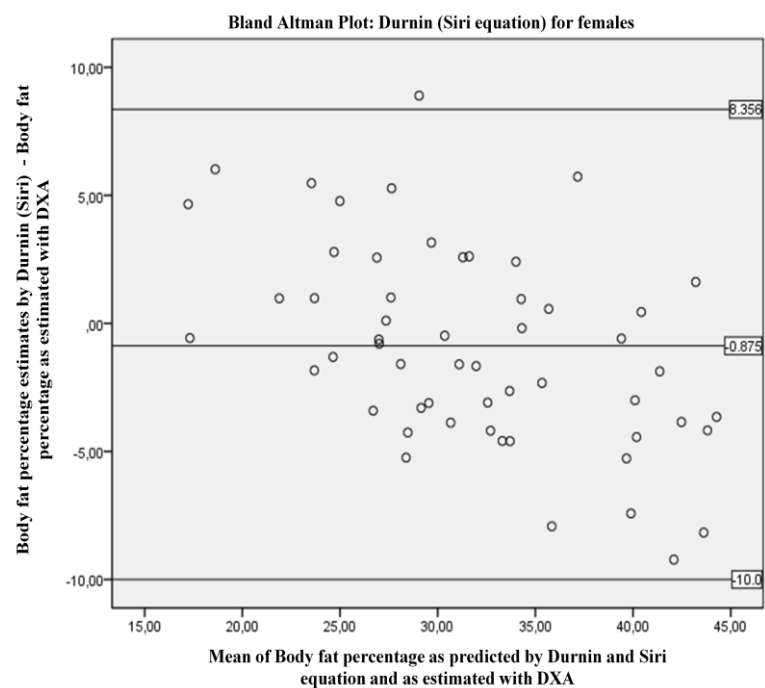
	Μοντέλο	Bias	sig (2- tailed)	Limits of agreement	Standard error of the mean	r	p _r	ICC
1a	%BF Durnin and Womersley-Siri_males	0,486	0,547	±6,314	0,789	-0,522	0,038	0,931
2a	%BF Durnin and Womersley –Brozek-males	0,357	0,672	±6,616	0,827	-0,629	0,009	0,930
3a	%BF Durnin and Womersley -Siri-females	-0,875	0,441	±9,420	1,110	-0,716	0,001	0,922
4a	%BF Durnin and Womersley- Brozek-females	-2,065	0,091	±9,768	1,151	-0,769	0,001	0,911
5a	%BF.Davidson-females	-5,738	0,001	±8,08	0,952	-0,501	0,034	0,948
6a	%BF.Davidson-males	-1,679	0,089	±7,38	0,924	-0,382	0,145	0,942
7a	%BF.Eston-females	0,134	0,9	±8,892	1,047	-0,063	0,805	0,883
8a	%BF.Eston-males	-1,207	0,093	±5,378	0,672	-0,666	0,005	0,899
9a	%BF.Peterson- males	1,212	0,001	±8,032	0,946	-0,562	0,023	0,953
10a	%BF.Peterson-females	3,704	0,001	±6,186	0,773	-0,584	0,011	0,950
11a	%BF.Reilly-males	-3,689	0,001	±7,14	0,893	-0,916	0,001	0,826
12a	%BF Lukaski and Bolonchuk-males	5,252	0,001	±9,482	1,185	-0,222	0,408	0,842
13a	% BF Lohman-males	0,437	0,736	±10,172	1,271	-0,575	0,02	0,787
14a	%BF Warner-females	-8,409	0,001	±9,632	1,135	-0,816	0,001	0,879

2 %BF: ποσοστό σωματικού λίπους, Bd: πυκνότητα σώματος, FFM: άλιπη μάζα σώματος, Bias: σφάλμα μεθόδου, sig(2 tailed): στατιστική σημαντικότητα που ορίζεται <0,005, Limits of agreement: όρια συμφωνίας, r:συντελεστής συσχέτισης μεταξύ μέσου της μεθόδου και διαφοράς της μεθόδου στο Bland-Altman διάγραμμα, p_r: στατιστική σημαντικότητα που ορίζεται <0,005, ICC: interclass correlation coefficient

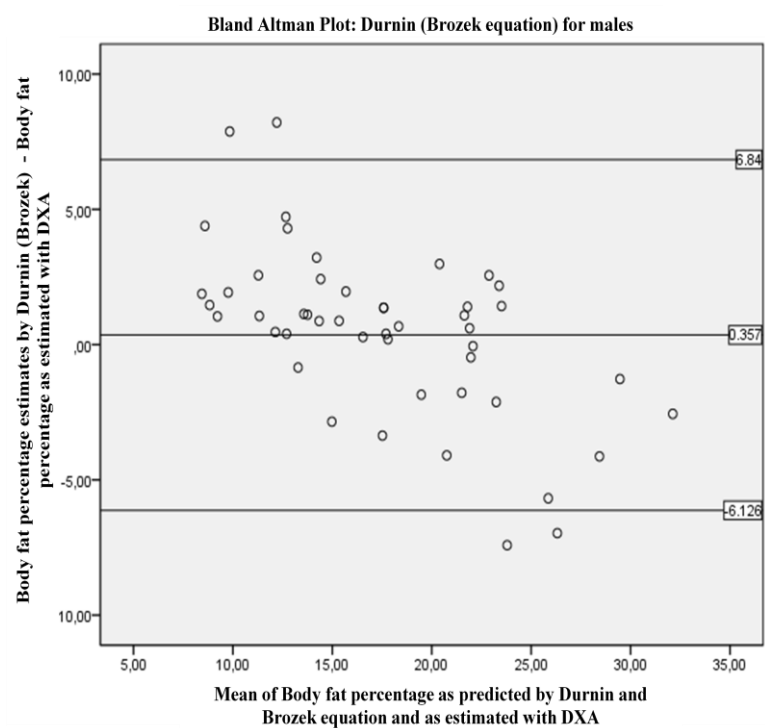
Η μέθοδος Bland-Altman χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του βαθμού συμφωνίας μεταξύ δύο διαφορετικών μεθόδων. Μπορεί, συνεπώς, να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του βαθμού επαναληψιμότητας μιας μεθόδου. Η βάση της μεθόδου είναι ο υπολογισμός της διαφοράς των 2 μετρήσεων καθώς και του αριθμητικού τους μέσου. Συμφωνία μεταξύ των δύο μεθόδων έχουμε αν το πλήθος των τιμών βρίσκεται εντός των ορίων συμφωνίας, όπως ορίζονται από το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης της διαφοράς μεταξύ των δύο μεθόδων[77].



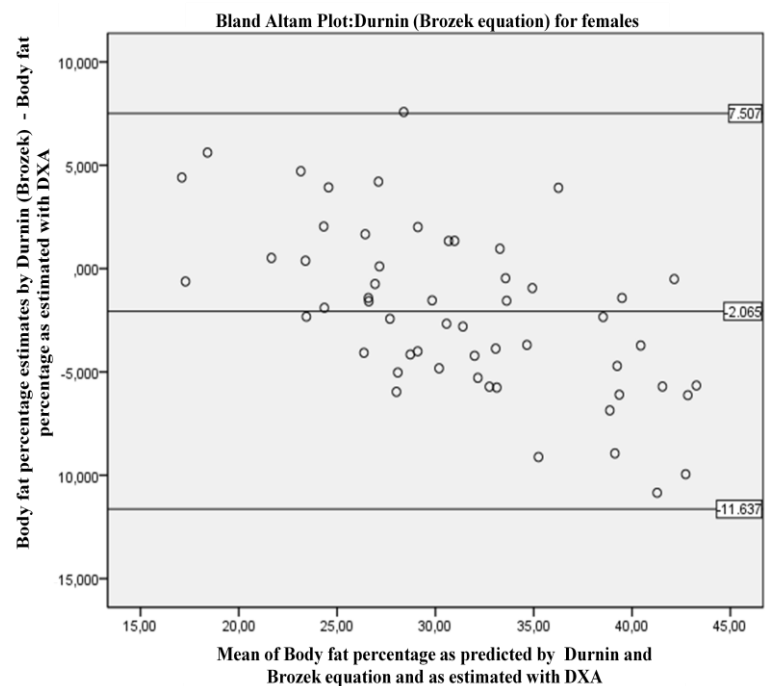
Διάγραμμα 1. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Durnin et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες (χρησιμοποιώντας την εξίσωση Siri)



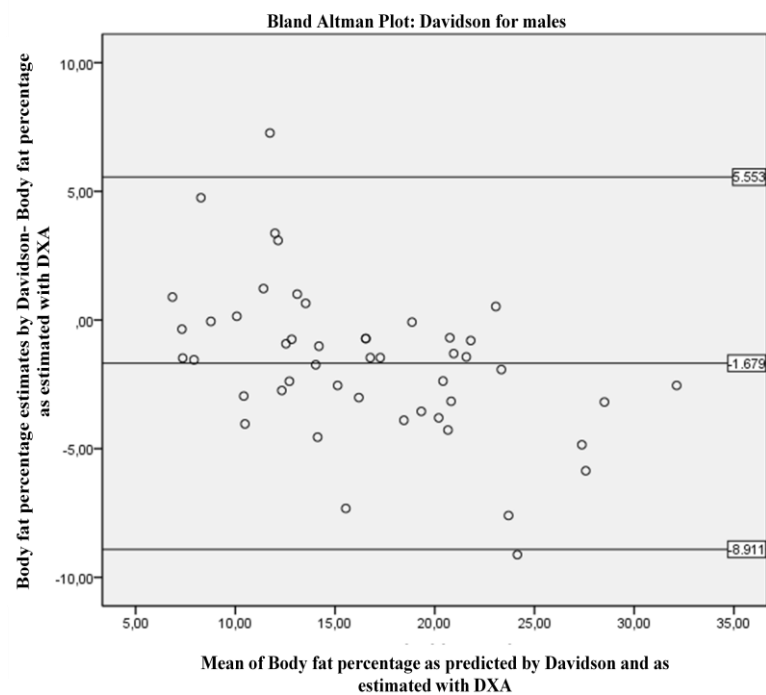
Διάγραμμα 2. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Durnin et al σε σχέση με το DXA σε γυναίκες (χρησιμοποιώντας την εξίσωση Siri)



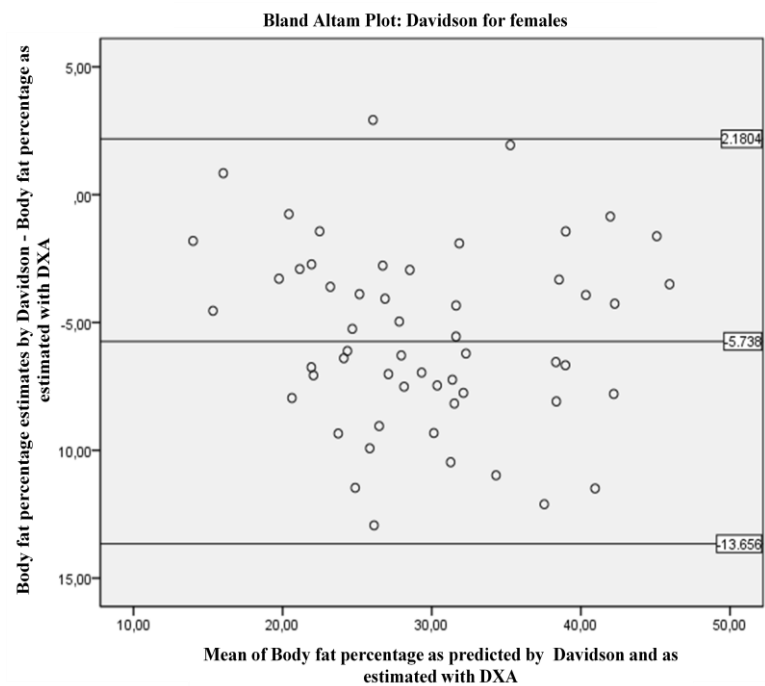
Διάγραμμα 3. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Durnin et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες (χρησιμοποιώντας την εξίσωση Brozek)



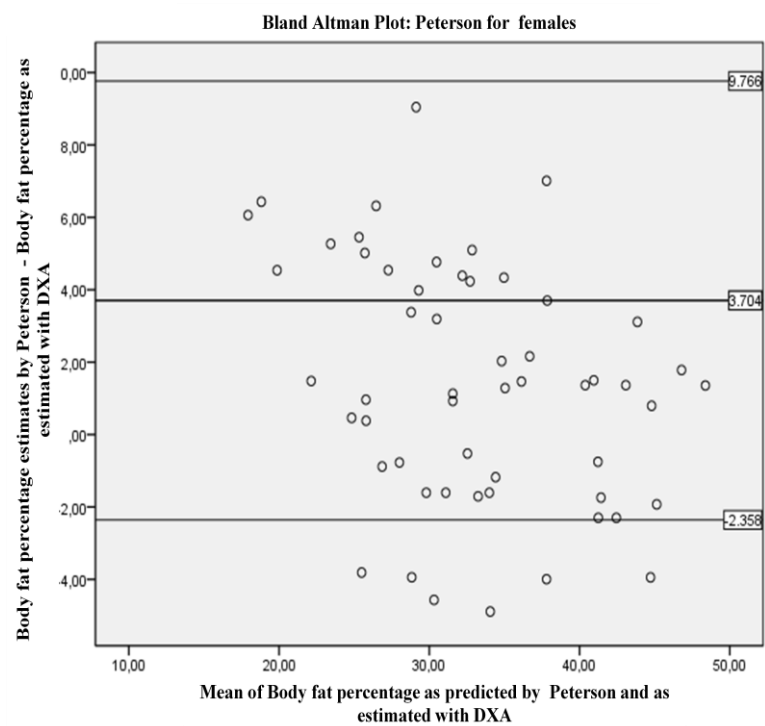
Διάγραμμα 4. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Durnin et al σε σχέση με το DXA σε γυναίκες (χρησιμοποιώντας την εξίσωση Brozek)



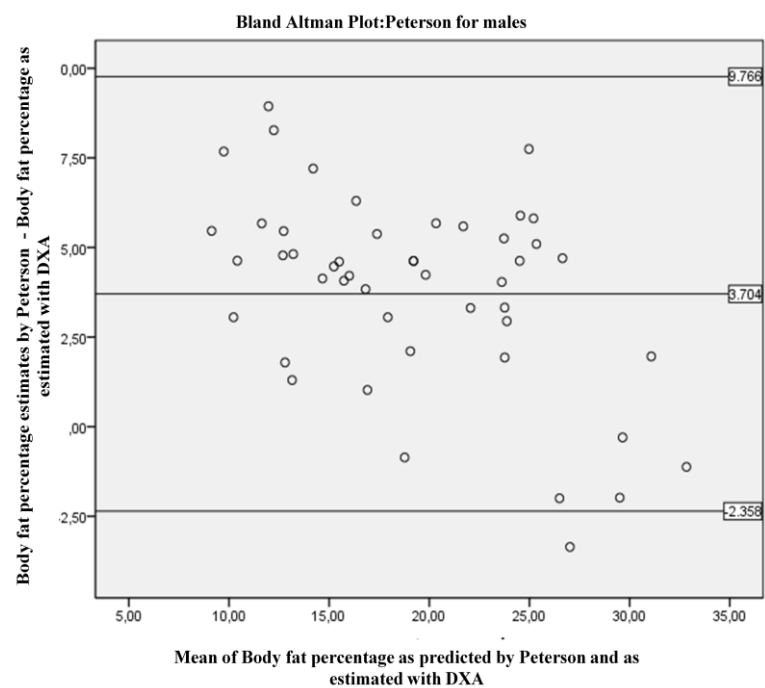
Διάγραμμα 5. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Davidson et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες



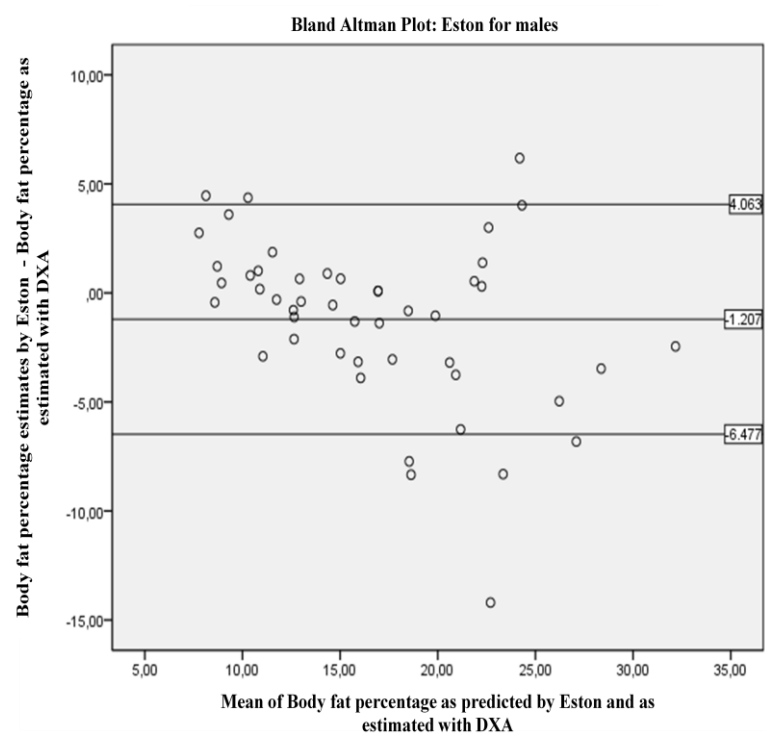
Διάγραμμα 6. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Davidson et al σε σχέση με το DXA σε γυναίκες



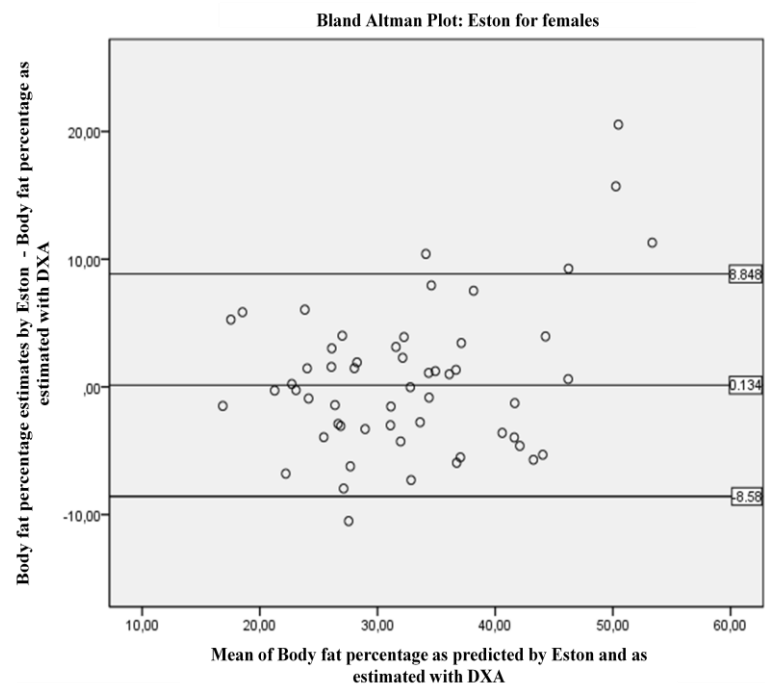
Διάγραμμα 7. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Peterson et al σε σχέση με το DXA σε γυναίκες



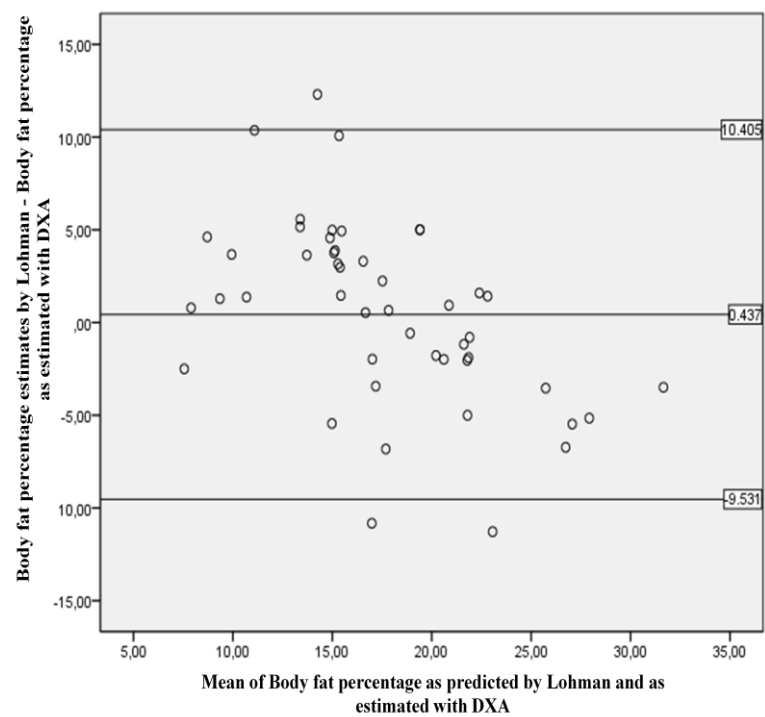
Διάγραμμα 8. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Peterson et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες



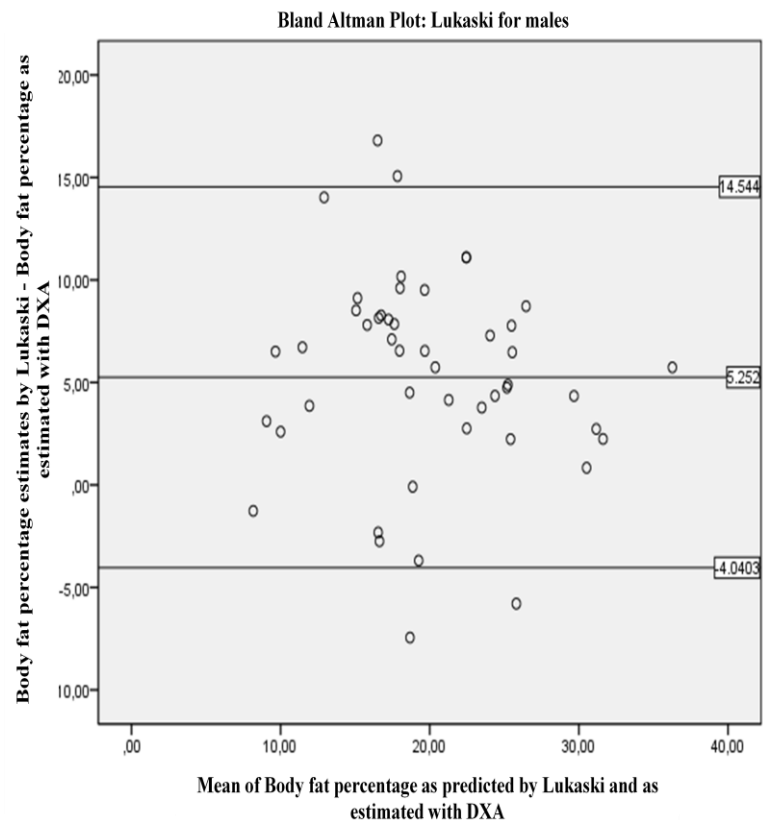
Διάγραμμα 9. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Eston et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες



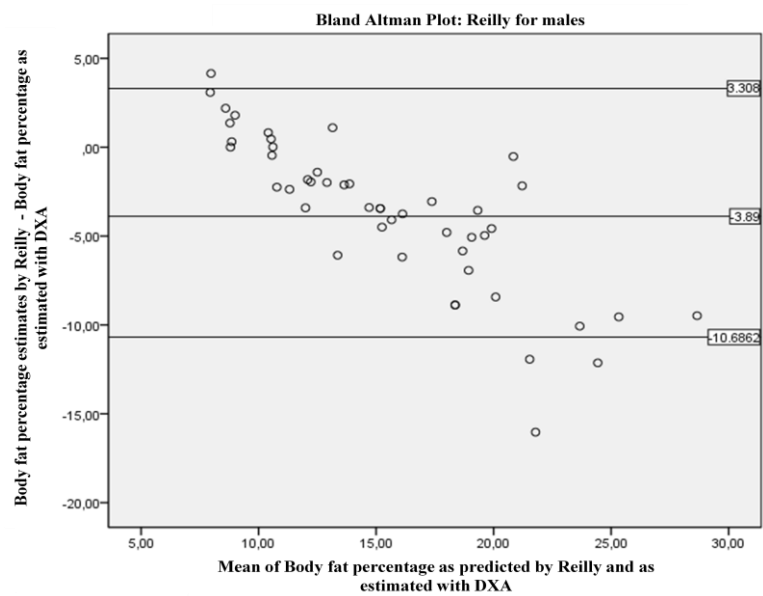
Διάγραμμα 10. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Eston et al σε σχέση με το DXA σε γυναίκες



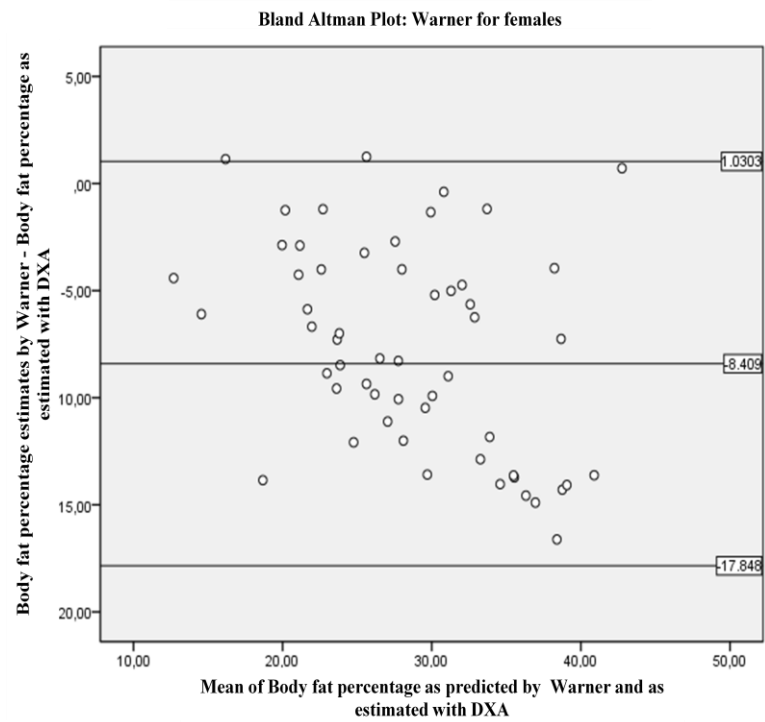
Διάγραμμα 11. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Lohman et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες



Διάγραμμα 12. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Lukaski et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες



Διάγραμμα 13. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Reilly et al σε σχέση με το DXA σε άνδρες



Διάγραμμα 14. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης του Warner et al σε σχέση με το DXA σε γυναίκες

4.3. Δημιουργία νέων εξισώσεων

Μέσω της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης προέκυψαν δύο εξισώσεις για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα. Η πρώτη εξίσωση έχει μεταβλητές, δεδομένα που προέρχονται μόνον από την ανθρωπομετρία.

$$\%BF_{\text{new}} = 18.015 * \log_{\text{sumbitrithigh}} + 72.980 * \log_{\text{waistmax}} - 4.973 * \text{gender} - 27.391 * \text{height} - 96.862$$

•Όπου %BF: ποσοστό λιπώδους μάζας, sumbitrithigh: άθροισμα δερματικών πτυχών δικέφαλου, τρικέφαλου και μηρού σε mm, waistmax: μέγιστη περιφέρεια κοιλιάς σε cm, gender: φύλο(0= για τις γυναίκες, 1= για τους άνδρες), height: ύψος σε m.

Οι μεταβλητές που εντάχθηκαν στην εξίσωση 1 με τη χρήση της μεθόδου «Enter Regression», είναι το άθροισμα των δερματικών πτυχών του δικέφαλου, τρικέφαλου και μηρού, η μέγιστη περιφέρεια μέσης, το φύλο και το ύψος. Ο συντελεστής συσχέτισης r της εξίσωσης είναι 0.967. Το μοντέλο εξηγεί το 93,5% της διακύμανσης ($r^2=0,935$, $p<0,00001$, και standard error of the estimate=2,814). Το σφάλμα του μοντέλου βρέθηκε -0,187% και ήταν μη στατιστικά σημαντικό με $p=0,761$. Τα όρια συμφωνίας ήταν $\pm 7,12\%$ (SD=3,56).

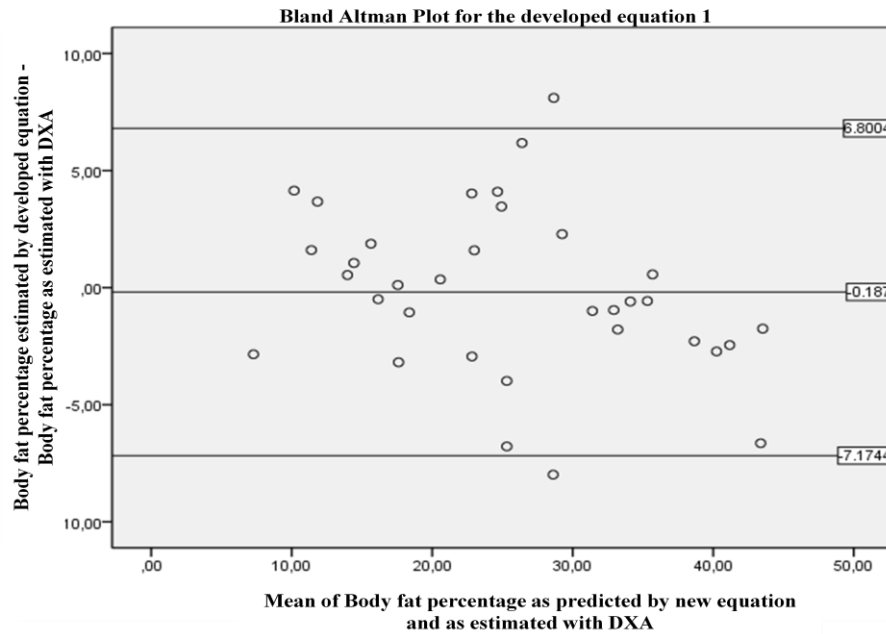
Η δεύτερη εξίσωση έχει μεταβλητές το φύλο, το βάρος, το ύψος, τη πραγματική αντίσταση (R) και τη μη ωμική αντίσταση (Xc), δεδομένα προερχόμενα από τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης.

$$FFM_{\text{new}} = -46.076 + 4.596 * \text{gender} + 0.2 * \text{weight} + 61.567 * \text{height} - 0.049 * R_z + 0.08 * X_c$$

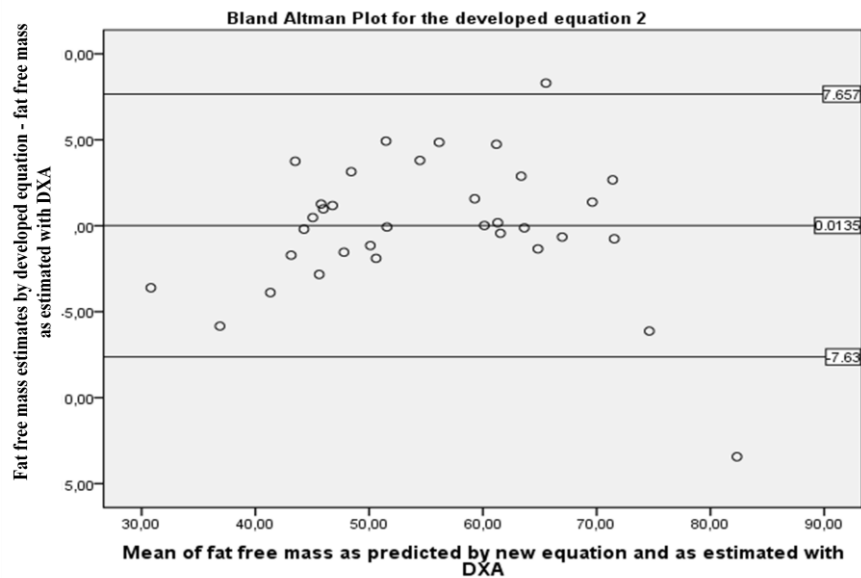
•Όπου FFM: άλιπη μάζα σώματος(kg), gender: φύλο(0= για τις γυναίκες, 1= για τους άνδρες), height: ύψος σε m, weight: σωματικό βάρος σε kg, R_z: resistance, πραγματική αντίσταση, X_c: reactance, μη ωμική αντίσταση

Ο συντελεστής συσχέτισης του μοντέλου είναι 0,973. Το μοντέλο εξηγεί το 94,6% της διακύμανσης ($r^2=0.946$, $p<0.00001$, και standard error of the estimate=3,086). Το σφάλμα του μοντέλου βρέθηκε -0,014kg FFM και ήταν μη στατιστικά σημαντικό με $p=0.984$. Τα όρια συμφωνίας ήταν $\pm 7,808\text{kg}$ FFM (SD=3.90).

Τα διαγράμματα που ακολουθούν, απεικονίζουν την Bland Altman τεχνική για τις δύο νέες εξισώσεις που σχεδιάστηκαν για Καυκάσια ενήλικα άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα (Διάγραμμα 15, Διάγραμμα 16).



Διάγραμμα 15. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της νέας εξίσωσης 1 σε σχέση με το DXA



Διάγραμμα 16. Bland Altman τεχνική για τον έλεγχο εγκυρότητας της νέας εξίσωσης 2 σε σχέση με το DXA

Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά των δύο νέων εξισώσεων

	Bias	p	Std. Deviation	Limits of agreement	Std. Error Mean	Συντελεστής συσχέτισης (R)	R ²	r	p _r	ICC
1η εξίσωση %BF (ανθρωπομετρία)	-0,187	0,761	3,565	±7,12	0,611	0,967	0,935	-0,314	0,070	0,969
2η εξίσωση FFM (BIA)	0,014	0,984	3,904	±7,808	0,669	0,973	0,946	-0,068	0,701	0,973

%BF: ποσοστό σωματικού λίπους, FFM: άλιπη μάζα σώματος Bias: σφάλμα μεθόδου, p: στατιστική σημαντικότητα που ορίζεται <0,005, standard deviation: τυπική απόκλιση, limits of agreement: όρια συμφωνίας, std error mean: τυπικό σφάλμα μέσου όρου, ICC: εσωτερική συσχέτιση, r: συντελεστής συσχέτισης μεταξύ μέσου της μεθόδου και διαφοράς της μεθόδου στο Bland- Altman διάγραμμα

4.4. Έλεγχος εγκυρότητας γενικευμένων εξισώσεων

Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας με τον έλεγχο εγκυρότητας των γενικευμένων εξισώσεων της βιβλιογραφίας στο δείγμα ατόμων με υψηλή φυσική δραστηριότητα της μελέτης με σκοπό στη συζήτηση να αναλυθούν τα αποτελέσματά του.

Πίνακας 8 . Έλεγχος εγκυρότητας γενικευμένων εξισώσεων στο δείγμα της μελέτης

	Μοντέλο	Bias	sig (2- tailed)	Limits of agreement	r	p _r	ICC
1β	%BFVisser_males_females2	11,64	<0,001	±11,906	-0,747	<0,001	0,873
2β	%BFTranWeltman_females	-25,88	<0,001	±18,950	-0,861	<0,001	0,456
3β	%BFJackson_males_females5	-0,703	0,455	±10,838	-0,519	0,002	0,912
4β	%BFGallagher_males_females	1,89	0,051	±10,902	-0,47	0,005	0,913
5β	%BFMartarelli_females	3,50	0,656	±16,490	-0,667	<0,001	0,704
6β	%BFDeurenberg_males_females	1,11	0,259	±11,302	-0,585	<0,001	0,899
7β	%BFVisser_males_females1	10,92	<0,001	±12,046	-0,602	<0,001	0,88
8β	%BFLean_females6	3,64	0,002	±12,802	-0,587	<0,001	0,861
9β	%BFLean_females5	3,81	0,004	±14,438	-0,461	0,006	0,825
10β	%BFLean_females4	5,04	<0,001	±14,484	-0,483	0,004	0,82
11β	%BFLean_females3	6,14	0,001	±18,954	-0,601	<0,001	0,571
12β	%BFLean_females2	2,582	0,041	±14,172	-0,204	0,248	0,86
13β	%BFLean_females1	8,00	<0,001	±21,186	-0,594	<0,001	0,384
14β	%BFLean_males6	-4,48	<0,001	±12,764	-0,589	<0,001	0,862
15β	%BFLean_males5	-1,62	0,213	±14,964	0,06	0,737	0,869
16β	%BFLean_males4	-3,72	0,006	±14,890	-0,26	0,138	0,836
17β	%BFLean_males3	-5,16	0,003	±18,902	-0,581	<0,001	0,583
18β	%BFLean_males2	-7,61	<0,001	±21,620	-0,56	0,001	0,363
19β	%BFMartarelli_males	-7,40	<0,001	±17,460	-0,79	<0,001	0,609
20β	%BFLean_males1	0,90	0,353	±16,046	0,311	0,074	0,851
21β	%BFJackson_females4	-2,85	<0,001	±7,944	-0,596	<0,001	0,956
22β	%BFJackson_females3	-0,23	0,738	±8,1284	-0,61	<0,001	0,953
23β	%BFJackson_females2	1,31	0,136	±10,052	-0,658	<0,001	0,921
24β	%BFJackson_females1	-2,31	0,006	±9,240	-0,618	<0,001	0,937
25β	%BFJackson_males3	-3,69	<0,001	±5,646	0,128	0,635	0,961
26β	%BFJackson_males2	-17,60	<0,001	±39,284	0,925	<0,001	0,582
27β	%BFJackson_males1	-6,359	<0,001	±9,840	-0,584	<0,001	0,928
28β	%BF_Sloan_females	-3,88	0,002	±13,418	-0,786	<0,001	0,821

29β	%BF_Sloan_males	-4,37	<0,001	±7,378	-0,117	0,511	0,969
30β	%BF_Yuhasz_females	-4,29	<0,001	±9,760	-0,723	<0,001	0,924
31β	%BF_Yuhasz_males2	-5,77	<0,001	±7,574	-0,866	<0,001	0,879
32β	%BF_Yuhasz_males1	-10,97	<0,001	±12,920	-0,914	<0,01	0,825

3%BF: ποσοστό σωματικού λίπους, DB: πυκνότητα σώματος, FFM: άλιπη μάζα σώματος Bias: σφάλμα μεθόδου, sig (2-tailed): στατιστική σημαντικότητα που ορίζεται <0,005, Limits of agreement: όρια συμφωνίας, r: συντελεστής συσχέτισης μεταξύ μέσου της μεθόδου και διαφοράς της μεθόδου στο Bland-Altman διάγραμμα, p: στατιστική σημαντικότητα, ICC: interclass correlation coefficient

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε έλεγχος εγκυρότητας και αξιοπιστίας εξισώσεων σύστασης σώματος σε δείγμα ελληνικού πληθυσμού με υψηλή σωματική δραστηριότητα. Το δείγμα της μελέτης ήταν 105 Έλληνες, (55♀, 50♂), ηλικίας 18-68 ετών, με μέσο όρο δείκτη μάζας σώματος $24,7\text{kg/m}^2$ (τυπική απόκλιση (SD) = 3,705) και ποσοστού λίπους στο σώμα 25,3% (SD = 10,63) οι οποίοι είχαν έντονη φυσική δραστηριότητα, εκτιμώμενη από το ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας (Pal>2).

Η αξιολόγηση των εξισώσεων έγινε μέσω της τεχνικής Bland-Altman και ICC. Μέσω αυτών των στατιστικών εργαλείων μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για το επίπεδο συμφωνίας δύο μεθόδων, όπου η μία αποτελεί την υπό εξέταση μέθοδο και η δεύτερη τη μέθοδο αναφοράς. Τα αποτελέσματα φαίνονται σε διαγράμματα παραπάνω (Διάγραμμα 15 και Διάγραμμα 16).

Επεξηγώντας τους πίνακες και τις παραμέτρους, το «bias» αφορά στο σφάλμα της εκάστοτε εξίσωσης σε σχέση με την πρότυπη μέθοδο. Όσο το σφάλμα πλησιάζει το μηδέν τόσο ακριβέστερη είναι η μέθοδος, με χαμηλότερο συστηματικό λάθος. Η στατιστική σημαντικότητα του σφάλματος αποτελεί επίσης, σημαντική παράμετρο. Το σφάλμα δεν πρέπει να είναι στατιστικά σημαντικό. Αν προκύψει στατιστικά σημαντικό σφάλμα, δηλαδή $p > 0.05$, τότε η εκτίμηση της υπό εξέτασης μέθοδου διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τη μέθοδο αναφοράς. Τα όρια συμφωνίας, «limits of agreement», δηλώνουν το εύρος που προβλέπει κατά 95% τη μεταβλητότητα που μπορεί να επηρεάσει τις μετρούμενες τιμές. Ένδειξη καλής εξίσωσης ή εργαλείου αποτελεί το μικρό εύρος των ορίων συμφωνίας. Το r δείχνει τη τάση που έχει η νέα μέθοδος ως προς την πρότυπη, δηλώνει δηλαδή αν υπερεκτιμά ή υποεκτιμά την μετρούμενη τιμή συγκριτικά με την μέθοδο αναφοράς. Το p_r αφορά τη στατιστική σημαντικότητα, όπου για να έχουμε ένα καλό μοντέλο εκτίμησης πρέπει να είναι $> 0,05$ ώστε να υποδεικνύει μη στατιστική σημαντικότητα[78].

Εκτός από τη Bland Altman τεχνική, στην παρούσα μελέτη έγινε ανάλυση αξιοπιστίας με την τεχνική ICC (Interclass Correlation Coeficient). Όταν ένα εργαλείο μέτρησης είναι πράγματι έγκυρο, «αντανεκλά» την έννοια (τη μεταβλητή) που προτίθεται ότι μετράει. Ένα εργαλείο μέτρησης θεωρείται έγκυρο όταν έχει

χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα με επιτυχία σε πληθυσμό για τον οποίο έχει σχεδιαστεί ερευνητικά[78].

Τα δύο νέα μοντέλα που δημιουργήθηκαν έχουν πολύ καλή απόδοση. Για τη δημιουργία των εξισώσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Οι εξισώσεις σχεδιάστηκαν σύμφωνα με μία υποκατηγορία του δείγματός, που απαριθμούσε 69 έντονα δραστήρια άτομα. Οι στατιστικές αναλύσεις για τον έλεγχο των εξισώσεων έγινε βάσει των υπολοίπων του δείγματος, δηλαδή 34 άτομα, με μία προσέγγιση 2:1, όπως έχει γίνει και σε άλλες παρόμοιες μελέτες [72, 79-80]. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε πως ο βασικός περιορισμός της μελέτης ήταν το μικρό μέγεθος του δείγματος .

Η πρώτη εξίσωση που υπολογίζει το ποσοστό του λίπους σε πληθυσμό ατόμων υψηλής φυσικής δραστηριότητας εξηγεί κατά 93,5% τη διακύμανση ($R^2=0.935$, $p<0.001$ και τυπικό σφάλμα εκτίμησης (SE of the estimate) 2,814). Το σφάλμα της εξίσωσης ήταν -0,187 % BF και βρέθηκε μη στατιστικά σημαντικό αφού $p=0.761$. Τα όρια συμφωνίας ήταν $\pm 7,12\%$ αφού η τυπική απόκλιση (standard deviation) βρέθηκε $\pm 3,565\%$ BF. Το ICC φανέρωσε μία ισχυρή αξιοπιστία αφού καταγράφηκε 0,969. Όσον αφορά τη δεύτερη εξίσωση που υπολογίζει την άλιπη μάζα σώματος των ατόμων σε kg, εκείνη εξηγεί κατά 94,6% τη διακύμανση των τιμών αφού $R^2=0.946$, $p<0.001$ και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 3,086. Το σφάλμα της εξίσωσης ήταν 0,014kg FFM , μη στατιστικά σημαντικό αφού $p=0,984$. Η τυπική απόκλιση σημειώθηκε 3,904 και έτσι τα όρια συμφωνίας υπολογίστηκαν σε $\pm 7,808\text{kg FFM}$. Το ICC βρέθηκε 0,973 υποδηλώνοντας υψηλή συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων της καινούριας εξίσωσης υπολογισμού FFM και των πραγματικών τιμών FFM όπως εκτιμήθηκαν μέσω DXA.

Στον πίνακα 6 φαίνεται πως οι εξισώσεις του Durmin και των συνεργατών του είτε με την χρήση της εξίσωσης του Siri είτε του Brozek εμφανίζουν χαμηλό, μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα στην εκτίμηση της σύστασης του σώματος και κατ' επέκταση του ποσοστού λίπους. Βέβαια, αναφερόμενοι μόνο σε αυτές τις εξισώσεις την καλύτερη πρόβλεψη και αξιοπιστία σύμφωνα με το ICC έχει η εξίσωση του Durnin στους άνδρες με τη χρήση της εξίσωσης του Siri ($\text{ICC}=0.931$, $\text{limits of agreement}=\pm 6.314 \text{ BD}$).

Οι εξισώσεις του Davidson και των συνεργατών του φάνηκε να εκτιμούν καλύτερα το ποσοστό λίπους στους άνδρες με μικρότερο, μη στατιστικά σημαντικό σφάλμα και καλή αξιοπιστία με $ICC=0.942$. Οι εξισώσεις που πρότεινε ο Eston είχαν στατιστικά μη σημαντικό σφάλμα όμως είχαν αξιοπιστία $<0,900$. Η εξίσωση του Eston στους άνδρες είχε στενό εύρος εμπιστοσύνης (limits of agreement= $\pm 5.378\%$ BF).

Ο Peterson πέτυχε στις εξισώσεις του, ιδιαίτερα μεγάλη τιμή αξιοπιστίας $\geq 0,95$, με μεγαλύτερο το διάστημα εμπιστοσύνης να παρουσιάζεται στον άνδρες και όχι στις γυναίκες. Η εγκυρότητα των εξισώσεων που πρότεινε όμως, είτε για άνδρες είτε για γυναίκες αποδεικνύονται μη έγκυρες στο δείγμα μας εφόσον έχουν στατιστικά σημαντικό σφάλμα ($p_{bias} \approx 0$). Οι ομάδες του Reilly και Lukaski και των συνεργατών τους έφεραν εξισώσεις που αποδείχτηκαν μέτριας αξιοπιστίας ($ICC < 0.850$) στον πληθυσμό της μελέτης και με στατιστικά σημαντικό σφάλμα ($p \approx 0.001$). Από τις ομάδες των Lohman και Warner προέκυψαν εξισώσεις οι οποίες είχαν πολύ υψηλά όρια συμφωνίας (limits of agreement $> 9,7$) και σχετικά χαμηλή εγκυρότητα.

Συγκριτικά με τις νέες εξισώσεις, καμία εξειδικευμένη εξίσωση της βιβλιογραφίας δεν είχε τόσο υψηλό ICC. Το υψηλότερο ICC σημείωσε η εξίσωση του Peterson για τους άνδρες ($ICC=0.953$) που όμως είχε στατιστικά σημαντικό σφάλμα. Οι εξισώσεις των Durnin-Womersley που φάνηκαν να έχουν μικρό εύρος εμπιστοσύνης (limits of agreement $\pm 6.314\%$ BF) σε σχέση με τις νέες εξισώσεις που αναπτύχθηκαν υστερούσαν στο ICC αλλά και στο συντελεστή συσχέτισης μεταξύ μέσου της μεθόδου και διαφοράς της μεθόδου στο Bland - Altman διάγραμμα που ήταν στατιστικά σημαντικός.

Στον πίνακα 8 εξετάστηκε η αξιοπιστία και η εγκυρότητα γενικευμένων εξισώσεων υπολογισμού του ποσοστού λίπους ή της πυκνότητας του σώματος στο πληθυσμό της μελέτης. Από τα 32 μοντέλα, τα 24, βρέθηκαν μη έγκυρα για το δείγμα της μελέτης, με στατιστικά σημαντικό σφάλμα σε σχέση με την εκτίμηση της πρότυπης μεθόδου, με $p_{bias} < 0.05$. Από τα 8 που φάνηκαν έγκυρα μοντέλα για τον αθλητικό ελληνικό πληθυσμό, το ένα, εμφάνισε χαμηλή αξιοπιστία με $ICC=0.704$, και μεγάλο διάστημα εμπιστοσύνης $\pm 16,49\%$. Η καλύτερη πρόβλεψη, η περισσότερη έγκυρη και αξιόπιστη απορρέει από τις εξισώσεις 3β που προορίζεται για άνδρες και γυναίκες και 22β με μη στατιστικό σφάλμα $-0,703\%BF$ και $-0,234\%BF$ αντίστοιχα, και $ICC > 0,900$ (πίνακας 8). Βέβαια, λόγω της μη ειδικότητας των μοντέλων αυτών για πληθυσμό

έντονα δραστήριο τα όρια συμφωνία παρουσιάζονται ιδιαιτέρως μεγάλα, με 10,838%BF και 8,128%BF αντίστοιχα, γεγονός που επηρεάζει την αξιοπιστία του αποτελέσματος των εξισώσεων. Φαίνεται, λοιπόν, πως καμία γενικευμένη εξίσωση δεν έχει όσο καλή πρόβλεψη μπορεί να έχει μία εξειδικευμένη για αθλητικό πληθυσμό εξίσωση.

Οι εξισώσεις υπολογισμού της σύστασης του σώματος που αφορούν άτομα με υψηλή φυσική δραστηριότητα και ελέγχθηκαν στο δείγμα της μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούν δεδομένα μόνο από την ανθρωπομετρία, έχουν σαν μεταβλητές το σωματικό βάρος, το ύψος, την ηλικία, το φύλο, τη περιφέρεια μέσης και τις δερματικές πτυχές του δικεφάλου, του τρικέφαλου, της υπερλαγόνιας ακρολοφίας, της κοιλιάς, του μηρού, την υποωμοπλατιαία και τη γαστροκνήμια. Ενώ οι εξισώσεις που χρησιμοποιούν δεδομένα από την BIA, έχουν μεταβλητές το ύψος, το σωματικό βάρος, το φύλο, την πραγματική και την ωμική αντίσταση. Ο Eston και οι συνάδελφοί του προτείνουν πως για την ακριβέστερη εκτίμηση της σύστασης του σώματος νέων, δραστήριων και υγιών ενηλίκων οι εξισώσεις πρέπει να περιέχουν μεταβλητές δερματικές πτυχές από τα κάτω άκρα, όπως είναι του μηρού και του γαστροκνημίου[71]. Στη πρώτη εξίσωση που φτιάχτηκε και υπολογίζει το ποσοστό λίπους σε υψηλής δραστηριότητας άτομα αυτή η συνθήκη τηρείται, αφού το μοντέλο λαμβάνει υπόψη του τη δερματική πτυχή του μηρού. Στη δεύτερη εξίσωση έχουμε τον υπολογισμό της άλιπης μάζας του σώματος με μεταβλητές το φύλο, το βάρος του σώματος, το ύψος, τη μη ωμική και τη πραγματική αντίσταση.

Συγκρίνοντας τις δύο νέες εξισώσεις που προέκυψαν, φαίνεται πως η δεύτερη εξίσωση που χρησιμοποιεί τα δεδομένα της BIA προσεγγίζει περισσότερο την πραγματική τιμή. Αυτό, έρχεται σε αντίθεση με άλλες μελέτες στις οποίες έχει φανεί πως μέσω της ανθρωπομετρίας σε ελίτ αθλητές δύναμης εξάγονται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα σχετικά με την σύσταση σώματος[24]. Το ίδιο έχει παρατηρηθεί και σε άλλη μελέτη με δείγμα Αμερικανούς αθλητές έπταθλου [58]. Η BIA και οι εξισώσεις που απορρέουν από αυτή τη μέθοδο φαίνεται πως είναι περισσότερο χρήσιμες στην καταγραφή γενικών δεδομένων σύστασης σώματος σε συλλογικό επίπεδο, ενώ η δερματοπυχομέτρηση είναι ικανή να φανερώσει μεταβολές στη σύσταση του σώματος κάθε αθλητή εξατομικευμένα [57]. Πιθανά η καλύτερη πρόβλεψη της δεύτερης εξίσωσης που απορρέει από αυτή τη μελέτη προέρχεται από το γεγονός ότι

το πρωτόκολλο της BIA τηρούνταν πολύ αυστηρά. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί εδώ το γεγονός ότι στη συγκεκριμένη μελέτη ο πληθυσμός του δείγματος δεν ήταν αμιγώς αθλητές. Υπήρχαν άτομα με έντονη συστηματική φυσική δραστηριότητα (πχ κολύμβηση 2 ώρες/ημέρα επί 6 φορές/ εβδομάδα), που όμως δεν ταιριάζουν με το προφίλ του αθλητή, εφόσον για παράδειγμα είναι 55 ετών και η άσκηση είναι στα πλαίσια της ψυχαγωγίας. Για αυτό το λόγο, έγινε λόγος για εξισώσεις που προορίζονται για άτομα με υψηλή σωματική δραστηριότητα και όχι για αθλητές.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Αν και η ανάλυση της σύστασης του σώματος ατόμων υψηλής σωματικής δραστηριότητας είναι πρωτίστης σημασίας, απλές εξισώσεις υπολογισμού της δεν έχουν προταθεί από την ελληνική επιστημονική κοινότητα. Απλές εξισώσεις, που να απαιτούν χρήση φθινών, φορητών και εύχρηστων εργαλείων κρίνονται απαραίτητες.

Στην παρούσα μελέτη στόχος ήταν η δημιουργία δύο τέτοιων εξισώσεων. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της εγκυρότητας των ήδη δημοσιευμένων εξισώσεων στην επιστημονική βιβλιογραφία στο δείγμα της μελέτης, που ήταν 105 ενήλικοι υψηλής φυσικής δραστηριότητας, ελληνικής καταγωγής. Έπειτα αναπτύχθηκαν τα νέα μοντέλα, τα οποία απαιτούν είτε δερματοπτυχομέτρηση είτε τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης.

Τα δύο νέα μοντέλα που αναπτύχθηκαν προβλέπουν με υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία το ποσοστό του λιπώδους ιστού και της άλιπης μάζας του σώματος σε ενήλικα άτομα υψηλής σωματικής δραστηριότητας Καυκάσιας φυλής. Ωφέλιμο θα ήταν στο άμεσο μέλλον να γινόταν χρήση και έλεγχος των συγκεκριμένων εξισώσεων σε ένα ακόμη μεγαλύτερο δείγμα Ελλήνων με υψηλή φυσική δραστηριότητα. Επιπροσθέτως, ο διαχωρισμός των ατόμων με έντονη σωματική δραστηριότητα σε συγκεκριμένες κατηγορίες και η ανάπτυξη εξειδικευμένων εξισώσεων για κάθε μια κατηγορία θα επέφερε μικρότερο σφάλμα στον υπολογισμό της σύστασης του σώματος με μικρότερο διάστημα εμπιστοσύνης (π.χ. ηλικιακές κατηγορίες, κατηγορίες βάσει δραστηριότητας ή αθλήματος, κατηγορίες βάσει επιπέδου, πρωταθλητισμός, αθλητισμός, αναψυχής κτλ). Θα ήταν πολύ σημαντικό στο μέλλον οι επιστήμονες που ασχολούνται με την φυσική δραστηριότητα και τη σύσταση του σώματος να έχουν την ευκαιρία να επιλέξουν από περισσότερες των μία εξισώσεων υπολογισμού της σύστασης σώματος, που θα έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με την κατηγορία της δραστηριότητας, της ηλικίας ή του στόχου.

Ένα επόμενο βήμα θα μπορούσε να είναι ο έλεγχος της ικανότητας των δύο νέων εξισώσεων να εντοπίζουν τις μεταβολές της σύστασης του σώματος (λιπώδους και μυϊκής μάζας) των ατόμων μετά από περιόδους ανάπαυσης ή αποκατάστασης ή ενεργούς δραστηριότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Berglund, L., J. Sundgot-Borgen, and B. Berglund, *Adipositas athletica: a group of neglected conditions associated with medical risks*. Scand J Med Sci Sports, 2011. **21**(5): p. 617-24.
2. Ζαφειρόπουλος, Β., *Μέτρηση Σύντασης Σώματος του Ανθρώπινου Σώματος*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα www.kallipos.gr, 2015.
3. Wagner, D.R. and V.H. Heyward, *Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods*. Res Q Exerc Sport, 1999. **70**(2): p. 135-49.
4. Mazic, S., et al., *Body composition assessment in athletes: a systematic review*. Med Pregl, 2014. **67**(7-8): p. 255-60.
5. Turocy, P.S., et al., *National Athletic Trainers' Association position statement: safe weight loss and maintenance practices in sport and exercise*. J Athl Train, 2011. **46**(3): p. 322-36.
6. *Health implications of obesity. National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement*. Ann Intern Med, 1985. **103**(6 (Pt 2)): p. 1073-77.
7. Mokdad, A.H., et al., *Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001*. JAMA, 2003. **289**(1): p. 76-9.
8. Manninen, P., et al., *Overweight, gender and knee osteoarthritis*. Int J Obes Relat Metab Disord, 1996. **20**(6): p. 595-7.
9. Calle, E.E., et al., *Overweight, obesity, and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of U.S. adults*. N Engl J Med, 2003. **348**(17): p. 1625-38.
10. Maclure, K.M., et al., *Weight, diet, and the risk of symptomatic gallstones in middle-aged women*. N Engl J Med, 1989. **321**(9): p. 563-9.
11. Pommerening, H., et al., *Body composition, muscle strength and hormonal status in patients with ataxia telangiectasia: a cohort study*. Orphanet J Rare Dis, 2015. **10**: p. 155.
12. Irving, B.A., et al., *Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition*. Med Sci Sports Exerc, 2008. **40**(11): p. 1863-72.
13. Bilsborough, J.C., et al., *Longitudinal Changes and Seasonal Variation in Body Composition in Professional Australian Football Players*. Int J Sports Physiol Perform, 2016.
14. Geisler, C., et al., *Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians*. Nutrients, 2016. **8**(6).
15. Sundgot-Borgen, J., et al., *How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission*. Br J Sports Med, 2013. **47**(16): p. 1012-22.
16. Hagmar, M., et al., *Special attention to the weight-control strategies employed by Olympic athletes striving for leanness is required*. Clin J Sport Med, 2008. **18**(1): p. 5-9.
17. Knechtle, B., et al., *A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods*. Nutr Hosp, 2011. **26**(6): p. 1420-7.
18. Fry, A.C., *The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations*. Sports Med, 2004. **34**(10): p. 663-79.
19. Booth, F.W., C.K. Roberts, and M.J. Laye, *Lack of exercise is a major cause of chronic diseases*. Compr Physiol, 2012. **2**(2): p. 1143-211.

20. Schofield, W.E., *Human Energy Requirements: a Manual for Planners and Nutritionists.* , F.a.A.O.o.t.U. Nations, Editor. 1990, Oxford University Press: New York: .
21. Μανιός, Γ., *Διατροφική Αξιολόγηση*. 2006: Πασχαλίδης.
22. 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.
23. Moon, J.R., *Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique*. Eur J Clin Nutr, 2013. **67 Suppl 1**: p. S54-9.
24. Huygens, W., et al., *Body composition estimations by BIA versus anthropometric equations in body builders and other power athletes*. J Sports Med Phys Fitness, 2002. **42**(1): p. 45-55.
25. Nana, A., et al., *Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2015. **25**(2): p. 198-215.
26. Nord, R.H. and R.K. Payne, *Body composition by dual-energy X-ray absorptiometry-a review of the technology*. Asia Pac J Clin Nutr, 1995. **4**(1): p. 167-71.
27. Kohrt, W.M., *Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition*. J Appl Physiol (1985), 1998. **84**(1): p. 372-7.
28. Lee, S.Y. and D. Gallagher, *Assessment methods in human body composition*. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2008. **11**(5): p. 566-72.
29. van der Ploeg, G.E., et al., *Body composition changes in female bodybuilders during preparation for competition*. Eur J Clin Nutr, 2001. **55**(4): p. 268-77.
30. Arngrimsson, S., et al., *Validation of body composition estimates in male and female distance runners using estimates from a four-component model*. Am J Hum Biol, 2000. **12**(3): p. 301-314.
31. Clark, R.R., et al., *Minimum weight prediction methods cross-validated by the four-component model*. Med Sci Sports Exerc, 2004. **36**(4): p. 639-47.
32. Evans, E.M., et al., *Relation of bone mineral density and content to mineral content and density of the fat-free mass*. J Appl Physiol (1985), 2001. **91**(5): p. 2166-72.
33. Heyward, V.H.W.D., *Applied Body Composition Assessment*. Human Kinetics., 2004. **Champaign, IL**.
34. Williams, J.E., et al., *Evaluation of Lunar Prodigy dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in healthy persons and patients by comparison with the criterion 4-component model*. Am J Clin Nutr, 2006. **83**(5): p. 1047-54.
35. Wang, Z.M., et al., *Skeletal muscle mass: evaluation of neutron activation and dual-energy X-ray absorptiometry methods*. J Appl Physiol (1985), 1996. **80**(3): p. 824-31.
36. Colyer, S.L., et al., *Detecting meaningful body composition changes in athletes using dual-energy x-ray absorptiometry*. Physiol Meas, 2016. **37**(4): p. 596-609.
37. Akers, R. and E.R. Buskirk, *An underwater weighing system utilizing "force cube" transducers*. J Appl Physiol, 1969. **26**(5): p. 649-52.
38. Wilmore, J.H., *A simplified method for determination of residual lung volumes*. J Appl Physiol, 1969. **27**(1): p. 96-100.
39. Brozek, J., et al., *Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions*. Ann N Y Acad Sci, 1963. **110**: p. 113-40.
40. Siri, W.E., *Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods*. 1961. Nutrition, 1993. **9**(5): p. 480-91; discussion 480, 492.
41. Wagner, D.R., *Ultrasound as a tool to assess body fat*. J Obes, 2013. **2013**: p. 280713.
42. Muller, W., et al., *Body composition in sport: a comparison of a novel ultrasound imaging technique to measure subcutaneous fat tissue compared with skinfold measurement*. Br J Sports Med, 2013. **47**(16): p. 1028-35.

43. Muller, W. and R.J. Maughan, *The need for a novel approach to measure body composition: is ultrasound an answer?* Br J Sports Med, 2013. **47**(16): p. 1001-2.
44. Wagner, D.R., D.L. Cain, and N.W. Clark, *Validity and Reliability of A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment of NCAA Division I Athletes*. PLoS One, 2016. **11**(4): p. e0153146.
45. Dempster, P. and S. Aitkens, *A new air displacement method for the determination of human body composition*. Med Sci Sports Exerc, 1995. **27**(12): p. 1692-7.
46. Noreen, E.E. and P.W. Lemon, *Reliability of air displacement plethysmography in a large, heterogeneous sample*. Med Sci Sports Exerc, 2006. **38**(8): p. 1505-9.
47. Wagner, D.R., *Predicted versus measured thoracic gas volumes of collegiate athletes made by the BOD POD air displacement plethysmography system*. Appl Physiol Nutr Metab, 2015. **40**(10): p. 1075-7.
48. Utter, A.C., et al., *Evaluation of air displacement for assessing body composition of collegiate wrestlers*. Med Sci Sports Exerc, 2003. **35**(3): p. 500-5.
49. Kim, S., et al., *Body fat measurement in computed tomography image*. Biomed Sci Instrum, 1999. **35**: p. 303-8.
50. Lukaski, H.C., *Methods for the assessment of human body composition: traditional and new*. Am J Clin Nutr, 1987. **46**(4): p. 537-56.
51. Safer, U. and V.B. Safer, *Body composition analysis via single slice computed tomography analysis - The shortcomings*. J Geriatr Oncol, 2016. **7**(1): p. 53-4.
52. Baracos, V.E., et al., *Body composition in patients with non-small cell lung cancer: a contemporary view of cancer cachexia with the use of computed tomography image analysis*. Am J Clin Nutr, 2010. **91**(4): p. 1133S-1137S.
53. Chamney, P.W., et al., *A whole-body model to distinguish excess fluid from the hydration of major body tissues*. Am J Clin Nutr, 2007. **85**(1): p. 80-9.
54. Lohman TG, R.A., Martorell R, editors, *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, 1988. **1L**(Human Kinetics).
55. Silva, A.M., et al., *Are skinfold-based models accurate and suitable for assessing changes in body composition in highly trained athletes?* J Strength Cond Res, 2009. **23**(6): p. 1688-96.
56. Lohman, T.G., *Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review*. Hum Biol, 1981. **53**(2): p. 181-225.
57. Williams, C.A. and P. Bale, *Bias and limits of agreement between hydrodensitometry, bioelectrical impedance and skinfold calipers measures of percentage body fat*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1998. **77**(3): p. 271-7.
58. Houtkoop, L., et al., *Body composition profiles of elite American heptathletes*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2001. **11**(2): p. 162-73.
59. Segal, K.R., *Use of bioelectrical impedance analysis measurements as an evaluation for participating in sports*. Am J Clin Nutr, 1996. **64**(3 Suppl): p. 469S-471S.
60. Kanellakis, S. and Y. Manios, *Validation of five simple models estimating body fat in white postmenopausal women: use in clinical practice and research*. Obesity (Silver Spring), 2012. **20**(6): p. 1329-32.
61. Sinning, W.E., et al., *Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes*. Med Sci Sports Exerc, 1985. **17**(1): p. 124-30.
62. Schutte, J.E., et al., *Density of lean body mass is greater in blacks than in whites*. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol, 1984. **56**(6): p. 1647-9.
63. Hortobagyi, T., et al., *Comparison of four methods to assess body composition in black and white athletes*. Int J Sport Nutr, 1992. **2**(1): p. 60-74.
64. Aandstad, A., et al., *Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel*. Mil Med, 2014. **179**(2): p. 208-17.

65. Moon, J.R., et al., *Estimating body fat in NCAA Division I female athletes: a five-compartment model validation of laboratory methods*. Eur J Appl Physiol, 2009. **105**(1): p. 119-30.
66. Oliver, J.M., et al., *Predicting football players' dual-energy x-ray absorptiometry body composition using standard anthropometric measures*. J Athl Train, 2012. **47**(3): p. 257-63.
67. Fornetti, W.C., et al., *Reliability and validity of body composition measures in female athletes*. J Appl Physiol (1985), 1999. **87**(3): p. 1114-22.
68. Kanellakis, S., et al., *Development and validation of two equations estimating body composition for overweight and obese postmenopausal women*. Maturitas, 2010. **65**(1): p. 64-8.
69. Durnin, J.V. and J. Womersley, *Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years*. Br J Nutr, 1974. **32**(1): p. 77-97.
70. Davidson, L.E., et al., *Predicting fat percent by skinfolds in racial groups: Durnin and Womersley revisited*. Med Sci Sports Exerc, 2011. **43**(3): p. 542-9.
71. Eston, R.G., et al., *Prediction of DXA-determined whole body fat from skinfolds: importance of including skinfolds from the thigh and calf in young, healthy men and women*. Eur J Clin Nutr, 2005. **59**(5): p. 695-702.
72. Peterson, M.J., S.A. Czerwinski, and R.M. Siervogel, *Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model*. Am J Clin Nutr, 2003. **77**(5): p. 1186-91.
73. Reilly, T., et al., *How well do skinfold equations predict percent body fat in elite soccer players?* Int J Sports Med, 2009. **30**(8): p. 607-13.
74. Lukaski, H.C., et al., *Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition*. J Appl Physiol (1985), 1986. **60**(4): p. 1327-32.
75. Lohman, T.G., *Advances in Body Composition Assessment. Current Issues in Exercise Science Series Monograph Human Kinetics.*, 1982. **3**.
76. Warner, E.R., et al., *A Skinfold Model to Predict Fat-Free Mass in Female Athletes*. J Athl Train, 2004. **39**(3): p. 259-262.
77. Μπουντζιούκα Βασιλική, Π.Δ.Β., *ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ*, in 22ο Πανελλήνιο Συνέδριο Στατιστικής. 2009: Χανιά, Κρήτη.
78. Bowling, A., *Health care research methods. Part 1*. Nurs Stand, 1991. **5**(48): p. 34-7.
79. Manios, Y., et al., *Development and validation of a simple model based on anthropometry: estimating fat mass for white postmenopausal women*. Menopause, 2012. **19**(4): p. 467-70.
80. Langer, R.D., et al., *Validity of Bioelectrical Impedance Analysis to Estimation Fat-Free Mass in the Army Cadets*. Nutrients, 2016. **8**(3).