ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ –ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Έλεγχος εγκυρότητας εξισώσεων βιβλιογραφίας για την πρόβλεψη σύστασης σώματος σε δείγμα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : ΣΟΦΙΑ ΧΟΝΔΡΟΥ (Α.Μ. 20640)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΝΙΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΝΙΟΣ

ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΤΕΝΤΑ ΡΩΞΑΝΗ

ΑΘΗΝΑ, 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ **ΣΕΛΙΔΕΣ**

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ……. 8

1.1 Σύσταση σώματος…… 8

1.1.1 Ιστοί του ανθρώπινου σώματος ……. 12

1.1.2 Λιπώδης μάζα σώματος- Λιπώδης ιστός…… 12

1.1.3 Μυϊκός ιστός……... 13

1.1.4 Οστίτης ιστός……... 14

1.1.5 Το θεωρητικό μοντέλο του Benhke…… 15

1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση σώματος……. 16

1.2.1 Επίδραση παραγόντων: ηλικία και φύλο…… 17

1.2.2 Επίδραση παράγοντα: φυσική δραστηριότητα…… 19

1.2.3 Επίδραση άλλων παραγόντων: ανάστημα- κληρονομικότητα- Φυλή…… 20

1.3 Μοντέλα σύστασης σώματος…….. 21

1.3.1 Μοριακά μοντέλα σύστασης σώματος…… 21

1.3.2 Το μοντέλο των πέντε επιπέδων……. 24

1.4 Μέθοδοι ανάλυσης και αξιολόγησης σύστασης σώματος…… 27

1.4.1 Υδροπυκνομετρία……... 28

1.4.2 Αέρια πληθυσμογραφία…….. 29

1.4.3 Μέθοδος βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA)…… 30

1.4.4 Απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA)…… 31

1.4.5 Αξονική τομογραφία (CT)…….. 32

1.4.6 Μαγνητική τομογραφία (MRI)……... 33

1.4.7 Μέτρηση υπερήχων…… 33

1.4.8 Μέτρηση ενεργοποίησης νετρονίων (NAA)…… 34

1.4.9 Μέτρηση ολικού ^{40}K …….. 34

1.4.10 Μέθοδοι αραίωσης- διάλυσης ισοτόπων…… 35

1.4.11 Χαρακτηριστικά μιας ιδανικής μεθόδου ανάλυσης σύστασης σώματος και οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να ορισθεί μία μέθοδος ιδανική…… 35

1.5 Ανθρωπομετρία……. 36

1.5.1 Δείκτης μάζας σώματος…… 36

1.5.2 Περιφέρειες σώματος και σχετικοί δείκτες ……. 38

1.5.3 Δερματικές πτυχές …….. 40

1.6 Εμμηνόπαυση…… 42

1.7 Σκοπός της παρούσας μελέτης ……. 44

2.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ…….. 46

2.1 Πληθυσμός της μελέτης …… 46

2.1.1 Συλλογή του δείγματος της μελέτης……. 46

2.1.2 Περιγραφή του δείγματος της μελέτης……. 47

2.2 Μεθοδολογία μετρήσεων……... 48

2.2.1 Μέτρηση βάρους και ύψους…….. 48

2.2.2 Μετρήσεις δερματικών πτυχών……. 48

2.2.3 Μετρήσεις περιφερειών……. 49

2.2.4 Μετρήσεις σύστασης σώματος με DXA …….. 49

2.2.5 Μετρήσεις σύστασης σώματος με BIA……. 50

2.3 Επιλογή εξισώσεων βιβλιογραφίας πρόβλεψης σύστασης σώματος……. 51

2.4 Στατιστική ανάλυση……... 53

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ…… 54

3.1 Εξισώσεις πρόβλεψης λιπώδους και άλιπης μάζας σώματος…… 54

3.2 Εξισώσεις πρόβλεψης σύστασης σώματος εφαρμοσμένες στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης …… 57

3.2.1 Εξισώσεις εκτίμησης λιπώδους μάζας σώματος στο σύνολο του πληθυσμού…… 57

3.2.2 Εξισώσεις εκτίμησης άλιπης μάζας σώματος στο σύνολο του πληθυσμού…… 65

3.3 Εξισώσεις πρόβλεψης σύστασης σώματος εφαρμοσμένες στο δείγμα όταν χωρίστηκε σύμφωνα με τα όρια του δείκτη μάζας σώματος σε τρεις κατηγορίες φυσιολογικών, υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών…… 73

3.3.1 Εξισώσεις που εκτιμούν τη λιπώδη μάζα σώματος……. 73

3.3.2 Εξισώσεις που εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος……. 79

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Εξισώσεις που λειτούργησαν καλά όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης……. 85

4.2 Βελτίωση προβλεπτικής ικανότητας εξισώσεων σε κάποια κατηγορία όταν το δείγμα χωρίστηκε με βάση τα όρια για το δείκτη μάζας σώματος….. 99

4.3 Σύγκριση των εξισώσεων εκτίμησης λιπώδους και άλιπης μάζας σώματος .. 109

4.4 Περιορισμοί μελέτης…… 109

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ…… 111

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ…… 113

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Η εμμηνόπαυση είναι μία περίοδος της ζωής μίας γυναίκας που στο σώμα της συμβαίνουν πολλές αλλαγές. Η γνώση της σύστασης σώματος των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών είναι πολύ σημαντική για τη έγκαιρη αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και την πρόληψη των νοσημάτων που σχετίζονται με αυτή και για αυτό το λόγο πλήθος εξισώσεων ειδικές ή μη για αυτή την ηλικία έχουν δημιουργηθεί. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η συλλογή των εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος της βιβλιογραφίας που είναι κατάλληλες για γυναίκες ηλικίας 55 ετών και άνω, η εφαρμογή αυτών πρώτα στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης και κατόπιν στις επιμέρους ομάδες του δείγματος της μελέτης, όταν αυτό χωρίστηκε με βάση το Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) σε ομάδα φυσιολογικών, υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών και τέλος ο έλεγχος της εγκυρότητας τους ως προς την εκτίμηση της λιπώδους ή της άλιπης μάζας σώματος, έχοντας τη μέθοδο DXA ως μέθοδο αναφοράς.

Υλικό- Μέθοδος: Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης προέρχονται από 282 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ηλικίας 55-70 ετών, οι οποίες υποβλήθηκαν σε μία σειρά ανθρωπομετρήσεων και μετρήσεων σύστασης σώματος (BIA, DXA) από τις οποίες έγινε συλλογή ανθρωπομετρικών και BIA χαρακτηριστικών. Οι εξισώσεις της βιβλιογραφίας που είχαν προκύψει από άλλους πληθυσμούς εκτίμησαν τη λιπώδη και άλιπη μάζα σώματος. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες τιμές των μετρήσεων του DXA, που χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδος αναφοράς. Για τον έλεγχο της εγκυρότητας των εξισώσεων υπολογίστηκαν με το πρόγραμμα SPSS 16.0, το σφάλμα (bias) σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς, τα όρια συμφωνίας (limits of agreement) του μέσου όρου της διαφοράς των δύο μεθόδων, ο συντελεστής συσχέτισης r του Pearson (R^2) μεταξύ της λιπώδους ή άλιπης μάζας όπως εκτιμήθηκαν από την πρότυπη μέθοδο και της λιπώδους ή άλιπης μάζας όπως εκτιμήθηκαν από την κάθε εξίσωση. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας σε όλες τις αναλύσεις ήταν $p<0.05$. Τα διαγράμματα Bland-Altman πραγματοποιήθηκαν για ορισμένες εξισώσεις που εκτίμησαν με ακρίβεια τη σύσταση σώματος.

Αποτελέσματα: Όταν οι εξισώσεις εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης καλύτερη εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος φάνηκε ότι έκαναν οι εξισώσεις των: Kanellakis και συν., Martarelli και συν., Pongchaiyakul και συν. η $2^η$, Visser και συν. η $2^η$ και η $3^η$. Αντίστοιχα καλύτερη εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος έκαναν οι εξισώσεις των: Kanellakis και συν., Kontogianni και συν., Segal και συν. η $2^η$ και Haapala και συν. Οι

πιθανοί λόγοι καλής λειτουργίας των παραπάνω εξισώσεων διερευνήθηκαν και προτάθηκαν ορισμένα κριτήρια επιλογής εξισώσεων εκτίμησης σύστασης σώματος. Όταν οι εξισώσεις εφαρμόστηκαν στις τρεις κατηγορίες στις οποίες χωρίστηκε ο πληθυσμός με βάση τα όρια του δείκτη μάζας σώματος, σχεδόν όλες βρέθηκε να έχουν διαφορετική προβλεπτική ικανότητα σε κάθε μία κατηγορία, ενώ ορισμένων η προβλεπτική ικανότητα βελτιωνόταν πολύ σε κάποια κατηγορία. Ορισμένες εξισώσεις εκτίμησαν τη σύσταση σώματος με μεγάλη ακρίβεια και προτάθηκε η χρήση τους για εκτίμηση της σύστασης σώματος σε ανάλογο πληθυσμό, ενώ αντίθετα άλλες έκαναν μεγάλο σφάλμα εκτίμησης σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς. **Συμπέρασμα:** Οι εξισώσεις που εκτίμησαν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη λιπώδη και την άλιπη μάζα σώματος του πληθυσμού της παρούσας μελέτης προτείνονται για χρήση, στην περίπτωση που είναι απαραίτητη η γρηγορή εκτίμηση της σύστασης σώματος πληθυσμού γυναικών ανάλογης ηλικίας και δεν υπάρχει διαθέσιμη κάποια πρότυπη μέθοδος αναφοράς.

Λέξεις- κλειδια: σύσταση σώματος, λιπώδης μάζα σώματος, άλιπη μάζα σώματος, ανθρωπομετρία, βιοηλεκτρική εμπέδηση, εμμηνόπαυση

Πίνακας συντμήσεων

FM (fat mass)	Λιπώδης μάζα σώματος
FFM (free fat mass)	Άλιπη μάζα σώματος
% BF (% Body Fat)	Ποσοστό % λίπους σώματος
BIA (Bioelectrical impedance analysis)	Μέθοδος βιοηλεκτρικής εμπέδησης
TOBEC (Total Body Electrical Conductivity)	Ολική ηλεκτρική αγωγιμότητα σώματος
DXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry)	Απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας
MRI (Magnetic Resonance Imaging)	Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού
NAA (Neutron Activation Analysis)	Ανάλυση με ενεργοποίηση νετρονίων
D_{H2O}	Δευτεριωμένο νερό
TBW (Total Body Water)	Ολικό νερό σώματος
BD (Body density)	Πυκνότητα σώματος
W (Weight)	Βάρος σώματος
H (Height)	Ύψος σώματος
BMI (Body Mass Index)	Δείκτης μάζας Σώματος (ΔΜΣ)
WC (waist circumference)	Περιφέρεια μέσης
HC (hip circumference)	Περιφέρεια ισχίου
WHR (waist to hip ratio)	Λόγος περιφέρειας μέσης προς περιφέρειας ισχίου
GC (gluteal circumference)	Γλουτιαία περιφέρεια
TSF (triceps skinfold)	Δερματική πτυχή τρικεφάλου
BSF (biceps skinfold)	Δερματική πτυχή δικεφάλου
SISF (suprailiac skinfold)	Υπερλαγόνια δερματική πτυχή
SS (subscapular skinfold)	Υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή
SUMSKF (sum of 4 skinfolds)	Άθροισμα των παραπάνω δερματικών πτυχών
MAC (mid arm circumference)	Περιφέρεια μέσου βραχίονα

MAMC (mid –arm muscle circumference)	Μυική περιφέρεια μέσου βραχίονα
R (resistance)	Αντίσταση
Xc (reactance)	Μη ωμική αντίσταση
Z (impedance)	Εμπέδηση
ΔΜΣ	Δείκτης Μάζας Σώματος
ΣΒ	Σωματικό βάρος
ΠΜ/ΠΙ	Περιφέρεια μέσης / περιφέρεια ισχίου
ΛΜΣ	Λιπώδης μάζα σώματος
ΑΜΣ	Άλιπη μάζα σώματος
WHO (World Health Organisation)	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σύσταση σώματος – ιστορική αναδρομή

Η ανθρωπότητα από τα αρχαία χρόνια αντιμετώπισε με μεγάλο θαυμασμό και ενδιαφέρον τη μελέτη της σύστασης του ανθρώπινου σώματος. Εξέχουσες μορφές της σχολής της Αλεξάνδρειας, που ήταν το κέντρο της ιατρικής επιστήμης στην αρχαία εποχή, υπήρξαν ο Ηρόφιλος, γνωστός ως πατέρας της Ανατομίας, και ο Ερασίστρατος, γνωστός ως πατέρας της Φυσιολογίας. Ο Ηρόφιλος άκμασε στις αρχές του 3^{ου} αιώνα π.Χ. Έκανε ανατομίες ανθρώπινων πτωμάτων τα οποία και σύγκρινε με πτώματα ζώων, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ο εγκέφαλος αποτελεί το κέντρο του νευρικού συστήματος και την έδρα της σκέψης. Έτσι κατάφερε να γνωρίσει την αληθινή φύση του νευρικού συστήματος και χώρισε τα νεύρα σε 'αισθητικά' (σχετικά με τη λειτουργία των αισθήσεων) και 'προαιρετικά', ενώ παράλληλα ανέπτυξε και τη θεωρά των σφυγμών. Έδινε μεγάλη σημασία στη δίαιτα και βασιζόταν πολύ στα φάρμακα. Στο έργο του 'Ανατομία' δίνει για πρώτη φορά ανατομικές περιγραφές ανθρώπινων οργάνων. Ο Ερασίστρατος γεννήθηκε στην Κέα και θεωρείται μεγάλος γιατρός της Αλαξανδρινής εποχής. Η συμβολή του στους τομείς της φυσιολογίας και της παθολογίας είναι πολύ μεγάλη και γι' αυτό έμεινε γνωστός ως πατέρας της Φυσιολογίας. Μελέτησε πολύ την κυκλοφορία του αίματος και ήταν ο πρώτος που υποψιάστηκε την παρουσία των τριχοειδών αγγείων. Ως διαιτολόγοι της αρχαίας εποχής αναφέρονται ο Αρχέστρατος ο Γέλωος (4^{ος} αιώνας π.Χ.) και ο Ηγίσσιπος ο Ταραντίνος (428- 365 π.Χ.).

Αργότερα την περίοδο του Διαφωτισμού και της Αναγέννησης (14^{ος}- 16^{ος} αιώνας π.Χ.), υπήρξε επίσης ενδιαφέρον για τη μελέτη της σύστασης σώματος. Εξέχουσα μορφή της εποχής αυτής, που ασχολήθηκε με τη μελέτη της σύστασης του ανθρώπινου σώματος ήταν ο Βεσσάλιος (Andreas Vesalius). Το 1543 κυκλοφόρησε το βιβλίο του 'De Humani corporis fabrica', που σήμαινε το εργοστάσιο του ανθρώπινου σώματος, το οποίο αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα του 15^{ου} αιώνα. Στο επτάτομο αυτό βιβλίο του και στις διαλέξεις του υποστήριζε ότι μόνο με έρευνα πάνω στο ίδιο το ανθρώπινο σώμα και κυρίως στα ανθρώπινα πτώματα, είναι δυνατή η μελέτη του σκελετού, των οργάνων και των λειτουργιών τους. Έτσι παρουσίασε τη δομή μυών, νεύρων, αρτηριών και φλεβών, ζωτικών οργάνων και σκελετού με πλήρη περιγραφή και άριστα σχέδια, ανατρέποντας διάφορες δεισιδαιμονίες και προλήψεις της εποχής, και κυρίως τις ιατρικές απόψεις σε διάφορα θέματα που στηρίζονταν μέχρι τότε σε διδασκαλίες του Ιπποκράτη. Εκτός από τον Βεσσάλιο, εκείνη την εποχή ο Λεονάρντο ντα

Βίντσι πραγματοποίησε ανατομικές μελέτες και έκανε νεκροτομή σε περίπου 30 πτώματα, ενώ παράλληλα σχεδίασε ανατομικά σχέδια ανώτερα σε ποιότητα από αυτά του Βεσσάλιου. Ωστόσο παρόλο που έφτασε κοντά στη δημοσίευση βιβλίου ανατομίας 50 χρόνια πριν τον Βεσσάλιο, δεν πραγματοποίησε κάποια δημοσίευση και γι' αυτό δεν διέπρεψε και ως συγγραφέας ανατομικών βιβλίων.

Η νέα εποχή της έρευνας για τη σύσταση σώματος εντοπίζεται περίπου 1 αιώνα πριν. Από το 1850 και μετά άρχισε να γίνεται σημαντική προόδος στον τομέα της μελέτης της σύστασης σώματος. Αρχικά οι διαθέσιμες μέθοδοι δεν ήταν πρακτικές και ακριβείς, αλλά αργότερα το πεδίο της έρευνας γρήγορα εξελίχθηκε σε μία χρησή εποχή που άρχισε κυρίως από τη δεκαετία του 1930, με πολλές νέες ιδέες, αρχές και μεθόδους εκτίμησης σύστασης σώματος. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα σημαντικότερα γεγονότα στην εξέλιξη της επιστήμης της σύστασης σώματος από το 1850 μέχρι και σήμερα [1]:

Δεδομένα για την πρόοδο της μελέτης σύστασης σώματος από το 1850 έως σήμερα		
1850	Justis von Liebieg	Το ανθρώπινο σώμα περιέχει πολλές ουσίες που υπάρχουν και στην τροφή - Τα υγρά του σώματος περιέχουν περισσότερο Να και λιγότερο Κ από τους ιστούς
1859	Moleschot Jacob	Ήταν ο πρώτος που **περιέγραψε τη χημική σύσταση του ανθρώπινου σώματος** σε βιβλίο που αναφερόταν στη χημική σύσταση των τροφίμων και στο οποίο δίνονταν τιμές που περιέγραφαν τη χημική σύσταση των διαφορετικών ιστών του σώματος συγκριτικά με εκείνη διάφορων τροφίμων
1871	Quetelet	Καθιέρωσε τον **δείκτη Quetelet** που έμεινε γνωστός ως δείκτης μάζας σώματος
1900	Cameron και Soldner	**Έκαναν εκτίμηση χημικής σύστασης εμβρύων**
1921	Matiegka	Βρήκε ένα **ανθρωπομετρικό μοντέλο** για την εκτίμηση της ολικής μυικής μάζας
1934	G von Hevesy και E. Hofer	Χρησιμοποίησαν το **δευτεριωμένο νερό** για να εκτιμήσουν το ολικό νερό σώματος
1953	A.Keys και J.Brozek	Ανέπτυξαν λεπτομερή ανάλυση της **τεχνικής της υδροπυκνομετρίας**
1955	N. Lifson, G.B. Gordon, R.McClintock	Μέτρησαν το ολικό νερό σώματος και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα με τη **μέθοδο του δευτεριωμένου νερού**
1962	A. Thomasset	Πρώτος εισήγαγε και εφάρμοσε τη **μέθοδο BIA**
1964	J. Anderson, S.H. Cohn, C.S. Dombrowski	Ανέπτυξαν την in vivo **μέθοδο ανάλυσης με ενεργοποιήση νετρονίων**
1970	R.B. Mazess, J.R. Cameron, J.A. Sorenson	Ανέπτυξαν την in vivo **μέθοδο απορροφησιομετρία φωτονίων διπλής ενέργειας (DPA)**
1973	W. Harker	Πρώτος εισήγαγε τη **μέθοδο ολικής ηλεκτρικής αγωγιμότηταςσώματος (TOBEC)**
1979	S.B. Heymsfield, R.P. Olafson, M.H. Kurtner, D.W. Nixon	Πρώτοι δημιουργησαν τον **αξονικό τομογράφο** για την ανάλυση σύστασης σώματος
1984	M.A. Foster, J.M.S. Hutchison, J. R. Mallard, M. Fuller	Απέδειξαν ότι η **μαγνητική τομογραφία (MRI)** μπορούσε με ακρίβεια να εκτιμήσει τη σύσταση σώματος
1990	S.B. Heymsfield	Εκτίμησε τους σκελετικούς μυς με τη **μέθοδο DXA**
1992-2003		· DXA και BIA αναπτύχθηκαν ραγδαία παγκοσμίως και ενσωματώθηκαν σε ερευνητικά και κλινικά προγράμματα
		·Η **αέρια πληθυσμογραφία (Bod Pod)** αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στη θέση της παλαιότερης και λιγότερο πρακτικής μεθόδου της υποβρύχιας ζύγισης
		·Η αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία αποτέλεσαν πολύ πρακτικές και ακριβείς μεθόδους ανάλυσης σύστασης σώματος
		·**Νέες χρήσεις** για την κλασσική **μέθοδο μέτρησης ολικού Κ σώματος** αναφέρονται αν και η in vivo μέθοδος ανάλυσης με ενεργοποίηση νετρονίων παρέμεινε σε περιορισμένη χρήση παγκοαμίως

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος αποτελεί έναν δείκτη του επιπέδου υγείας του οργανισμού και η μελέτη της είναι πολύ σημαντική για τον επιστήμονα υγείας, γι' αυτό θα πρέπει να δίνεται βάση σε αυτή. Αλλαγές στη σύσταση του σώματος μπορεί να είναι το αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, τόσο τροποποιήσιμων (περιβαλλοντικών), όσο και μη (γενετικών). Για να κατανοήσουμε και να καθορίσουμε το πώς αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τα επιμέρους συστατικά του σώματος είναι ανάγκη να παρακολουθούμε τις αλλαγές που συμβαίνουν στη σύσταση του σώματος. Η μελέτη της σύστασης σώματος είναι αναγκαία προϋπόθεση για την πλήρη διατροφική αξιολόγηση, καθώς αποτελεί ένα από τα μέρη αυτής, το οποίο δίνει πολλά στοιχεία για την κατάσταση θρέψης, τη σωματική αύξηση και ανάπτυξη και το ισοζύγιο του νερού σώματος ενός ατόμου ή πληθυσμού. Επιπρόσθετα, η μελέτη σύστασης σώματος αποτελεί έναν αξιόπιστο τρόπο για τη μελέτη της παθοφυσιολογίας μίας νόσου και των συνεπειών που έχει αυτή στην υγεία του ανθρώπου, το σχεδιασμό της πιο ενδεδειγμένης θεραπευτικής αγωγής για τη συγκεκριμένη ασθένεια και τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας αυτής όσον αφορά τη βελτίωση της υγείας του ανθρώπου [2].

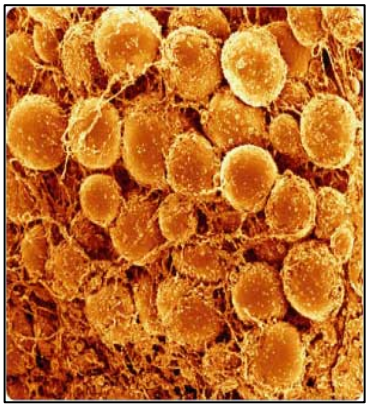
1.1.1 Ιστοί του ανθρώπινου σώματος

Οι διάφοροι ιστοί του ανθρώπινου σώματος επιτελούν σημαντικές λειτουργίες του οργανισμού και ο καθένας από αυτούς είναι εξειδικευμένος για συγκεκριμένες λειτουργίες αλλά παράλληλα συνδέεται και συνεργάζεται στενά και με τους υπόλοιπους. Η ποσοτική και ποιοτική σύσταση των ιστών συμβάλλει στην ικανότητά τους να ικανοποιούν επαρκώς τις απαιτήσεις του οργανισμού [3]. Οι ιστοί του σώματος είναι ο μυικός, ο λιπώδης, ο οστίτης και άλλοι ιστοί, όπως ο νευρικός και ο επιθηλιακός. Ο λιπώδης και ο οστίτης ιστός αποτελούν τους δύο τύπους συνδετικού ιστού [4]. Αντικείμενο έρευνας του τομέα της σύστασης σώματος αποτελούν κυρίως ο μυικός, ο λιπώδης και ο οστίτης ιστός ενώ οι υπόλοιποι, αν και επιτελούν σημαντικές λειτουργίες, δεν μελετούνται ιδιαίτερα. Ο προσδιορισμός και η μελέτη του λιπώδους, του μυικού και του οστίτη ιστού είναι σημαντικά γιατί η ποσότητα και η αναλογία τους σχετίζεται με τη διατήρηση της υγείας, ενώ αντίθετα διαταραχές στη σύστασή τους έχουν σχέση με την εμφάνιση και την κλινική πορεία συγκεκριμένων νόσων.

1.1.2. Λιπώδης μάζα σώματος – Λιπώδης ιστός

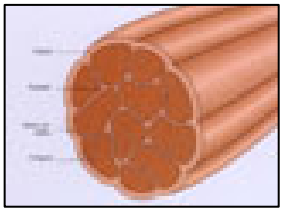
Η λιπώδης μάζα σώματος περιλαμβάνει όλα τα λιπίδια που μπορούν να εκχυλιστούν από το λιπώδη ιστό και τους υπόλοιπους ιστούς του σώματος. Αυτή περιλαμβάνει το θεμελιώδες λίπος και το αποθηκευτικό λίπος. Το θεμελιώδες είναι το ποσοστό του σωματικού λίπους το οποίο είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του εγκεφάλου, του μυελού των οστών, του νευρικού ιστού και των κυτταρικών μεμβρανών. Στις γυναίκες το θεμελιώδες λίπος είναι περισσότερο σε σύγκριση με αυτό των ανδρών, αφού περιλαμβάνει και το ειδικό για το φύλο λίπος που σχετίζεται με την αναπαραγωγή και άλλους ορμονικούς παράγοντες και βρίσκεται στην περιοχή του στήθους, τοι ισχίου και των μηρών [5]. Το αποθηκευτικό λίπος αποτελείται από το υποδόριο λίπος που βρίσκεται αποθηκευμένο κάτω από την επιδερμίδα και από το σπλαχνικό που βρίσκεται μεταξύ των οργάνων, όπως την καρδιά, τους πνεύμονες, το ήπαρ, τους νεφρούς. Το σπλαχνικό κοιλιακό λίπος έχει συσχετιστεί με αντίσταση στην ινσουλίνη, υπεργλυκαιμία, δυσλιπιδαιμία, υπέρταση, προθρομβωτικές και προφλεγμονώδεις καταστάσεις [6]. Η ποσότητα του αποθηκευτικού λίπους δείχνει τα αποθέματα ενέργειας του οργανισμού.

Ο λιπώδης ιστός αποτελείται από λίπος (~83%) και άλλες υποστηρικτικές δομές (~2% πρωτείνη και ~15% νερό). Ο λιπώδης ιστός δεν είναι ένας αδρανής ιστός, αλλά αντίθετα ένα μεταβολικά ενεργό ενδοκρινές όργανο [7]. Από αυτόν εκκρίνονται βιολογικά ενεργά μόρια με αυτοκρινή και παρεκρινή δράση (λεπτίνη, αδιπονεκτίνη, ρεζιστίνη, αναστολέας ενεργοποίησης πλασμινογόνου- 1 (PAI-1), ο παράγοντας νέκρωσης όγκων (TNF-α), η ιντερλευκίνη 6 (IL-6)) τα οποία μπορούν να επηρεάσουν το αίσθημα της πείνας και κατ' επέκταση την πρόσληψη της τροφής, να επηρεάσουν τη δράση άλλων κύριων ορμονών, να ρυθμίσουν το μεταβολισμό του ίδιου του λιπώδους ιστού ή και να επηρεάσουν την έκφραση παραγόντων κινδύνου για καρδιαγγειακά νοσήματα [8]. Ο λιπώδης ιστός διακρίνεται σε φαιό και λευκό λιπώδη ιστό. Ο φαιός λιπώδης ιστός βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα στα βρέφη και σε μικρότερη στους ενήλικες. Κατανέμεται κυρίως στην πλάτη και στο λαιμό, τα κύτταρα αυτού είναι μικρά και σκούρα λόγω των πολλών μιτοχονδρίων και της πλούσιας αιμάτωσης και η κύρια λειτουργία αυτού είναι συμμετοχή στη θερμογένεση [9]. Ο λευκός λιπώδης ιστός αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του λιπώδους ιστού και κατανέμεται σε όλο το σώμα. Τα λιποκύτταρα αυτού είναι πλούσια σε τριγλυκερίδια και γι' αυτό η κύρια λειτουργία του είναι η αποθήκευση ενέργειας με τη μορφή τριγλυκεριδίων όταν το ενεργειακό ισοζύγιο είναι θετικό [8].



1.1.3. Μυικός ιστός

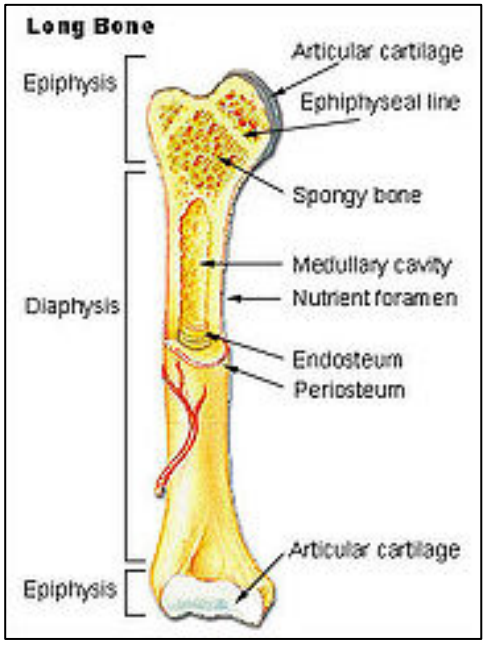
Ο μυικός ιστός αποτελεί τον μεγαλύτερο σε μάζα ιστό του ανθρώπινου σώματος. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες μυικών ιστών: ο σκελετικός, ο λείος και ο καρδιακός μύς. Ο σκελετικός μυς αποτελείται περίπου από 75% νερό, 20% πρωτείνη και το υπόλοιπο 5% από ανόργανα άλατα και ιόντα, ενδομυικά τριγλυκερίδια και γλυκογόνο. Η βασική δομική μονάδα των σκελετικών μυών είναι η μυική ίνα (σκελετικό μυικό κύτταρο), η οποία αποτελείται από χιλιάδες μυοινίδια. Το κάθε μυοινίδιο με τη σειρά του διαιρείται στα σαρκομέρια. Αυτά είναι λειτουργικές μονάδες και αποτελούνται από νημάτια ακτίνης (λεπτά νημάτια) και νημάτια μυοσίνης (παχιά νημάτια) σε ποσοστό 84%, καθώς και από άλλους τύπους πρωτεινών, κυρίως τροπονίνη και τροπομυοσίνη (16%) και ευθύνονται για τη μυική συστολή [10]. Οι ίνες



των λείων μυών έχουν μικρότερη διάμετρο και μήκος από τις σκελετικές, ενώ και η μορφή τους διαφέρει από αυτή των σκελετικών μυών. Νευρώνονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και συνεπώς η συστολή τους γίνεται ακούσια. Λείες μυικές ίνες είναι αυτές του ακτινωτού μυός του ματιού, οι ανορθωτήρες μύες των τριχών, οι σπλαχνικοί μύες των περισσότερων οργάνων του σώματος, οι μύες των εντερικών τοιχωμάτων και των αιμοφόρων αγγείων. Ο καρδιακός μυς είναι γραμμωτός μυς και φέρει μυοινίδια παρόμοια με αυτά των σκελετικών μυών, ενώ περιέχει νημάτια ακτίνης και μυοσίνης. Η διαφορά του με τους σκελετικούς μυς είναι ότι δε βρίσκεται κάτω από τον εκούσιο έλεγχό μας, αφού νευρώνεται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και επηρεάζεται και από διάφορες ορμόνες [11].

1.1.4 Οστίτης ιστός

Ο οστίτης ιστός είναι ο στερεότερος τύπος συνδετικού ιστού του ανθρώπινου σώματος. Η σύσταση των οστών είναι κατά προσέγγιση: 70% μεταλλικά άλατα, 22% πρωτείνη και 8% νερό. Ο σκελετός περιέχει το 99% του συνολικού ασβεστίου του σώματος, το 35% του

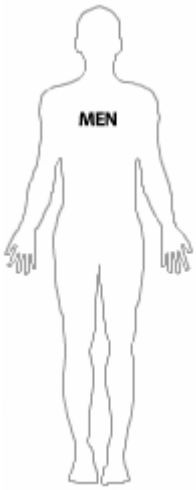


νατρίου και το 60% του μαγνησίου [12]. Ο οστίτης ιστός αποτελείται από τρεις κύριους τύπους κυττάρων: τα οστεοκύτταρα, τους οστεοβλάστες και τους οστεοκλάστες και από τη θεμέλια εξωκυττάρια ουσία. Οι οστεοβλάστες και οι οστεοκλάστες είναι δύο τύποι κυττάρων με αντίθετες δράσεις γνωστές και ως οστικός σχηματισμός και οστική απορρόφηση αντίστοιχα (οστική ανακατασκευή συνολικά). Η θεμέλια εξωκυττάρια ουσία αποτελείται από το οστεοειδές (οργανική εξωκυττάρια ουσία αποτελούμενη 90% από κολλαγόνο τύπου Ι) και από ανόργανα άλατα ασβεστίου και φωσφόρου στη μορφή κρυστάλλων υδροξυαπατίτη [13]. Ο οστίτης ιστός διακρίνεται σε δύο τύπους: το φλοιώδη και το σπογγώδη οστίτη ιστό. Στο φλοιώδη οστίτη ιστό, η θεμέλια ουσία έχει πυκνή δομή με μικρά διάκενα και οι δοκίδες των οστεοκυττάρων βρίσκονται σε στενή επαφή μεταξύ τους. Έτσι ο φλοιώδης ιστός αποτελεί εξωτερικό περίβλημα των οστών και στηρίζει το σωματικό βάρος και παρέχει αντίσταση στις εξωτερικές δυνάμεις παραμόρφωσης. Στο σπογγώδη οστίτη ιστό η διάταξη είναι πιο αραιή και

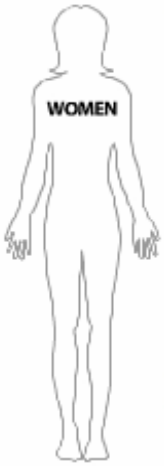
τα κενά μεταξύ των δοκίδων μεγαλύτερα και καταλαμβάνονται από ερυθρό (αιμοποιητικό) ή κίτρινο (λιπώδη ιστό) μυελό των οστών. Οι λειτουργίες των οστών είναι: παροχή μηχανικής στήριξης, προστασία ευαίσθητων ανατομικών δομών, μεταβολική αποθήκη για τα μεταλλικά άλατα, συμμετοχή στη ρύθμιση της ομοιόστασης του ασβεστίου και του φωσφόρου, συμμετοχή στη ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας του οργανισμού [14].

1.1.5. Το θεωρητικό μοντέλο του Behnke

Η έννοια του άντρα και της γυναίκας αναφοράς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1970. Οι τιμές αναφοράς παρέχουν πληροφορίες για τη σύσταση σώματος και βασίζονται στις μέσες φυσικές διαστάσεις από μετρήσεις χιλιάδων ατόμων που συμμετείχαν σε διάφορες ανθρωπομετρικές και διατροφικές έρευνες. Τα δεδομένα αυτά παρέχουν ένα πλαίσιο με βάση το οποίο μπορούν να γίνουν διάφορες συγκρίσεις [15].



Άντρας «αναφοράς»	**Γυναίκα «αναφοράς»**
Ηλικία= 20-24 ετών	Ηλικία= 20-24 ετών
Ύψος= 174,0 εκατοστά	Ύψος= 163,8 εκατοστά
Βάρος = 70 κιλά	Βάρος =56,7 κιλά
Λιπώδης μάζα σώματος=10,5 κιλά (15% ΣΒ)	Λιπώδης μάζα σώματος =15,3κιλά(27% ΣΒ)
Αποθηκευτικό λίπος = 8,4 κιλά (12% ΣΒ)	Αποθηκευτικό λίπος = 8,5 κιλά (15% ΣΒ)
Απαραίτητο λίπος =2,1 κιλά (3% ΣΒ)	Απαραίτητο λίπος = 6,8 κιλά
Μύες= 31,3 κιλά (44,8% ΣΒ)	Μύες = 20,4 κιλά (36% ΣΒ)
Οστά= 10,4 κιλά (14,9% ΣΒ)	Οστά = 6,8 κιλά (12% ΣΒ)
Υπόλοιπο = 17,5 κιλά (25,3% ΣΒ)	Υπόλοιπο = 14,2 κιλά (25% ΣΒ)



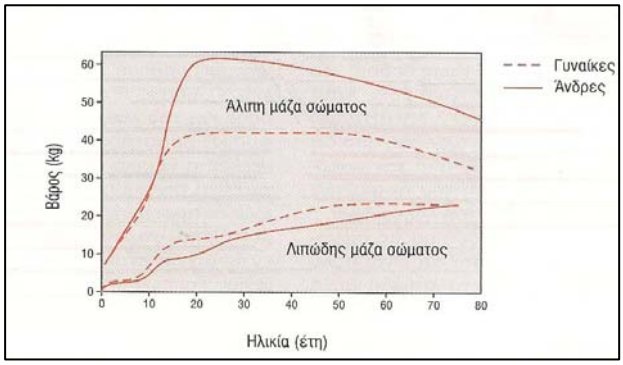
1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση σώματος

Η σύσταση του σώματος επηρεάζεται από μία ποικιλία παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της ηλικίας, του φύλου, της φυλής, της κληρονομικότητας, των ορμονών, του αναστήματος, της διατροφής, της φυσικής δραστηριότητας, διάφορων ασθενειών κ.α.[15]. Οι μεταβολές των ιστών του σώματος μπορεί να είναι δηλαδή είτε το αποτέλεσμα της επίδρασης φυσιολογικών αλλαγών που συμβαίνουν με την πάροδο της ηλικίας, είτε το αποτέλεσμα συμπεριφορικών παραγόντων.

ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ
Ηλικία	Διατροφή
Φύλο	Φυσική δραστηριότητα
Φυλή	Ασθένειες
Κληρονομικότητα	
Ανάστημα	
Ορμόνες	

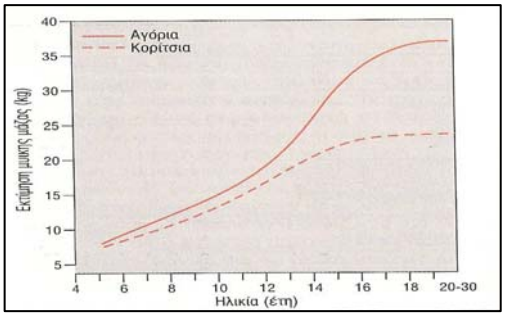
1.2.1 Επίδραση παραγόντων: ηλικία και φύλο

Η λιπώδης μάζα σώματος κατά τη γέννηση αποτελεί το 14,5 % του βάρους του νεογέννητου. Μέχρι τον 3^{ο} χρόνο της ζωής η λιπώδης μάζα αυξάνεται σταδιακά με τον ίδιο ρυθμό και στα δύο φύλα, κατόπιν ακολουθεί μία περίοδος 3 χρόνων σταθεροποίησης αυτής και εν συνεχεία παρατηρείται μία αύξηση έως τα 8 χρόνια, η οποία είναι ελαφρώς μεγαλύτερη στα κορίτσια. Στη διάρκεια της εφηβείας επίσης παρατηρείται αύξηση της λιπώδους μάζας σώματος. Αυτή συνοδεύεται από αλλαγές στο ορμονικό σύστημα των εφήβων και είναι εμφανώς μεγαλύτερη στα κορίτσια λόγω του ειδικού για το φύλο λίπους [16]. Στο τέλος της εφηβείας τα κορίτσια έχουν 1,5 φορές περισσότερη λιπώδη μάζα σώματος σε σχέση με τα αγόρια. Με το πέρασμα των χρόνων, στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας παρατηρείται αύξηση της λιπώδους μάζας σώματος [17], η οποία αντικαθιστά τη μυική μάζα, διατηρώντας έτσι πολλές φορές ένα σταθερό σωματικό βάρος στην τρίτη ηλικία. Επιπρόσθετα, συμβαίνει και αλλαγή της κατανομής της λιπώδους μάζας, με το μεγαλύτερο ποσοστό λίπους να είναι ενδοκοιλιακό παρά υποδόριο, γεγονός που συνοδεύεται από ινσουλινοαντίσταση, υπέρταση, υπεργλυκαιμία και άλλες συνοδές ασθένειες. Στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας επιπρόσθετα, λόγω της διακοπής της έκκρισης των οιστρογόνων κατά την εμμηνόπαυση, η λιπολυτική δράση στις περιοχές του ισχίου και των μηρών μειώνεται και έτσι ευνοείται η εντονότερη εναπόθεση σπλαχνικού λίπους [18].

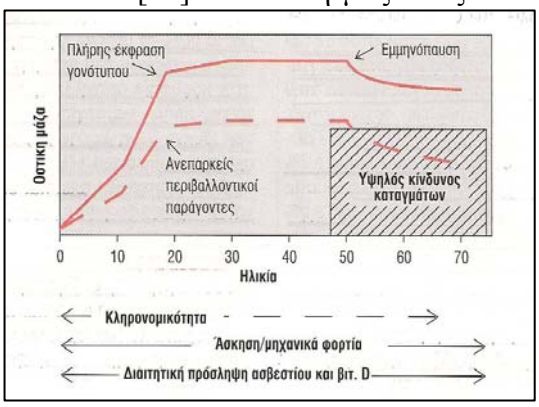


Η αύξηση της λιπώδους μάζας μπορεί να οφείλεται είτε σε υπερπλασία είτε σε υπερτροφία των λιποκυττάρων. Η αύξηση του αριθμού των λιποκυττάρων (υπερπλασία) παρατηρείται έντονα στην παιδική ηλικία, ενώ η αύξηση του μεγέθους των λιποκυττάρων (υπερτροφία) λαμβάνει χώρα κατά την εφηβεία, όταν τριγλυκερίδια εναποτίθενται στα λιποκύτταρα αυξάνοντας τον όγκο αυτών [2].

Η άλιπη μάζα σώματος στην παιδική και εφηβική ηλικία αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση του βάρους και του ύψους. Η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στα αγόρια [16] και συνεχίζεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ζωής τους (έως τα 19-20), σε αντίθεση με τα κορίτσια που σταματά νωρίτερα περίπου στα 16. Στην ενήλικο ζωή παρατηρείται μία σταθεροποίηση όσον αφορά την άλιπη μάζα σώματος, ενώ κατά την τρίτη ηλικία έντονη είναι η μείωσή της [19].



Οι αλλαγές στην άλιπη μάζα σώματος μπορεί να οφείλονται σε αλλαγές του ολικού νερού σώματος, του μυικού ή του οστίτη ιστού, που και τα τρία είναι μέρη αυτής. Πιο συγκεκριμένα για το ολικό νερό σώματος, κατά την παιδική και εφηβική ηλικία παρατηρείται αύξηση, εν συνεχεία σταθεροποίηση κατά την ενήλικο ζωή, ενώ στην τρίτη ηλικία το ολικό νερό σώματος μειώνεται και αυτή η μείωση οφείλεται κυρίως στη μείωση του ενδοκυττάριου νερού [20]. Σχετικά με τη μυική μάζα, αυτή αυξάνεται κατά την παιδική ηλικία και στα δύο φύλα. Η διαφορά της μυικής μάζας σε πρωτείνες ανάμεσα στα δύο φύλα γίνεται εμφανής ήδη από την παιδική ηλικία [21], ενώ στο τέλος της εφηβείας αυτή η διαφορά είναι πολύ έντονη και φαίνεται ότι η μυική μάζα υπερτερεί στο ανδρικό φύλο. Κατά την 3^{η} ηλικία η μυική μάζα μειώνεται αισθητά και πολλές φορές οδηγεί σε σαρκοπενία [17]. Η οστική μάζα αυξάνεται στην παιδική και εφηβική ηλικία με ραγδαίο ρυθμό, αφού σε αυτή την περίοδο αποκτάται το 45% της ολικής οστικής μάζας ενός ενήλικα [22] . Στην ενήλικο ζωή, η αύξηση της οστικής μάζας συνεχίζεται μέχρι την επίτευξη της κορυφαίας οστικής μάζας, στις γυναίκες μέχρι τα 25 και στους άνδρες μέχρι τα 30 έτη [23]. Στη συνέχεια και μέχρι τα 40 υπάρχει σταθεροποίηση, ενώ μετά τα 40 αρχίζει μία μείωση της οστικής μάζας με αργό ρυθμό (όχι > 1% /έτος). Ωστόσο, στις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση ο ρυθμός απώλειας οστικής μάζας αυξάνεται ραγδαία



1.2.2 Επίδραση παράγοντα : φυσική δραστηριότητα

Η φυσική δραστηριότητα είναι ένας συμπεριφορικός παράγοντας που μπορεί να έχει επίδραση τόσο στη λιπώδη όσο και στην άλιπη μάζα σώματος. Οι αλλαγές στη σύσταση σώματος εξαρτώνται από τον τύπο, τη συχνότητα και την ένταση της άσκησης.

Η αύξηση της φυσικής δραστηριότητας μπορεί να ευνοήσει την απώλεια λίπους αφού ένα σημαντικό μέρος της απαιτούμενης ενέργειας προέρχεται από την κινητοποίηση των αποθεμάτων λίπους, μειώνοντας έτσι τελικά τη λιπώδη μάζα σώματος. Επιπλέον έχει φανεί ότι όταν μία υποθερμιδική δίαιτα συνδιάζεται με κάποιου είδους φυσική δραστηριότητα, τότε τα αποτελέσματα της προσπάθειας απώλειας σωματικού λίπους είναι καλύτερα. Ωστόσο ο τύπος της άσκησης παίζει ρόλο σε αυτό και έχει φανεί ότι τα προγράμματα αερόβιας άσκησης προκαλούν μεγαλύτερη απώλεια λίπους [24].

Η άσκηση είτε είναι αερόβιου τύπου είτε άσκηση αντιστάσεων έχει την ιδιότητα να διατηρεί την άλιπη μάζα σώματος [25]. Πιο συγκεκριμένα η συστηματική άσκηση προκαλεί υπερτροφία των μυικών ινών, αύξηση της σύνθεσης νέων δομικών πρωτεινών (κυρίως ακτίνης και μυοσίνης), οι οποίες συγκροτούν τα αυξημένα σε μέγεθος μυοινίδια [26] και αύξηση της αιμάτωσης των μυών.

Η συστηματική άσκηση φαίνεται ότι έχει θετική δράση και στην οστική μάζα, αφού ενεργοποιείται η δράση των οστεοβλαστών εξαιτίας των μηχανικών πιέσεων και των παραμορφώσεων που ασκούνται στον οστίτη ιστό, γι' αυτό και οι ασκήσεις που προκαλούν ανάπτυξη ισχυρών μηχανικών πιέσεων στα οστά είναι οι πλέον αποτελεσματικές ως προς την αύξηση ή τη διατήρηση της οστικής μάζας [27]. Ακόμα και σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, έχει φανεί ότι ασκήσεις που προκαλούν ισχυρές πιέσεις στο σκελετό και γίνονται συστηματικά σε μεγάλο χρονικό διάστημα μπορούν να εμποδίσουν την περαιτέρω απώλεια οστικής μάζας ή ακόμα και να την αυξήσουν σε ορισμένα ανατομικά σημεία, όπως το ισχίο και οι σπόνδυλοι [28-29].

1.2.3 Επίδραση άλλων παραγόντων : ανάστημα- κληρονομικότητα- φυλή

Το ανάστημα αφορά μικρό μόνο τμήμα της διακύμανσης στην ισχνή μάζα σώματος, αλλά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη σύγκριση των δεδομένων σύστασης σώματος μεταξύ ατόμων ή ομάδων ατόμων. Τα υψηλότερα παιδιά και ενήλικες έχουν πλεονέκτημα όσον αφορά στην ισχνή μάζα σώματος σε σύγκριση με τους κοντότερους συνομηλίκους τους [15].

Υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν ότι η πυκνότητα των οστών και το ελεύθερο σε λίπος βάρος επηρεάζονται σημαντικά από την κληρονομικότητα.

Η επιρροή της φυλής φαίνεται από τη διαφορά ανάμεσα σε λευκούς και μαύρους Βορειοαμερικάνους. Οι μαύροι έχουν συνήθως ελαφρά μεγαλύτερη ισχνή μάζα σώματος από τους λευκούς, όπως επίσης και παχύτερα και πυκνότερα οστά σε σύγκριση με τη λευκή φυλή [30].

1.3 Μοντέλα σύστασης σώματος

1.3.1 Μοριακά μοντέλα σύστασης σώματος

Τα μοριακά συστατικά του ανθρώπινου σώματος είναι το λίπος, οι πρωτείνες, το γλυκογόνο, το ολικό νερό σώματος (ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο) και τα μέταλλα. Η συνολική ενέργεια του σώματος αντικατοπτρίζεται από το γλυκογόνο, τις πρωτείνες και το λίπος. Τα μέταλλα, το ολικό νερό σώματος,, το γλυκογόνο και οι πρωτείνες συνιστούν την άλιπη μάζα σώματος. Η άλιπη μάζα σώματος μαζί με τη λιπώδη μάζα σώματος ισούνται με το σωματικό βάρος.

(i) Το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων

Αρκετές από τις σύγχρονες μεθόδους ανάλυσης σύστασης σώματος βασίζονται σε αυτό το μοντέλο που χρησιμοποιείται τα τελευταία πενήντα χρόνια και έχει σημαντικό ρόλο στις μετρήσεις της σύστασης σώματος.Το κλασσικό μοντέλο των δύο διαμερισμάτων χωρίζει το σωματικό βάρος στα διαμερίσματα της λιπώδους μάζας σώματος και της άλιπης μάζας σώματος.

ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ = ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ + ΛΙΠΩΔΗΣ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ

Η λιπώδης μάζα σώματος συνίσταται από όλες τις υποομάδες λίπους σώματος ενώ η άλιπη μάζα σώματος περιλαμβάνει το νερό, τις πρωτείνες, το γλυκογόνο και τα μεταλλικά στοιχεία [2]. Το μοντέλο αυτό βασίζεται σε μία σειρά παραδοχών σχετικά με τις τιμές πυκνότητας των δύο διαμερισμάτων, αλλά και τις αναλογίες των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος οι οποίες θεωρούνται σταθερές μεταξύ των διαφορετικών ατόμων [20]. Οι παροδοχές του μοντέλου είναι οι εξής:

(1) η πυκνότητα της λιπώδους μάζας σώματος είναι 0,901 g/cm^3

(2) η πυκνότητα της άλιπης μάζας σώματος είναι 1,10 g/cm^3

(3) οι πυκνότητες της λιπώδους μάζας σώματος και των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος (νερό, πρωτείνη, μέταλλα) είναι ίδιες για όλους τους ανθρώπους

(4) η ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος παραμένει σταθερή ανάμεσα σε διαφορετικά άτομα και είναι ανεξάρτητη από το φύλο, την ηλικία και τη φυλή. Η άλιπη μάζα του σώματος «αναφοράς» αποτελείται από 73,8% νερό, 19,4% πρωτείνη και 6,8% μέταλλα.

(5) Το άτομο που υπόκειται σε μέτρηση διαφέρει από το «σώμα αναφοράς» μόνο ως προς την ποσότητα της λιπώδους και της άλιπης μάζας, άρα και ως προς το ποσοστό κάθε διαμερίσματος επί του σωματικού βάρους.

Επειδή η λιπώδης μάζα σώματος αποτελείται από ένα σύμπλεγμα ενώσεων (γλυκερίδια, στερόλες, φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια), αλλά και η άλιπη μάζα σώματος χαρακτηρίζεται από μεγάλη ετερογένεια, δεν υπάρχει εγγύηση ότι η σύσταση και η πυκνότητα των δύο αυτών διαμερισμάτων ενός ατόμου κάποιου συγκεκριμένου πληθυσμού ταιριάζει με τις τιμές αναφοράς.

Οι εξισώσεις υπολογισμού του ποσοστού λίπους σώματος που έχουν βασιστεί σε αυτό το μοντέλο παρέχουν ακριβείς εκτιμήσεις του ποσοστού λίπους σώματος, αν οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου ικανοποιούνται. Από τις μεθόδους εκτίμησης σύστασης σώματος η υδροπυκνομετρία, η αέρια πληθυσμογραφία και η μέτρηση ολικού καλίου είναι μέθοδοι που βασίζονται στο μοντέλο των δύο διαμερισμάτων. Η βιοηλεκτρική εμπέδηση και η μέθοδος αραίωσης –διάλυσης ισοτόπων βασίζονται επίσης σε αυτό το μοντέλο και τις παραδοχές του, λαμβάνοντας όμως και το ολικό νερό σώματος ως τμήμα της άλιπης μάζας σώματος. Μειονέκτημα της εφαρμογής των μεθόδων εκτίμησης σύστασης σώματος που βασίζονται σε αυτό το μοντέλο είναι ότι δεν ποσοτικοποιούν την ολική πρωτείνη σώματος, το ολικό νερό σώματος αλλά ούτε και την οστική μάζα, δηλαδή δεν γίνεται εκτίμηση των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος [2].

(ii) Πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα σύστασης σώματος

Τα πολυδιαμερισματικά μοντέλα σύστασης σώματος είναι μοντέλα τα οποία μπορούν να κάνουν εκτίμηση των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος.

Τα κυριότερα πολυδιαμερισματικά μοντέλα σύστασης σώματος είναι τα εξής [2, 31]:

Μοντέλο τριών διαμερισμάτων (3C)

ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ = ΛΙΠΩΔΗΣ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ + ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ + ΑΛΙΠΗ ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ

**άλιπη ξηρή μάζα: μεταλλικά στοιχεία + πρωτείνες

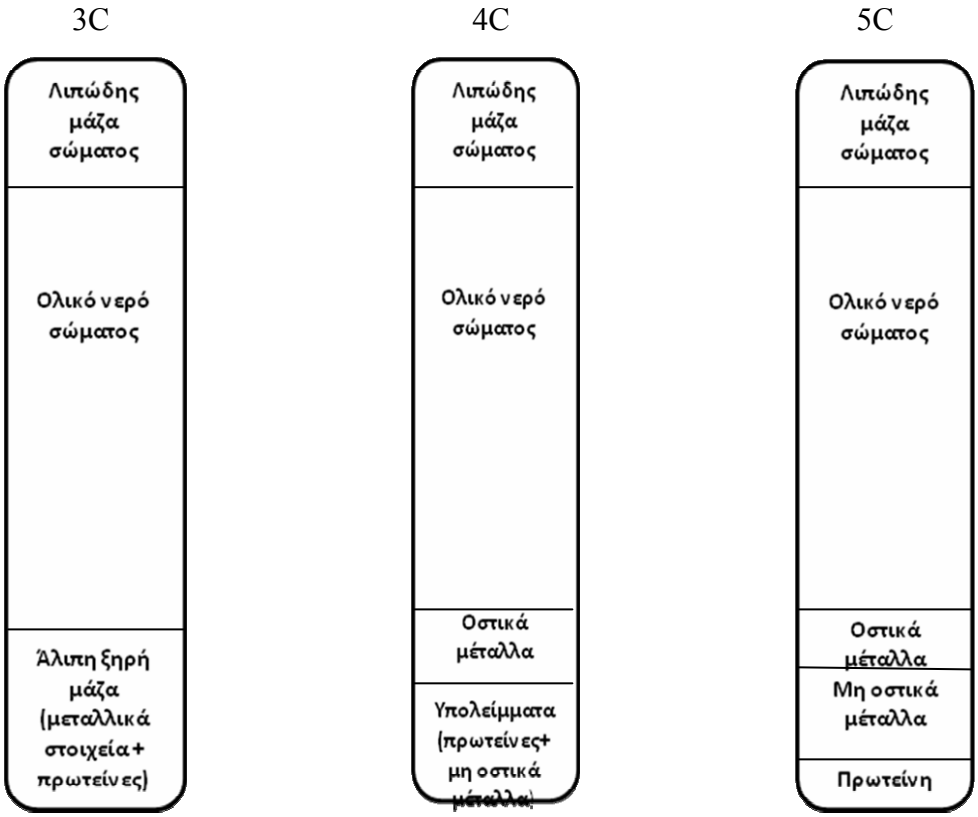
Μοντέλο τεσσάρων διαμερισμάτων (4C)

ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ= ΛΙΠΩΔΗΣ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ + ΝΕΡΟ + ΟΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΑ+ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ

**Υπολείμματα: πρωτείνες + μη οστικά μέταλλα

Μοντέλο πέντε διαμερισμάτων (5C)

ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ = ΛΙΠΩΔΗΣ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ +ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ + ΟΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΑ + ΜΗ ΟΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΑ + ΟΛΙΚΗ ΠΡΩΤΕΙΝΗ ΣΩΜΑΤΟΣ



1.3.2 Το μοντέλο των πέντε επιπέδων

Το μοντέλο των πέντε επιπέδων οργανώνει περισσότερα από 30 διαφορετικά συστατικά σε 5 ξεχωριστά επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Αυτά με τη σειρά είναι τα εξής: ατομικό, μοριακό, κυτταρικό, σύστημα ιστών και ολικό σώμα [32].

Ατομικό επίπεδο

Τέσσερα στοιχεία του ατομικού επιπέδου, το οξυγόνο, ο άνθρακας, το υδρογόνο και το άζωτο, αποτελούν περισσότερο από το 95% της σωματικής μάζας. Αυτά τα τέσσερα στοιχεία μαζί με άλλα επτά (Na, K, P, Cl, Ca, Mg, S) συνιστούν πάνω από το 99,5% της μάζας σώματος και ανήκουν στο ατομικό επίπεδο. Τα στοιχεία αυτά του ατομικού επιπέδου διατηρούν σταθερές σχέσεις μεταξύ τους αλλά και με τα στοιχεία υψηλότερων επιπέδων, οι οποίες επιτρέπουν την έμμεση ποσοτική εκτίμηση συστατικών του ανθρώπινου σώματος.

Μοριακό επίπεδο

Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει τα λιπίδια, τις πρωτείνες, το νερό και τα μέταλλα (μεταλλικά + μη μεταλλικά στοιχεία). Από τα παραπάνω άμεσα μπορούν να μετρηθούν το λίπος, το νερό και τα μεταλλικά στοιχεία των οστών, ενώ έμμεσα με τη βοήθεια των σταθερών σχέσεων γίνεται η εκτίμηση των πρωτεινών και των μη οστικών μεταλλικών στοιχείων. Βασικό διαμέρισμα αυτού του επιπέδου είναι και οι υδατάνθρακες που στο ανθρώπινο σώμα απαντώνται με τη μορφή γλυκόζης αίματος και γλυκογόνου μυών και ήπατος (~500γραμμάρια). Λόγω όμως της χαμηλής ποσότητάς τους στο ανθρώπινο σώμα δεν συμπεριλαμβάνονται στα μοριακά μοντέλα σύστασης σώματος.

Κυτταρικό επίπεδο

Σε κυτταρικό επίπεδο, η σύσταση του σώματος μπορεί να περιγραφεί ως κυτταρική μάζα του σώματος, εξωκυτταρικά υγρά και εξωκυτταρικά στερεά. Η κυτταρική μάζα του σώματος περιλαμβάνει τα κύτταρα με όλα τους τα συστατικά, όπως το νερό, τις πρωτείνες και τα ανόργανα στοιχεία. Το εξωκυτταρικό υγρό αποτελείται κατά 95% περίπου από νερό, το οποίο κυκλοφορεί ως πλάσμα στον ενδοαγγειακό χώρο και ως ενδιάμεσο υγρό στον εξωαγγειακό χώρο και είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών και την αποβολή τοξικών παραγόντων προς και από τα κύτταρα.. Τα εξωκυτταρικά στερεά είναι κυρίως πρωτείνες (π.χ. κολλαγόνο) και ανόργανα στοιχεία (ανόργανα στοιχεία των οστών

καθώς και άλλα που είναι διαλυμένα στο εξωκυτταρικό υγρό) και υποστηρίζουν το σύνολο των κυττάρων του σώματος [32]. Μία επιμέρους κατηγοριοποίηση είναι αυτή που διαιρεί την κυτταρική μάζα σε λιπώδη και άλιπη κυτταρική μάζα, με τη δεύτερη να είναι υπεύθυνη για τις περισσότερες διεργασίες του σώματος.

Επίπεδο ιστών

Το τέταρτο επίπεδο οργάνωσης περιλαμβάνει τους ιστούς, τα όργανα και τα συστήματα του οργανισμού. Οι τέσσερεις γενικές κατηγορίες ιστών στο ανθρώπινο σώμα είναι ο συνδετικός, ο επιθηλιακός, ο μυικός και ο νευρικός. Ο οστίτης και ο λιπώδης ιστός αποτελούν ειδικές κατηγορίες του συνδετικού ιστού. Όσον αφορά την εκτίμηση σύστασης σώματος οι ιστοί που μας ενδιαφέρουν περισσότερο είναι ο μυικός, ο λιπώδης και ο οστίτης ιστός. Ένα σχετικά απλό μοντέλο σύστασης σώματος σε επίπεδο ιστών είναι [33]:

ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ= ΛΙΠΩΔΗΣ ΙΣΤΟΣ + ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ + ΟΣΤΑ+ ΟΡΓΑΝΑ+ ΛΟΙΠΑ

Επίπεδο συνόλου του σώματος

Το επίπεδο του ολικού σώματος περιλαμβάνει τις κύριες ανθρωπομετρικές διαστάσεις, όπως είναι το σωματικό βάρος, το ανάστημα, τις περιφέρειες, τα πλάτη, τις διαμέτρους διάφορων ανατομικών σημείων και το πάχος των δερματικών πτυχών. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την έμμεση εκτίμηση συστατικών άλλων επιπέδων (π. χ. οι δερματικές πτυχές για την εκτίμηση της λιπώδους μάζας μέσω ειδικών εξισώσεων), είτε ως μεταβλητές σε διάφορες εξισώσεις είτε για την κατάταξη των ατόμων σε εκατοστημόρια ως προς κάποια μεταβλητή.

Τα πέντε επίπεδα της σύστασης του σώματος είναι αλληλένδετα. Αυτό σημαίνει ότι πληροφορίες που λαμβάνουμε για το ένα επίπεδο μπορούν να μεταφραστούν σε πληροφορίες για κάποιο από τα υπόλοιπα επίπεδα, δηλαδή τα συστατικά των επιπέδων υψηλότερης οργάνωσης δομούνται από τα συστατικά των χαμηλότερων επιπέδων. Βέβαια το κάθε επίπεδο του μοντέλου είναι ξεχωριστό αλλά δεν παύει να έχει στενή σχέση και με τα υπόλοιπα [33]. Για παράδειγμα ο λιπώδης ιστός που ανήκει στο επίπεδο ιστών, περιλαμβάνει συστατικά όπως τα λιποκύτταρα του κυτταρικού επιπέδου, τα λιπίδια του μοριακού επιπέδου και τον άνθρακα του ατομικού επιπέδου. Άρα αλλαγές στο λιπώδη ιστό αντανακλούν αλλαγές και στο κυτταρικό και στο μοριακό αλλά και στο ατομικό επίπεδο.

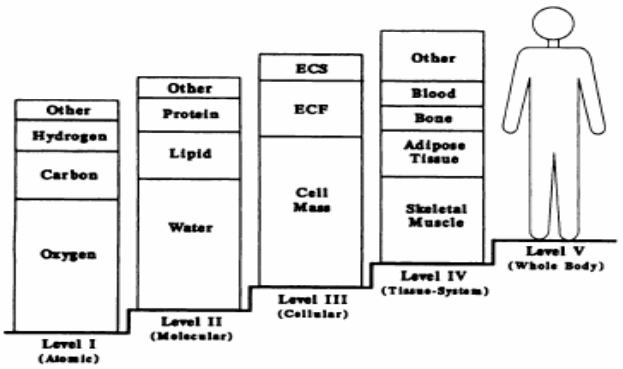


FIG 1. The five levels of human body composition. ECF and ECS, extracellular fluid and solids, respectively.

Wang συν., 1992 : The five level model: a new approach to organizing body-composition research

1.4 Μέθοδοι ανάλυσης και αξιολόγησης σύστασης σώματος

Οι μέθοδοι ανάλυσης σύστασης σώματος μπορούν να χωριστούν σε άμεσες, έμμεσες και διπλά έμμεσες μεθόδους [33]. Στις άμεσες γίνεται μέτρηση ενός συγκεκριμένου συστατικού του σώματος άμεσα, χωρίς ή με ελάχιστες παροδοχές. Τέτοιες είναι η χημική ανάλυση πτωμάτων και η in vivo ανάλυση μέσω ενεργοποίησης νετρονίων. Στις έμμεσες μεθόδους, η μέτρηση ενός συγκεκριμένου συστατικού του σώματος γίνεται έμμεσα. Παραδείγματα είναι η αξιολόγηση της περιεκτικότητας της πρωτείνης του σώματος μέσω της μέτρησης του αζώτου του σώματος, θεωρώντας το 6,25 ως παράγοντα μετατροπής του αζώτου σε πρωτείνη, καθώς και η εκτίμηση της κυτταρικής μάζας χρησιμοποιώντας ^{40}K. Οι έμμεσες μέθοδοι χρησιμοποιούν κάποιες παραδοχές, οι οποίες όμως μπορεί να μην ισχύουν σε ορισμένες περιπτώσεις και να οδηγήσουν σε εσφαλμένα μεροληπτικά αποτελέσματα. Τέλος οι διπλά έμμεσες μέθοδοι βασίζονται σε στατιστικές σχέσεις μεταξύ παραμέτρων του σώματος που μετρούνται εύκολα και του συστατικού του σώματος που μας ενδιαφέρει να εκτιμήσουμε. Τέτοια παραδείγματα είναι η εκτίμηση της σκελετικής μυικής μάζας μέσω της μέτρησης της απέκκρισης κρεατινίνης και η εκτίμηση του λίπους σώματος μέσω των δερματικών πτυχών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της σύστασης σώματος και η κατηγοριοποίηση τους σε άμεσες, έμμεσες και διπλά έμμεσες μεθόδους.

Άμεσες	**Έμμεσες**	**Διπλά έμμεσες**
•Ανάλυση πτωμάτων •IVNAA (in vivo ανάλυση μέσω ενεργοποίησης νετρονίων	•Υδροπυκνομετρία •Αέρια πληθυσμογραφία •DXA •Αξονική τομογραφία (CT) •Μαγνητική τομογραφία (MRI) •Μέτρηση ολικού 40K •Μέθοδοι αραίωσης - διάλυσης ισοτόπων	•Βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA) •Ανθρωπομετρία →δερματικές πτυχές →περιφέρειες σώματος και δείκτες •Μετρήσεις υπερήχων

1.4.1 Υδροπυκνομετρία

Η υδροπυκνομετρία είναι μία μέθοδος μέτρησης του όγκου του σώματος του εξεταζόμενου για τον υπολογισμό της ολικής πυκνότητας του σώματος. Η εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος γίνεται με ειδικές εξισώσεις μετατροπής των μετρούμενων τιμών πυκνότητας σε ποσοστό λίπους σώματος. Πολλές εξισώσεις είναι διαθέσιμες αλλά δύο είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες :

Brozek και συν. (1963) [20]: % λίπους σώματος =(4,57/ Db – 4,142)*100

Siri και συν. (1961) [34]: % λίπους σώματος =(4,95/ Db - 4,5) *100 (για άντρες)

% λίπους σώματος =(5,01/ Db - 4,57) *100 (για γυναίκες)

Η ιδέα της μεθόδου είναι ότι οι αναλογίες της λιπώδους και της άλιπης μάζας σώματος μπορούν να υπολογιστούν από τις γνωστές πυκνότητες των δύο αυτών διαμερισμάτων (0,901 g/m3 και 1,10 g/m3 αντίστοιχα [20] και από τον υπολογισμό της ολικής πυκνότητας σώματος. Η μέθοδος βασίζεται στο μοντέλο δύο διαμερισμάτων και στις παραδοχές αυτού.

Η μέθοδος απαιτεί την πλήρη βύθιση του εξεταζόμενου σε μία ειδικά διαμορφωμένη δεξαμενή ή σε μία πισίνα. Ο εξεταζόμενος κάθεται σε μία καρέκλα ή σε ένα πλαίσιο, αναρτημένο σε μία ζυγαριά και εκπνέει πλήρως πριν βυθίσει το κεφάλι του, ενώ πρέπει να κρατήσει πλήρως την αναπνοή του για αρκετά δευτερόλεπτα μέχρι να σταθερποποιηθεί η ένδειξη της ζυγαριάς και να καταγραφεί το βάρος του στο νερό [2]. Η ολική πυκνότητα υπολογίζεται από τη σχέση :

Db= Mb/Vb (Πυκνότητα σώματος = μάζα σώματος /όγκο σώματος)

Η μάζα του σώματος μετράται με απλή ζύγιση στο έδαφος. Ο υπολογισμός του όγκου βασίζεται στην αρχή του Αρχιμήδη σύμφωνα με την οποία ο όγκος του σώματος είναι ίσος με τον όγκο του νερού που υπερχειλίζεται. Για τον ακριβή υπολογισμό του όγκου του σώματος πρέπει να μετρηθεί και το βάρος του εξεταζόμενου μέσα στο νερό (Mw), ενώ θα πρέπει να είναι γνωστά και η πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία ζύγισης (Dw), ο υπολειπόμενος πνευμονικός όγκος (Vr), και ο όγκος αέρα που βρίσκεται παγιδευμένος στο γαστρεντερικό σωλήνα (Vg).

Η παραδοχή της μεθόδου είναι η ίδια με αυτή του μοντέλου 2 διαμερισμάτων, δηλαδή ότι η άλιπη και η μάζα σώματος ανεξάρτητα από το άτομο που μετράται έχουν σταθερή πυκνότητα.

Η εγκυρότητα της μεθόδου επηρεάζεται από τα τεχνικά σφάλματα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και από την παραβίαση της παραδοχής και απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, αφού μικρά λάθη στον υπολογισμό των πυκνοτήτων οδηγούν σε μεγάλες αποκλίσεις. Το τυπικό σφάλμα της μεθόδου μπορεί να φτάσει το +/- 2,7% [35] και κυρίως οφείλεται στις διαφορές της σύστασης της άλιπης μάζας σώματος. Στα παιδιά και στους εφήβους μπορεί να φτάσει και το +/- 4.5 % (43). Η τεχνική παρέχει αποτελέσματα με καλή επαναληψιμότητα, περίπου κατά 1% του ποσοστού του σωματικού λίπους [36] και για πιο ασφαλή και ακριβή αποτελέσματα απαιτούνται πολλές και διαδοχικές μετρήσεις μέχρι να αποκτηθεί μία μέση τιμή [37].

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, ο μεγάλος βαθμός συνεργασίας του εξεταζόμενου, η παραδοχή της κ.α [38].

1.4.2 Αέρια πληθυσμογραφία

Πρόκειται για μία νέα μέθοδο μέτρησης του όγκου και της πυκνότητας του σώματος, που τα τελευταία χρόνια τείνει να αντικαθιστά την υδροπυκνομετρία. Τα ερευνητικά δεδομένα μέχρι σήμερα έχουν δείξει καλή συμφωνία μεταξύ υποβρύχιας ζύγισης και της αεριοπυκνομετρίας [39]. Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην εφαρμογή του νόμου των αερίων, σύμφωνα με τον οποίο ο όγκος ενός αερίου που συμπιέζεται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της πίεσης.

Το σύστημα αποτελείται από δύο ξεχωριστούς θαλάμους γνωστού όγκου, τον πρόσθιο που κάθεται ο εξεταζόμενος και τον οπίσθιο (θάλαμο αναφοράς) και μεταξύ αυτών υπάρχει ένα κινούμενο διάφραγμα [31]. Όταν ο εξεταζόμενος καθίσει στον πρόσθιο θάλαμο και σφραγιστεί η πόρτα, η πίεση στον πρόσθιο θάλαμο αυξάνεται και ένα μέρος του αέρα μετατοπίζεται προς το θάλαμο αναφοράς, καθώς η διαφορά πίεσης μεταξύ των θαλάμων κινεί το διάφραγμα. Η μείωση του όγκου του αέρα στον πρόσθιο θάλαμο ισούται με τον όγκο του σώματος του εξεταζόμενου. Για τον υπολογισμό του πραγματικού όγκου του σώματος υπολογίζεται και αφαιρείται ο υπολειπόμενος όγκος αέρα στους πνεύμονες. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται

για τη μετατροπή της πυκνότητας σώματος σε ποσοστό λίπους είναι ίδιες με της υδροπυκνομετρίας [20, 34].

Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η γρήγορη μέτρηση, η απλή χρήση του μηχανήματος, η μη καταβύθιση στο νερό και το ότι είναι κατάλληλη για ομάδες πληθυσμού όπως οι έγκυες, οι υπερήλικες, τα παιδιά και άτομα με σωματικές αναπηρίες [2].

1.4.3 Μέθοδος βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA)

Κατά τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης εφαρμόζεται μικρής έντασης εναλλασσόμενο ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα και μετράται η αγωγιμότητά του στα άκρα και όχι σε ολόκληρο το σώμα. Η μέθοδος ανάλυσης βασίζεται στο γεγονός ότι όταν εφαρμοστεί εναλλασσόμενο ρεύμα σε ένα κύκλωμα, η αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος εκφράζεται από τη σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση Z) η οποία συνίσταται από την αντίσταση R (πραγματική αντίσταση) και από τη μη ωμική αντίσταση Xc που οφείλεται στην ύπαρξη πυκνωτών στο κύκλωμα. Το εφαρμοζόμενο ρεύμα ακολουθεί πάντα την οδό με τη μικρότερη αντίσταση. Όσον αφορά το ανθρώπινο σώμα, οι ιστοί αυτού που είναι πλούσιοι σε νερό και ηλεκτρολύτες είναι αγώγιμοι, ενώ ο λιπώδης ιστός έχει μικρή αγωγιμότητα εξαιτίας της μικρής συγκέντρωσης νερού. Όταν λοιπόν το ρεύμα εφαρμοστεί στο ανθρώπινο σώμα, η συνολική αγωγιμότητα συνδέεται με την άλιπη μάζα σώματος και η μετρούμενη αντίσταση σχετίζεται με την λιπώδη μάζα σώματος. Η μέθοδος βασίζεται στο μοντέλο δύο διαμερισμάτων, αφού από τον υπολογισμό της άλιπης μάζας σώματος και με αφαίρεση αυτής από το σωματικό βάρος μπορεί να προσδιοριστεί η λιπώδης μάζα σώματος. Οι παραδοχές της είναι ότι το ανθρώπινο σώμα θωρείται ένας ισότροπος κυλινδρικός αγωγός και ότι η μη ωμική αντίσταση στο ανθρώπινο σώμα θεωρείται αμελητέα [2].

Το άτομο τοποθετείται σε ύπτια θέση σε ένα κρεβάτι με τα άκρα απομακρυσμένα από τον κορμό. Σε συγκεκριμένα σημεία των άκρων και με συγκεκριμένο τρόπο τοποθετούνται ηλεκτρόδια και ένα όργανο παράγει ρεύμα συχνότητας 50 kHz και έντασης από 500 μέχρι 800 μA, το οποίο διαπερνά το σώμα μέσω ηλεκτροδίων [40]. Τα αποτελέσματα μίας μέτρησης είναι η αντίσταση R και η μη ωμική αντίσταση Xc. Για να πραγματοποιηθεί μία μέτρηση θα πρέπει να ικανοποιούνται συγκεκριμένες συνθήκες ώστε να προκύψουν ορθά αποτελέσματα. Με την χρήση κατάλληλων εξισώσεων, γενικών ή ειδικών για τις ομάδες πληθυσμού, είναι

δυνατή η εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος και του ολικού νερού σώματος, και επομένως έμμεσα και της λιπώδους μάζας.

Το τυπικό σφάλμα της μεθόδου υπολογίζεται περίπου στο 2-3% που αφορά μία απόκλιση της τάξης 1,9- 4 κιλά επί της άλιπης μάζας [41].

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται ότι είναι γρήγορη, ασφαλής, μη επεμβατική, εύκολα αποδεκτή από τον εξεταζόμενο (δεν απαιτείται αφαίρεση ρούχων) και σχετικά φθηνή με εύχρηστο και φορητό εξοπλισμό [2, 40]. Ωστόσο μειονεκτημα είναι ότι η μέθοδος στηρίζεται σε αρκετές παραδοχες και υποθέσεις, ενώ οι μετρήσεις που πρέπει να γίνονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες επηρεάζονται από την κατάσταση υδάτωσης και τις διαταραχές τω ηλεκτρολυτών [40].

Μία παρόμοια μέθοδος που όμως μετρά την ολική ηλεκτρική αγωγιμότητα σώματος είναι η μέθοδος TOBEC (total body electrical conductivity) που βασίζεται στη μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας όταν ένα άτομο τοποθετείται σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Με τη μέθοδο αυτή καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός της ισχνής μάζας σώματος και με αφαίρεση αυτής και της λιπώδους μάζας [40]. Η μέθοδος έχει πολύ υψηλό κόστος.

1.4.4 Απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA)

Η απορροφησιομετρία ακτίνων-Χ διπλής ενέργειας είναι μία σχετικά νέα τεχνική που προσφέρει τη δυνατότητα ποσοτικής μέτρησης των μαλακών ιστών και των οστών ολόκληρου του σώματος ή συγκεκριμένων ανατομικών περιοχών του. Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση του ποσοστού εξασθένησης R των ακτίνων-Χ που εισάγονται στους ιστούς και στο λόγο της εξασθένισης των ακτίνων υψηλής και χαμηλής ενέργειας. Η μέθοδος βασίζεται στο μοντέλο τριών διαμερισμάτων (λιπώδης μάζα, ισχνή μάζα και μάζα οστικών μετάλλων) και από τις μετρήσεις προκύπτουν τιμές για αυτά τα τρία διαμερίσματα [2].

Το άτομο ξαπλώνει πάνω σε ένα ειδικό τραπέζι, όπου μία πηγή ακτίνων Χ βρίσκεται κάτω από το τραπέζι και ο ανιχνευτής πάνω από αυτό ώστε η δέσμη των ακτίνων να διαπερνά το σώμα. Η εξασθένηση των ακτίνων-Χ από τους ιστούς του σώματος υπολογίζεται από έναν υπολογιστή και βάση αυτής

υπολογίζεται το ποσοστό σωματικού λίπους και μαλακών ιστών ή η οστική πυκνότητα (συνολικά ή σε συγκεκριμένα σημεία) [42-45].

Η μέθοδος DXA θεωρείται ως μέθοδος αναφοράς για την εκτίμηση άλιπης και λιπώδους μάζα σώματος λόγω της μεγάλης ακρίβειας της. Ωστόσο έχει αναφερθεί ότι η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων σε μεμονωμένες περιοχές του σώματος δεν μπορεί να θεωρηθεί βέλτιστη [46]. Η επαναληψιμότητα της μεθόδου είναι πολύ υψηλή και ποικίλει από 0,5 % για τη μέτρηση οστικής πυκνότητας έως περίπου 2 % για την ολική σύσταση του σώματος [33].

Η μέθοδος έχει υψηλή ακρίβεια, είναι γρήγορη, θέτει τον εξεταζόμενο σε χαμηλή ακτινοβολία, ενώ δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης σύστασης ολόκληρου του σώματος αλλά και τμημάτων αυτού ξεχωριστά [2]. Στους περιορισμούς της χρήσης της μεθόδου περιλαμβάνονται το κόστος εξοπλισμού και το εξειδικευμένο προσωπικό. Αυτή η τεχνική δεν είναι ακριβής για άτομα με μεταλλικά εμφυτεύματα και για υπερβολικά παχύσαρκα άτομα, αφού το τραπέζι μπορεί να αντέξει συγκεκριμένο βάρος [40].

1.4.5 Αξονική τομογραφία (CT)

Η αξονική τομογραφία είναι ακόμα μία απεικονιστική μέθοδος που βασίζεται στη χρήση των ακτίνών Χ. Παρέχει υψηλής ποιότητας εικόνες και αναλύσεις των εγκάρσιων διατομών του ανθρώπινου σώματος. Χρησιμοποιείται περισσότερο στην ιατρική, ωστόσο αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος και της διατροφικής κατάστασης. Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή εξασθένησης των ακτίνων Χ λόγω των διαφορών της φυσικής πυκνότητας των ιστών καθώς διέρχονται από τους ιστούς του σώματος [42]. Οι πληροφορίες που παίρνουμε χρησιμεύουν στο διαχωρισμό των ιστών σε λιπώδη, οστίτη και μυικό. Η τεχνική αυτή επιτρέπει τον υπολογισμό της σύστασης ολόκληρου του σώματος με ένα σφάλμα εκτίμησης για τη λιπώδη μάζα 3-3,5 κιλά [33]. Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι εξαιρετικά επαναλήψιμα [47]. Εκτός από το συνολικό σωματικό λίπος παρέχονται πληροφορίες για την κατανομή του λίπους στο σώμα αφού αυτό διαχωρίζεται και ποσοτικοποιείται σε υποδόριο και σπλαχνικό (δεν συμβαίνει στο DXA). Πολλές πληροφορίες δίνονται και για τα οστά (αρχιτεκτονική, σχήμα οστών, σπογγώδης και φλοιώδης ιστός). Η μέθοδος έχει υψηλή ακρίβεια και εγκυρότητα. Το υψηλό κόστος και τα υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας αποτελούν τα σημαντικότερα μειονεκτήματα αυτής [2, 40].

1.4.6 Μαγνητική τομογραφία (MRI)

Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται μαγνητικά κύματα και ραδιοκύματα για την απεικόνιση των ιστών [2]. Η αρχή στην οποία βασίζεται είναι ότι οι ατομικοί πυρήνες συμπεριφέρονται σα μαγνήτες όταν ασκείται στο σώμα ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Από τη μέθοδο μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες για τη σύσταση σώματος: για το μέγεθος και τη δομή των οργάνων, για το σωματικό λίπος και την κατανομή του σε υποδόριο, σπλαχνικό και ενδοκοιλιακό, για το μέγεθος των μυών, για το περιεχόμενο νερό στο σώμα [40]. Το σφάλμα της μεθόδου ανέρχεται στο 1% [33], ενώ η επαναληψιμότητα στη μέτρηση σπλαχνικού λίπους μπορεί να είναι 10- 15% [40]. Η μέθοδος είναι ασφαλής, μη επεμβατική και δεν περιλαμβάνει έκλυση ακτινοβολίας. Το υψηλό κόστος είναι το μεγαλύτερο μειονέκτημά της [2, 40].

1.4.7 Μετρήσεις υπερήχων

Οι υπέρηχοι παρέχουν απεικόνιση της διαμόρφωσης των ιστών ή μετρήσεις σε βάθος των μεταβολών στην πυκνότητα του ιστού [42]. Τα τελευταία χρόνια οι ποσοτικές μετρήσεις υπερήχων χρησιμοποιούνται ευρέως για την εκτίμηση της οστικής μάζας και την πρόγνωση της οστεοπόρωσης. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται κύματα με συχνότητες 200-600 KHz και οι δύο παράμετροι που μετρούνται είναι η εξασθένιση του υπερήχου και η ταχύτητά του. Η χρήση των υπερήχων θεωρείται ότι εκτιμά με σχετική εγκυρότητα την οστική μάζα και παρέχει πληροφορίες για την αρχιτεκτονική του οστού, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για μία πιο πλήρη αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης οστεοπορωτικών καταγμάτων [48]. Η επαναληψιμότητα της μεθόδου έχει βελτιωθεί πάνω από το 91 % [49]. Πλεονεκτήματα είναι το χαμηλό κόστος, η μη εκπομπή ακτίνων Χ και το ότι οι συσκευές είναι φορητές.

1.4.8 Μέθοδος ενεργοποίησης νετρονίων (NAA)

Η μέθοδος NAA επιτρέπει την ανάλυση του ζωντανού οργανισμού in vivo σε ατομικό επίπεδο αφού είναι δυνατή η μέτρηση συγκεκριμένων χημικών στοιχείων. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να ανιχνευθούν και να ποσοτικοποιηθούν πολλά συστατικά του σώματος, όπως το ασβέστιο, το φώσφορου, το άζωτο, το οξυγόνο, το κάλιο και το χλώριο, με πιο συχνές να είναι αυτές του αζώτου και του ασβεστίου [2, 33]. Το σώμα βομβαρδίζεται με νετρόνια και μετά από λίγο χρονικό διάστημα εκπέμπεται και ανιχνεύεται ακτινοβολία γ που είναι ανάλογη της απόλυτης μάζας του συνολικού στοιχείου που μετράται. Έμμεσα μέσω της μέτρησης και ποσοτικοποίησης ορισμένων στοιχείων μπορούν να εκτιμηθούν και ορισμένοι ιστοί του σώματος, όπως για παράδειγμα από το άζωτο καθίσταται δυνατή η εκτίμηση την ισχνής μάζας σώματος [40]. Η μέθοδος είναι μη παρεμβατική και παρέχει αξιόπιστα και επαναλήψιμα αποτελέσματα, τα οποία μπορούν να είναι συγκρίσιμα άλλων έμμεσων τεχνικών [33, 40]. Ωστόσο ο εξοπλισμός είναι ακριβός και απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό. Σημαντικό μειονέκτημα είναι η έκθεση σε ακτινοβολία.

1.4.9 Μέτρηση ολικού ^{40}K

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της ελεύθερης λίπους μάζας σώματος. Το κάλιο βρίσκεται ενδοκυτταρικά αλλά δε σχετίζεται με το αποθηκευμένο λίπος [40]. Η μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή ότι η μέση ποσότητα καλίου στην άλιπη μάζα σώματος είναι σταθερή (69,4 mmol/kg) και ότι ένα σταθερό κλάσμα του σωματικού καλίου (0,012%) συναντάται φυσιολογικά ως ισότοπο ^{40}K. Το ισότοπο αυτό εκπέμπει μία χαρακτηριστική ακτίνα γ υψηλής ενέργειας που μπορεί να ανιχνευθεί και έτσι να μετρηθεί η ποσότητά του και άρα η ποσότητα του ολικού καλίου [37]. Θεωρώντας ότι η συγκέντρωση του καλίου στην άλιπη μάζα σώματος είναι σταθερή στα υγιή άτομα, η μέτρηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος. Η επαναληψιμότητα της μεθόδου είναι της τάξης του 1-3% ανάλογα με την ανιχνευτική ουσία που έχει χρησιμοποιηθεί και τη μέθοδο ανάλυσης. Η ακρίβεια των εκτιμήσεων του σωματικού λίπους είναι περίπου 3-4% του σωματικού βάρους [33]. Η μέτρηση του καλίου ενδέχεται να είναι δύσκολη, ενώ έχουν αναφερθεί και περιπτώσεις υπερεκτίμησης του σωματικού λίπους σε παχύσαρκους. Η τεχνική δεν εφαρμόζεται σε άτομα με ασθένειες που σχετίζονται με απώλειες καλίου [40].

1.4.10 Μέθοδοι αραίωσης – διάλυσης ισοτόπων

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του ολικού σωματικού νερού γίνεται με τη χρήση ισοτόπων, συνήθως δευτέριου, ραδιενεργού τρίτιου ή οξυγόνου και βασίζεται στις αρχές διάλυσης [40]. Η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι όλο το νερό του σώματος βρίσκεται στην άλιπη μάζα σώματος και σε υγιείς ανθρώπους αποτελεί το 73,2 % αυτής. Επομένως με τον υπολογισμό του ολικού νερού σώματος έμμεσα μπορεί να εκτιμηθεί και η άλιπη μάζα. Οι μετρήσεις γίνονται κάτω από αυστηρές συνθήκες αφού μπορεί να επηρεαστούν την κατανάλωση φαγητού, υγρών ή τη φυσική δραστηριότητα. Η μέθοδος στηρίζεται επίσης σε αρκετές παραδοχές για το ισότοπο [2]. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει ακόμα και μικρές μεταβολές στο σωματικό λίπος [43]. Επειδή ο βαθμός υδάτωσης έχει πολλές διακυμάνσεις ανάμεσα στα άτομα, η εκτίμηση του ολικού σωματικού λίπους μέσω αυτής της μεθόδου ενδέχεται να είναι παραπλανητική [50]. Επιπλέον ο λιπώδης ιστός έχει αποδειχθεί ότι περιέχει νερό μέχρι και 15 % κατά βάρος, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε όχι τόσο ακριβή αποτελέσματα [47]. Η έκθεση σε ακτινοβολία όταν χρησιμοποιείται 3^{H} και το υψηλό κόστος των ισοτόπων και του εξοπλισμού [51] είναι κάποια από τα μειονεκτήματα της μεθόδου.

1.4.11 Χαρακτηριστικά μιας ιδανικής μεθόδου ανάλυσης σύστασης σώματος και οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να ορισθεί μία μέθοδος ιδανική.

Τα χαρακτηριστικά μίας ιδανικής μεθόδου είναι το χαμηλό κόσος, η διεθνής εφαρμογή της, η υψηλή επαναληψιμότητα και τα ακριβή αποτελέσματα.

Για να ορισθεί μία μέθοδος ανάλυσης σύστασης σώματος ιδανική θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο σκοπός της μελέτης και οι πληροφορίες που απαιτούνται, η ελάχιστη αλλαγή της ποσότητας και της σύστασης του διαμερίσματος που μπορεί η μέθοδος να ανιχνεύσει, το προς μελέτη διαμέρισμα του σώματος, η αξιοπιστία και η ακρίβεια της μεθόδου, το κόστος αυτής, η ευκολία χρήσης ή εφαρμογής της μεθόδου, η κατάσταση υγείας του εξεταζόμενου και η επιβάρυνση που υφίσταται, η απαιτούμενη εκπαίδευση και εμπειρία του εξεταστή.

1.5 Ανθρωπομετρία

Η ανθρωπομετρία περιλαμβάνει τη μέτρηση του βάρους, του ύψους, των περιφερειών του σώματος και τις μετρήσεις των δερματικών πτυχών. Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις μπορούν να γίνουν εύκολα, γρήγορα, χωρίς μεγάλο κόστος και επιβάρυνση των εξεταζόμενων. Ωστόσο πρέπει να διασφαλίζεται η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρήσεων.

1.5.1 Δείκτης μάζας σώματος

Ο δείκτης Quetelet ή BMI είναι ο δείκτης βάρος / ύψος που χρησιμοποιείται ευρύτερα σήμερα. Για το υπολογισμό του απαιτούνται οι μετρήσεις του βάρους και του ύψους του ατόμου. Ο δείκτης μάζας σώματος ενός ατόμου υπολογίζεται ως το πηλίκο του βάρους σε κιλά προς το ύψος^2 σε μέτρα. Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας ο ΔΜΣ είναι ένας αδρός δείκτης για την αξιολόγηση του βάρους και αποτελεί ένα σύστημα κατηγοριοποίησης της παχυσαρκίας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα προτεινόμενα όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) για την κατηγοριοποίηση των ατόμων σε ελλειποβαρή, φυσιολογικά, υπέρβαρα και παχύσαρκα ανάλογα με το ΔΜΣ, καθώς και ο κίνδυνος νοσηρότητας για τα διάφορα επίπεδα του ΔΜΣ. Τα όρια αυτά βασίζονται στη συσχέτιση του ΔΜΣ με τη θνησιμότητα και τους παράγοντες κινδύνου ανάπτυξης της νόσου και αντικατοπτρίζουν τον κίνδυνο νοσηρότητας και θνησιμότητας από καρδιαγγειακές παθήσεις διαβήτη τύπου ΙΙ και υπέρταση. [52]

Κατηγοριοποίηση των ενηλίκων ανάλογα με το Δείκτη Μάζας Σώματος και σχέση με τον κίνδυνο νοσηρότητας από χρόνια νοσήματα

ΔΜΣ (kg/m^2)	**Κατάταξη**	**Κίνδυνος νοσηρότητας**
<18.5	Ελλειποβαρές	Αυξημένος
18.5-24.9	Φυσιολογικό	Φυσιολογικός
25.0-29.9	Υπέρβαρο	Αυξημένος
30.0-34.9	Παχυσαρκία 1ου βαθμού	Πολύ αυξημένος
35.0-39.9	Παχυσαρκία 2ου βαθμού	Σοβαρά αυξημένος
>= 40	Παχυσαρκία 3ου βαθμού (νοσογόνος παχυσαρκία)	Πολύ σοβαρά αυξημένος

Από : WHO. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Technical report 894. Geneva: World Health Organization, 2000

*ΔΜΣ<18.5 μπορεί να είναι ένδειξη αυξημένου κινδύνου εμφάνισης κλινικών συμπτωμάτων που οφείλονται σε ιδιαίτερα μειωμένο ποσοστό λίπους σώματος

Παρόλο που ο υπολογισμός του ΔΜΣ είναι πολύ εύκολος και γρήγορος και αποτελεί έναν δείκτη αξιολόγησης του αυξημένου ή μειωμένου σωματικού βάρους σε σχέση με το ύψος, δεν αποτελεί δείκτη προσδιορισμού της λιπώδους μάζας σώματος. Θεωρείται ότι είναι ενδεικτικός των επιπέδων λίπους στο σώμα, αλλά δεν μετρά το σωματικό λίπος [40]. Σε πολλές μελέτες που έχουν διερευνήσει τη σχέση του δείκτη μάζας σώματος με το σωματικό λίπος , φαίνεται ότι οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται ισχυρά όταν λαμβάνεται υπόψη το φύλο και η ηλικία [53], ενώ σε κάποιες άλλες αν και ο συντελεστής συσχέτισης είναι υψηλός, υπάρχει σημαντικό ποσοστό του δείγματος για το οποίο παρατηρείται ασυμφωνία μεταξύ των δύο μεταβλητών. Για αυτό το λόγο σε περιπτώσεις που είναι εφικτό, εκτός από τον υπολογισμό του ΔΜΣ προτείνεται η ταυτόχρονη μέτρηση ανθρωπομετρικών μετρήσεων, όπως οι δερματικές πτυχές, η περιφέρεια μέσης, για μία πιο ορθή εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος.

Η σχέση μεταξύ του ποσοστού σωματικού λίπους και του ΔΜΣ εξαρτάται από την ηλικία και το φύλο, ενώ διαφέρει και μεταξύ των διαφορετικών εθνικοτήτων. Για παράδειγμα στα μικρότερα παιδιά, το βάρος συγκριτικά με το ύψος είναι χαμηλό και έτσι και ο ΔΜΣ προκύπτει χαμηλός. Όσο όμως ένα παιδί αναπτύσσεται, το βάρος αυξάνεται περισσότερο από το ύψος και έτσι αυξάνεται και ο ΔΜΣ με την αύξηση της ηλικίας [33]. Σχετικά με την εθνικότητα, πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η συσχέτιση του ΔΜΣ με το ποσοστό σωματικού λίπους διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών εθνικοτήτων, συγκρινόμενη με αυτή που έχει περιγραφεί για τους Καυκάσιους πληθυσμούς [54]. Για παράδειγμα , οι πληθυσμοί της μαύρης

φυλής και οι Πολυνήσιοι φαίνεται να έχουν χαμηλότερα ποσοστά σωματικού λίπους από πληθυσμούς της Καυκάσιας φυλής για μία δεδομένη τιμή ΔΜΣ, ενώ για τους Ασιατικούς πληθυσμούς ισχύει το αντίθετο (για δεδομένο ΔΜΣ έχουν μεγαλύτερο ποσοστό σωματικού λίπους από τους Καυκάσιους πληθυσμούς) [2], όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τους Ινδονήσιους οι οποίοι σε ΔΜΣ= 27 kg/m^2 παρουσιάζουν συγκρίσιμο ποσοστό λίπους με αυτό των Καυκάσιων που έχουν ΔΜΣ= 30 kg/m^2 [33].

1.5.2 Περιφέρειες του σώματος και σχετικοί δείκτες

Οι μετρήσεις των περιφερειών του ανθρώπινου σώματος, όπως η περιφέρεια μέσης και η περιφέρεια ισχίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί η κατανομή λίπους στο σώμα και ο κίνδυνος εμφάνισης παθήσεων που σχετίζονται με την κεντρικού τύπου παχυσαρκία. Επιπλέον με βάση τις μετρήσεις περιφέρειας μέσου βραχίονα μπορεί να εκτιμηθεί η μυική μάζα ενός ατόμου.

Περιφέρεια μέσης και περιφέρεια ισχίου

Η μέτρηση της περιφέρειας μέσης σχετίζεται ισχυρά με τις αποθήκες ενδοκοιλιακού λίπους στο σώμα. Δεδομένα επιδημιολογικών μελετών έχουν δείξει ότι η αυξημένη περιφέρεια μέσης σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων και διαβήτη τύπου ΙΙ. Το αυξημένο κοιλιακό λίπος (υποδόριο και σπλαχνικό λίπος) αποτελεί ανεξάρτητο παράγοντα κινδύνου για νοσηρότητα και πρόωρο θάνατο και σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο για καρδιαγγειακές παθήσεις, εγκεφαλικά επεισόδια, διαβήτη τύπου ΙΙ, υπέρταση και κάποιους τύπους καρκίνου, παθήσεις οι οποίες σχετίζονται γενικά με την παχυσαρκία. Οι μετρήσεις της περιφέρειας μέσης συσχετίζονται ισχυρά με τα αποτελέσματα μέτρησης με μαγνητική και αξονική τομογραφία και αποτελούν έγκυρες ενδείξεις για τον τρόπο κατανομής του σωματικού λίπους [55].

Η μέτρηση της περιφέρειας ισχίου είναι ένας άλλος δείκτης της κατανομής του λίπους του σώματος. Το πηλίκο περιφέρειας μέσης/περιφέρεια ισχίου είναι ένας σημαντικός δείκτης προσδιορισμού του κινδύνου που διατρέχει ένα άτομο για την εμφάνιση παθήσεων σχετιζόμενων με την παχυσαρκία. Αυξημένες τιμές του πηλίκου είναι ενδεικτικές της κεντρικής παχυσαρκίας και του αυξημένου κινδύνου εμφάνισης χρόνιων νοσημάτων που συνδέονται με αυτή.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα όρια προσδιορισμού της κεντρικής παχυσαρκίας για άνδρες και γυναίκες Καυκάσιας φυλής με βάση τις μετρήσεις περιφέρειας μέσης [52]. Οι τιμές αυτές προέρχονται από επιδημιολογικού τύπου μελέτες και δείχνουν τη σχέση μεταξύ των τιμών των περιφέρειας μέσης και του πηλίκου περιφέρειας μέσης/ περιφέρεια ισχίου και παθήσεων που σχετίζονται με την παχυσαρκία [52].

Όρια για μετρήσεις περιφέρειας μέσης και πηλίκου περιφέρειας μέσης – ισχίων που υποδηλώνουν «αυξημένο κίνδυνο» και «ιδιαίτερα αυξημένο κίνδυνο» για την εμφάνιση μεταβολικών διαταραχών που σχετίζονται με την παχυσαρκία

	Κίνδυνος		
	Περιφέρεια μέσης		**Πηλίκο μέσης- ισχίων**
Φύλο	*Αυξημένος*	*Ιδιαίτερα αυξημένος*	*Αυξημένος*
Άνδρες	>94 cm	>=102cm	>1.0 cm
Γυναίκες	>= 80 cm	>=88 cm	>0.8 cm

Από : WHO. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Technical report 894. Geneva: World Health Organization, 2000

* Η μέτρηση της περιφέρειας μέσης γίνεται τοποθετώντας μία μη εκτατή ταινία γύρω από την πιο στενή περιοχή της μέσης , δηλαδή μεταξύ της τελευταίας πλευράς και πάνω από το επίπεδο του ομφαλού

Περιφέρεια μέσου βραχίονα

Η μέτρηση της περιφέρειας του μέσου βραχίονα αντικατοπτρίζει το πάχος του σκελετικού μυός, του υποδόριου λίπους και το πάχος του οστού στην περιφέρεια του μέσου βραχίονα. Όταν η μέτρηση της περιφέρειας του άνω βραχίονα συνδυαστεί με τη δερματική πτυχή τρικεφάλου, μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τη μυική περιφέρεια, τη μυική επιφάνεια μέσου βραχίονα, καθώς και για τη λιπώδη μάζα στο άνω τμήμα του βραχίονα.

1.5.3 Δερματικές πτυχές

Η μέτρηση των δερματικών πτυχών είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος έμμεσης εκτίμησης της λιπώδους μάζας σώματος και του ποσοστού λίπους σώματος και βασίζεται στη μέτρηση του πάχους του υποδόριου λίπους στο σώμα. Υποθέτουμε ότι υπάρχει μία σταθερή σχέση μεταξύ του υποδόριου και του ολικού σωματικού λίπους και γι' αυτό το ολικό σωματικό λίπος μπορεί να εκτιμηθεί μετρώντας την ποσότητα του υποδόριου λιπώδους ιστού [33]. Αυτή η σχέση έχει ωστόσο διακυμάνσεις ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και την πληθυσμιακή ομάδα που εξετάζεται. Οι διακυμάνσεις μπορεί να οφείλονται στο διαφορετικό βαθμό εναπόθεσης υποδόριου λίπους στα διάφορα σημεία του σώματος, στο διαφορετικό φύλο και ηλικία, στο πάχος του δέρματος που διαφέρει από άτομο σε άτομο ή ακόμα στον τρόπο συμπίεσης του υποδόριου λίπους που επηρεάζεται από την ηλικία, το φύλο, το βαθμό ενυδάτωσης του ιστού και το σημείο του σώματος.

Οι δερματικές πτυχές μπορούν να μετρηθούν σε όλο το σώμα με κατάλληλο όργανο το δερματοπτυχόμετρο και περιλαμβάνουν τη δερματική πτυχή τρικεφάλου, δικεφάλου, την υποωμοπλατιαία, την υπερλαγόνια, την κοιλιακή, τη θωρακική, τη μηριαία και την γαστροκνημιαία. Από τις παραπάνω οι τέσσερεις πρώτες είναι αυτές που μετρούνται συχνότερα, ενώ συχνά χρησιμοποιείται το άθροισμα περισσότερων δερματικών πτυχών προκειμένου να ελαττωθεί το σφάλμα της μέτρησης. Τα αποτελέσματα των διάφορων μετρήσεων μπορούν να προστεθούν και το άθροισμά τους να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη των σχετικών επιπέδων ολικού λίπους ή να τοποθετηθούν σε διάφορες εξισώσεις παλινδρόμησης που εκτιμούν την πυκνότητα του σώματος ή το ποσοστό λίπους σώματος [2].

Η μέθοδος εκτίμησης του ποσοστού λίπους σώματος από μετρήσεις δερματικών πτυχών έχει τυπικό σφάλμα ±3.3%, σύμφωνα με τον Lohman [56]. Τα κυριότερα σφάλματα αφορούν τις βιολογικές διακυμάνσεις στην κατανομή του υποδόριου λίπους και τα τεχνικά σφάλματα μέτρησης.

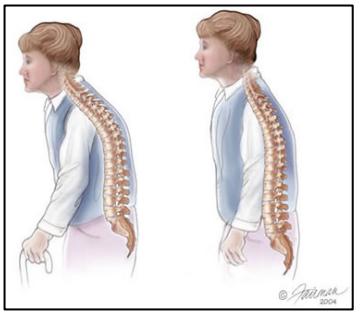
Η μέθοδος βασίζεται στις εξής παραδοχές και υποθέσεις [2]:

1. Ο περιορισμένος αριθμός μετρήσεων των δερματικών πτυχών σε διάφορα σημεία του σώματος αντιπροσωπεύει το συνολικό υποδόριο λίπος. Ωστόσο αυτό αμφισβητείται αφού για κάθε οργανισμό ο βαθμός εναπόθεσης υποδόριου λίπους σε διάφορα σημεία του σώματος διαφέρει και εξαρτάται από τη γενετική προδιάθεση.
2. Οι περιορισμένου αριθμού μετρήσεις δερματικών πτυχών και η μέτρηση του πάχους του υποδόριου λίπους αντιπροσωπεύουν τη συνολική λιπώδη μάζα σώματος, δηλαδή και το λίπος που υπάρχει και σε άλλα αποθηκευτικά σημεία του σώματος (ενδομυικό, σπλαχνικό, στο μυελό των οστών). Αυτό η παραδοχή ωστόσο δεν είναι πολύ ακριβής αφού η ποσότητα της λιπώδους μάζας σώματος εξαρτάται από την ηλικία και το φύλο.
3. Το πάχος του δέρματος θεωρείται αμελητέο ή σταθερό μεταξύ των διάφορων ατόμων. Κάτι τέτοιο ωστόσο δεν ισχύει αφού το πάχος του δέρματος διαφέρει ανάμεσα στα άτομα ακόμα και για το ίδιο σημείο του σώματος.
4. Το υποδόριο λίπος συμπιέζεται με τον ίδιο σταθερό και προβλέψιμο τρόπο σε όλους τους εξεταζόμενους. Σχετικά με τη παραπάνω παραδοχή υπάρχουν δεδομένα που δείχνουν ότι ο τρόπος συμπίεσης του υποδόριου λίπους επηρεάζεται από την ηλικία , το φύλο, το βαθμό ενυδάτωσης του ιστού και το σημείο του σώματος.

1.6 Εμμηνόπαυση

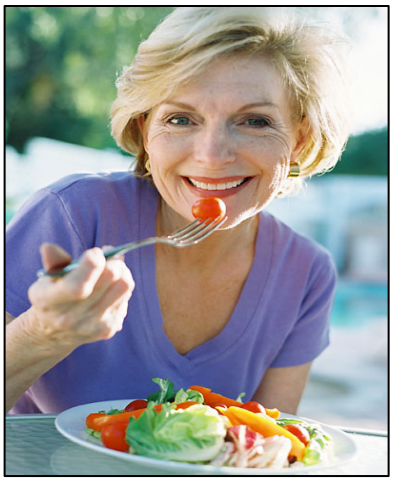
Με την αύξηση της ηλικίας, πραγματοποιούνται πολλές αλλαγές στη σύσταση του σώματος των ανθρώπων. Ορισμένες από αυτές αφορούν αλλαγές στο ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο νερό, στην οστική πυκνότητα, στο ανάστημα, στην ελαστικότητα του δέρματος [57]). Επιπλέον σε επίπεδο σύστασης σώματος με την αύξηση της ηλικίας παρατηρείται αύξηση του λίπους σώματος καθώς και αλλαγή της κατανομής του στο σώμα, με έντονα παρατηρούμενη την κεντρικού τύπου κατανομή [58], ενώ αντίθετα το ολικό νερό σώματος, η οστική μάζα και γενικά η άλιπη μάζα σώματος μειώνονται [53].

Η εμμηνόπαυση ορίζεται ως η οριστική διακοπή της εμμήνου ρύσεως, δηλαδή η πλήρης απουσία της για διάστημα μεγαλύτερο του ενός έτους, η οποία οφείλεται σε αναστολή της ωρίμανσης των ωαρίων στις ωοθήκες ή σε αφαίρεση των ωοθηκών [59]. Η άμεση αιτία της εμμηνόπαυσης είναι η οριστική παύση της ωοθηκικής λειτουργίας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα διάφορες ανωμαλίες που οφείλονται στη διαταραχή του ορμονικού ισοζυγίου εξαιτίας κυρίως της διακοπής της παραγωγής των οιστρογόνων [60]. Αυτή είναι η περίοδος όπου η αναπαραγωγική ικανότητα της γυναίκας διακόπτεται φυσιολογικά και συμβαίνει κατά μέσο όρο σε ηλικία 45-55 ετών, και μόνο το 1% των γυναικών μπαίνουν στην εμμηνόπαυση πριν την ηλικία των 40 ετών και το 5% μετά την ηλικία των 55 ετών. Η περιεμμηνόπαυση μπορεί να διαρκέσει έως και μερικά χρόνια από την τελευταία έμμηνο ρύση. Για το ένα τρίτο των γυναικών η μετάβαση στην εμμηνόπαυση είναι ομαλή, ενώ οι περισσότερες υποφέρουν από τα συμπτώματα αυτής που περιλαμβάνουν θερμοερυθριάσεις, νυχτερινές εφιδρώσεις, διαταραχή του ύπνου, αίσθημα παλμών, πόνο στις αρθώσεις και στους μυς, νευρικές διαταραχές και κατάθλιψη [61]. Τα αποτελέσματα της ελάττωσης των οιστρογόνων είναι τόσο βραχυπρόθεσμα όπως η εμφάνιση των αγγειοκινητικών και ψυχοσωματικών συμπτωμάτων της κλιμακτηρίου περιόδου, όπως και μακροπρόθεσμα όπως η οστεπόρωση, τα καρδιαγγειακά νοσήματα, διάφοροι τύποι καρκίνου (μαστού, παχεώς εντέρου) κ. α [62].



Συμπερασματικά οι μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες είναι μία ιδιαίτερη ομάδα του πληθυσμού, καθώς οι αλλαγές που συμβαίνουν κατά την περίοδο της εμμηνόπαυσης αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης κάποιων χρόνιων νοσημάτων. Ο κίνδυνος αυτός αυξάνεται ακόμα περισσότερο αφού η μειωμένη φυσική δραστηριότητα και η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση που παρατηρούνται σε αυτές τις ηλικίες οδηγούν σε αύξηση του σωματικού

βάρους και κυρίως του ποσοστού του συνολικού σωματικού λίπους [63]. Το αυξημένο λίπος σώματος αποτελεί σοβαρό παράγοντα κινδύνου για χρόνια νοσήματα, καθώς η παχυσαρκία συνδέεται με ένα σύνολο μεταβολικών διαταραχών με κυριότερες την υπερσουλιναιμία, την αντίσταση στην ινσουλίνη, τη διαταραγμένη ανοχή στη γλυκόζη, την υπερχοληστερολαιμία, την υπερτριγλυκεριδαιμία, το διαβήτη και την υπέρταση [64].



Συνεπώς, η γνώση της σύστασης σώματος των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών είναι πολύ σημαντική για τη έγκαιρη αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και την πρόληψη των νοσημάτων που σχετίζονται με αυτή. Από τη στιγμή που η παχυσαρκία και οι συνέπειες της έχουν λάβει επιδημικές διαστάσεις, νέες, ακριβείς και απλές μέθοδοι αξιολόγησης είναι απαραίτητες για την εκτίμηση και αξιολόγηση της σύστασης σώματος [64]. Πολλές εξισώσεις έχουν δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό, ορισμένες ειδικές για την εθνικότητα, την ηλικία και το φύλο και άλλες που έχουν προέλθει από γενικό πληθυσμό, με τη βοήθεια των οποίων και έχοντας στη διάθεσή μας απλά εργαλεία (συσκευή BIA, δερματοπτυχόμετρο) μπορούμε να κάνουμε εκτίμηση της λιπώδους ή άλιπης μάζας σώματος.

1.7 Σκοπός παρούσας μελέτης

Η επιλογή του θέματος της παρούσας μελέτης οφείλεται στο ιδιαίτερο ενδιαφέρον που εμφανίζει ο προσδιορισμός της σύστασης σώματος, τόσο σε ερευνητικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο κλινικής πρακτικής. Για τον ακριβή προσδιορισμό της σύστασης σώματος έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές και μέθοδοι, απλές αλλά και πιο σύνθετες, με τις οποίες μπορούμε να προσδιορίσουμε άλλοτε με μικρότερη και άλλοτε με μεγαλύτερη ακρίβεια τη σύσταση των διάφορων ιστών του σώματος (λιπώδης μάζα, άλιπη μάζα, οστίτης ιστός, ολικό νερό σώματος), με έμμεσο ή πιο σπάνια άμεσο τρόπο. Τέτοιες πρότυπες μέθοδοι είναι η μέθοδος απορροφησιομετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA), η μαγνητική τομογραφία (MRI), η αξονική τομογραφία (CT), ενώ η υδροπυκνομετρία, η αεριοπυκνομετρία και η μέθοδος αραίωσης- διάλυσης ισοτόπων είναι αρκετά ακριβείς και πολλές φορές χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικές πρότυπες μέθοδοι. Οι παραπάνω μέθοδοι είναι αρκετά ακριβείς και αξιόπιστες και για αυτό θεωρούνται ως πρότυπες, αλλά λόγω του μεγάλου κόστους και του δύσκολου χειρισμού τους, δεν κάνουν τόσο εύκολη την χρησιμοποίηση τους. Εναλλακτικός τρόπος εκτίμησης σύστασης σώματος πιο εύκολος αλλά όχι τόσο ακριβής, όταν δεν είναι διαθέσιμη κάποια από τις πρότυπες μεθόδους εκτίμησης σύστασης σώματος, είναι η χρήση εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος με έμμεσο προσδιορισμό από άλλες μεθόδους όπως BIA και ανθρωπομετρία. Ορισμένες εξισώσεις εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος, άλλες τη λιπώδη μάζα, ενώ υπάρχουν κάποιες που εκτιμούν το ολικό νερό σώματος ή την πυκνότητα σώματος και έμμεσα την άλιπη και τη λιπώδη μάζα σώματος, αντίστοιχα. Οι εξισώσεις αυτές βασίζονται σε ανθρωπομετρικά δεδομένα (βάρος, ύψος, περιφέρεια μέσης, δερματικές πτυχές κ.α.) ή σε δεδομένα BIA (R,Z,Xc). Επίσης μπορεί να αναφέρονται στο σύνολο του πληθυσμού ή να είναι πιο ειδικές ως προς κάποια χαρακτηριστικά του πληθυσμού, όπως φύλο, ηλικία, φυλή κ.α. Οι εξισώσεις είναι καλύτερο να είναι εξειδικευμένες ως προς κάποια χαρακτηριστικά, τα οποία αποτελούν παράγοντες καθορισμού της σύστασης σώματος. Η χρήση των εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος αποτελεί μία καλή και γρήγορη λύση όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα μηχανήματα ή εξειδικευμένο προσωπικό, τόσο σε ερευνητικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο κλινικής πρακτικής.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η συγκέντρωση (συλλογή) των εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος που είναι ειδικές για γυναίκες ηλικίας 55 ετών και άνω, η εφαρμογή αυτών στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης και ο έλεγχος της εγκυρότητας τους ως προς την εκτίμηση της λιπώδους ή της άλιπης μάζας σώματος, έχοντας τη μέθοδο DXA ως

μέθοδο αναφοράς. Επιπρόσθετα, επιμέρους σκοπός της μελέτης ήταν ο έλεγχος της εγκυρότητας των ίδιων εξισώσεων όταν εφαρμόστηκαν στις επιμέρους ομάδες του δείγματος της μελέτης, όταν αυτό χωρίστηκε με βάση το Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) σε τρεις κατηγορίες φυσιολογικών, υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών. Αφού χωρίσαμε το δείγμα με βάση το δείκτη μάζας σώματος μπορέσαμε να ελέγξουμε σε ποια από τις τρεις ομάδες καθεμιά από τις εξισώσεις λειτουργούσε καλύτερα, δηλαδή σε ποια ομάδα βελτιωνόταν η προβλεπτική ικανότητα κάθε εξίσωσης. Συνοψίζοντας στο τέλος προτάθηκαν οι εξισώσεις με την καλύτερη ικανότητα εκτίμησης σύστασης σώματος στο σύνολο του πληθυσμού των γυναικών της μελέτης και σε καθεμιά από τις επιμέρους ομάδες στις οποίες χωρίστηκε το δείγμα με βάση τα όρια για το δείκτη μάζας σώματος.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Πληθυσμός της μελέτης

2.1.1 Συλλογή του δείγματος

Με σκοπό τη συμμετοχή τους σε δύο παρόμοια ερευνητικά προγράμματα που θα πραγματοποιούνταν στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 1027 γυναίκες ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμά μας. Ύστερα από τη συμπλήρωση σύντομων ερωτηματολογίων (ιατρικό, δημογραφικό, διαιτητικό ιστορικό, ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας, συνήθειες καπνίσματος) και μίας σειράς εξετάσεων (οστική υπερηχομετρία, εκτίμηση οστικής πυκνότητας και σύστασης σώματος με DXA, μέτρηση βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA) και ανθρωπομετρικές μετρήσεις, αιματολογικές και βιοχημικές εξετάσεις) για την συμμετοχή τους στα ερευνητικά προγράμματα, περίπου το ¼ των αρχικών γυναικών (282 ♀) πληρούσαν τα κριτήρια συμμετοχής σε αυτά και ήταν φαινομενικά υγιείς. Αυτές τελικά παρέμειναν ως εθελόντριες στα ερευνητικά προγράμματα και αυτών τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιήσαμε για τη διεξαγωγή και της παρούσας μελέτης.

2.1.2 Περιγραφή του δείγματος της μελέτης

Το δείγμα της μελέτης αποτελούταν από 282 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ηλικίας 62±6.3 χρόνων. Ο μέσος όρος του δείκτη μάζας σώματος του συνόλου των γυναικών ήταν 29.35±4.72 kg/m^2, ενώ ο μέσος όρος της λιπώδους μάζας σώματος και της άλιπης μάζας σώματος ήταν 30.93±8.39 κιλά και 39.98±4.09 κιλά αντίστοιχα. Τα υπόλοιπα ανθρωπομετρικά και BIA χαρακτηριστικά του συνόλου των γυναικών παρουσιάζονται στον πίνακα Ι. Στον πίνακα ΙΙ, παρουσιάζεται ο αριθμός των γυναικών που ανήκει σε κάθε κατηγορία BMI και ο μέσος όρος του δείκτη μάζας σώματος κάθε μίας από αυτές τις τρεις κατηγορίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	
Δημογραφικά χαρακτηριστικα	
Μέγεθος δείγματος	282 ♀
Ηλικία (έτη)	62 (6.3)
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά	
Ύψος (m)	1.56 (0.052)
Σωματικό βάρος (kg)	71 (11.22)
Δείκτης μάζας σώματος (kg/m^2)	29.35 (4.72)
Λιπώδης μάζα (kg)	30.93 (8.39)
% Λίπους σώματος	42.8±5.9
Άλιπη μάζα (kg)	39.98 (4.09)
Περιφέρεια μέσης (cm)	90.6 (11.98)
Περιφέρεια ισχίου (cm)	107.10±9.16
Περιφέρεια μέσης/ Περιφέρεια ισχίου	0.49±0.104
Δερματική πτυχή δεκεφάλου (mm)	18.4 (6.59)
Δερματική πτυχή τρικεφάλου (mm)	28.7 (8.65)
Υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή (mm)	20.7 (7.95)
Υπερλαγόνια δερματική πτυχή (mm)	21 (6.52)
Λόγος περιφέρειας μέση/ περιφέρεια ισχίου	0.84 (0.075)
Βια χαρακτηριστικά	
Αντίσταση (Ω)	560.1 (61.1)
Μη ωμικά αντίσταση (Ω)	46.7 (7.9)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ		
Κατηγορίες Δείκτη Μάζας Σώματος		
	N	Μέσος όρος(τα)
ΔΜΣ Φυσιολογικών (kg/m^2)	53	23,25 (1.44)
ΔΜΣ Υπέρβαρων (kg/m^2)	115	27,57 (1.48)
ΔΜΣ Παχύσαρκων (kg/m^2)	114	33,98 (3.16)

2.2 Μεθοδολογία των μετρήσεων

2.2.1 Μέτρηση βάρους και ύψους

Το σωματικό βάρος των γυναικών μετρήθηκε με μία ψηφιακή ζυγαριά (Seca 861, Seca Ltd., Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια ± 100 g. Τα άτομα της μελέτης ζυγίστηκαν χωρίς να φορούν υποδήματα και με την ελάχιστη δυνατή ένδυση. Το ύψος τους μετρήθηκε σε όρθια στάση με τη χρήση ενός αναστημόμετρου του εμπορίου (Seca Leicester Height Measure, Seca Ltd., Vogel & Halke, Hamburg, Germany) και με ακρίβεια ± 0.5 cm.Η μέτρηση του ύψους έγινε χωρίς να φορούν υποδήματα και κρατώντας τους ώμους σε χαλαρή θέση και τα χέρια να κρέμονται ελεύθερα. Από τις παραπάνω ανθρωπομετρήσεις υπολογίστηκε ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) των εξεταζόμενων διαιρώντας το βάρος (kg) με το τετράγωνο του ύψους τους (m^2).

2.2.2 Μετρήσεις δερματοπτυχών

Οι δερματοπτυχές που μετρήθηκαν ήταν η δερματοπτυχή τρικεφάλου, δικεφάλου, η υποωμοπλατιαία και η υπερλαγόνια δερματική πτυχή.

Οι δερματοπτυχές τρικεφάλου και δικεφάλου μετρήθηκαν ως εξής: με μία μεζούρα μετρήθηκε η απόσταση μεταξύ του κατώτερου ορίου του ακρωμίου οστού και του ωλεκράνου κάθετα στο πίσω μέρος του βραχίονα, ενώ το χέρι σχημάτιζε ορθή γωνία. Με ένα στυλό σημειώθηκε το μέσο της απόστασης αυτής και στη συνέχεια ανασηκώθηκε το δέρμα κατά 1 εκατοστό άνω του μέσου. Με το ένα χέρι κρατήθηκε η δερματική πτυχή και με το άλλο χέρι το δερματοπτυχόμετρο, οπότε ο εξεταστής έκανε τη μέτρηση προσέχοντας να περιλαμβάνεται

όλη η δερματική πτυχή αφήνοντας απέξω το μυικό ιστό. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης το χέρι αφηνόταν ελεύθερο να πέσει. Το δέρμα απομονώθηκε από τον υποκείμενο ιστό και σε χρονικό διάστημα 2 δευτερολέπτων έγινε η ανάγνωση της ένδειξης του οργάνου. Η υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή μετρήθηκε 2 εκατοστά κάτω από την έσω γωνία του οστού της ωμοπλάτης σε μία νοητή διαγώνια γραμμή (45° με το οριζόντιο ή και το κάθετο επίπεδο), ενώ η υπερλαγόνια πτυχή μετρήθηκε με απομόνωση μίας διαγώνιας πτυχής και σύμφωνα με τη φορά του δέρματος, άνω της λαγόνιας ακρολοφίας στη γραμμή του μέσου άξονα (και πάλι σε μία νοητή διαγώνια γραμμή). Το άθροισμα των τεσσάρων αυτών δερματικών πτυχών καθώς και όλων των συνδυασμών ανά δύο επίσης υπολογίστηκαν. Το δερματοπτυχόμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Lange skinfold caliper (Cambridge Instrument, Cambridge, MA). Οι μετρήσεις έγιναν στη δεξιά πλευρά του σώματος. Στη μελέτη όλες οι μετρήσεις έγιναν σε όρθια θέση και επαναλήφθηκαν άλλη μία φορά.

2.2.3 Μέτρηση περιφερειών

Οι περιφέρειες που μετρήθηκαν είναι αυτές της μέσης (στο μέσο της απόστασης μεταξύ της τελευταίας νόθας πλευράς και της υπερλαγόνιας ακρολοφίας), των γλουτών (στη μεγαλύτερη περιφέρεια γλουτών) και του βραχίονα (στο μέσο της απόστασης από το ακρώμιο ως το ωλέκρανο). Ο λόγος περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίου υπολογίστηκε επίσης. Οι μετρήσεις έγιναν με μία μη ελαστική μεζούρα με ακρίβεια ± 0.1 cm. Η μυική περιφέρεια μέσου βραχίονα (MAMC), ένας δείκτης της συνολικής σκελετικής μυικής μάζας του σώματος, προέκυψε από την ακόλουθη εξίσωση:

MAMC(cm) = Περιφέρεια αριστερού βραχίονα – (0.314* δερματοπτυχή τρικεφάλου (mm))

Όλες οι προηγούμενες διαδικασίες εκτελέστηκαν από ένα καλά εκπαιδευμένο άτομο της ομάδας έρευνας.

2.2.4 Μέτρηση σύστασης σώματος με DXA

Η ολική οστική πυκνότητα σώματος και η σύσταση των μαλακών ιστών (λιπώδης μάζα, % λιπώδους μάζας, άλιπη μάζα) εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτίνων διπλής ενέργειας (Dual X-Ray Absorptiometry : DXA: Συσκευή Lunar DPX-MD, Μάντισον, ΗΠΑ) και με τη χρήση αντίστοιχου λογισμικού επεξεργασίας δεδομένων (Τύπος 4.6). Πριν από τη διεξαγωγή των μετρήσεων και σε καθημερινή βάση ο τεχνικός- μέλος της

ερευνητικής ομάδας που διενεργούσε τις μετρήσεις πραγματοποιούσε τη βαθμονόμηση της συσκευής με τη χρήση κατάλληλου βαθμονομητή (Phantom), ο οποίος είναι κατασκευασμένος από αλουμίνιο και χορηγείται από τον κατασκευαστή για αυτό το σκοπό. Ο μεσαίος ρυθμός ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε εκτός αν προτεινόταν από την ίδια τη συσκευή ο χαμηλός ρυθμός ανάλυσης, για τα παχύσαρκα άτομα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν νωρίς το πρωί στο χώρο του εργαστηρίου «Διατροφής και Μεταβολισμού» του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου και αφού όλα τα άτομα της μελέτης είχαν ενημερωθεί κατάλληλα από την προηγούμενη μέρα, ώστε πριν από την προσέλευση τους να έχουν αφαιρέσει κάθε μεταλλικό αντικείμενο από πάνω τους, όπως κοσμήματα, γυαλιά, όπως επίσης και να μην φορούν ρούχα με μεταλλικά κουμπιά και φερμουάρ (π.χ. τζιν παντελόνι), τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Σε αντίθετη περίπτωση είχε διαμορφωθεί ειδικός χώρος όπου οι γυναίκες που δεν τηρούσαν τις παραπάνω συστάσεις μπορούσαν να αφαιρέσουν τέτοιου είδους αντικείμενα ή ρούχα ακριβώς πριν τη μέτρηση. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν το πρωί από έναν πεπειραμένο τεχνικό.

2.2.5 Μέτρηση σύστασης σώματος με BIA

Η ωμική (resistance) και μη ωμική (reactance) αντίσταση μετρήθηκαν με τη χρήση του Akern Bia 101 μονής συχνότητας (50 kHz, 800mAh) πληθυσμογράφο εμπέδησης. Όλα τα άτομα βρίσκονταν σε νηστεία για 12 ώρες και δεν είχαν καταναλώσει υγρά για τουλάχιστον 2 ώρες πριν τη μέτρηση. Τα άτομα τοποθετήθηκαν σε ύπτια θέση σε μία μη αγώγιμη επιφάνεια, με ελαφρύ ρουχισμό και ξυπόλυτα, όπως επιβάλλεται από το πρωτόκολλο του κατασκευαστή. Δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στη ραχιαία επιφάνεια του δεξιού χεριού και δύο στη ραχιαία επιφάνεια του δεξιού ποδιού. Πριν την τοποθέτηση του καθενός από τα τέσσερα ηλεκτρόδια το δέρμα καθαρίστηκε με καθαρό οινόπνευμα στις περιοχές τοποθέτησης των ηλεκτροδίων. Όλες οι μετρήσεις έγιναν στη δεξιά πλευρά του σώματος των ατόμων από πεπειραμένο προσωπικό.

2.3 Επιλογή εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος από τη βιβλιογραφία

Μετά από ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, έγινε συλλογή των εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος. Κάποιες από αυτές ήταν κατασκευασμένες να εκτιμούν τη λιπώδη μάζα σώματος (FM) και κάποιες άλλες την άλιπη μάζα σώματος (FFM).

Από τις εξισώσεις που εκτιμούν τη *λιπώδη μάζα σώματος (FM)* και οι 14 ήταν εξισώσεις ανθρωπομετρίας οι οποίες εκτιμούσαν :

Α. τη λιπώδη μάζα σώματος σε κιλά (FM σε kg) (2 εξισώσεις)

Β. το % λίπους σώματος (%BF) και έμμεσα μέσω της εξίσωσης FM = (% BF * ΣΒ) /100 τη λιπώδη μάζα σώματος (FM σε kg) (6 εξισώσεις)

Γ. την πυκνότητα σώματος (BD) και έμμεσα μέσω της εξίσωσης του Siri και συν. για ♀: % BF = [(5,01 / BD)–4,57]*100, το % λίπους σώματος (%BF) και κατόπιν μετατροπή του % BF σε FM (kg) (6 εξισώσεις)

Από τις εξισώσεις που εκτιμούν την *άλιπη μάζα σώματος (FFM)* που ήταν 17 συνολικά, κάποιες ήταν εξισώσεις ανθρωπομετρίας, άλλες εξισώσεις BIA, ενώ υπήρχαν και εξισώσεις με συνδυασμό ανθρωπομετρικών και BIA χαρακτηριστικών.

Α. Οι εξισώσεις ανθρωπομετρίας εκτιμούσαν το ολικό νερό σώματος (TBW) και έμμεσα την FFM σε κιλά με την εξίσωση του Brozek και συν. : TBW = 73,8% FFM (3 εξισώσεις)

Β. Οι εξισώσεις BIA εκτιμούσαν: (i) την άλιπη μάζα σώματος σε κιλά (FFM σε kg) (10 εξισώσεις)

(ii) το ολικό νερό σώματος (TBW) και έμμεσα την FFM σε κιλά με την εξίσωση του Brozek και συν. : TBW = 73,8% FFM (2 εξισώσεις)

Γ. Οι εξισώσεις BIA και ανθρωπομετρίας εκτιμούσαν την άλιπη μάζα σώματος σε κιλά (FFM σε kg) (2 εξισώσεις)

Για όλες τις παραπάνω εξισώσεις ελέγχθηκε η εγκυρότητά τους όταν εφαρμόστηκαν:

Ι. Στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης και

ΙΙ. Στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης όταν αυτό χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες BMI βάσει των υπάρχοντων ορίων για φυσιολογικά, υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα

Για τον έλεγχο της εγκυρότητας των εξισώσεων ως πρότυπη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος απορροφησιομετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA).

Κριτήριο για την επιλογή των εξισώσεων ήταν να εμπεριέχουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές ανθρωπομετρικούς δείκτες ή δείκτες BIA, κοινούς με εκείνους που μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Οι εξισώσεις που συλλέχθηκαν είχαν προέλθει είτε από πληθυσμό ατόμων μεγάλης ηλικίας (ειδικές για την ηλικία εξισώσεις), είτε από πληθυσμό ατόμων διάφορων ηλικιών, που περιελάμβανε όμως και άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (εξισώσεις γενικού πληθυσμού), με σκοπό τον έλεγχο της εγκυρότητας τους στον υπο-μελέτη πληθυσμό των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών ηλικίας (55-70 ετών). Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των εξισώσεων (φύλο, εθνικότητα, μέγεθος δείγματος μελέτης, πρότυπη μέθοδος) ποίκιλαν. (πίνακας ΙΙΙ)

2.4 Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης περιγράφονται ως μέσοι όροι ± τυπικές αποκλίσεις ή ως ποσοστά (%) εκτός αν αναφέρεται κάτι διαφορετικό. Η κανονικότητα της κατανομής των υπό εξέταση μεταβλητών καθορίστηκε από τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov.

Για να εξεταστεί η ικανότητα της εκτίμησης της λιπώδους και της άλιπης μάζας σώματος από τις διάφορες εξισώσεις, η ποσότητα λίπους και άλιπης μάζας σώματος που υπολογίστηκαν από την κάθε εξίσωση συγκρίθηκαν με την ποσότητα λίπους και άλιπης μάζας σώματος που υπολογίστηκαν από τη μέθοδο αναφοράς DXA με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου Student' s paired t-test.

Για τον έλεγχο της εγκυρότητας της κάθε εξίσωσης πρόβλεψης λιπώδους ή άλιπης μάζας σώματος υπολογίστηκαν το σφάλμα (bias) κάθε εξίσωσης σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς (μέσος όρος διαφοράς της λιπώδους ή άλιπης μάζας όπως εκτιμήθηκε από τις εξισώσεις και της λιπώδους ή άλιπης μάζας όπως υπολογίστηκε από το DXA), καθώς και τα όρια συμφωνίας (limits of agreement) του μέσου όρου της διαφοράς των δύο μεθόδων, τα οποία ισοδυναμούν με ±2 τυπικές αποκλίσεις. Επίσης υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης r του Pearson (R^2) μεταξύ της λιπώδους ή άλιπης μάζας όπως εκτιμήθηκαν από την πρότυπη μέθοδο και της λιπώδους ή άλιπης μάζας όπως εκτιμήθηκαν από την κάθε εξίσωση, ώστε να προσδιοριστεί το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγούσε η κάθε εξίσωση.

Για τις εξισώσεις που λειτούργησαν καλύτερα στο σύνολο του πληθυσμού δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα Bland-Altman. Στην ανάλυση Bland-Altman, η λιπώδης ή άλιπη μάζα που εκτιμήθηκε από την κάθε εξίσωση συγκρίθηκε με τη λιπώδη ή άλιπη μάζα που υπολογίστηκε από τη μέθοδο αναφοράς DXA, απεικονίζοντας διαγραμματικά τη διαφορά των δύο μεθόδων έναντι του μέσου όρου τους σε σύστημα αξόνων χy.

Οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν ήταν αμφίπλευροι και έγιναν με τη χρήση του λογισμικού SPSS 16.0. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας σε όλες τις αναλύσεις ήταν $p<0.05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Εξισώσεις πρόβλεψης λιπώδους και άλιπης μάζας σώματος

Το σύνολο των εξισώσεων πρόβλεψης της λιπώδους μάζας σώματος (FM) και της άλιπης μάζας σώματος (FFM), οι ερευνητές και ορισμένα χαρακτηριστικά των εξισώσεων παρουσιάζονται στον πίνακα ΙΙΙ.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:

Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FM ΣΕ KG)

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Kanellakis και συν. 2009[65]	FM= -31.913+0.333*GC+0.840*BMI+0.064*SUMSKF	♀	Ελλάδα	50-76	196	DXA
Martarelli και συν. 2008[64]	FM= 1.9337*BMI-26.422 (για γυναίκες)	422 ♂+ 341 ♀	Ιταλία	11 to 80	763	εξισώσεις Watson

Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Pongchayakul και συν. 2004[66]	%BF= 0.417*HC+0,172*SISF+0,46*BMI-23,748 (για γυναίκες)	181 ♂+ 255♀	Ταυλάνδη	20-84	436	DXA-άλλες εξισώσεις (2)
	%bBF= 1,648*BMI+0,065*age-15,3*sex-10,672 (♀:0, ♂:1)	181 ♂+ 255♀	Ταυλάνδη	20-84	436	DXA-άλλες εξισώσεις (2)
Kwok και συν.2000[67]	%BF= 6,137*sex+1,120*BMI+17,308*log(TSF+BSF)-27,149(♀:2, ♂:1)	261 ♂+ 352 ♀	Χονγκ Κονγκ	69-82	613	DXA
Lean και συν. 1996 [68]	%BF= 0,232*waist+0,657*triceps+0,215*age-5,5 (για γυναίκες)	63 ♂+ 84 ♀	Σκωτία	17-65♂, 18-64♀	147	υποβρύχια ζύγιση
	%BF= 0,730*BMI+ 0,548*triceps+0,270*age-5,9 (για γυναίκες)	63 ♂+ 84 ♀	Σκωτία	17-65♂, 18-64♀	147	υποβρύχια ζύγιση
Noppa και συν. 1979[69]	BF=0,37*BW+0,13*buttoc circ+0,10*sumtriceps+subscapular-21,10	♀	Σουηδία	44-66	227	TBW+TBK

Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Durnin και συν. 1973[70]	BD= 1,1372-0,070*log(biceps+ triceps+ subscapular) (για γυναίκες)	209 ♂+ 272♀	Σκωτία	50-72	481	υποβρύχια ζύγιση
	BD= 1,1063-0,0544*log(biceps+subscapular+suprailiac) (για γυναίκες)	209 ♂+ 272♀	Σκωτία	50-72	481	υποβρύχια ζύγιση
	BD= 1,1339-0,0645*log(all 4 skinfolds) (για γυναίκες)	209 ♂+ 272♀	Σκωτία	50-72	481	υποβρύχια ζύγιση
Visser και συν. 1993[58]	BD= 0,0226*sex-0,0022*BMI+1,0605 (♀:0, ♂:1)	76 ♂+ 128♀	Νορβηγία	60-87	204	υποβρύχια ζύγιση
	BD= 0,0186*sex-0,030*log(biceps+triceps)+1,0481 (♀:0, ♂:1)	76 ♂+ 128♀	Νορβηγία	60-87	204	υποβρύχια ζύγιση
	BD= 0,0212*sex-0,0356*log(all 4 skinfolds)+1,0688 (♀:0, ♂:1)	76 ♂+ 128♀	Νορβηγία	60-87	204	υποβρύχια ζύγιση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΑΛΙΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:

ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Watson και συν. 1980 [71]	TBW= -2,097+0,1069*Ht+0,2466*Wt (για γυναίκες)	458 ♂+ 265 ♀	Νέ Ζηλανδία	20-89	723	-
	TBW= 14,46+0,2549*Wt (για γυναίκες)	458 ♂+ 265 ♀	Νέ Ζηλανδία	20-89	723	-
	TBW= 11,29-7,262*sex-0,074080*age+0,1158*H+0,2837*Wt (♀:2, ♂:1)	458 ♂+ 265 ♀	Νέ Ζηλανδία	20-89	723	-

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ :
Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Kanellakis et al 2009[65]	FFM= 38,475-0,207*Wt-0,092*R/H/H+0,291*X/H/H	♀	Ελλάδα	50-76	196	DXA
Kontogianni και συν. 2004[72]	FFM= 17,825+0,388*H*H/R+0,172*W-0,156*age	♀	Ελλάδα	41-69	115	DXA
Dey και συν. 2003[73]	FFM= 11,78+0,499*H*H/R+0,13*W+3,449*sex (♀:0, ♂:1)	51 ♂+ 55 ♀	Σουηδία	75	106	TBW+ TBK
Kyle και συν.2001[74]	FFM= -4,104+0,518*H*H/R+0,231*W+0,130*X+4,229*sex(♀:0, ♂:1)	202 ♂+ 141 ♀	Ελβετια	22-94	343	DXA
Roubenoff και συν. 1997 [75]	FFM= 7,7435+0,4542*H*H/R+0,1190*Wt+0,0455*X	♂+ ♀	Βοστώνη (ΗΠΑ)	mean 78	455	DXA
Heitmann και συν. 1990[76]	FFM= 0,279*H*H/R+0,181*Wt+0,231*Ht-0,077*age-14,94	♀	Δανία	35-65	139	TBW+TBK
Deurenberg και συν. 1991[77]	FFM= 0,340*10000*H*H/R+15,34*H+0,273*W-0,127*age+4,56*sex-12,44 (♀:0, ♂:1)	♂+ ♀	Νορβηγία	16-83	661	υποβρύχια ζύγιση
Gray και συν. 1989[78]	FFM= 0,00151*H*H-0,0344*R+0,140*Wt-0,158*age+20,387 (για γυναίκες)	25 ♂+ 65 ♀	Καλιφόνια (ΗΠΑ)	19-74	90	υποβρύχια ζύγιση
Segal και συν. 1988[79]	FFM= 0,00064602*H*H-0,01397*R+0,42087*W+10,43485 (για φυσιολογικού βάρους γυναίκες)	1069 ♂+ 498 ♀	4 περιοχές των ΗΠΑ	17-62	1567	υποβρύχια ζύγιση
	FFM= 0,00091186*H*H-0,01466*R+0,29990*W-0,07012*age+9,37938 (για παχύσαρκες γυναίκες)	1069 ♂+ 498 ♀	4 περιοχές των ΗΠΑ	17-62	1567	υποβρύχια ζύγιση
	FFM= 0,00108*H*H-0,02090*R+0,23199*W-0,06777*age+14,59453 (για όλες τις γυναίκες)	1069 ♂+ 498 ♀	4 περιοχές των ΗΠΑ	17-62	1567	υποβρύχια ζύγιση

Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Lukaski και συν.1988[80]	TBW= 0,372*H*H/R+3,05*sex+0,142*W-0,069*age(♀:0, ♂:1)	♂+ ♀	Ιταλία	20-73	110	-
Kushner και συν. 1986[81]	TBW= 0,382*H*H/R+0,105*Wt+8.315 (για γυναίκες)	26 ♂+ 32 ♀	Σικάγο	24-67	58	DH2O

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ
ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)

Ερευνητές	*Εξίσωση πρόβλεψης*	*Φύλο*	*Περιοχή*	*Ηλικία*	*Μέγεθος δείγματος*	*Πρότυπη μέθοδος*
Haapala και συν. 2002[57]	FFM= -128,06+1,85*BMI-0,63*W+1,07**H-0,03*R+10*WTHratio	♀	Φιλανδία	62-72	93	DXA
Piers και συν. 2000[82]	FFM=(0,279*H*H/R+0,181*Wt+0,231*Ht-0,077*age-14,94)*1,083 +MAC*0,391-BSkf * 0,368-12,504	51 ♂+ 66 ♀	Αυστραλία	19-77	117	DH2O

3.2 Εξισώσεις πρόβλεψης σύστασης σώματος εφαρμοσμένες στο σύνολο του πληθυσμού

3.2.1. Εξισώσεις που εκτιμούν την λιπώδη μάζα σώματος (FM) στο σύνολο του δείγματος

Οι μέσοι όροι , οι συσχετίσεις, οι μέσες διαφορές και τα όρια συμφωνίας μεταξύ της FM υπολογισμένη με τη μέθοδο αναφοράς (DXA) και της FM υπολογισμένη από τις εξισώσεις πρόβλεψης παρουσιάζονται στον πίνακα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ FM ΥΠΟΛΟΓΙΣΕΝΗ ΑΠΟ DXA ΚΑΙ FM ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΑΠΌ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ, BIA, ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:

Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FM ΣΕ KG)

Ερευνητές	Μέσος όρος(SD)*	Σφάλμα (kg) (Bias)†	Τυπική απόκλιση (SD)†	Όρια συμφωνίας††		p‡	R^2‡‡
				κατώτατο όριο	ανώτατο όριο		
DXA	**30.93 (8.39)**						
Kanellakis et al2009	31.53 (7.54)	0,49	2,78	-5,07	6,06	,003	0,895
Martarelli et al 2008	30.34 (9.14)	-0,59	3,59	-7,77	6,59	,006	0,846

Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)

Ερευνητές	Μέσος όρος(SD)	Σφάλμα (kg) (Bias)	Τυπική απόκλιση (SD)	Όρια συμφωνίας		p	R^2
				κατώτατο όριο	ανώτατο όριο		
DXA	**30.93 (8.39)**						
Pongchayakul et al2004(1)	27.56 (9.08)	-3,27	2,69	-8,65	2,11	,000	0,914
Pongchayakul et al2004(2)	30.41 (10.45)	-0,52	3,70	-7,92	6,88	,019	0,895
Kwok et al2000	33.77 (10.13)	2,84	3,33	-3,82	9,50	,000	0,906
Lean et al1996 (1)	34.41 (9.86)	3,48	4,52	-5,56	12,52	,000	0,790
Lean et al 1996 (2)	34.67 (10.22)	3,74	4,34	-4,94	12,42	,000	0,828
Noppa et al 1979	24.01 (6.10)	-6,92	3,20	-13,31	-0,52	,000	0,906

Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)

Ερευνητές	Μέσος όρος(SD)	Σφάλμα (kg) (Bias)	Τυπική απόκλιση (SD)	Όρια συμφωνίας		p	R^2
				κατώτατο όριο	ανώτατο όριο		
DXA	**30.93 (8.39)**						
Durnin et al1973(1)	28.58 (6.92)	-2,35	3,55	-9,45	4,75	,000	0,828
Durnin et al 1973(2)	27.76 (6.42)	-3,16	3,42	-10,00	3,68	,000	0,859
Durnin et al 1973(3)	28.24 (6.63)	-2,69	3,43	-9,55	4,17	,000	0,850
Visser et al 1993(1)	33.25 (9.00)	2,32	2,72	-3,12	7,76	,000	0,908
Visser et al 1993(2)	31.90 (5.99)	0,97	3,34	-5,71	7,65	,000	0,895
Visser et al 1993(3)	31.37 (6.11)	0,44	3,29	-6,14	7,02	,025	0,893

* Μέσος όρος και τυπική απόκλιση της FM υπολογισμένη από την κάθε εξίσωση και από την πρότυπη μέθοδο DXA

† Μέσος όρος της διαφοράς και τυπική απόκλιση της FM όπως υπολογίστηκε από την κάθε εξίσωση και της FM όπως υπολογίστηκε από την πρότυπη μέθοδο DXA

†† ±2 τυπικές αποκλίσεις του μέσου όρου της διαφοράς της FM όπως υπολογιστηκε από την κάθε εξίσωση και από την πρότυπη μέθοδο DXA

‡ Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας p (κατά ζεύγη t-test) του μέσου όρου της διαφοράς της FM υπολογισμένη από την κάθε εξίσωση και της FM υπολογισμένη από την πρότυπη μέθοδο

‡‡ Συντελεστής συσχέτισης Pearson r (R^2) του μέσου όρου της FM υπολογισμένη από την κάθε εξίσωση και του μέσου όρου της FM υπολογισμένη από την πρότυπη μέθοδο DXA

Οι 14 εξισώσεις πρόβλεψης FM έχουν χωριστεί σε εξισώσεις ανθρωπομετρίας που εκτιμούν:

Α. τη λιπώδη μάζα σώματος σε κιλά

Β. το % λίπους σώματος και

Γ. την πυκνότητα σώματος

Οι μέσοι όροι , οι συσχετίσεις, οι μέσες διαφορές και τα όρια συμφωνίας μεταξύ της FM υπολογισμένη με τη μέθοδο αναφοράς (DXA) και της FM υπολογισμένη από τις εξισώσεις πρόβλεψης παρουσιάζονται στον πίνακα IV.

Από το σύνολο των εξισώσεων που εκτιμούν την FM, αυτές που υποεκτιμούν σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς είναι των Martarelli και συν., κατά -0,59±3.59 κιλά, των Pongchaiyakul και συν., η $1^{η}$ κατά -3,27±2.69 κιλά και η $2^{η}$ κατά -0,52±3.70 κιλά, των Noppa και συν., κατά -6,92±3.20 κιλά, και των Durnin και συν., και οι τρεις εξισώσεις κατά -2.35±3.55, -3.16±3.42 και -2.69±3.43 κιλά αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες υπερεκτιμούν σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς (Kanellakis και συν., κατά 0.49±2.78 κιλά, Kwok και συν., κατά 2.84±3.33 κιλά, Lean και συν., οι δύο κατά 3.48±4.52 και 3.74±4.34 κιλά αντίστοιχα, Visser και συν., και οι τρεις κατά 2.32±2.72, 0.97±3.34, 0.44±3.29 κιλά αντίστοιχα). Τα σφάλματα όλων των εξισώσεων βρέθηκαν στατιστικά σημαντικά ($p<0.05$)

Όλες οι εξισώσεις που εκτιμούν FM φαίνεται ότι έχουν πολύ καλή συσχέτιση με τη μέθοδο αναφοράς, αφού το R^2 που δείχνει το ποσοστό διακύμανσης που εξηγεί η κάθε εξίσωση, είναι μεγάλο για όλες τις εξισώσεις και κυμαίνεται από $R^2 = 0.790$ (Lean και συν., η $1^{η}$) έως $R^2 =0.914$ (Pongchaiyakyl και συν., η $2^{η}$).

Ανάμεσα στις 14 εξισώσεις πρόβλεψης FM, αυτές που έδειξαν καλύτερη συμφωνία με τη μέθοδο αναφοράς είναι 5, οι εξής:

- των Kanellakis και συν., με σφάλμα 0,49 κιλά και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±5.565 κιλά ($R^2 = 0.895$)
- των Martarelli και συν., με σφάλμα 0.59 κιλά και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±7,18 κιλά ($R^2 = 0.846$)
- των Pongchaiyakul και συν., η $2^{η}$ εξίσωση με σφάλμα 0.52 κιλά και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±7,4 κιλά ($R^2 = 0.895$)
- των Visser και συν., η $3^{η}$ εξίσωση με σφάλμα 0.97 κιλά και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±6.68 κιλά ($R^2 = 0.895$)

- των Visser και συν., η 1η εξίσωση με σφάλμα 0.44 κιλά και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±6.58 κιλά ($R^2 = 0.893$)

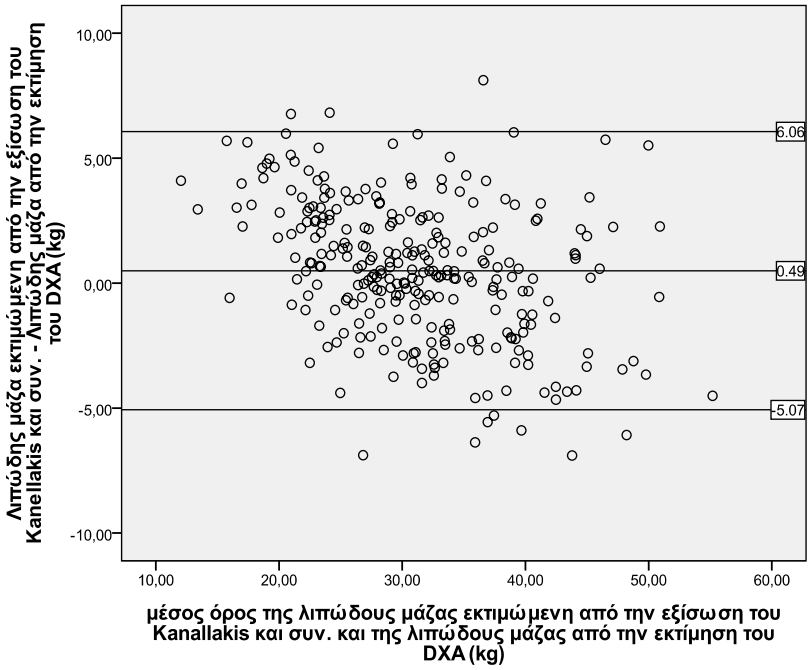
Στον πίνακα V παρουσιάζονται συνοπτικά οι εξισώσεις πρόβλεψης FM που λειτούργησαν καλύτερα στο σύνολο του πληθυσμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ V. Εξισώσεις FM που λειτούργησαν καλύτερα και είχαν την καλύτερη συμφωνία με τη μέθοδο αναφοράς DXA στο σύνολο του πληθυσμού

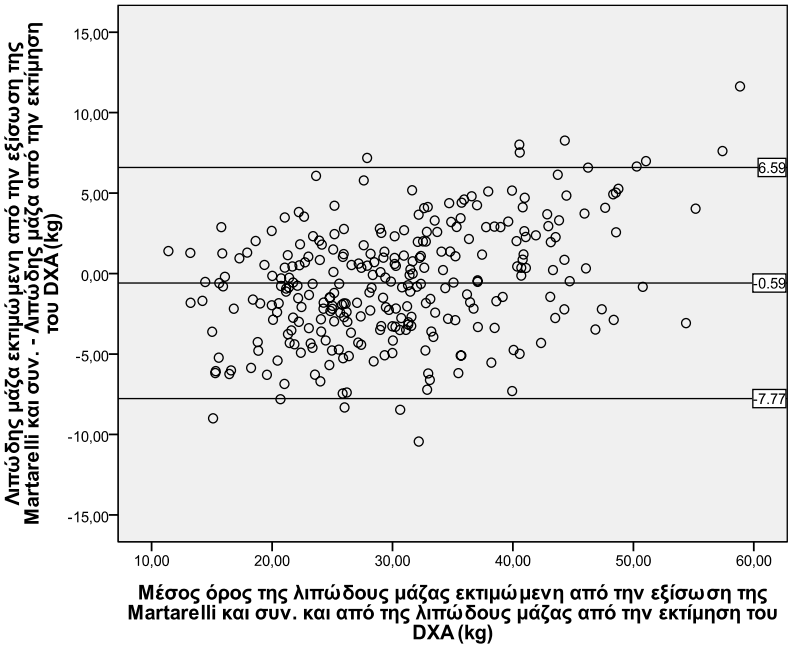
ΠΙΝΑΚΑΣ V	**Εκτίμησαν καλά την FM σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς**
Εξίσωση ανθρωπομετρίας – εκτίμηση FM σε kg	Kanellakis και συν., με σφάλμα 0.49±5.565 kg Martarelli και συν., με σφάλμα 0.59±7.18 kg
Εξίσωση ανθρωπομετρίας – εκτίμηση % BF	Pongchaiyakul και συν. 2η, με σφάλμα 0.52 ±7.4 kg
Εξίσωση ανθρωπομετρίας – εκτίμηση BD	Visser και συν. 2η , με σφάλμα 0.97±6.68 kg Visser και συν. 3η , με σφάλμα 0.44±6.58 kg

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα (3.1-3.5) Bland-Altman για τις εξισώσεις πρόβλεψης λιπώδους μάζας σώματος (FM) που λειτούργησαν καλύτερα όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού.

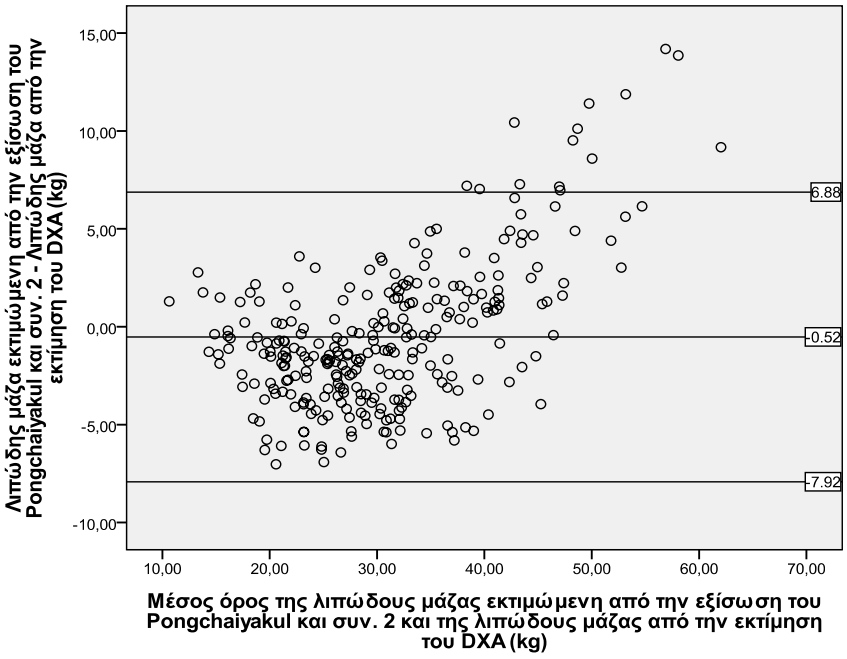
3.1 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Kanellakis και συν. σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



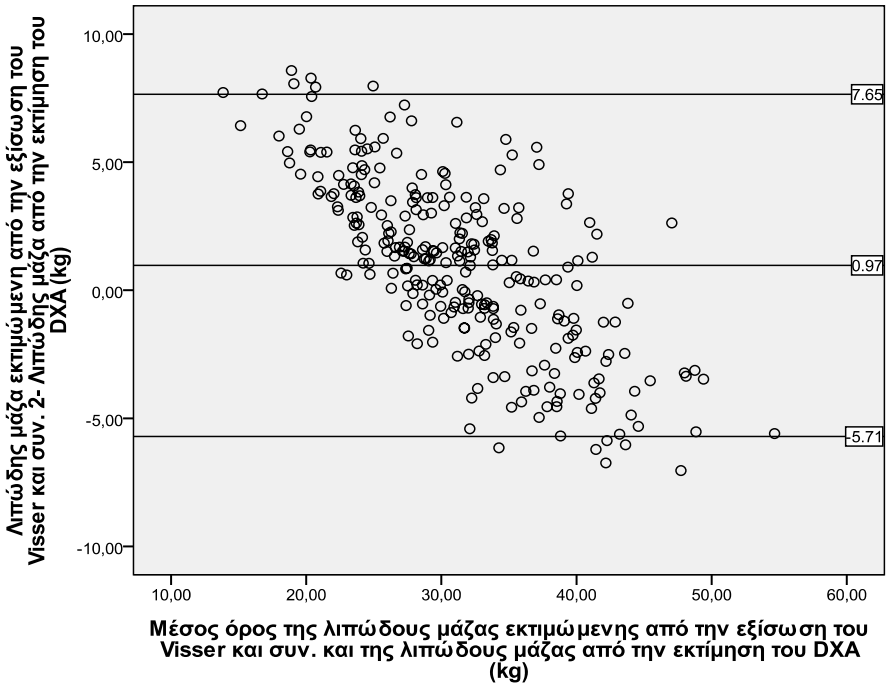
3.2 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Martarelli και συν. σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



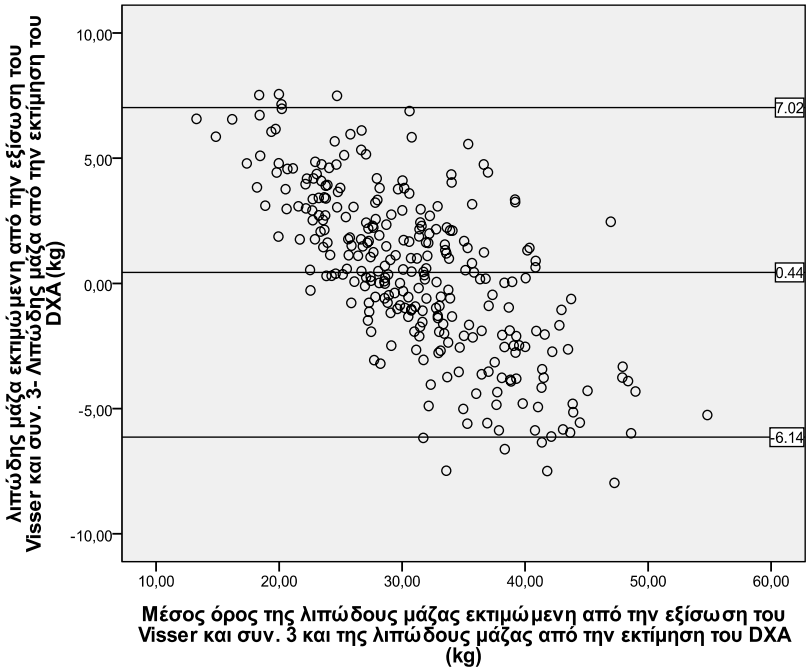
3.3 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Pongchaiyakyl και συν. 2 σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



3.4 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Visser και συν. 2 σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



3.5 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Visser και συν. 3 σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



3.2.2 Εξισώσεις που εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος (FFM) στο σύνολο του δείγματος

Οι μέσοι όροι , οι συσχετίσεις, οι μέσες διαφορές και τα όρια συμφωνίας μεταξύ της FFM υπολογισμένη με τη μέθοδο αναφοράς (DXA) και της FFM υπολογισμένη από τις εξισώσεις πρόβλεψης παρουσιάζονται στον πίνακα VI.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ FFM ΥΠΟΛΟΓΙΣΕΝΗ ΑΠΟ DXA ΚΑΙ FFM ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΑΠΌ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ, ΒΙΑ, ΟΛΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

N=282

Ερευνητές	Μέσος όρος(SD)*	Σφάλμα (kg) (Bias)†	Τυπική απόκλιση (SD)†	Όρια συμφωνίας††		p‡	R^2‡‡
				κατώτατο όριο	ανώτατο όριο		
DXA	**39.98 (4.09)**						
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:							
ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)							
Watson et al 1980 (1)	43.53 (4.00)	3,55	2,38	-1,21	8,31	,000	0,684
Watson et al 1980(2)	44.10 (3.88)	4,12	2,57	-1,01	9,25	,000	0,630
Watson et al 1980(3)	41.22 (4.58)	1,24	2,61	-3,99	6,46	,000	0,679
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ :							
Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)							
Kanellakis et al 2009	37.61 (3.98)	-0,13	1,98	-4,10	3,84	,276	0,769
Kontogianni et al 2004	37.17 (3.71)	-0,57	2,08	-4,73	3,59	,000	0,734
Dey et al 2003	43.37 (3.91)	3,39	2,00	-0,61	7,39	,000	0,767
Kyle et al 2001	41.28 (4.60)	1,29	2,06	-2,83	5,42	,000	0,799
Roubenoff et al 1997	38.41 (3.38)	-1,57	1,90	-5,37	2,23	,000	0,789
Heitmann et al 1990	41.62 (3.90)	1,64	2,08	-2,52	5,79	,000	0,750
Deurenberg et al 1991	38.10 (4.90)	-1,88	2,38	-6,63	2,87	,000	0,766
Gray et al 1989	38.26 (4.37)	-1,72	2,44	-6,59	3,15	,000	0,699
Segal et al 1988 (1)	48.30 (5.58)	8,32	3,00	2,33	14,31	,000	0,728
Segal et al 1988 (2)	40.45 (4.49)	0,47	2,24	-4,02	4,95	,001	0,752
Segal et al 1988 (3)	41.61 (4.18)	1,63	2,07	-2,51	5,77	,000	0,766
Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ							
Lukaski et al 1988	30.16 (4.50)	-9,82	2,15	-14,11	-5,53	,000	0,773
Kushner et al 1986	44.27 (4.09)	4,29	2,03	0,22	8,35	,000	0,767
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ							
ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)							
Haapala et al 2002	40.61 (4.28)	0,62	2,24	-3,85	5,10	,000	0,736
Piers et al 2000	38.31 (4.27)	-1,68	2,61	-6,90	3,55	,000	0,648

* Μέσος όρος και τυπική απόκλιση της FFM υπολογισμένη από την κάθε εξίσωση και από την πρότυπη μέθοδο DXA

† Μέσος όρος της διαφοράς και τυπική απόκλιση της FFM όπως υπολογίστηκε από την κάθε εξίσωση και της FM όπως υπολογίστηκε από την πρότυπη μέθοδο DXA

†† ±2 τυπικές αποκλίσεις του μέσου όρου της διαφοράς της FFM όπως υπολογιστηκε από την κάθε εξίσωση και από την πρότυπη μέθοδο DXA

‡ Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας p (κατά ζεύγη t-test) του μέσου όρου της διαφοράς της FFM υπολογισμένη από την κάθε εξίσωση και της FFM υπολογισμένη από την πρότυπη μέθοδο

‡‡ Συντελεστής συσχέτισης Pearson r (R^2) του μέσου όρου της FFM υπολογισμένη από την κάθε εξίσωση και του μέσου όρου της FFM υπολογισμένη από την πρότυπη μέθοδο DXA

Οι 17 εξισώσεις πρόβλεψης FFM έχουν χωριστεί σε:

Α. Εξισώσεις ανθρωπομετρίας που εκτιμούν το ολικό νερό σώματος

Β. Σε εξισώσεις BIA που εκτιμούν (i) την άλιπη μάζα σώματος σε κιλά

(ii) ολικό νερό σώματος

Γ. Σε εξισώσεις ανθρωπομετρίας και BIA που εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος σε κιλά

Οι μέσοι όροι , οι συσχετίσεις, οι μέσες διαφορές και τα όρια συμφωνίας μεταξύ της FFM υπολογισμένη με τη μέθοδο αναφοράς (DXA) και της FFM υπολογισμένη από τις εξισώσεις πρόβλεψης παρουσιάζονται στον πίνακα VI.

Από το σύνολο των εξισώσεων που εκτιμούν την FFM αυτές που υποεκτιμούν σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς είναι οι: Kanellakis και συν., (-0.13±1.98 kg), Kontogianni και συν., (-0.57±2.08 kg), Roubenoff και συν., (-1.57±1.90 kg), Dereunberg και συν., (-1.88±2.38 kg), Gray και συν., (-1.72±2.44 kg), Piers και συν., (-1.68±2.61 kg) και Lukaski και συν., (-9.82±2.15 kg). Οι υπόλοιπες εξισώσεις υπερεκτιμούν την FFM σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς (Dey και συν., κατά 3.39±2.00 kg, Kyle και συν., κατά 1.29±2.06 kg, Heitman και συν., κατά 1.64±2.08 kg, Segal και συν., και οι τρεις κατά 8.32±3.00 kg, 0.47±2.24 kg και 1.63±2.07 kg αντίστοιχα, Haapala και συν., 0.62±2.24 kg, Watson και συν., και οι τρεις κατά 3.55±2.38 kg, 4.12±2.57 kg και 1.24±2.61 kg αντίστοιχα, Kushner και συν., κατά 4.29±2.03 kg. Τα σφάλματα όλων των εξισώσεων εκτός από των Kanellakis και συν., (p= 0,276) βρέθηκαν στατιστικά σημαντικά ($p<0.05$).

Από τις εξισώσεις που εκτιμούν την FFM φαίνεται ότι όλες έχουν αρκετά καλή συσχέτιση με τη μέθοδο αναφοράς DXA αφού τα R^2 κυμαίνονται από 0.630 (Watson και συν. 2) έως 0.799 (Kyle και συν.).

Ανάμεσα στις 17 εξισώσεις πρόβλεψης FFM, αυτές που λειτούργησαν καλύτερα και είχαν μικρό σφάλμα σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς είναι οι εξής 4:

- Kanellakis και συν., με σφάλμα 0.13 kg και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±3.97 kg ($R^2 = 0.769$)
- Kontogianni και συν., με σφάλμα 0.57 kg και 95% διάστημα εμπιστοσύνης ±4.16 kg ($R^2 = 0.734$)
- Segal και συν., η 2η με σφάλμα 0.47 kg και 95 % διάστημα εμπιστοσύνης ±4.485 kg ($R^2 = 0.752$)
- Haapala και συν., με σφάλμα 0.62 kg και 95 % διάστημα εμπιστοσύνης ± 4.475 kg. ($R^2 = 0.736$)

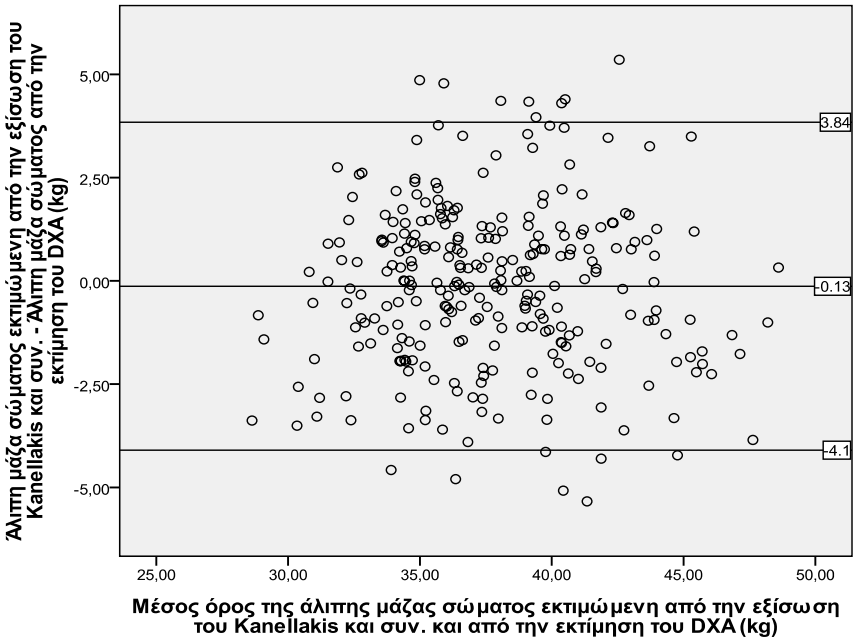
Στον πίνακαVII παρουσιάζονται συνοπτικά οι εξισώσεις πρόβλεψης FFM που λειτούργησαν καλύτερα στο σύνολο του πληθυσμού, αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ VII. Εξισώσεις FFM που λειτούργησαν καλύτερα και είχαν την καλύτερη συμφωνία με τη μέθοδο αναφοράς DXA στο σύνολο του πληθυσμού

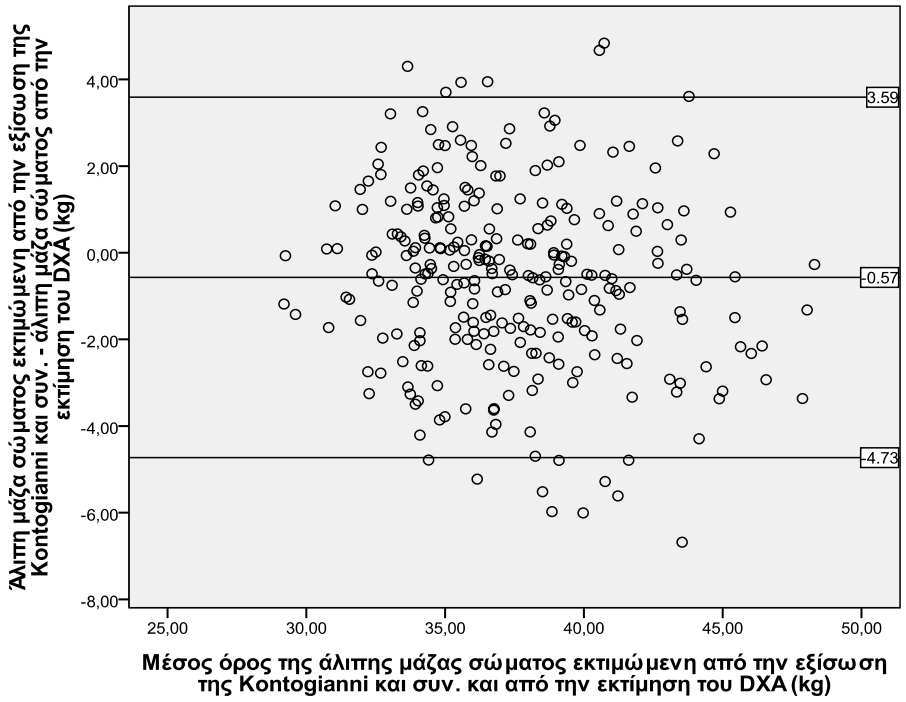
ΠΙΝΑΚΑΣ VII	**Εκτίμησαν καλά την FFM σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς**
Εξισώσεις BIA – εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος σε κιλά	Kanellakis και συν., με σφάλμα 0.13±3.97 kg Kontogianni και συν., με σφάλμα 0.57±4.16 kg Segal και συν. η $2^{η}$,με σφάλμα 0.47±4.48 kg
Εξίσωση BIA και ανθρωπομετρία – εκτιμά την άλιπη μάζα σώματος σε κιλά	Haapala και συν., με σφάλμα 0.62±4.75kg

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα (3.6-3.9) Bland-Altman για τις εξισώσεις πρόβλεψης άλιπης μάζας σώματος (FFM) που λειτούργησαν καλύτερα όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού.

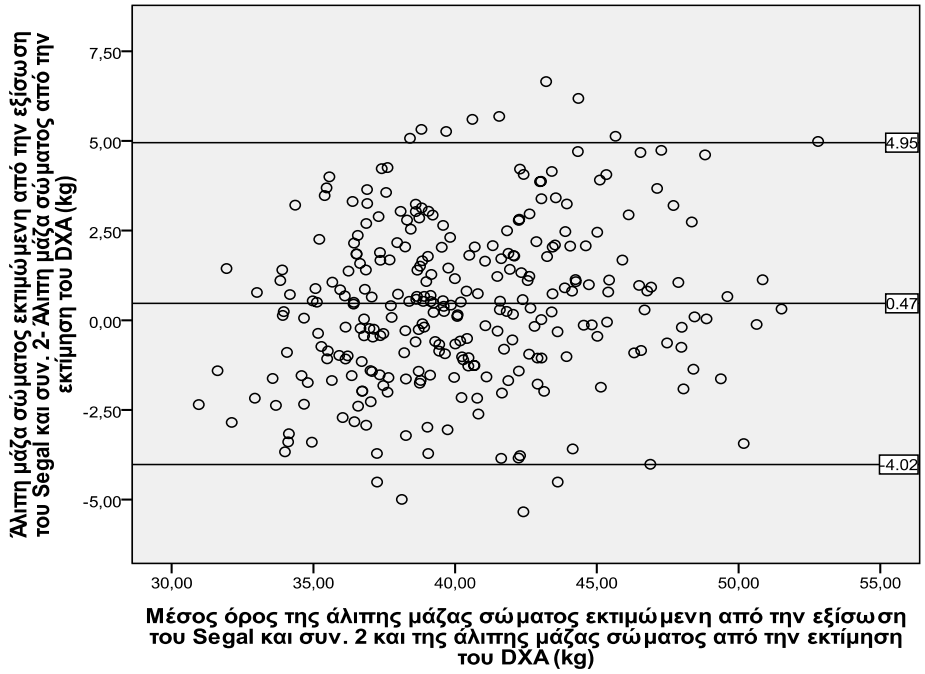
3.6 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Kanellakis και συν. σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



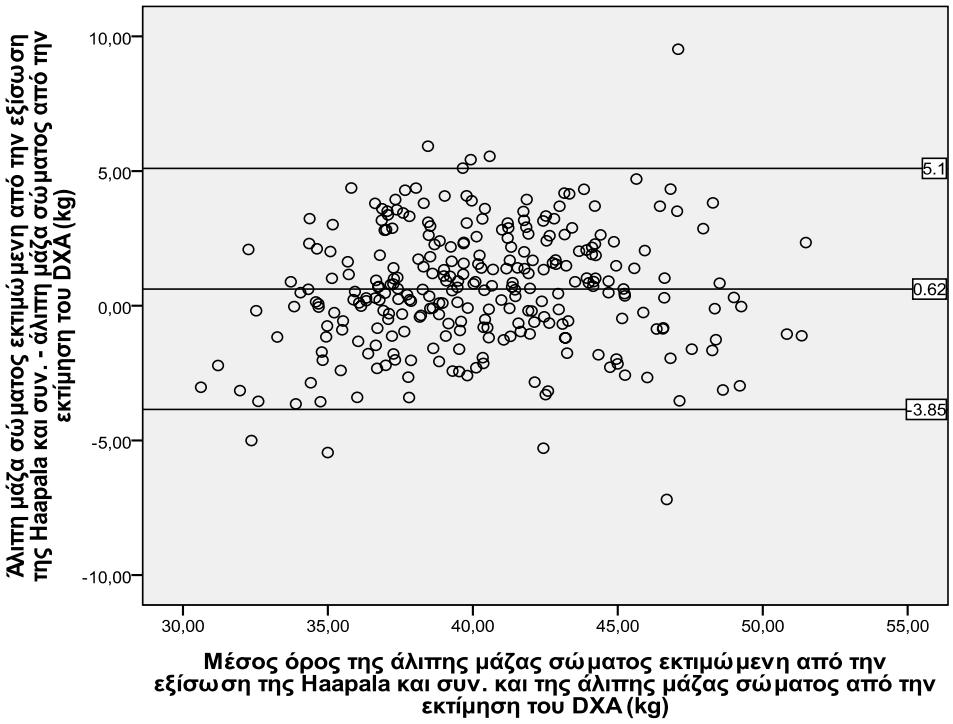
3.7 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Kontogianni και συν. σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



3.8 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Segal και συν.2 σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



3.9 Διάγραμμα Bland-Altman για τον έλεγχο εγκυρότητας της εξίσωσης των Haapala και συν. σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς DXA



3.3 Εξισώσεις πρόβλεψης σύστασης σώματος εφαρμοσμένες στο δείγμα όταν χωρίστηκε σύμφωνα με τα όρια ΔΜΣ σε τρεις κατηγορίες φυσιολογικών , υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών

3.3.1. Εξισώσεις που εκτιμούν την λιπώδη μάζα σώματος (FM)

Στον πίνακα VIII παρουσιάζονται οι μέσοι όροι , οι συσχετίσεις, οι μέσες διαφορές και τα όρια συμφωνίας μεταξύ της FM υπολογισμένη με τη μέθοδο αναφοράς (DXA) και της FM υπολογισμένη από τις εξισώσεις πρόβλεψης για τις τρεις κατηγορίες BMI.

ΠΙΝΑΚΑΣ VIII. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΛΙΠΩΔΟΥΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ BMI					
N= 53	**Σφάλμα (kg) Bias**	**Τυπική απόκλιση**	**Όρια συμφωνίας**		**p**	**R^2**
			Κατώτατο όριο	**Ανώτατο όριο**		
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ						
Kanellakis et al2009	1,84	2,41	-2,97	6,65	,000	0,664
Martarelli et al 2008	-2,04	2,98	-7,99	3,92	,000	0,466
Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)						
Pongchayakul et al 2004(1)	-2,96	2,18	-7,32	1,40	,000	0,734
Pongchayakul et al 2004(2)	-2,27	2,40	-7,07	2,53	,000	0,694
Kwok et al 2000	1,43	2,06	-2,69	5,55	,000	0,746
Lean et al 1996 (1)	3,27	2,90	-2,53	9,07	,000	0,568
Lean et al 1996 (2)	2,73	2,80	-2,87	8,33	,000	0,565
Noppa et al1979	-3,72	2,19	-8,11	0,67	,000	0,736
Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)						
Durnin et al 1973(1)	0,18	2,45	-4,72	5,08	,594	0,644
Durnin et al 1973(2)	-0,28	2,30	-4,88	4,32	,376	0,680
Durnin et al 1973(3)	0,08	2,36	-4,64	4,80	,815	0,665
Visser et al 1993(1)	2,25	2,32	-2,39	6,89	,000	0,731
Visser et al 1993(2)	4,40	2,26	-0,12	8,92	,000	0,719
Visser et al 1993(3)	3,66	2,20	-0,74	8,06	,000	0,732

ΥΠΕΡΒΑΡΟ BMI						
N=115	**Σφάλμα (kg) Bias**	**Τυπική απόκλιση**	**Όρια συμφωνίας**		**p**	**R^2**
			Κατώτατο όριο	**Ανώτατο όριο**		
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ						
Kanellakis et al2009	0,39	2,55	-4,71	5,48	0,107	0,640
Martarelli et al 2008	-1,38	2,96	-7,31	4,54	,000	0,497
Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)						
Pongchayakul et al 2004(1)	-4,24	2,04	-8,32	-0,16	,000	0,765
Pongchayakul et al 2004(2)	-2,15	2,17	-6,49	2,19	,000	0,730
Kwok et al 2000	1,57	2,41	-3,25	6,39	,000	0,690
Lean et al 1996 (1)	2,70	4,04	-5,38	10,78	,000	0,446
Lean et al 1996 (2)	2,61	3,70	-4,79	10,01	,000	0,457
Noppa et al1979	-6,31	2,48	-11,26	-1,36	,000	0,650
Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)						
Durnin et al 1973(1)	-1,86	3,26	-8,38	4,66	,000	0,468
Durnin et al 1973(2)	-2,54	2,80	-8,14	3,06	,000	0,567
Durnin et al 1973(3)	-2,15	2,95	-8,05	3,75	,000	0,533
Visser et al 1993(1)	1,39	2,14	-2,89	5,67	,000	0,731
Visser et al 1993(2)	1,62	2,48	-3,34	6,58	,000	0,648
Visser et al 1993(3)	1,07	2,50	-3,93	6,07	,000	0,641

ΠΑΧΥΣΑΡΚΟ BMI						
N=114	**Σφάλμα (kg) Bias**	**Τυπική απόκλιση**	**Όρια συμφωνίας**		**p**	**R^2**
			Κατώτατο όριο	**Ανώτατο όριο**		
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ						
Kanellakis et al2009	-0,02	2,99	-6,00	5,96	0,937	0,752
Martarelli et al 2008	0,88	3,91	-6,93	8,70	,017	0,627
Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)						
Pongchayakul et al 2004(1)	-2,44	3,15	-8,74	3,86	,000	0,833
Pongchayakul et al 2004(2)	1,94	4,03	-6,12	10,00	,000	0,787
Kwok et al 2000	4,78	3,66	-2,54	12,10	,000	0,805
Lean et al 1996 (1)	4,36	5,40	-6,44	15,16	,000	0,584
Lean et al 1996 (2)	5,34	5,00	-4,66	15,34	,000	0,652
Noppa et al1979	-9,02	2,72	-14,46	-3,57	,000	0,817
Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)						
Durnin et al 1973(1)	-4,01	3,42	-10,85	2,83	,000	0,679
Durnin et al 1973(2)	-5,13	2,26	-9,65	-0,61	,000	0,707
Durnin et al 1973(3)	-4,51	2,27	-9,05	0,03	,000	0,704
Visser et al 1993(1)	3,29	3,08	-2,87	9,45	,000	0,813
Visser et al 1993(2)	-1,28	2,86	-7,00	4,44	,000	0,788
Visser et al 1993(3)	-1,69	2,91	-7,51	4,13	,000	0,780

Στον πίνακα IX παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα σφάλματα όλων των εξισώσεων πρόβλεψης FM σε κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες BMI. Από τον παρακάτω πίνακα μπορεί να φανεί σε ποια κατηγορία βελτιώνεται η προβλεπτική ικανότητα κάθε εξίσωσης, ανάλογα με το που αυτή έχει εκτιμήσει την FM με το μικρότερο σφάλμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ IX	**ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ**		**ΥΠΕΡΒΑΡΕΣ**		**ΠΑΧΥΣΑΡΚΕΣ**	
	Bias (kg)±τ.α.	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ						
Kanellakis et al2009	1.84 (2,41)†	0,664	0,39 (2,55)	0,640	-0,02 (2,99)	0,752
Martarelli et al 2008	-2,04 (2,98)†	0,466	-1,38 (2,96)†	0,497	0,88 (3,91)†	0,627
Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)						
Pongchayakul et al 2004(1)	-2,96 (2,18)†	0,734	-4,24 (2,04)†	0,765	-2,44 (3,15)†	0,833
Pongchayakul et al 2004(2)	-2,27 (2,40)†	0,694	-2,15 (2,17)†	0,730	1,94 (4,03)†	0,787
Kwok et al 2000	1,43 (2,06)†	0,746	1,57 (2,41)†	0,690	4,78 (3,66)†	0,805
Lean et al 1996 (1)	3,27 (2,90)†	0,568	2,70 (4,04)†	0,446	4,36 (5,40)†	0,584
Lean et al 1996 (2)	2,73 (2,80)†	0,565	2,61 (3,70)†	0,457	5,34 (5,00)†	0,652
Noppa et al1979	-3,72 (2,19)†	0,736	-6,31 (2,48)†	0,650	-9,02 (2,72)†	0,817
Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)						
Durnin et al 1973(1)	0,18 (2,45)	0,644	1,86 (3,26)†	0,468	-4,01 (3,42)†	0,679
Durnin et al 1973(2)	-0,28 (2,30)	0,680	-2,54 (2,80)†	0,567	-5,13 (2,26)†	0,707
Durnin et al 1973(3)	0,08 (2,36)	0,665	-2,15 (2,95)†	0,533	-4,51 (2,27)†	0,704
Visser et al 1993(1)	2,25 (2,32)†	0,731	1,39 (2,14)†	0,731	3,29 (3,08)†	0,813
Visser et al 1993(2)	4,40 (2,26)†	0,719	1,62 (2,48)†	0,648	-1,28 (2,86)†	0,788
Visser et al 1993(3)	3,66 (2,20)†	0,732	1,07 (2,50)†	0,641	-1,69 (2,91)†	0,780

†: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της FM όπως υπολογίστηκε από την κάθε εξίσωση και της FM όπως υπολογίστηκε από τη μέθοδο αναφοράς DXA

Όσον αφορά την βελτίωση της προβλεπτικής ικανότητας των εξισώσεων εκτίμησης FM σε κάποια από τις τρεις κατηγορίες ΔΜΣ, παρατηρούμε ότι:

- εκτιμούν καλύτερα την FM στις φυσιολογικού BMI γυναίκες οι εξισώσεις των Kwok και συν., των Noppa και συν., των Durnin και συν., $1^{η}$, $2^{η}$ και $3^{η}$, αφού το σφάλμα εκτίμησης των εξισώσεων αυτών σε σχέση με την πρότυπη μέθοδο είναι μικρότερο σε αυτή την κατηγορία BMI. Από τις παραπάνω εξισώσεις που έχουν καλύτερη προβλεπτική ικανότητα στις φυσιολογικού BMI γυναίκες, και οι τρεις εξισώσεις των Durnin και συν., εκτιμούν με μικρό σφάλμα (καλύτερη των τριών είναι η $3^{η}$ με σφάλμα 0.08 ±2.36 κιλά).
- εκτιμούν καλύτερα την FM στις υπέρβαρες γυναίκες, οι δύο εξισώσεις του Lean και συν., όπως και των Visser και συν., η $1^{η}$ και η $3^{η}$ εξίσωση. Από τις παραπάνω εξισώσεις που έχουν καλύτερη προβλεπτική ικανότητα στις υπέρβαρες γυναίκες, αυτή που κάνει την καλύτερη εκτίμηση είναι των Visser και συν., η $3^{η}$ (σφάλμα 1.07 ±2.50 κιλά).
- εκτιμούν καλύτερα την FM στις παχύσαρκες γυναίκες οι εξισώσεις των Kanellakis και συν., των Martarelli και συν., των Pongchaiyakul και συν., $1^{η}$ και $2^{η}$, και των Visser και συν. η $2^{η}$ εξίσωση. Από τις εξισώσεις που έχουν καλύτερη προβλεπτική ικανότητα στην κατηγορία των παχύσαρκων γυναικών, καλύτερα φαίνεται ότι λειτουργούν οι εξισώσεις των Kanellakis και συν., (-0.02±2.99 kg) και των Martarelli και συν., (0.88 ±3.91 kg).

Στην κατηγορία των γυναικών με φυσιολογικό BMI ακριβή εκτίμηση με μικρό σφάλμα κάνουν οι τρεις εξισώσεις των Durnin και συν., (0.181±2.45 kg, 0.282±2.30 kg, 0.076±2.36 kg αντίστοιχα).

Στην κατηγορία των υπέρβαρων γυναικών η εξίσωση με το μικρότερο σφάλμα εκτίμησης είναι των Kanellakis και συν., (0.39±2.55 kg) .

Στην κατηγορία των παχύσαρκων γυναικών καλύτερα λειτούργησαν οι εξισώσεις των Kanellakis και συν., (-0.02±2.99 kg) και των Martarelli και συν., (0.88±3.91 kg) .

Τα σφάλματα των εξισώσεων και στις 3 κατηγορίες BMI είναι στατιστικά σημαντικά ($p<0.05$). Αυτό ωστόσο δεν συμβαίνει στις εξής περιπτώσεις:

- στην εξίσωση των Kanellakis και συν., το σφάλμα της οποίας είναι στατιστικά σημαντικό στις φυσιολογικές ($p<0.001$), ενώ στις υπέρβαρες ($p=0.107$) και στις παχύσαρκες ($p=0.937$) είναι μη στατιστικά σημαντικό και αντίθετα
- στις 3 εξισώσεις των Durnin και συν.,, τα σφάλματα των οποίων είναι μη στατιστικά σημαντικά στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών ($p= 0.594$, $p= 0.376$,

p= 0.815 αντίστοιχα για τις 3 εξισώσεις) και στατιστικά σημαντικά στις κατηγορίες των υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών (p<0.001). .

Στον πίνακα Χ παρουσιάζεται συγκεντρωτικά σε ποια ομάδα BMI βελτιώνεται η προβλεπτική ικανότητα κάθε εξίσωσης.

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΛΙΠΩΔΟΥΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ		
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ BMI	**ΥΠΕΡΒΑΡΟ BMI**	**ΠΑΧΥΣΑΡΚΟ BMI**
Kwok και συν..	Lean 1 και συν..	Kanellakis και συν..
Noppa και συν..	Lean 2 και συν..	Martarelli και συν..
Durnin και συν.. 1	Visser 1 και συν..	Pongchaiyakul και συν.. 1
Durnin και συν.. 2	Visser 3 και συν..	Pongchaiyakul και συν.. 2
Durnin και συν.. 3		Svedsen και συν..
		Visser και συν.. 2

3.3.2. Εξισώσεις που εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος (FFM)

Στον πίνακα XI παρουσιάζονται οι μέσοι όροι , οι συσχετίσεις, οι μέσες διαφορές και τα όρια συμφωνίας μεταξύ της FFM υπολογισμένη με τη μέθοδο αναφοράς (DXA) και της FFM υπολογισμένη από τις εξισώσεις πρόβλεψης για τις τρεις κατηγορίες BMI.

ΠΙΝΑΚΑΣ XI

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΑΛΙΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ BMI

N= 53	**Σφάλμα (kg) Bias**	**Τυπική απόκλιση**	**Όρια συμφωνίας**		**p**	**R^2**
			Κατώτατο όριο	**Ανώτατο όριο**		
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)						
Watson et al 1980 (1)	2,20	2,16	-2,13	6,53	,000	0,375
Watson et al 1980(2)	2,40	2,24	-2,09	6,88	,000	0,296
Watson et al 1980(3)	-0,48	2,35	-5,17	4,21	,144	0,350
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ :						
Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)						
Kanellakis et al 2009	-1,30	1,75	-4,80	2,20	,000	0,582
Kontogianni et al 2004	-0,83	2,08	-4,99	3,33	,005	0,419
Dey et al 2003	2,88	1,81	-0,74	6,49	,000	0,557
Kyle et al 2001	-0,09	1,65	-3,40	3,21	,683	0,637
Roubenoff et al 1997	-1,59	1,68	-4,95	1,77	,000	0,602
Heitmann et al 1990	1,76	1,84	-1,93	5,45	,000	0,572
Deurenberg et al 1991	-3,13	2,01	-7,14	0,89	,000	0,552
Gray et al 1989	-1,40	2,37	-6,14	3,34	,000	0,546
Segal et al 1988 (1)	5,19	2,02	1,16	9,23	,000	0,527
Segal et al 1988 (2)	-0,80	1,92	-4,65	3,05	0,004	0,549
Segal et al 1988 (3)	1,00	1,83	-2,66	4,67	,000	0,593
Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ						
Lukaski et al 1988	-10,86	1,92	-14,70	-7,01	,000	0,542
Kushner et al 1986	3,61	1,83	-0,04	7,26	,000	0,560
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ						
ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)						
Haapala et al 2002	0,02	2,16	-4,31	4,35	,953	0,591
Piers et al 2000	-1,22	2,05	-5,31	2,88	,000	0,548

	ΥΠΕΡΒΑΡΟ BMI					
N=115	**Σφάλμα (kg) Bias**	**Τυπική απόκλιση**	**Όρια συμφωνίας Κατώτατο όριο**	**Ανώτατο όριο**	**p**	**R^2**
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ: ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)						
Watson et al 1980 (1)	3,47	2,15	-0,83	7,78	,000	0,627
Watson et al 1980(2)	3,95	2,34	-0,73	8,63	,000	0,584
Watson et al 1980(3)	1,02	2,23	-3,45	5,48	,000	0,623
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ : Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)						
Kanellakis et al 2009	-0,16	1,72	-3,61	3,29	,311	0,752
Kontogianni et al 2004	-0,53	1,92	-4,36	3,31	,004	0,694
Dey et al 2003	3,41	1,90	-0,39	7,21	,000	0,709
Kyle et al 2001	1,14	1,68	-2,21	4,49	,000	0,785
Roubenoff et al 1997	-1,36	1,81	-4,98	2,26	,000	0,752
Heitmann et al 1990	1,86	1,89	-1,92	5,65	,000	0,728
Deurenberg et al 1991	-2,09	2,04	-6,16	1,99	,000	0,731
Gray et al 1989	-1,42	2,22	-5,86	3,02	,000	0,714
Segal et al 1988 (1)	7,72	2,07	3,58	11,85	,000	0,701
Segal et al 1988 (2)	0,37	1,95	-3,54	4,28	,046	0,716
Segal et al 1988 (3)	1,71	1,88	-2,04	5,47	,000	0,734
Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ						
Lukaski et al 1988	-9,99	1,85	-13,69	-6,29	,000	0,734
Kushner et al 1986	4,25	1,90	0,46	8,04	,000	0,711
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)						
Haapala et al 2002	0,73	2,14	-3,56	5,02	,000	0,679
Piers et al 2000	-1,58	2,50	-6,58	3,43	,000	0,615

	ΠΑΧΥΣΑΡΚΟ BMI					
N=114	**Σφάλμα (kg) Bias**	**Τυπική απόκλιση**	**Όρια συμφωνίας Κατώτατο όριο**	**Ανώτατο όριο**	**p**	**R^2**
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ: ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)						
Watson et al 1980 (1)	4,25	2,43	-0,60	9,10	,000	0,604
Watson et al 1980(2)	5,09	2,48	0,13	10,05	,000	0,581
Watson et al 1980(3)	2,26	2,63	-3,01	7,53	,000	0,579
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ : Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)						
Kanellakis et al 2009	0,45	2,10	-3,75	4,65	,024	0,691
Kontogianni et al 2004	-0,50	2,24	-4,98	3,99	,019	0,656
Dey et al 2003	3,61	2,15	-0,70	7,91	,000	0,697
Kyle et al 2001	2,09	2,21	-2,34	6,52	,000	0,716
Roubenoff et al 1997	-1,77	2,07	-5,91	2,36	,000	0,709
Heitmann et al 1990	1,35	2,33	-3,31	6,01	,000	0,654
Deurenberg et al 1991	-1,09	2,56	-6,22	4,04	,000	0,672
Gray et al 1989	-2,17	2,62	-7,40	3,06	,000	0,616
Segal et al 1988 (1)	10,39	2,62	5,15	15,63	,000	0,659
Segal et al 1988 (2)	1,15	2,40	-3,64	5,94	,000	0,651
Segal et al 1988 (3)	1,84	2,30	-2,77	6,45	,000	0,663
Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ						
Lukaski et al 1988	-9,17	2,31	-13,79	-4,54	,000	0,723
Kushner et al 1986	4,64	2,19	0,26	9,01	,000	0,699
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)						
Haapala et al 2002	0,80	2,33	-3,85	5,46	,000	0,650
Piers et al 2000	-1,99	2,92	-7,82	3,85	,000	0,537

Στον πίνακα XII παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα σφάλματα όλων των εξισώσεων πρόβλεψης FFM σε κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες BMI. Από αυτόν τον παρακάτω πίνακα μπορεί να φανεί σε ποια κατηγορία βελτιώνεται η προβλεπτική ικανότητα κάθε εξίσωσης, ανάλογα με το που αυτή έχει εκτιμήσει την FFM με το μικρότερο σφάλμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ XII	***ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ BMI***		***ΥΠΕΡΒΑΡΟ BMI***		***ΠΑΧΥΣΑΡΚΟ BMI***	
	Bias (kg)±τ.α.	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)						
Watson et al 1980 (1)	2,20 (2,16)†	0,375	3,47 (2,15)†	0,627	4,25 (2,43)†	0,604
Watson et al 1980(2)	2,40 (2,24)†	0,296	3,95 (2,34)†	0,584	5,09 (2,48)†	0,581
Watson et al 1980(3)	-0,48 (2,35)	0,350	1,02 (2,23)†	0,623	2,26 (2,63)†	0,579
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ :						
Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)						
Kanellakis et al 2009	-1,30 (1,75)†	0,582	-0,16 (1,72)	0,752	0,45 (2,10)†	0,691
Kontogianni et al 2004	-0,83 (2,08)†	0,419	-0,53 (1,92)†	0,694	-0,50 (2,24)†	0,656
Dey et al 2003	2,88 (1,81)†	0,557	3,41 (1,90)†	0,709	3,61 (2,15)†	0,697
Kyle et al 2001	-0,09 (1,65)	0,637	1,14 (1,68)†	0,785	2,09 (2,21)†	0,716
Roubenoff et al 1997	-1,59 (1,68)†	0,602	-1,36 (1,81)†	0,752	-1,77 (2,07)†	0,709
Heitmann et al 1990	1,76 (1,84)†	0,572	1,86 (1,89)†	0,728	1,35 (2,33)†	0,654
Deurenberg et al 1991	-3,13 (2,01)†	0,552	-2,09 (2,04)†	0,731	-1,09 (2,56)†	0,672
Gray et al 1989	-1,40 (2,37)†	0,546	-1,42 (2,22)†	0,714	-2,17 (2,62)†	0,616
Segal et al 1988 (1)	5,19 (2,02)†	0,527	7,72 (2,07)†	0,701	10,39 (2,62)†	0,659
Segal et al 1988 (2)	-0,80 (1,92)†	0,549	0,37 (1,95)†	0,716	1,15 (2,40)†	0,651
Segal et al 1988 (3)	1,00 (1,83)†	0,593	1,71 (1,88)†	0,734	1,84 (2,30)†	0,663
Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ						
Lukaski et al 1988	-10,86 (1,92)†	0,542	-9,99 (1,85)†	0,734	-9,17 (2,31)†	0,723
Kushner et al 1986	3,61 (1,83)†	0,560	4,25 (1,90)†	0,711	4,64 (2,19)†	0,699
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)						
Haapala et al 2002	0,02 (2,16)	0,591	0,73 (2,14)†	0,679	0,80 (2,33)†	0,650
Piers et al 2000	-1,22 (2,05)†	0,548	-1,58 (2,50)†	0,615	-1,99 (2,92)†	0,537

†: στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της FM όπως υπολογίστηκε από την κάθε εξίσωση και της FM όπως υπολογίστηκε από τη μέθοδο αναφοράς DXA

Η προβλεπτική ικανότητα στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών βελτιώνεται στις εξής 11 εξισώσεις : Dey και συν., Kyle και συν., Gray και συν., Segal και συν., οι 1 και 3, Haapala και συν., Piers και συν., Watson και συν., οι 1,2 και 3, Kushner και συν., αφού τα σφάλματα αυτών των εξισώσεων είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα στις άλλες κατηγορίες BMI. Από αυτές τις καλύτερη εκτίμηση κάνουν οι: Kyle και συν., (-0.09 ±1.65 kg, R^2= 0.637), Haapala και συν., (0.02 ±2.16 kg, R^2= 0.591), Watson και συν., 3 (0.48±2.35 kg, R^2= 0, 350).

Η προβλεπτική ικανότητα στην κατηγορία των υπέρβαρων γυναικών φαίνεται ότι βελτιώνεται στις εξισώσεις των Kanellakis και συν., Roubenoff και συν., Segal και συν., η $2^η$ εξίσωση. Από αυτές την καλύτερη εκτίμηση κάνουν οι εξισώσεις των Kanellakis και συν., (-0.16±1.72 kg), και των Segal και συν., η $2^η$ εξίσωση (0.37±1.95kg).

Η προβλεπτική ικανότητα των εξισώσεων στην τρίτη κατηγορία των υπέρβαρων γυναικών βελτιώνεται για τις εξισώσεις Kontogianni και συν., Heitman και συν., Dereunberg και συν., και Lukaski και συν. Από αυτές η εξίσωση με το μικρότερο σφάλμα είναι της Kontogianni και συν., (-0,50±2.24 kg).

Στην κατηγορία των γυναικών με φυσιολογικό BMI εκτίμηση με μικρό σφάλμα κάνουν οι εξισώσεις των Kyle και συν., Haapala και συν και Watson και συν η $3^η$.

Στην κατηγορία των υπέρβαρων γυναικών οι εξισώσεις με το μικρότερο σφάλμα εκτίμησης είναι των Haapala και συν., Kanellakis και συν., Kontogianni και συν και Segal και συν η $2^η$.

Στην κατηγορία των παχύσαρκων γυναικών καλύτερα λειτούργησαν οι εξισώσεις των Kanellakis και συν., Kontogiannh και συν. και Haapala και συν.

Τα σφάλματα των εξισώσεων και στις 3 κατηγορίες BMI είναι στατιστικά σημαντικά ($p<0.05$). Αυτό ωστόσο δεν συμβαίνει στις εξής περιπτώσεις :

- Στην εξίσωση των Kanellakis και συν., η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική στις φυσιολογικού BMI γυναίκες ($p<0.001$) και στις παχύσαρκες ($p= 0.024$)., ενώ μη στατιστικά σημαντική στις υπέρβαρες γυναίκες ($p= 0.311$).
- Στις εξισώσεις Kyle, Haapala και Watson 3, η διαφορά εκτίμησης με την πρότυπη μέθοδο είναι μη στατιστικά σημαντική στις φυσιολογικού BMI γυναίκες ($p=0.683$, $p=0.953$, $p=0.144$ αντίστοιχα για τις τρεις εξισώσεις), ενώ στις υπέρβαρες και στις παχύσαρκες στατιστικά σημαντική ($p<0.001$ και στις τρεις εξισώσεις και στις δύο ομάδες).

Στον πίνακα XIII, παρουσιάζεται συγκεντρωτικά σε ποια ομάδα BMI βελτιώνεται η προβλεπτική ικανότητα κάθε εξίσωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ XIII. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΛΙΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ BMI

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ BMI	ΥΠΕΡΒΑΡΟ BMI	ΠΑΧΥΣΑΡΚΟ BMI
Dey et al.	Kanellakis et al.	Kontogianni et al.
Kyle et al.	Roubenoff et al.	Heitman et al.
Gray et al.	Segal et al. η 2^{η}	Deurenberg et al.
Segal et al η 1^{η}		Lukaski et al.
Segal et al η 3^{η}		
Haapala et al.		
Piers et al.		
Watson et al. η 1^{η}		
Watson et al. η 2^{η}		
Watson et al. η 3^{η}		
Kushner et al.		

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Εξισώσεις που λειτούργησαν καλά όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών

Όταν οι εξισώσεις εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού της παρούσας μελέτης, κάποιες έκαναν καλή εκτίμηση της λιπώδους ή της άλιπης μάζας σώματος σε σύγκριση με τη μέθοδο αναφοράς, ενώ κάποιες άλλες είχαν μεγάλο σφάλμα εκτίμησης. Το σφάλμα που θεωρείται αποδεκτό ώστε η εξίσωση να χαρακτηριστεί καλή είναι περίπου της τάξης του 1 κιλού ή λιγότερο με τυπική απόκλιση ±2- 2.5 κιλά ή μικρότερη. Η διαφορά αυτή δεν θέλουμε να είναι στατιστικά σημαντική, αφού κάτι τέτοιο δείχνει ότι η εξίσωση και η πρότυπη μέθοδος διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ως προς την εκτίμηση, αν $p<0,05$. Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 του Pearson μεταξύ της εξίσωσης και της πρότυπης μεθόδου DXA, θέλουμε να είναι μεγάλος γιατί υποδηλώνει καλή συσχέτιση της εκτίμησης που κάνει η εξίσωση σε σχέση με αυτή που κάνει η μέθοδος αναφοράς.

Οι λόγοι που κάποιες εξισώσεις λειτούργησαν καλύτερα, ενώ κάποιες άλλες όχι με τόσο μεγάλη ακρίβεια δεν είναι ξεκάθαροι και πιθανόν οφείλονται στις σωρευτικές συνέπειες των διαφορών στα κριτήρια διαλογής των πληθυσμών, στα ανθρωπομετρικά και BIA χαρακτηριστικά, στις διαφορές των προτύπων μεθόδων βάσει των οποίων δημιουργήθηκαν οι εξισώσεις, καθώς και σε άλλους παράγοντες Ο τρόπος κατασκευής της κάθε εξίσωσης από τον εκάστοτε ερευνητή μπορεί να παίζουν ρόλο στο πόσο πιο ακριβής είναι μία εξίσωση σε σχέση με τις υπόλοιπες. Επιπρόσθετα, η πρότυπη μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή κάθε εξίσωσης πιθανόν παίζει κάποιο ρόλο. Οι εξισώσεις της βιβλιογραφίας έχουν δημιουργηθεί από στατιστικές αναλύσεις, χρησιμοποιώντας κάθε φορά ως μέθοδο αναφοράς διαφορετικές τεχνικές, όπως την υδροπυκνομετρία, τη μέτρηση ολικού K, την τεχνική του διπλά σημασμένου νερού, την μέθοδο DXA κ.α. Αυτές οι τεχνικές έχουν διαφορετική ακρίβεια και βαθμό εγκυρότητας στον προσδιορισμό της FM ή FFM [83], ενώ βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις. Δηλαδή, το γεγονός ότι η πρότυπη μέθοδος βάσει της οποίας δημιουργήθηκε μία εξίσωση διαφέρει από τη μέθοδο αναφοράς άλλων μελετών που επίσης δημιούργησαν εξισώσεις, μπορεί να είναι ένας ακόμη λόγος που παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στις εκτιμήσεις των διάφορων εξισώσεων. Σε έρευνα των Sarah Philips και συν. [84] που ελέγχθηκε η εγκυρότητα κάποιων εξισώσεων εκτίμησης FFM σε παιδιά, ως πιθανός λόγος των παρατηρούμενων διαφορών στις εκτιμήσεις της FFM από τις διάφορες

εξισώσεις, προτάθηκε η χρήση διαφορετικών πρότυπων μεθοδολογιών για τον προσδιορισμό της σύστασης σώματος. Καθένας από τους ερευνητές που κατασκεύασε μία εξίσωση, της οποίας ελέγχθηκε η εγκυρότητα, βασιζόταν για τη δημιουργία αυτής σε άλλη πρότυπη μέθοδο (μέτρηση ολικού K, υδροπυκνομετρία, διπλά σημασμένο νερό). Κάθε μία από αυτές ωστόσο έχει τις δικές της υποθέσεις γεγονός που μπορεί να εξηγήσει γιατί υπήρξαν διαφορές στις εκτιμήσεις FFM μεταξύ διαφορετικών εξισώσεων.

- **Εξισώσεις εκτίμησης λιπώδους μάζας σώματος (FM)**

  - **Ποιες εξισώσεις εκτίμησης λιπώδους μάζας σώματος λειτούργησαν καλύτερα**

Από τις εξισώσεις της βιβλιογραφίας που συλλέχθηκαν και εκτιμούν την λιπώδη μάζα σώματος, πέντε από αυτές φάνηκε ότι λειτούργησαν καλύτερα και έκαναν ακριβείς εκτιμήσεις όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης:

- των Kanellakis και συν. (0,49 ±2.78 κιλά)
- των Martarelli και συν. (-0,59 ± 3.59 κιλά)
- των Pongchaiyakul και συν. 2 (-0,52 ± 3,70 κιλά)
- των Visser και συν. 2 (0,97 ± 3,34 κιλά)
- των Visser και συν. 3 (0,44 ± 3,29 κιλά)

Όσον αφορά τις παραπάνω εξισώσεις παρατηρούμε ότι τα σφάλματα εκτίμησης είναι μικρά, σε αντίθεση όμως με τις τυπικές αποκλίσεις που παρατηρούμε ότι είναι αρκετά μεγάλες, γεγονός που υποβαθμίζει κάπως την εγκυρότητα των εξισώσεων και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

- **Πιθανοί λόγοι καλής λειτουργίας των εξισώσεων πρόβλεψης FM που εκτίμησαν τη λιπώδη μάζα σώματος με μεγάλη ακρίβεια**

Όσον αφορά την **εξίσωση της ανθρωπομετρίας των Kanellakis και συν.**, ένας πιθανός λόγος που παρουσιάζει πολύ καλή συμφωνία με τη μέθοδο αναφοράς και εκτιμά την FM με μικρό σφάλμα, είναι το γεγονός ότι *μεγάλο μέρος του δείγματος* από το οποίο προήλθε η εξίσωση (n=131), ήταν και *μέρος του δείγματος της παρούσας μελέτης*. Επίσης, τα *ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά* των ατόμων των δύο μελετών είναι *παρόμοια,* όσον αφορά το μέσο BMI και το ποσοστό λίπους σώματος που παρουσιάζονται και στις δύο μελέτες αυξημένα, παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη σύσταση σώματος και από τους οποίους εξαρτάται η καταλληλότητα μίας εξίσωσης όταν εφαρμόζεται σε έναν πληθυσμό. Όπως έχει αναφερθεί, οι εξισώσεις πρόβλεψης βασίζονται σε μαθηματικές σχέσεις και προβλέπουν καλύτερα τη σύσταση του σώματος όταν εφαρμόζονται σε πληθυσμό ο οποίος βιολογικά ταιριάζει με τον πληθυσμό από τον οποίο προέκυψε η εξίσωση [85]. Η εξίσωση των Kanellakis και συν. είναι *εξίσωση εκτίμησης FM ειδική για το γυναικείο φύλο*. Οι Svedsen και συν.[53], από την ερεύνα που έκαναν, πρότειναν ότι οι ειδικές για το φύλο εξισώσεις που εκτιμούν λίπος σώματος είναι ελαφρώς καλύτερες από τις μη ειδικές για το φύλο εξισώσεις [53], συμπέρασμα με το οποίο ήταν σύμφωνοι και άλλοι ερευνητές. Αυτός ίσως είναι ένας πιθανός λόγος που η συγκεκριμένη εξίσωση λειτουργεί καλά αφού εκτιμά την FM με μεγάλη ακρίβεια και αναφέρεται αποκλειστικά σε γυναίκες μεγάλης ηλικίας. Επιπρόσθετα το γεγονός ότι η εξίσωση είναι ειδική για μεγάλης ηλικίας άτομα είναι πιθανόν ένας λόγος που η συγκεκριμένη εξίσωση πρόβλεψης FM λειτούργησε καλά. Όπως έχουν βρει και αναφέρει και άλλοι ερευνητές [86-88], οι εξισώσεις πρόβλεψης σύστασης σώματος που έχουν προκύψει από άτομα μεγαλύτερης ηλικίας πιθανόν είναι ανώτερες από αυτές που προέκυψαν από νεότερα άτομα, όταν εφαρμόζονται σε άτομα μεγάλης ηλικίας, όπως είναι αυτά της δικής μας μελέτης. Με την αύξηση της ηλικίας συμβαίνουν πολλές αλλαγές στο ανθρώπινο σώμα, όπως αλλαγές στο ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο υγρό, στην οστική πυκνότητα, στο ανάστημα, στην ελαστικότητα του δέρματος [57], όπως επίσης παρατηρείται αύξηση της λιπώδους μάζας σώματος και αλλαγή της κατανομής της στο σώμα του ηλικιωμένου, με την κεντρική κατανομή να είναι περισσότερο εμφανής [53]. Οι παραπάνω αλλαγές στο σώμα ενός ηλικιωμένου ατόμου διαφοροποιούν σημαντικά τη σύσταση αυτού σε σχέση με το σώμα ενός ενήλικα. Αυτός είναι ένας πιθανός λόγος που η εξίσωση των Kanellakis συν. που δημιουργήθηκε από πληθυσμό ηλικιωμένων, ανταποκρίθηκε καλύτερα στο δείγμα της μελέτης μας που αποτελούταν και αυτό από μεγάλης

ηλικίας γυναίκες. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι οι εξισώσεις που είναι ειδικές για άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, πιθανόν κάνουν καλύτερη εκτίμηση της FM όταν εφαρμόζονται σε πληθυσμούς τέτοιας ηλικίας. Τόσο τα άτομα της παρούσας μελέτης όσο και τα άτομα της μελέτης των Kanellakis και συν. είναι Ελληνίδες από την Αθήνα. Η ομοιότητα όσον αφορά την εθνικότητα των δύο πληθυσμών πιθανόν παίζει ρόλο στην καλή εκτίμηση της εξίσωσης. Είναι ευρέως γνωστό ότι η σύσταση του σώματος ποικίλει ανάλογα με την εθνικότητα [85]. Γι' αυτό το λόγο όπως έχουν καταλήξει και άλλοι ερευνητές [85], οι εθνικές διαφορές μπορεί να έχουν μία σημαντική επίδραση στην αξιολόγηση της σύστασης σώματος. Οι Pongchaiyakul και συν. [66], πρότειναν ότι οι εξισώσεις πρέπει να είναι ειδικές για την εθνικότητα, ώστε να είναι χρήσιμες. Αυτό οφείλεται πιθανότατα περισσότερο στη διαφορά στη λιπώδη μάζα και στην κατανομή της στο σώμα στις διάφορες εθνικότητες, που έχουν θεωρηθεί σημαντικοί παράγοντες των εξισώσεων πρόβλεψης σύστασης σώματος [66]. Τέλος, το γεγονός ότι οι δύο εξισώσεις πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο πανεπιστήμιο και με τα ίδια όργανα και συσκευές (ζυγαριά, αναστημόμετρο, δερματοπτυχόμετρο, συσκευή BIA και DXA), μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στην καλή λειτουργία της συγκεκριμένης εξίσωσης, αφού η μεταβλητότητα των οργάνων και συσκευών μπορεί να οδηγούν σε λάθη, τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση αποφεύγονται.

Όσον αφορά την **εξίσωση των Martarelli και συν.,** παρά την απλότητά της φάνηκε ότι εκτίμησε με μικρό σφάλμα την FM. Ο πληθυσμός της μελέτης από την οποία προήλθε η εξίσωση ήταν ιταλικός. Η *ομοιότητα όσον αφορά την εθνικότητα των δύο λαών (Καυκάσιες φυλές)* όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, πιθανόν παίζει ρόλο στην καλή εκτίμηση της εξίσωσης. Όπως αναφέρεται στην ίδια την έρευνα, σκοπός ήταν να δημιουργηθεί μία εξίσωση ανεξάρτητη από μεγάλο αριθμό μεταβλητών (μοναδική μεταβλητή της εξίσωσης είναι το BMI). Αυτό επιτεύχθηκε με τη μέτρηση 763 ατόμων ηλικίας 11-80 ετών, τα οποία είχαν πολύ διαφορετική σύσταση σώματος, καθημερινή ενεργειακή κατανάλωση και συνήθειες. *Το μεγάλο μέγεθος, η αντιπροσωπευτικότητα και η ετερογένεια του δείγματος* είναι πιθανά ενδεχόμενα που ισχυροποιούν την εγκυρότητα της εξίσωσης, με αποτέλεσμα ακόμα και όταν εφαρμόζεται σε συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα (όπως οι μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες), να δίνει αρκετά ακριβή αποτελέσματα. Εξάλλου από τους ερευνητές της μελέτης, προτάθηκε η εξίσωση να χρησιμοποιείται για το σύνολο του ιταλικού πληθυσμού, καθώς και για τους υπόλοιπους Ευρωπαικούς πληθυσμούς. Επιπρόσθετα, αυτή η εξίσωση είναι *ειδική για το φύλο εξίσωση που*

εκτιμά λιπώδη μάζα, γεγονός που ενδέχεται να συμβάλει στην καλή λειτουργία της. Το γεγονός ότι η εξίσωση είναι πολύ απλή στην κατασκευή της (μοναδική μεταβλητή το BMI) μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή αυξάνει την ευαισθησία της εξίσωσης στο να εκτιμά τη λιπώδη μάζα σώματος. Η ύπαρξη επομένως της συγκεκριμένης μεταβλητής και όχι κάποιας άλλης στην εξίσωση μπορεί να είναι ένας ακόμη πιθανός λόγος που αυτή λειτούργησε καλά όταν εφαρμόστηκε στο γενικό πληθυσμό της παρούσας μελέτης. Παρά όμως το μικρό σφάλμα εκτίμησης της εξίσωσης, πρέπει να επισημάνουμε ότι η τυπική απόκλιση του σφάλματος είναι αρκετά μεγάλη, γεγονός που υποβαθμίζει κάπως την εγκυρότητα της εξίσωσης και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Η **εξίσωση των Pongchaiyakul και συν. η 2η** η οποία λειτούργησε πολύ καλά, εκτιμώντας την FM με μικρό σφάλμα, προήλθε από μέρος του γενικού πληθυσμού της Ταιλανδης (ηλικίες 11-80 ετών). Αν και έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές ότι οι εξισώσεις κάνουν καλύτερη πρόβλεψη όταν το δείγμα του πληθυσμού μοιάζει με τον πληθυσμό αναφοράς ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της εξίσωσης [66, 85], εδώ παρατηρούμε ότι παρόλο που οι δύο πληθυσμοί είναι διαφορετικής εθνικότητας, η εξίσωση κάνει αρκετά καλή εκτίμηση, με μικρό σφάλμα αλλά μεγάλη τυπική απόκλιση σφάλματος σε σύγκριση με τις άλλες εξισώσεις. Η εξίσωση έχει προέλθει από ασιατικό πληθυσμό, για τον οποίο έχει γίνει αναφορά ότι για ένα δεδομένο BMI, οι Ασιάτες έχουν υψηλότερη ποσότητα FM και υποδόριου λίπους από τους λευκούς [89]. Τα άτομα του δείγματος της μελέτης μας έχουν υψηλό μέσο όρο λίπους σώματος, καθώς και υποδόριο λίπος, αν κρίνουμε από το μέσο όρο των δερματικών πτυχών. Αυτός μπορεί να είναι ένας λόγος που η εξίσωση από ασιατικό πληθυσμό λειτούργησε καλά σε καυκάσιο πληθυσμό, παρόλο που πρόκειται για διαφορετικές εθνικότητες. Δηλαδή φαίνεται ότι ο παράγοντας σύσταση σώματος και πιο συγκεκριμένα *το αυξημένο ποσοστό λίπους σώματος που είναι χαρακτηριστικό και των δύο πληθυσμών,* παίζει πιθανότατα πόλο στην καλή λειτουργία της εξίσωσης. Επιπλέον παρατηρούμε ότι μία από τις μεταβλητές της εξίσωσης είναι η ηλικία. Οι Visser και συν. όταν εφάρμοσε στον πληθυσμό της μελέτης του κάποιες εξισώσεις πρόβλεψης %BF, παρατήρησε και συμπέρανε ότι οι εξισώσεις που περιελάμβαναν την ηλικία ως ανεξάρτητη μεταβλητή έδειξαν μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη του % BF [58], ενώ σε παρόμοια έρευνα [90] που ελέγχθηκε η εγκυρότητα ορισμένων εξισώσεων πρόβλεψης FFM, βρέθηκε ότι η εξίσωση που λειτούργησε καλύτερα από όλες [91], ήταν η μόνη που περιείχε την ηλικία ως ανεξάρτητη μεταβλητή και η συμπερίληψή

της στην εξίσωση μείωνε το σφάλμα κατά 18%. Πιθανολογούμε λοιπόν ότι *η ύπαρξη της ηλικίας ως μεταβλητή της εξίσωσης* πιθανόν βοηθάει στη βελτίωση της προβλεπτικής της ικανότητας για την εκτίμηση της FM.

Σχετικά με τις εξισώσεις των **Visser και συν. (2η και 3η)** που λειτούργησαν καλά όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης, ένας πιθανός λόγος καλής λειτουργίας αυτών είναι το γεγονός ότι προέκυψαν από πληθυσμό μεγάλης ηλικίας (60-87 ετών), που όπως προαναφέρθηκε μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στην καλύτερη εκτίμηση της λιπώδους μάζας από τις δύο αυτές εξισώσεις. Εκτός από την παρόμοια ηλικία των ατόμων, παρατηρούμε ότι ο *μέσος όρος του BMI και του σωματικού λίπους* των ατόμων και στις δύο μελέτες είναι *παρόμοιος και αρκετά υψηλός*. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα άτομα πιθανόν έχουν παρόμοια σύσταση σώματος, ομοιότητα η οποία μπορεί να ευθύνεται για το αποτέλεσμα της καλής εκτίμησης FM από τις δύο εξισώσεις . Όσον αφορά τη σύγκριση των δύο εξισώσεων του Visser και συν. που λειτούργησαν καλά, φαίνεται ότι καλύτερη εκτίμηση της FM έκανε η 3η εξίσωση. Αυτό μπορούμε να υποθέσουμε ότι συνέβη εξαιτίας του ότι η 3η εξίσωση περιελάμβανε ως ανεξάρτητες μεταβλητές και τις τέσσερεις δερματοπτυχές, σε αντίθεση με την 2η που περιελάμβανε μόνο τη δερματική πτυχή τρικεφάλου και δικεφάλου. Σε παρόμοιο αποτέλεσμα κατέληξαν και οι Visser και συν. όταν εφάρμοσαν τις δύο εξισώσεις στον πληθυσμό της μελέτης τους που αποτελούταν από άτομα μεγάλης ηλικίας (60-87 ετών), οπότε και συμπέραναν ότι η εξίσωση με τις τέσσερεις δερματικές πτυχές έκανε ελαφρά καλύτερη εκτίμηση της BD στους ηλικιωμένους σε σχέση με την εξίσωση που είχε ως ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο την δερματική πτυχή τρικεφάλου και δικεφάλου. Από το παραπάνω, μπορούμε να υποθέσουμε για μία εξίσωση ότι όσο περισσότερες δερματικές πτυχές συμπεριλαμβάνονται σε αυτή ως μεταβλητές τόσο πιο ακριβής πιθανόν είναι και η εκτίμηση της FM που κάνει η συγκεκριμένη εξίσωση.

Εξίσωση	Λόγοι καλής λειτουργίας
Εξισώσεις πρόβλεψης FM	
Kanellakis και συν.	• Μεγάλο μέρος του δείγματος του πληθυσμού της παρούσας μελέτης αποτελούσε και μέρος του πληθυσμού από τον οποίο προήλθε η εξίσωση • Όμοια ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (μέσος όρος BMI και % λίπους σώματος)→ παρόμοια σύσταση σώματος • Ειδική για την ηλικία εξίσωση πρόβλεψης FM • Ειδική για το φύλο εξίσωση εκτίμησης FM • Ίδια εθνικότητα (Ελληνίδες Αθηναίες)
Martarelli και συν.	• Όμοια εθνικότητα (Καυκάσιες φυλές→Ιταλίδες και Ελληνίδες) • Πληθυσμός από τον οποίο προήλθε η εξίσωση → μεγάλο μέγεθος, αντιπροσωπευτικόκαι ετερογενές • Ειδική για το φύλο εξίσωση εκτίμησης FM
Pongchaiyakul και συν. 2	• Αυξημένο λίπος σώματος → χαρακτηριστικό και των δύο πληθυσμών →παρόμοια σύσταση σώματος • Ανεξάρτητη μεταβλητή της εξίσωσης → η ηλικία
Visser και συν. 2 και 3	• Ειδικές για την ηλικία εξίσωσεις πρόβλεψης FM • Αυξημένος μέσος όρος BMI και σωματικού λίπους και των δύο πληθυσμών → παρόμοια σύσταση σώματος ✓ Από τη σύγκριση των δύο εξισώσεων : όσο περισσότερες δερματικές πτυχές υπάρχουν ως μεταβλητές τόσο καλύτερη εκτίμηση γίνεται

- **Κριτήρια επιλογής εξισώσεων εκτίμησης FM για ανάλογο πληθυσμό**

✓ Παρόμοια σύσταση σώματος δύο πληθυσμών (μέσος όρος BMI, μέσος όρος λίπους)

✓ Παρόμοια εθνικότητα

✓ Εξίσωση ειδική για ηλικία

✓ Εξίσωση ειδική για φύλο

✓ Ανεξάρτητη μεταβλητή εξίσωσης : η ηλικία

✓ Πολλές δερματικές πτυχές ως μεταβλητές μίας εξίσωσης

- **Εξισώσεις εκτίμησης άλιπης μάζας σώματος (FFM)**

- **Ποιες εξισώσεις εκτίμησης άλιπης μάζας σώματος λειτούργησαν καλύτερα**

Από τις εξισώσεις της βιβλιογραφίας που συλλέχθηκαν και εκτιμούν την άλιπη μάζα σώματος, τέσσερεις από αυτές φάνηκε ότι λειτούργησαν καλύτερα και έκαναν ακριβείς εκτιμήσεις όταν εφαρμόστηκαν στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης:

- των Kanellakis και συν. (-0,13 ± 1.98 κιλά)
- των Kontogianni και συν. (-0,57 ± 2,08 κιλά)
- των Segal και συν. η 2η (0,47 ± 2,24 κιλά)
- των Haapala και συν. (0,62 ± 2,24 κιλά)

Όσον αφορά τις παραπάνω εξισώσεις παρατηρούμε ότι τόσο τα σφάλματα εκτίμησης όσο και οι τυπικές αποκλίσεις είναι μικρά, γεγονός που ενισχύει περισσότερο την εγκυρότητα των συγκεκριμένων εξισώσεων.

- **Πιθανοί λόγοι καλής λειτουργίας των εξισώσεων πρόβλεψης FFM που εκτίμησαν τη λιπώδη μάζα σώματος με μεγάλη ακρίβεια**

Η **εξίσωση BIA των Kanellakis και συν.** που ήταν μία από τις εξισώσεις πρόβλεψης FFM που λειτούργησε καλά, όπως προαναφέρθηκε *προέκυψε από ένα μέρος των γυναικών (n=131) που συμμετείχαν και στην παρούσα μελέτη.* Εκτός αυτού οι *ομοιότητες στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά* των ατόμων των δύο μελετών είναι πιθανόν είναι ισχυρός παράγοντας καλής λειτουργίας της εξίσωσης. Εκτός αυτού, πιθανός λόγος του μικρού σφάλματος της εξίσωσης μπορεί να παίζει και η *επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών* R/H^2 *και* X/H^2. Έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές ότι η ακρίβεια μίας εξίσωσης BIA εξαρτάται από τις μεταβλητές που θα περιλαμβάνονται στην εξίσωση αυτή Σε έρευνα των Kyle και συν. [74], αναφέρεται ότι η αντίσταση R αυξάνεται με την ηλικία , αντανακλώντας μία μείωση της FFM, ενώ αντίθετα η χωρητική αντίσταση Xc φαίνεται ότι είναι ευαίσθητη στη μείωση της FFM με την ηλικία και προτείνεται ως ένας δείκτης μείωσης της FFM. Οι Kyle και

συν.[74] κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μη ωμική αντίσταση Xc φαίνεται να είναι σημαντική μεταβλητή των εξισώσεων BIA που δημιουργούνται για πληθυσμούς με μεγάλο εύρος ηλικίας ή απευθύνονται σε άτομα των οποίων η FFM είναι γνωστό ότι μειώνεται με την ηλικία , όπως τα άτομα άνω των 60 ετών. Οι Hewitt και συν. [92] επίσης βρήκαν ότι η προσθήκη της μεταβλητής Xc βελτιώνει τις εξισώσεις πρόβλεψης FFM και TBW στους ηλικιωμένους. Η χωρητική αντίσταση Xc είναι αποτέλεσμα της χωρητικότητας των μεμβρανών των κυττάρων και πιθανά συνδέεται με αλλαγές στη διαπερατότητα των μεμβρανών. Η χωρητική αντίσταση έχει αναφερθεί ότι είναι ευαίσθητη στην κατανομή του ολικού νερού μεταξύ ενδοκυττάριων και εξωκυττάριων χώρων [74]. Αλλαγές στα ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια ποσοστά υγρών που έχουν αναφερθεί στα άτομα μεγάλης ηλικίας [73], μπορεί να είναι ένας πιθανός λόγος που η συμπερίληψη της Xc στην εξίσωση βελτιώνει την προβλεπτική ικανότητα για την FFM στα ηλικιωμένα άτομα [74]. Επίσης το γεγονός ότι η εξίσωση είναι *ειδική για την ηλικία* μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στη βελτιωμένη προβλεπτική ικανότητα που παρουσιάζει όταν εφαρμόζεται στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης. Τέλος η εθνικότητα των δύο λαών που είναι η ίδια (Ελληνίδες Καυκάσιες) είναι ένας πιθανός λόγος που η συγκεκριμένη εξίσωση εμφανίζει καλή συμφωνία με την πρότυπη μέθοδο DXA. Τέλος, το γεγονός ότι οι δύο εξισώσεις πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο πανεπιστήμιο και με τα ίδια όργανα και συσκευές (ζυγαριά, αναστημόμετρο, δερματοπτυχόμετρο, συσκευή BIA και DXA), μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στην καλή λειτουργία της συγκεκριμένης εξίσωσης.

Όσον αφορά της εξίσωση των **Kontogianni και συν.** που έδειξε καλή συμφωνία με τη μέθοδο αναφοράς, πιθανά ισχυρός λόγος είναι ότι τα δείγματα και των δύο μελετών αποτελούνται από Ελληνίδες Καυκάσιες. Δηλαδή *η ομοιότητα όσον αφορά την εθνικότητα,* είναι ένας πιθανός λόγος της καλής συμφωνίας της εξίσωσης με τη μέθοδο αναφοράς. Επιπλέον το γεγονός ότι *ο μέσος όρος του BMI* των γυναικών και *στις δύο μελέτες ήταν αρκετά υψηλός*, δείχνει ότι η *σύσταση σώματος* των δύο πληθυσμών είναι *παρόμοια,* χαρακτηριστικό που πιθανόν συμβάλει στην καλή λειτουργία της εξίσωσης, αφού όπως έχει αναφερθεί η διαφορά της σύστασης σώματος δύο πληθυσμών μπορεί να είναι ένας λόγος σημαντικής υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης της από την εξίσωση, γεγονός που έχει επισημανθεί και από άλλους ερευνητές [57, 75]. Επιπρόσθετα το γεγονός ότι η εξίσωση είναι *ειδική για την ηλικία*

μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στη βελτιωμένη προβλεπτική ικανότητα που παρουσιάζει όταν εφαρμόζεται στο σύνολο του πληθυσμού της μελέτης. *Η ηλικία ως μεταβλητή της εξίσωσης* μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στην καλή λειτουργία της εξίσωσης [88, 90]. Επιπρόσθετα ένας πιθανός λόγος που η εξίσωση των Kontogianni και συν., λειτούργησε καλά, είναι το γεγονός ότι και στις δύο μελέτες για τη διεξαγωγή των ανθρωπομετρικών και BIA μετρήσεων καθώς και για τη μέτρηση DXA χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια όργανα και συσκευές, αφού οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο πανεπιστήμιο και ο εξοπλισμός ήταν κοινός. Η μεταβλητότητα των οργάνων και συσκευών μπορεί να οδηγούν σε λάθη, τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση αποφεύγονται.

Η εξίσωση των **Segal και συν. τη 2η** φάνηκε από το σφάλμα εκτίμησης και τα όρια συμφωνίας ότι λειτούργησε καλά στην εκτίμηση της FFM. Ένας πιθανός λόγος που συνέβη αυτό είναι το γεγονός ότι η εξίσωση αυτή προήλθε από τον παχύσαρκο γυναικείο πληθυσμό του δείγματος της μελέτης των Segal και συν., όταν αυτός χωρίστηκε σε ομάδες φυσιολογικών (BF<30%) και παχύσαρκων (BF>30%) γυναικών. Επειδή το δείγμα της μελέτης μας αποτελούταν από πολλές υπέρβαρες και παχύσαρκες γυναίκες (μέσος όρος λίπους σώματος δείγματος = 30.93±8.39 kg), είναι λογικό αυτή η εξίσωση να κάνει καλή εκτίμηση αφού η σύσταση σώματος των δύο πληθυσμών είναι παρόμοια. Οι Segal και συν.[79] συμπέραναν ότι η βελτίωση στην εκτίμηση της FFM με τη χρήση ειδικών για το λίπος εξισώσεων δείχνει ότι το σωματικό λίπος έχει μία ανεξάρτητη επίδραση στη σχέση της αντίστασης R (BIA) ή κάποιας άλλης μεταβλητής με την FFM, κάτι το οποίο υποστηρίζεται και από ευρήματα προηγούμενης μελέτης [93], στην οποία το λάθος στην πρόβλεψη της FFM ήταν σημαντικά συνδεδεμένο με το % BF. Έτσι είναι πιθανό η ακρίβεια της πρόβλεψης της FFM να αυξάνεται με τις *ειδικές για το λίπος εξισώσεις*. Επιπλέον το γεγονός ότι στην εξίσωση *υπάρχει ως ανεξάρτητη μεταβλητή η ηλικία* μπορεί να αποτελεί ένα πιθανό λόγο που αυτή εκτιμά την FFM με μικρό σφάλμα. Στην εξίσωση των Segal και συν. 2, παρατηρούμε ότι το ύψος και η αντίσταση R συμπεριλαμβάνονται και οι δύο ως ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξίσωση. Σε έρευνα [57], αναφέρεται ότι οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται σε μία εξίσωση μπορεί να την επηρεάζουν και να εξηγούν λάθη που γίνονται. Στην ίδια έρευνα φάνηκε ότι όταν εφαρμόστηκαν στο δείγμα τόσο η εξίσωση των Segal και συν. [79] που περιείχε ως ανεξάρτητες μεταβλητές το ύψος και την αντίσταση R, όσο και των Heitman [76] που περιελάμβανε τις μεταβλητές H^2/R και H μαζί με το βάρος και την ηλικία, και οι δύο ήταν

πολύ ακριβείς και έκαναν εκτίμηση FFM με πολύ μικρό σφάλμα. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε και να υποθέσουμε ότι *η χρήση των μεταβλητών ύψος και αντίσταση όταν χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα* και όχι ως λόγος ύψος ^{2}/ αντίσταση, οδηγούν σε πιο ακριβή αποτελέσματα, όπως συμβαίνει και στην παρούσα μελέτη με την εφαρμογή της εξίσωσης των Segal και συν.

Η εξίσωση των **Haapala και συν.**, ήταν μία από τις εξισώσεις που λειτούργησαν καλά όταν εφαρμόστηκαν στο δείγμα της μελέτης μας. Παρατηρούμε ότι αυτή η εξίσωση περιέχει τόσο μεταβλητές ανθρωπομετρίας (BMI, W, H, WHR), όσο και τη μεταβλητή BIA R. Όπως έχουν αναφέρει και οι Piers και συν., η προσθήκη ανθρωπομετρικών μετρήσεων του κορμού ή και των άκρων έχει φανεί ότι βελτιώνουν την προβλεπτική ικανότητα των εξισώσεων[57]. Κάτι τέτοιο παρατηρήθηκε στην έρευνα των Piers και συν.[82] όταν προστέθηκε η περιφέρεια βραχίονα και η δερματική πτυχή τρικεφάλου στην εξίσωση BIA των Heitmann και συν.[76], οπότε και βελτιώθηκε η προβλεπτική της ικανότητα. Έτσι η αυθεντική εξίσωση που προερχόταν από δανέζικο πληθυσμό ηλικίας 35-65 ετών, χρησιμοποιήθηκε να προβλέψει τη σύσταση σώματος σε πληθυσμό από την Αυστραλία με μεγαλύτερο εύρος ηλικία (19-77 ετών). Η *ύπαρξη του ύψους και της αντίστασης R ως ανεξάρτητες μεταβλητές της εξίσωσης* μπορεί να συμβάλει στην καλή λειτουργία αυτής, ενώ το *αυξημένο λίπους σώματος των ατόμων και των δύο μελετών (παρόμοια σύσταση σώματος)* μπορεί να είναι ένας ακόμα παράγοντας που βελτιώνει την προβλεπτική ικανότητα της εξίσωσης.

Εξίσωση	Λόγοι καλής λειτουργίας
Εξισώσεις πρόβλεψης FFM	
Kanellakis και συν.	• Μεγάλο μέρος του δείγματος του πληθυσμού της παρούσας μελέτης αποτελούσε και μέρος του πληθυσμού από τον οποίο προήλθε η εξίσωση • Όμοια ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (μέσος όρος BMI και μέσος όρος % λίπους σώματος) → παρόμοια σύσταση σώματος • Ανεξάρτητες μεταβλητές εξίσωσης →R/H^2 και Xc/H^2 • Ειδική για την ηλικία εξίσωση πρόβλεψης FM • Ίδια εθνικότητα (Ελληνίδες Αθηναίες)
Kontogianni και συν.	• Ίδια εθνικότητα (Ελληνίδες Αθηναίες) • Υψηλός μέσος όρος BMI και στους δύο πληθυσμούς → παρόμοια σύσταση σώματος • Εξίσωση ειδική για την ηλικία • Ανεξάρτητη μεταβλητή της εξίσωσης → η ηλικία • Ίδια όργανα ανθρωπομετρίας, συσκευή BIA και DXA →αποφυγή σφαλμάτων λόγω μεταβλητότητας οργάνων
Segal και συν. 2	• Παρόμοια σύσταση σώματος δύο πληθυσμών (αυξημένο σωματικό λίπος) • Εξίσωση πρόβλεψης FFM είδική για το λίπος • Ανεξάρτητη μεταβλητή της εξίσωσης → η ηλικία • Μεταβλητές H και R ξεχωριστές ανεξάρτητες μεταβλητές και όχι λόγος H^2/R
Haapala και συν.	• Σε μία εξίσωση ύπαρξη ταυτόχροα ανθρωπομετρικών μεταβλητών και μεταβλητών BIA • Μεταβλητές H και R ξεχωριστές ανεξάρτητες μεταβλητές και όχι λόγος H^2/R • Παρόμοια σύσταση σώματος (αυξημένο σωματικό λίπος)

- **Κριτήρια επιλογής εξισώσεων εκτίμησης FM για ανάλογο πληθυσμό**

✓ Παρόμοια σύσταση σώματος δύο πληθυσμών (μέσος όρος BMI, μέσος όρος λίπους)

✓ Παρόμοια εθνικότητα

✓ Εξίσωση ειδική για ηλικία

✓ Εξίσωση πρόβλεψης FFM ειδική για το λίπος

✓ Ανεξάρτητη μεταβλητή εξίσωσης : η ηλικία

✓ Ανεξάρτητη μεταβλητη εξίσωσης : Xc

✓ Μεταβλητές R και H ξεχωριστά και όχι ως λόγος H^2/R

✓ Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά BIA ταυτόχρονα ως μεταβλητές μίας εξίσωσης

4.2 Βελτίωση προβλεπτικής ικανότητας εξισώσεων σε κάποια κατηγορία όταν το δείγμα χωρίστηκε με βάση τα όρια για το δείκτη μάζας σώματος.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΛΙΠΩΔΟΥΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ		**ΥΠΕΡΒΑΡΕΣ**		**ΠΑΧΥΣΑΡΚΕΣ**	
	Bias (kg)±τ.α.	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**
ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
Α. ΛΙΠΩΔΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FM ΣΕ KG)						
Kanellakis et al2009	1.84 (2,41)†	0,664	0,39 (2,55)	0,640	-0,02 (2,99)	0,752
Martarelli et al 2008	-2,04 (2,98)†	0,466	-1,38 (2,96)†	0,497	0,88 (3,91)†	0,627
Β. %ΛΙΠΟΥΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (%BF)						
Pongchayakul et al 2004(1)	-2,96 (2,18)†	0,734	-4,24 (2,04)†	0,765	-2,44 (3,15)†	0,833
Pongchayakul et al 2004(2)	-2,27 (2,40)†	0,694	-2,15 (2,17)†	0,730	1,94 (4,03)†	0,787
Kwok et al 2000	1,43 (2,06)†	0,746	1,57 (2,41)†	0,690	4,78 (3,66)†	0,805
Lean et al 1996 (1)	3,27 (2,90)†	0,568	2,70 (4,04)†	0,446	4,36 (5,40)†	0,584
Lean et al 1996 (2)	2,73 (2,80)†	0,565	2,61 (3,70)†	0,457	5,34 (5,00)†	0,652
Noppa et al1979	-3,72 (2,19)†	0,736	-6,31 (2,48)†	0,650	-9,02 (2,72)†	0,817
Γ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ (BD)						
Durnin et al 1973(1)	0,18 (2,45)	0,644	1,86 (3,26)†	0,468	-4,01 (3,42)†	0,679
Durnin et al 1973(2)	-0,28 (2,30)	0,680	-2,54 (2,80)†	0,567	-5,13 (2,26)†	0,707
Durnin et al 1973(3)	0,08 (2,36)	0,665	-2,15 (2,95)†	0,533	-4,51 (2,27)†	0,704
Visser et al 1993(1)	2,25 (2,32)†	0,731	1,39 (2,14)†	0,731	3,29 (3,08)†	0,813
Visser et al 1993(2)	4,40 (2,26)†	0,719	1,62 (2,48)†	0,648	-1,28 (2,86)†	0,788
Visser et al 1993(3)	3,66 (2,20)†	0,732	1,07 (2,50)†	0,641	-1,69 (2,91)†	0,780

- **Διερεύνηση πιθανών λόγων βελτίωσης της προβλεπτικής ικανότητας των εξισώσεων σε κάποια από τις τρεις κατηγορίες BMI.**

Όταν οι εξισώσεις πρόβλεψης FM εφαρμόστηκαν ξεχωριστά στην κατηγορία των φυσιολογικών, των υπέρβαρων και των παχύσαρκων γυναικών του δείγματος της παρούσας μελέτης, καμία από αυτές δεν είχε την ίδια προβλεπτική αξία και στις τρεις κατηγορίες, αφού φάνηκε ότι όλων η προβλεπτική ικανότητα βελτιωνόταν περισσότερο μόνο σε μία από τις τρεις κατηγορίες BMI.

Όσον αφορά τις εξισώσεις των οποίων **η προβλεπτική ικανότητα φαίνεται βελτιωμένη στην κατηγορία των γυναικών με φυσιολογικό BMI** (N=53, M.O. BMI = 23.25±1.44 kg/ m^2), έχουμε να παρατηρήσουμε ότι και οι πέντε περιέχουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές συνδυασμό δύο ή περισσότερες δερματικές πτυχές. Έτσι πιθανολογούμε ότι οι *δερματικές πτυχές ως μεταβλητές* μίας εξίσωσης πρόβλεψης FM μπορεί να βελτιώνουν την ικανότητα αυτής της εξίσωσης να εκτιμά την FM με μεγαλύτερη ακρίβεια όταν εφαρμόζεται στην κατηγορία των γυναικών με φυσιολογικό BMI. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει αφού όπως έχει αναφερθεί και από άλλους [65], η μέτρηση των δερματικών πτυχών σε υπέρβαρες και παχύσαρκες γυναίκες μεγάλης ηλικίας υπόκειται σε μεγαλύτερα σφάλματα σε σχέση με τη μέτρηση σε φυσιολογικές. Σε φυσιολογικού BMI γυναίκες, οι μετρήσεις των δερματικών πτυχών είναι πιθανόν πιο ακριβείς και γι' αυτό οι εξισώσεις που τις περιέχουν ως μεταβλητές λειτουργούν καλύτερα στην κατηγορία BMI φυσιολογικών. Ωστόσο, επισημαίνουμε ότι δερματικές πτυχές ως μεταβλητές περιέχουν και κάποιες άλλες εξισώσεις οι οποίες όμως εκτιμούν με μικρότερο σφάλμα στην κατηγορία των παχύσαρκων ή υπέρβαρων γυναικών.

Σχετικά με τις εξισώσεις που **η ικανότητα πρόβλεψης της FM είναι βελτιωμένη στις παχύσαρκες γυναίκες**, όλες εκτός από μία (των Visser και συν. 2), έχουν ως ανεξάρτητη μεταβλητή το *BMI*. Έτσι ενδέχεται το BMI να είναι μία μεταβλητή η οποία όταν συμπεριλαμβάνεται σε κάποια εξίσωση πρόβλεψης FM να αυξάνει την ικανότητα αυτής της εξίσωσης να εκτιμά την FM με μικρότερο σφάλμα στην κατηγορία των παχύσαρκων γυναικών. Με άλλα λόγια η μεταβλητή BMI πιθανόν κάνει πιο ευαίσθητη την εκτίμηση της FM στις παχύσαρκες γυναίκες. Το αυξημένο BMI των παχύσαρκων γυναικών της παρούσας μελέτης οφείλεται στο αυξημένο λίπος σώματος αυτών και όχι στην αυξημένη μυϊκή μάζα τους, δεδομένης της χαμηλής φυσικής δραστηριότητάς τους. Άρα το BMI και το ποσοστό λίπους πιθανόν σχετίζονται πολύ στις παχύσαρκες γυναίκες και γι' αυτό το BMI ως μεταβλητή κάνει πιο ευαίσθητη τη λειτουργία των εξισώσεων στις παχύσαρκες γυναίκες. Ωστόσο, πρέπει

να σημειώσουμε ότι το BMI ως μεταβλητή υπάρχει και σε άλλες δύο εξισώσεις των οποίων η προβλεπτική ικανότητα βελτιώνεται στις φυσιολογικές και υπέρβαρες γυναίκες.

- **Παρατηρήσεις για ορισμένες εξισώσεις πρόβλεψης FM και για την προβλεπτική τους ικανότητα στις τρεις κατηγορίες ΔΜΣ (φυσιολογικές, υπέρβαρες, παχύσαρκες)**

- **Εξίσωση των Kanellakis και συν.**

Η εξίσωση αυτή παρουσιάζει βελτιωμένη λειτουργία στην κατηγορία των παχύσαρκων γυναικών. Ωστόσο, αν κρίνουμε από το σφάλμα εκτίμησης της εξίσωσης στις δύο άλλες κατηγορίες, παρατηρούμε ότι στην ομάδα των υπέρβαρων γυναικών η εξίσωση κάνει πολύ καλή εκτίμηση της λιπώδους μάζας, ενώ στην ομάδα των φυσιολογικών η υπερεκτίμηση της λιπώδους μάζας είναι αρκετά μεγάλη (1,84 ±2,41 κιλά). Συμπεραίνουμε ότι η χρήση της συγκεκριμένης εξίσωσης για εκτίμηση FM μπορεί να προταθεί για πληθυσμούς υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών, αλλά όχι για πληθυσμό φυσιολογικών.

- **Εξίσωση των Martarelli και συν.**

Η προβλεπτική ικανότητα αυτής της εξίσωσης βελτιώνεται στις παχύσαρκες γυναίκες παρόλο που η εξίσωση έχει προέλθει από πληθυσμό με φυσιολογικό μέσο όρο BMI (23,04 ± 4.64 kg/m^2) και χαμηλό μέσο όρο % σωματικού λίπους (28.2 ± 7.97 kg/m^2). Παρατηρούμε ότι μοναδική μεταβλητή της εξίσωσης είναι το BMI. Αυτός είναι πιθανόν ο λόγος που η εξίσωση εκτιμά την FM με μικρότερο σφάλμα στις παχύσαρκες γυναίκες, παρόλο που προέρχεται από πληθυσμό φυσιολογικών γυναικών. Πιθανόν, η μοναδική μεταβλητή BMI αυξάνει την ευαισθησία της εξίσωσης ώστε αυτή να εκτιμά τη λιπώδη μάζα με μικρό σφάλμα στις παχύσαρκες παρά στις αδύνατες. Η χρήση αυτής της εξίσωσης λοιπόν συστήνεται όταν θέλουμε να εκτιμήσουμε την λιπώδη μάζα σώματος σε παχύσαρκο γυναικείο πληθυσμό.

- **Εξισώσεις των Pongchayakul και συν.**

Οι δύο εξισώσεις των Pongchaiyakul και συν. προέκυψαν από μέρος του γενικού πληθυσμού της Ταυλάνδης. Παρόλο που η προβλεπτική ικανότητα των δύο αυτών εξισώσεων παρουσιάζεται βελτιωμένη στην ομάδα των παχύσαρκων γυναικών, ούτε σε αυτή την ομάδα, αλλά ούτε και στις υπέρβαρες και φυσιολογικές γυναίκες, γίνεται ακριβής εκτίμηση, αφού τα σφάλματα είναι αρκετά μεγάλα. Γι' αυτό το λόγο αυτές οι εξισώσεις δεν προτείνονται για εφαρμογή και εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος σε καμία από τις τρεις υποομάδες ανάλογου γυναικείου πληθυσμού.

Όπως προαναφέρθηκε για την $2^{η}$ εξίσωση των Pongchaiyakul και συν., παρουσίασε αυξημένα σφάλματα εκτίμησης όταν εφαρμόστηκε στις τρεις κατηγόριες BMI ξεχωριστά. Ωστόσο, η ίδια εξίσωση ανήκει στις πέντε καλύτερες που όταν εφαρμόστηκε στον γενικό πληθυσμό της παρούσας μελέτης εκτίμησε την λιπώδη μάζα με μικρό σφάλμα (-0,52 ± 3,70 κιλά). Αυτό μας οδηγεί στην υπόθεση ότι η ευαισθησία εκτίμησης αυτής της εξίσωσης βελτιώνεται όταν αυτή εφαρμόζεται σε μεικτό πληθυσμό, παρά όταν εφαρμόζεται ξεχωριστά σε πληθυσμό φυσιολογικών, υπέρβαρων ή παχύσαρκων γυναικών.

Αν συγκρίνουμε τις δύο εξισώσεις των Pongchaiyakul και συν. παρατηρούμε ότι η $2^{η}$ εξίσωση κάνει καλύτερες εκτιμήσεις της λιπώδους μάζας σώματος όταν εφαρμόζεται τόσο στο γενικό πληθυσμό, όσο και στις τρεις ομάδες BMI σε σχέση με την $1^{η}$ εξίσωση. Παρατηρούμε ότι η $1^{η}$ εξίσωση έχει μεταβλητές το BMI, την περιφέρεια ισχίου (HC) και την υπερλαγόνια δερματική πτυχή, ενώ η $2^{η}$ έχει το BMI, την ηλικία και το φύλο. Συμπεραίνουμε πιθανόν ότι η ταυτόχρονη ύπαρξη των μεταβλητών BMI, ηλικίας και φύλου στην εξίσωση αυξάνει την ευαισθησία της εξίσωσης σε σχέση με την ταυτόχρονη ύπαρξη των μεταβλητών BMI, περιφέρειας ισχίου (HC) και υπερλαγόνιας δερματικής πτυχής της $1^{ης}$ εξίσωσης.

- **Εξίσωση των Kwok και συν**.

Η εξίσωση αυτή έχει προέλθει από Ασιατικό πληθυσμό (Χονγκ Κονγκ) ατόμων μεγαλύτερης ηλικίας (69-82 ετών) τα οποία είχαν μέσο όρο ΔΜΣ 23.4 ± 3.9 kg/ m^2 και μέσο όρο % λίπους σώματος 34,7 ± 8,5. Η προβλεπτική ικανότητα της συγκεκριμένης εξίσωσης, αν κρίνουμε από τα σφάλματα εκτίμησης στις τρεις κατηγορίες BMI, φαίνεται ότι είναι βελτιωμένη στην κατηγορία του φυσιολογικού BMI (δηλαδή σε αυτή την κατηγορία εκτιμούν την FM με μικρότερο σφάλμα απ' ότι στις άλλες δύο). Ωστόσο, τόσο στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών που φαίνεται βελτιωμένη η προβλεπτική ικανότητα της εξίσωσης, όσο και σε αυτές των υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών, το σφάλμα εκτίμησης της λιπώδους μάζας σώματος είναι αρκετά μεγάλο. Η χρήση της συγκεκριμένης εξίσωσης για εκτίμηση της FM δεν προτείνεται σε καμία από τις τρεις κατηγορίες BMI.

- **Εξισώσεις των Lean και συν.**

Και οι δύο εξισώσεις των Lean και συν. φαίνεται ότι βελτιώνουν την προβλεπτική τους ικανότητα στην κατηγορία των υπέρβαρων γυναικών. Ωστόσο για καμία ομάδα BMI δεν προτείνεται η χρήση τους για την εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος, αφού τα σφάλματα είναι αρκετά μεγάλα και στις τρεις κατηγορίες.

- **Εξίσωση των Noppa και συν.**

Η εξίσωση μπορεί να βελτιώνει την προβλεπτική της ικανότητα στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών, αλλά γενικά οι εκτιμήσεις της λιπώδους μάζας δεν είναι καλές σε καμία κατηγορία BMI, με χειρότερη αυτή στην κατηγορία των παχύσαρκων γυναικών (-9,02±2,72 κιλά). Γενικά η λειτουργία της είναι χείριστη και δεν προτείνεται η χρήση της για την εκτίμηση της λιπώδους μάζας.

- **Εξισώσεις των Durnin και συν.**

Οι τρεις εξισώσεις των Durnin και συν. εκτιμούν με μεγάλη ακρίβεια την FM στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών, ενώ όσο αυξάνεται το BMI, αυξάνεται και το σφάλμα εκτίμησης κυρίως στην ομάδα των παχύσαρκων γυναικών. Η χρήση αυτών των εξισώσεων προτείνεται όταν ο πληθυσμός ή το άτομο του οποίου θέλουμε να εκτιμήσουμε την λιπώδη μάζα σώματος είναι φυσιολογικού BMI.

- **Εξισώσεις των Visser και συν.**

Οι τρεις εξισώσεις των Visser συν. γενικά δεν κάνουν καλές εκτιμήσεις σε καμία κατηγορία BMI και γι' αυτό δεν ανήκουν στις εξισώσεις που προτείνονται για χρήση με σκοπό την εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία BMI. Ωστόσο, όταν αυτές εφαρμόστηκαν στο σύνολο του δείγματος της μελέτης τόσο η $2^{η}$ όσο και η $3^{η}$ ήταν μέσα στις πέντε καλύτερες που εκτίμησαν με μεγάλη ακρίβεια τη λιπώδη μάζα σώματος. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι πιθανόν η ευαισθησία εκτίμησης αυτών των εξισώσεων βελτιώνεται όταν αυτές εφαρμόζονται σε μεικτό πληθυσμό, παρά όταν εφαρμόζονται ξεχωριστά σε πληθυσμό φυσιολογικών, υπέρβαρων ή παχύσαρκων γυναικών.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΛΙΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ BMI		*ΥΠΕΡΒΑΡΟ BMI*		*ΠΑΧΥΣΑΡΚΟ BMI*	
	Bias (kg)±τ.α.	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**	**Bias (kg)±τ.α.**	**R^2**
• ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ:						
ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ (TBW)						
Watson et al 1980 (1)	2,20 (2,16)†	0,375	3,47 (2,15)†	0,627	4,25 (2,43)†	0,604
Watson et al 1980(2)	2,40 (2,24)†	0,296	3,95 (2,34)†	0,584	5,09 (2,48)†	0,581
Watson et al 1980(3)	-0,48 (2,35)	0,350	1,02 (2,23)†	0,623	2,26 (2,63)†	0,579
• ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΟΥΝ						
Α. ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)						
Kanellakis et al 2009	-1,30 (1,75)†	0,582	-0,16 (1,72)	0,752	0,45 (2,10)†	0,691
Kontogianni et al 2004	-0,83 (2,08)†	0,419	-0,53 (1,92)†	0,694	-0,50 (2,24)†	0,656
Dey et al 2003	2,88 (1,81)†	0,557	3,41 (1,90)†	0,709	3,61 (2,15)†	0,697
Kyle et al 2001	-0,09 (1,65)	0,637	1,14 (1,68)†	0,785	2,09 (2,21)†	0,716
Roubenoff et al 1997	-1,59 (1,68)†	0,602	-1,36 (1,81)†	0,752	-1,77 (2,07)†	0,709
Heitmann et al 1990	1,76 (1,84)†	0,572	1,86 (1,89)†	0,728	1,35 (2,33)†	0,654
Deurenberg et al 1991	-3,13 (2,01)†	0,552	-2,09 (2,04)†	0,731	-1,09 (2,56)†	0,672
Gray et al 1989	-1,40 (2,37)†	0,546	-1,42 (2,22)†	0,714	-2,17 (2,62)†	0,616
Segal et al 1988 (1)	5,19 (2,02)†	0,527	7,72 (2,07)†	0,701	10,39 (2,62)†	0,659
Segal et al 1988 (2)	-0,80 (1,92)†	0,549	0,37 (1,95)†	0,716	1,15 (2,40)†	0,651
Segal et al 1988 (3)	1,00 (1,83)†	0,593	1,71 (1,88)†	0,734	1,84 (2,30)†	0,663
Β. ΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ						
Lukaski et al 1988	-10,86 (1,92)†	0,542	-9,99 (1,85)†	0,734	-9,17 (2,31)†	0,723
Kushner et al 1986	3,61 (1,83)†	0,560	4,25 (1,90)†	0,711	4,64 (2,19)†	0,699
• ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΑ ΠΟΥΕΚΤΙΜΟΥΝ						
ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (FFM σε KG)						
Haapala et al 2002	0,02 (2,16)	0,591	0,73 (2,14)†	0,679	0,80 (2,33)†	0,650
Piers et al 2000	-1,22 (2,05)†	0,548	-1,58 (2,50)†	0,615	-1,99 (2,92)†	0,537

- **Διερεύνηση πιθανών λόγων βελτίωσης της προβλεπτικής ικανότητας των εξισώσεων εκτίμησης FFM σε κάποια από τις τρεις κατηγορίες BMI.**

Όταν οι εξισώσεις πρόβλεψης άλιπης μάζας σώματος εφαρμόστηκαν στις τρεις κατηγορίες BMI ξεχωριστά, όλες εκτός από δύο, φάνηκε ότι είχαν διαφορετική προβλεπτική αξία σε κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες BMI. Εξαίρεση αποτέλεσαν η εξίσωση των Kontogianni και συν. που έκανε την ίδια εκτίμηση άλιπης μάζας σώματος στις υπέρβαρες και στις παχύσαρκες γυναίκες και η εξίσωση των Gray και συν. που εκτίμησε με το ίδιο σφάλμα την άλιπη μάζα σώματος στην ομάδα των φυσιολογικών κι των υπέρβαρων γυναικών.

Για τις τρεις εξισώσεις των οποίων η προβλεπτική ικανότητα βελτιώνεται στις παχύσαρκες γυναίκες, παρατηρούμε ότι περιέχουν ως μεταβλητές τις H^2/R, βάρος και ηλικία. Πιθανολογούμε λοιπόν ότι ο συνδυασμός των παραπάνω μεταβλητών μπορεί να μειώνει το σφάλμα εκτίμησης FFM στην κατηγορία του παχύσαρκου BMI.

- **Παρατηρήσεις για ορισμένες εξισώσεις πρόβλεψης FFM και για την προβλεπτική τους ικανότητα στις τρεις κατηγορίες ΔΜΣ (φυσιολογικές, υπέρβαρες, παχύσαρκες)**

  - **Εξίσωση των Kanellakis και συν.**

Η εξίσωση αυτή έχει βελτιωμένη λειτουργία στην κατηγορία των υπέρβαρων γυναικών, αφού σε αυτή το σφάλμα εκτίμησης είναι μικρότερο σε σχέση με τα σφάλματα στις άλλες δύο ομάδες. Η χρήση της επίσης μπορεί να προταθεί και για την εκτίμηση της FFM σε πληθυσμό παχύσαρκων γυναικών (μικρό σφάλμα -0,16 ± 1,72 κιλά), αλλά δεν αποτελεί την καταλληλότερη επιλογή για εκτίμηση FFM σε πληθυσμό φυσιολογικών γυναικών (σφάλμα -1,30 ± 1,75 κιλά).

- **Εξίσωση των Kontogianni και συν.**

Η εξίσωση αυτή εκτιμά με το ίδιο μικρό σφάλμα στην κατηγορία των υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών, όπως προαναφέρθηκε ήδη. Γενικά όμως η χρήση της προτείνεται για την εκτίμηση της FFM και στις τρεις κατηγορίες BMI, αφού το σφάλμα εκτίμησης είναι μικρό και στην ομάδα των φυσιολογικών γυναικών ,αλλά και στο γενικό πληθυσμό. Πρόκειται δηλαδή για μία εξίσωση με καλή γενική λειτουργία.

- **Εξίσωση Kyle και συν.**

Η συγκεκριμένη εξίσωση εκτιμά με μεγάλη ακρίβεια την άλιπη μάζα σώματος στην ομάδα των φυσιολογικών γυναικών, στην οποία παρουσιάζεται βελτιωμένη και η προβλεπτική της ικανότητα. Ωστόσο στην ομάδα των υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών το σφάλμα εκτίμησης είναι μεγαλύτερο. Η χρήση αυτής της εξίσωσης προτείνεται για την εκτίμηση άλιπης μάζας σώματος σε ανάλογη ομάδα γυναικών με φυσιολογικό BMI.

- **Εξισώσεις των Segal και συν.**

Από τι τρεις εξισώσεις που κατασκεύασαν οι Segal και συν., η χρήση της $1^{ης}$ δεν προτείνεται για εφαρμογή σε καμία από τις ομάδες BMI, αφού η λειτουργία της είναι κακή τόσο στην ομάδα των φυσιολογικών γυναικών που η προβλεπτική ικανότητα παρουσιάζεται βελτιωμένη, όσο και στις άλλες δύο ομάδες, αν κρίνουμε από τα σφάλματα εκτίμησης.

Αντιθέτως, η $2^{η}$ εξίσωση που έχει βελτιωμένη πρόβλεψη στις υπέρβαρες γυναίκες, εκτιμά με μικρό σφάλμα στην κατηγορία των υπέρβαρων, αλλά και των φυσιολογικών γυναικών, αλλά όχι στην κατηγορία των παχύσαρκων.

Τέλος, όσον αφορά την $3^{η}$ εξίσωση των Segal και συν., η προβλεπτική αξία βελτιώνεται στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών και μόνο σε αυτή την κατηγορία προτείνεται για χρήση για εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος.

Συνοψίζοντας, η χρήση της $1^{ης}$ εξίσωσης δεν προτείνεται για χρήση σε καμία από τις τρεις ομάδες BMI, η $2^{η}$ συστήνεται για ομάδες φυσιολογικών και υπέρβαρων γυναικών, ενώ η $3^{η}$ εξίσωση προτείνεται μόνο για τις φυσιολογικού BMI γυναίκες.

- **Εξίσωση των Haapala και συν.**

Παρόλο που η προβλεπτική ικανότητα της εξίσωσης είναι καλύτερη στη κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών, από τα σφάλματα βλέπουμε ότι η λειτουργία της εξίσωσης είναι πολύ καλή και στις άλλες δύο κατηγορίες BMI, αλλά όπως προαναφέρθηκε και στο γενικό πληθυσμό. Πρόκειται για μία γενικά καλή εξίσωση εκτίμησης άλιπης μάζας σώματος, η χρήση της οποίας προτείνεται παντού.

- **Εξισώσεις των Watson και συν.**

Η $1^{η}$ και $2^{η}$ εξίσωση των Watson και συν., που παρουσιάζουν βελτιωμένη προβλεπτική ικανότητα στην ομάδα των φυσιολογικών γυναικών, εκτιμούν με μεγάλο σφάλμα τόσο σε αυτή την ομάδα, όσο και στην κατηγορία των υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών. Η χρήση τους δεν προτείνεται σε καμία κατηγορία BMI για την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος.

Αντιθέτως, η $3^{η}$ εξίσωση εμφανίζει πολύ καλή λειτουργία στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών, στην οποία βελτιώνεται και η προβλεπτική της ικανότητα. Η χρήση αυτής της εξίσωσης σε πληθυσμό με φυσιολογικό BMI αποτελεί μία καλή επιλογή για την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος.

- **Υπόλοιπες εξισώσεις εκτίμησης άλιπης μάζας σώματος**

Όλες οι υπόλοιπες εξισώσεις ανεξάρτητα από την προβλεπτική τους ικανότητα, εκτιμούν με μεγάλο σφάλμα την άλιπη μάζα σώματος σε όλες τις κατηγορίες BMI. Πρόκειται για εξισώσεις που δεν αποτελούν καλές επιλογές για την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος ανάλογου πληθυσμού γυναικών.

4.3 Σύγκριση των εξισώσεων εκτίμησης FM και FFM

Κάνοντας μία γενική σύγκριση των εξισώσεων FM και FFM που εκτίμησαν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη σύσταση σώματος σε σχέση με τη μέθοδο αναφοράς, παρατηρούμε ότι τα σφάλματα όλων των εξισώσεων είναι σχετικά μικρά (όχι >1 κιλό), αλλά οι τυπικές αποκλίσεις των εξισώσεων εκτίμησης FFM είναι εμφανώς μικρότερες από αυτές των εξισώσεων εκτίμησης FM. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η χρήση των εξισώσεων FFM είναι πιο ακριβής και είναι καλύτερο να προτιμάται γιατί είναι πιο πιθανό να οδηγηθούμε σε πιο ακριβή εκτίμηση της σύστασης σώματος.

4.4 Περιορισμοί της μελέτης

Οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης είναι οι εξής:

- Στο δείγμα της παρούσας μελέτης συμπεριλαμβάνονταν φυσιολογικού BMI γυναίκες, υπέρβαρες αλλά και παχύσαρκες. Ωστόσο τα υπέρβαρα (114) και παχύσαρκα (115) άτομα ήταν περίπου τα διπλάσια σε αριθμό από αυτά με φυσιολογικό BMI (55) και γι' αυτό το λόγο ο μέσος όρος BMI του συνόλου του δείγματος προκύπτει ίσος με 29.35±4.72 kg/m^2. Ο έλεγχος της εγκυρότητας των εξισώσεων και η προβλεπτική ικανότητα αυτών πιθανόν να ήταν πολύ καλύτερη αν τα άτομα στην κάθε κατηγορία ήταν ισάριθμα.
- Οι δερματικές πτυχές που μετρήθηκαν στις γυναίκες που συμμετείχαν στις δύο παρόμοιες μελέτες ήταν η δερματική πτυχή δικεφάλου και τρικεφάλου, η υποωμοπλατιαία και η υπερλαγόνια δερματική πτυχή. Μετρήσεις δερματικών πτυχών στα πόδια (κυρίως της μηριαίας δερματικής πτυχής) θα μας έδινε την δυνατότητα ελέγχου εγκυρότητας και άλλων εξισώσεων της βιβλιογραφίας που την περιείχαν ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Ωστόσο δεν ήταν πολύ εύκολο να γίνουν τέτοιου είδους ανθρωπομετρικές μετρήσεις, εξαιτίας της έκθεσης συγκεκριμένων σημείων του σώματος τους, που θα τις έκανε να αισθανθούν άβολα.
- Οι μετρήσεις δερματικών πτυχών σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα υπόκεινται σε μεγαλύτερα σφάλματα και απαιτούν καλά εκπαιδευμένο προσωπικό. Το δείγμα της παρούσας μελέτης περιελάμβανε μεγάλο αριθμό υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το ζητούμενο της παρούσας μελέτης ήταν ο έλεγχος της εγκυρότητας ορισμένων εξισώσεων πρόβλεψης λιπώδους και άλιπης μάζας σώματος σε δείγμα 282 μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών. Μετά από την εφαρμογή αυτών των εξισώσεων πρώτα στο γενικό πληθυσμό και κατόπιν στις τρεις κατηγορίες BMI στις οποίες χωρίστηκε το δείγμα, συμπεράναμε ποιες από αυτές τις εξισώσεις λειτούργησαν καλά και ποιες έκαναν εκτίμηση με μεγάλο σφάλμα στο σύνολο του δείγματος και στις επιμέρους κατηγορίες του BMI. Οι εξισώσεις που φάνηκε ότι εκτίμησαν με μεγάλη ακρίβεια τη λιπώδη και την άλιπη μάζα σώματος αποτελούν εξισώσεις επιλογής για την εκτίμηση της σύστασης σώματος γυναικών παρόμοιας ηλικίας όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη κάποια πρότυπη μέθοδος αναφοράς.

Σε περίπτωση που είναι επιθυμητή η εκτίμηση της σύστασης σώματος γυναικών παρόμοιας ηλικίας με αυτή του δείγματος της παρούσας μελέτης, προτείνεται η χρήση κάποιας εξίσωσης πρόβλεψης λιπώδους ή άλιπης μάζας σώματος που φάνηκε ότι λειτούργησε καλύτερα όταν εφαρμόστηκε στο γενικό πληθυσμό της μελέτης . Πρόκειται για τις παρακάτω εξισώσεις:

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΛΙΠΩΔΟΥΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΟ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ
των Kanellakis και συν. (0,49 ±2.78 κιλά)
των Martarelli και συν. (-0,59 ± 3.59 κιλά)
των Pongchaiyakul και συν. 2 (-0,52 ± 3,70 κιλά)
των Visser και συν. 2 (0,97 ± 3,34 κιλά)
των Visser και συν. 3 (0,44 ± 3,29 κιλά)

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΑΛΙΠΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΟ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ
των Kanellakis και συν. (-0,13 ± 1.98 κιλά)
των Kontogianni και συν. (-0,57 ± 2,08 κιλά)
των Segal και συν. 2 (0,47 ± 2,24 κιλά)
των Haapala και συν. (0,62 ± 2,24 κιλά)

Στην περίπτωση που επιθυμείται η εκτίμηση λιπώδους μάζας σώματος μίας γυναίκας ή ενός πληθυσμού φυσιολογικών γυναικών παρόμοιας ηλικίας με αυτή της παρούσας μελέτης, η χρήση μίας εκ των τριών εξισώσεων των Durnin και συν. αποτελεί πολύ καλή επιλογή, αφού όπως φάνηκε αυτές οι εξισώσεις εκτίμησαν με μεγάλη ακρίβεια τη λιπώδη μάζα σώματος όταν εφαρμόστηκαν στην κατηγορία των φυσιολογικών γυναικών. Αντίστοιχα, όταν είναι επιθυμητή η εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος σε πληθυσμό φυσιολογικών γυναικών, οι εξισώσεις που μπορούμε και προτείνονται να χρησιμοποιήσουμε είναι των Kyle και συν., των Haapala και συν. ή των Watson και συν. η $3^{η}$. Όλες οι παραπάνω είχαν το μικρότερο σφάλμα εκτίμησης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες όταν εφαρμόστηκαν στην ομάδα των φυσιολογικών γυναικών.

Στην περίπτωση που επιθυμείται η εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος σε υπέρβαρες γυναίκες πολύ καλή επιλογή αποτελεί η χρήση της εξίσωσης των Kanellakis και συν., ενώ για την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος προτείνεται η χρήση μιας εκ των εξισώσεων των Kanellakis και συν., Kontogianni και συν., Segal και συν. 2 ή Haapala και συν.

Τέλος, αν σκοπός είναι η εκτίμηση λιπώδους μάζας σώματος σε πληθυσμό παχύσαρκων γυναικών ανάλογης ηλικίας, προτείνονται οι εξισώσεις των Kanellakis και συν. και των Martarelli και συν., αφού φάνηκε ότι λειτούργησαν καλά όταν εφαρμόστηκαν σε αυτή την κατηγορία BMI. Τέλος σε περίπτωση επιθυμητής γρήγορής εκτίμησης άλιπης μάζας σώματος, οι εξισώσεις των Kanellakis και συν., Kontogianni και συν. ή Haapala και συν. αποτελούν τις τρεις καλύτερες εξισώσεις, τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε με μεγαλύτερη πιθανότητα να κάνουμε πιο ακριβή εκτίμηση.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Heymsfield, S.B., *Human Body Composition.*
, 2005(2nd ed.).
2. Μανιός, Ι., *Διατροφική αξιολόγηση* 2006(Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης).
3. Lee, S.Y. and D. Gallagher, *Assessment methods in human body composition.* Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2008. **11**(5): p. 566-72.
4. A. Vander. J.S., D.L., M. Τσακόπουλος, *Φυσιολογία του ανθρώπου* 2001(Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, 8th ed. Vol. 1).
5. Norgan, N.G., *The beneficial effects of body fat and adipose tissue in humans.* Int J Obes Relat Metab Disord, 1997. **21**(9): p. 738-46.
6. Grundy, S.M., et al., *Definition of metabolic syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition.* Circulation, 2004. **109**(3): p. 433-8.
7. Fruhbeck, G., et al., *The adipocyte: a model for integration of endocrine and metabolic signaling in energy metabolism regulation.* Am J Physiol Endocrinol Metab, 2001. **280**(6): p. E827-47.
8. Kershaw, E.E. and J.S. Flier, *Adipose tissue as an endocrine organ.* J Clin Endocrinol Metab, 2004. **89**(6): p. 2548-56.
9. Cannon, B. and J. Nedergaard, *Brown adipose tissue: function and physiological significance.* Physiol Rev, 2004. **84**(1): p. 277-359.
10. Mcardle WD, K.F.a.K.V., *Skeletal muscle: stracture and function* 1991(Chapter 18. In: Exercise physiology (3rd ed.), p. 348-365).
11. AC., G., *Φυσιολογία του ανθρώπου, Μετάφραση από Ευαγγέλου Α και Κουβέλα Η. Αθήνα, Ελλάδα.* 1998(Ιατρικές εκδόσιες Λίτσας).
12. Green, J. and C.R. Kleeman, *Role of bone in regulation of systemic acid-base balance.* Kidney Int, 1991. **39**(1): p. 9-26.
13. Dalle Carbonare, L. and S. Giannini, *Bone microarchitecture as an important determinant of bone strength.* J Endocrinol Invest, 2004. **27**(1): p. 99-105.
14. Turner, C.H., *Biomechanics of bone: determinants of skeletal fragility and bone quality.* Osteoporos Int, 2002. **13**(2): p. 97-104.
15. Behnke AR, W.J., *Evaluation and regulation of body build and composition* 1974(Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall).
16. Siervogel, R.M., et al., *Puberty and body composition.* Horm Res, 2003. **60**(Suppl 1): p. 36-45.
17. Elia, M., *Obesity in the elderly.* Obes Res, 2001. **9 Suppl 4**: p. 244S-248S.
18. Poehlman, E.T., *Menopause, energy expenditure, and body composition.* Acta Obstet Gynecol Scand, 2002. **81**(7): p. 603-11.
19. Carmeli, E., R. Coleman, and A.Z. Reznick, *The biochemistry of aging muscle.* Exp Gerontol, 2002. **37**(4): p. 477-89.
20. Brozek, J., et al., *Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions.* Ann N Y Acad Sci, 1963. **110**: p. 113-40.
21. Butte, N.F., et al., *Body composition during the first 2 years of life: an updated reference.* Pediatr Res, 2000. **47**(5): p. 578-85.
22. Bachrach, L.K., *Acquisition of optimal bone mass in childhood and adolescence.* Trends Endocrinol Metab, 2001. **12**(1): p. 22-8.
23. Heaney, R.P., et al., *Peak bone mass.* Osteoporos Int, 2000. **11**(12): p. 985-1009.

24. Votruba, S.B., M.A. Horvitz, and D.A. Schoeller, *The role of exercise in the treatment of obesity.* Nutrition, 2000. **16**(3): p. 179-88.
25. Jakicic, J.M., et al., *American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults.* Med Sci Sports Exerc, 2001. **33**(12): p. 2145-56.
26. Fry, A.C., *The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations.* Sports Med, 2004. **34**(10): p. 663-79.
27. Lanyon, L.E., *Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone.* Bone, 1996. **18**(1 Suppl): p. 37S-43S.
28. Kerr, D., et al., *Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent.* J Bone Miner Res, 1996. **11**(2): p. 218-25.
29. Rubin, C., et al., *Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety.* J Bone Miner Res, 2004. **19**(3): p. 343-51.
30. Moore, F.D. and C.M. Boyden, *Body Cell Mass and Limits of Hydration of the Fat-Free Body: Their Relation to Estimated Skeletal Weight.* Ann N Y Acad Sci, 1963. **110**: p. 62-71.
31. Ellis, K.J., *Human body composition: in vivo methods.* Physiol Rev, 2000. **80**(2): p. 649-80.
32. Wang, Z.M., R.N. Pierson, Jr., and S.B. Heymsfield, *The five-level model: a new approach to organizing body-composition research.* Am J Clin Nutr, 1992. **56**(1): p. 19-28.
33. Michael J Gibney, H.H.V., Frans J Kok, *Εισαγωγή στη διατροφή του ανθρώπου, επιμέλεια ελληνικής έκδοσης Αντωνία- Λήδα Ματάλα, Μαρία Γιαννακούλια.* Αθήνα 2007(Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε.).
34. WE, S., *Body composition from fluid spaces and density:Analysis of methods.* 1961.
35. Lohman, T.G., *Research progress in validation of laboratory methods of assessing body composition.* Med Sci Sports Exerc, 1984. **16**(6): p. 596-605.
36. Barr, S.I., L.J. McCargar, and S.M. Crawford, *Practical use of body composition analysis in sport.* Sports Med, 1994. **17**(5): p. 277-82.
37. Katch, F., E.D. Michael, and S.M. Horvath, *Estimation of body volume by underwater weighing: description of a simple method.* J Appl Physiol, 1967. **23**(5): p. 811-3.
38. Pace N, R.E., *Studies on body composition :III. The body water and chemically nitrogen content in relation to fat content.* J Biol Chem 1945(158:685-91).
39. 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.
40. Sareen S. Gropper, J.L.S., James L. Groff, *Διατροφή και μεταβολισμός ΙΙ, επιστημονική επιμέλεια Λάμπρος Συντώσης Ph.D.* Αθήνα 2008(Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης).
41. Brodie, D., V. Moscrip, and R. Hutcheon, *Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods.* Nutrition, 1998. **14**(3): p. 296-310.
42. Lukaski, H.C., *Methods for the assessment of human body composition: traditional and new.* Am J Clin Nutr, 1987. **46**(4): p. 537-56.
43. Jebb, S.A., et al., *In vivo measurement of changes in body composition: description of methods and their validation against 12-d continuous whole-body calorimetry.* Am J Clin Nutr, 1993. **58**(4): p. 455-62.
44. Jensen, M.D., *Research techniques for body composition assessment.* J Am Diet Assoc, 1992. **92**(4): p. 454-60.
45. Genant, H.K., et al., *Noninvasive assessment of bone mineral and structure: state of the art.* J Bone Miner Res, 1996. **11**(6): p. 707-30.

46. Laskey, M.A., *Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition.* Nutrition, 1996. **12**(1): p. 45-51.
47. van der Kooy, K. and J.C. Seidell, *Techniques for the measurement of visceral fat: a practical guide.* Int J Obes Relat Metab Disord, 1993. **17**(4): p. 187-96.
48. Prins, S.H., et al., *The role of quantitative ultrasound in the assessment of bone: a review.* Clin Physiol, 1998. **18**(1): p. 3-17.
49. 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.
50. R., A., *Mortality and obesity :the rationale for age-specific height-weight tables.* 1985.
51. Heysfield SB, M.D., *Body composition :reaserch and clinical advances* JPEN 1994.
52. WHO, W.H.O., *Obesity: Preventing and managing the global epidemic.* Geneva, 2000(Technical report).
53. Svendsen, O.L., *Should measurement of body composition influence therapy for obesity?* Acta Diabetol, 2003. **40 Suppl 1**: p. S250-3.
54. Deurenberg, P., *Universal cut-off BMI points for obesity are not appropriate.* Br J Nutr, 2001. **85**(2): p. 135-6.
55. Misra, A. and N.K. Vikram, *Clinical and pathophysiological consequences of abdominal adiposity and abdominal adipose tissue depots.* Nutrition, 2003. **19**(5): p. 457-66.
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. Haapala, I., et al., *Anthropometry, bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of body composition in elderly Finnish women.* Clin Physiol Funct Imaging, 2002. **22**(6): p. 383-91.
58. Visser, M., E. van den Heuvel, and P. Deurenberg, *Prediction equations for the estimation of body composition in the elderly using anthropometric data.* Br J Nutr, 1994. **71**(6): p. 823-33.
59. *Research on the menopause in the 1990s. Report of a WHO Scientific Group.* World Health Organ Tech Rep Ser, 1996. **866**: p. 1-107.
60. Hale, G.E. and H.G. Burger, *Hormonal changes and biomarkers in late reproductive age, menopausal transition and menopause.* Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol, 2009. **23**(1): p. 7-23.
61. Greendale, G.A., N.P. Lee, and E.R. Arriola, *The menopause.* Lancet, 1999. **353**(9152): p. 571-80.
62. Burger, H.G., et al., *Hormonal changes in the menopause transition.* Recent Prog Horm Res, 2002. **57**: p. 257-75.
63. Pines, A. and E.M. Berry, *Exercise in the menopause - an update.* Climacteric, 2007. **10 Suppl 2**: p. 42-6.
64. Martarelli, D., B. Martarelli, and P. Pompei, *Body composition obtained from the body mass index: an Italian study.* Eur J Nutr, 2008. **47**(8): p. 409-16.
65. 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.
66. Pongchaiyakul, C., et al., *Prediction of percentage body fat in rural thai population using simple anthropometric measurements.* Obes Res, 2005. **13**(4): p. 729-38.
67. Kwok, T., J. Woo, and E. Lau, *Prediction of body fat by anthropometry in older Chinese people.* Obes Res, 2001. **9**(2): p. 97-101.
68. Lean, M.E., T.S. Han, and P. Deurenberg, *Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements.* Am J Clin Nutr, 1996. **63**(1): p. 4-14.

69. Noppa, H., et al., *Body composition in middle-aged women with special reference to the correlation between body fat mass and anthropometric data.* Am J Clin Nutr, 1979. **32**(7): p. 1388-95.
70. 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.
71. Watson, P.E., I.D. Watson, and R.D. Batt, *Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements.* Am J Clin Nutr, 1980. **33**(1): p. 27-39.
72. Kontogianni, M.D., D.B. Panagiotakos, and F.N. Skopouli, *Does body mass index reflect adequately the body fat content in perimenopausal women?* Maturitas, 2005. **51**(3): p. 307-13.
73. Dey, D.K. and I. Bosaeus, *Comparison of bioelectrical impedance prediction equations for fat-free mass in a population-based sample of 75 y olds: the NORA study.* Nutrition, 2003. **19**(10): p. 858-64.
74. Kyle, U.G., et al., *Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20--94 years.* Nutrition, 2001. **17**(3): p. 248-53.
75. Roubenoff, R., et al., *Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations.* J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 1997. **52**(3): p. M129-36.
76. Heitmann, B.L., *Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study.* Eur J Clin Nutr, 1990. **44**(11): p. 831-7.
77. Deurenberg, P., et al., *Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study.* Int J Obes, 1991. **15**(1): p. 17-25.
78. Gray, D.S., et al., *Effect of obesity on bioelectrical impedance.* Am J Clin Nutr, 1989. **50**(2): p. 255-60.
79. Segal, K.R., et al., *Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study.* Am J Clin Nutr, 1988. **47**(1): p. 7-14.
80. Lukaski, H.C. and W.W. Bolonchuk, *Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements.* Aviat Space Environ Med, 1988. **59**(12): p. 1163-9.
81. Kushner, R.F. and D.A. Schoeller, *Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis.* Am J Clin Nutr, 1986. **44**(3): p. 417-24.
82. Piers, L.S., et al., *Indirect estimates of body composition are useful for groups but unreliable in individuals.* Int J Obes Relat Metab Disord, 2000. **24**(9): p. 1145-52.
83. De Lorenzo, A., et al., *Comparison of different techniques to measure body composition in moderately active adolescents.* Br J Sports Med, 1998. **32**(3): p. 215-9.
84. Phillips, S.M., et al., *A longitudinal comparison of body composition by total body water and bioelectrical impedance in adolescent girls.* J Nutr, 2003. **133**(5): p. 1419-25.
85. Wickramasinghe, V.P., et al., *Use of skin-fold thickness in Sri Lankan children: comparison of several prediction equations.* Indian J Pediatr, 2008. **75**(12): p. 1237-42.
86. Deurenberg, P., et al., *Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged greater than 60 y.* Am J Clin Nutr, 1990. **51**(1): p. 3-6.
87. Broekhoff, C., et al., *Relative validity of different methods to assess body composition in apparently healthy elderly women.* Ann Nutr Metab, 1992. **36**(3): p. 148-56.
88. Visser, M., P. Deurenberg, and W.A. van Staveren, *Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects.* Eur J Clin Nutr, 1995. **49**(4): p. 256-66.

89. Wang, J., et al., *Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements.* Am J Clin Nutr, 1994. **60**(1): p. 23-8.
90. Cleary, J., et al., *Predictive validity of four bioelectrical impedance equations in determining percent fat mass in overweight and obese children.* J Am Diet Assoc, 2008. **108**(1): p. 136-9.
91. Schaefer, F., et al., *Usefulness of bioelectric impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children.* Pediatr Res, 1994. **35**(5): p. 617-24.
92. Hewitt MJ, L.T., Going SB, Williams DP, *Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis in older men and women.* Med Sci Sports Exerc, 1989.
93. Segal, K.R., et al., *Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study.* J Appl Physiol, 1985. **58**(5): p. 1565-71.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ιωάννη Μανιό, για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του, για τις συμβουλές και εύστοχες πααρατηρήσεις του, καθώς επίσης και τους Κανελλάκη Σπύρο και Γιώργο Μοσχώνη για την βοήθειά που μου προσέφεραν**.**

Την πτυχιακή αυτή την αφιερώνω στην οικογένειά μου και στη Ρούλα για τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους!!!!

Σοφία Χονδρού