ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΜΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑ ΥΓΙΟΥΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΗΛΙΚΙΑΣ 16-78 ΕΤΩΝ – ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΧΑΤΖΑΚΗ ΑΛΚΙΟΝΗ

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων

Τμήμα Διατροφής & Διαιτολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέτρηση σύστασης σώματος και βασικού μεταβολισμού με χρήση πρότυπων και μη μεθόδων σε δείγμα υγιούς πληθυσμού ηλικίας 16-78 ετών – Συσχέτιση αποτελεσμάτων

Χατζάκη Αλκιόνη

ΑΜ: 2109

Επιβλέπων καθηγητής: Ζαφειρόπουλος Βασίλης

ΣΗΤΕΙΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2018

Technological Educational Institute of Crete

School of Agriculture, Food & Nutrition

Department of Nutrition & Dietetics

THESIS

Measurement of Body Composition and Resting Metabolic Rate by using various methods in a healthy population of age 16-78

Chatzaki Alkioni

YD: 2109

SUPERVISOR: Zafiropulos Vassilis

SITIA, DECEMBER 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παχυσαρκία αποτελεί μία υπαρκτή και χρόνια ασθένεια, γεγονός που οδηγεί πολλούς ερευνητές να ασχοληθούν με αυτήν. Ορίζεται ως η μη φυσιολογική ή υπερβάλλουσα συσσώρευση σωματικού λίπους του ατόμου, σε σχέση με τη μάζα του σώματος του. Εκτός από το σωματικό λίπος υπάρχουν και άλλοι παράμετροι που σχετίζονται με αυτή. Η παρούσα μελέτη πραγματοποιείται με σκοπό τη μέτρηση της σύστασης σώματος, του βασικού μεταβολισμού και άλλων παραμέτρων με πρότυπες και μη μεθόδους και τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων. Η έρευνα διενεργήθηκε σε ένα δείγμα 76 υγιών εξεταζόμενων, 33 ανδρών και 43 γυναικών ηλικίας 16-78 ετών στην περιοχή του Ηρακλείου. Στο δείγμα της έρευνάς μας εφαρμόστηκε μια σειρά από διαφορετικές πειραματικές μεθόδους και γνωστές εξισώσεις εκτίμησης. Για τη μέτρηση του ποσοστού σωματικού λίπους (%BF) εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι Ζύγιση στο νερό (UW) με σύγχρονη μέτρηση των πνευμονικών όγκων FRC, ERV και RV, η φασματοσκοπία βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIS), η τετρα-συχνοτική βιοηλεκτρική εμπέδηση (4-freq BIA), η απλή βιοηλεκτρική εμπέδηση μιας συχνότητας (BIA) με χρήση διαφόρων γνωστών εξισώσεων και τέλος, το μοντέλο 3-τμημάτων (3-compartment model). Παράλληλα, στο δείγμα μας εφαρμόστηκε η σπιρομέτρηση (έμμεση θερμιδομετρία), για τη μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR). Επίσης μετρήθηκε ο συντελεστής φυσικής δραστηριότητας PAL, με τη χρήση επιταχυνσιόμετρων.

Συγκρίνοντας τις μεθόδους εκτίμησης του %BF με την πρότυπη μέθοδο (μοντέλο 3-τμημάτων), τα αποτελέσματα της 4-συχνοτικής BIA-Quadscan δίνουν καλύτερη εκτίμηση του %BF, ενώ η εξίσωση με την μεγαλύτερη ακρίβεια βρέθηκε το σετ των τεσσάρων εξισώσεων Segal et al. Συγκρίνοντας τις δύο εξισώσεις εκτίμησης του RMR με την μετρημένη τιμή που προκύπτει από τη μέθοδο Quark PFT η ακριβέστερη εκτίμηση του είναι αυτή της εξ. modified Harris and Benedict. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πάντα υπήρχε σημαντική υπερεκτίμηση του PAL, όταν χρησιμοποιήθηκε ο Πίνακας FAO. Αυτή η διαπίστωση καλό θα ήταν να μελετηθεί περαιτέρω. Ακόμη μία συσχέτιση, που χρήζει περεταίρω μελέτης στο άμεσο μέλλον είναι η θετική συσχέτιση των τιμών του %ICW (που προκύπτουν από τη μέθοδο BIS) με τις τιμές της γωνίας φ της BIA. Τέλος, βρέθηκε ότι στους άνδρες υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο %BF και στο %ICW. Επίσης βρέθηκαν και άλλες σημαντικές συσχετίσεις των διάφορων παραμέτρων που εξετάστηκαν. Η συνεχιζόμενη έρευνα έχει ως στόχο την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων αυτών, σε ένα μεγαλύτερο δείγμα.

Λέξεις – Κλειδιά

Παχυσαρκία, ποσοστό σωματικού λίπους, άλιπη μάζα σώματος, συνολικό νερό σώματος, ενδοκυττάριο νερό, ζύγιση στο νερό, βιοηλεκτρική εμπέδηση, ενυδάτωση σώματος, ενυδάτωση άλιπης μάζας, μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας, συντελεστής φυσικής δραστηριότητας, %BF, UW, BIS, BIA, %ICW, RMR, PAL, TEE

ABSTRACT

Obesity is an existing and chronic global phenomenon. Therefore, is the main focus of many researchers. Obesity is defined as the abnormal or excessive accumulation of body fat in relation to the body mass. Apart from Body Fat there are other parameters associated with it (e.g. RMR, TEE, physical activity, %ICW etc.). In the present study we measured body composition, basic metabolism and other parameters by gold-standard as well as regular methods, and a correlation of results is presented. The survey was conducted in a sample of 76 healthy subjects, 33 men and 43 women aged 16-78 in the Heraklion area. A series of experimental methods as well as estimations (using known equations) were applied. The percent body fat (%BF) was measured using the methods Underwater Weighing (UW), with parallel measurement of the lung volumes FRC, ERV and RV; Bioelectrical Impedance Spectroscopy (BIS); 4-frequency Bioelectrical Impedance Analysis (4-freq BIA); Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) using various known equations; the 3-Compartment Model. Spirometry (indirect calorimetry) was also used for measuring the Resting Metabolic Rate (RMR). The physical activity level (PAL) was measured by using accelerometers.

When comparing the %BF estimation methods to the %BF by 3-compartment model, it was found that the 4-frequency BIA (Quadscan) was the most accurate of all. From the BIA equations that were tested, the most accurate was the fatness-specific equations of Segal et al. The RMR values obtained from Quark PFT spirometer were compared with values of two different RMR estimation formulas (eq. modified Harris and Benedict, eq. Cunningham). The formula that predicted RMR most accurately was the modified Harris and Benedict equation. It was shown that PAL was always overestimated when using the FAO tables. However, this observation needs further examination. Another correlation that was identified was the positive correlation of %ICW with the φ angle of BIA, both in men and women. This also needs further

examination. In men, it was found that there is a statistically strong, negative correlation between % BF and % ICW. Also, other important correlations of the various parameters examined were found. The ongoing research aims to confirm these results in a larger sample.

Key - Words

Obesity, percent body fat, fat free mass, total body water, intracellular water, underwater weighing, bioelectrical impedance spectroscopy, hydration of the body, hydration of fat free mass, resting metabolic rate, physical activity level, %BF, UW, BIS, BIA, %ICW, RMR, PAL, TEE

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθιά μέσα από την καρδιά μου τη μητέρα, την αδερφή μου και όλους τους αγαπημένους μου (Συντυχάκης Γεώργιος, Παρασκευόπουλος Χαράλαμπος, Μαυρομανωλάκη Γεωργία, Ζουρίδη Ειρήνη και πολλοί άλλοι) οι οποίοι προσέφεραν βοήθεια και στήριξή για την επίτευξη αυτής της ερευνητικής πτυχιακής εργασίας. Ευχαριστώ επίσης, θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Βασίλη Ζαφειρόπουλο για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου προσέφερε. Δεν θα παραλείψω φυσικά τον καθηγητή Τράνακα Βασίλη, που ήταν παρόν στο ξεκίνημα αυτής της πτυχιακής. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την συμφοιτήτριά μου, Μωϋσάκη Μαρία-Άννα για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε, καθ' όλη τη διάρκεια της πρακτικής της άσκησης στο θεσμοθετημένο *Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος του Ανθρώπου*. Χωρίς όλους αυτούς τους ανθρώπους θα ήταν πολύ δύσκολη η επίτευξη όλων των στόχων μου.

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ…….....03

1. **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**…….....08
2. **ΜΕΘΟΔΟΙ**…….....…10

2.1 Γενικά στοιχεία και δείγμα..……...…….....10

2.2 Ζύγιση στο νερό ή υδροστατική ζύγιση ή υποβρύχια ζύγιση…….…….....12

2.3 Αρχές μεθόδων Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης BIA……....14

2.3.1 Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Spectroscopy, BIS - Imp SFB7)…...……...…...14

2.3.2 Βιοηλεκτρική Εμπέδηση δύο και τεσσάρων συχνοτήτων (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA – Bodystat, Quadscan)…….....15

2.4 Μοντέλο 3 τμημάτων (Λίπος-Νερό-Ξηρή Άλιπη Μάζα)……...……16

2.5 Βιοηλεκτρική Εμπέδηση (Viscan)…….…..16

2.6 Σπιρομετρία της έμμεσης θερμιδομετρίας…….…..17

2.6.1 PFT Quark-Σταθερό όργανο με δύο αισθητήρες O_2 και CO_2 ……...…18

2.6.2 Fitmate- Φορητό όργανο με έναν αισθητήρα O_2 ……....19

2.7 Επιταχυνσιόμετρα (wGT3X-BT, Actigraph)……...19

2.8 Ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν…….....…21

3. **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ…..**……23

3.1 Γενικά στατιστικά στοιχεία έρευνας……...…….……...…23

3.2 Πίνακες με συσχετίσεις……...25

3.2.1 Συσχετίσεις των διάφορων εκτιμήσεων του %BF ……....…….…...25

3.2.2 Συσχετίσεις του RMR ……...…….…...37

3.2.3 Συσχέτιση του Συντελεστή Φυσικής Δραστηριότητας (PAL) …….....40

3.2.4 Λοιπές Συσχετίσεις…….……...…….....42

4. **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**……...…….…..…..51

ΑΝΑΦΟΡΕΣ…….....55

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α…….……...60

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β……...…..64

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ……....66

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ……..71

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η παχυσαρκία είναι παγκόσμιο φαινόμενο που φαίνεται να επηρεάζει όλες τις χώρες της Ευρώπης και όλες τις κοινωνικές ομάδες ανεξαρτήτως φύλου, ηλικίας και εισοδήματος (Brandt and Erixon, 2013; Eurostat, 2014). Παγκοσμίως, η επικράτηση της αυξάνεται όλο και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες. Τα άτομα που πάσχουν από παχυσαρκία έχουν σχεδόν τριπλασιαστεί από το 1975 έως το 2016 (WHO, 2015). Η παχυσαρκία αυξάνει τη νοσηρότητα χρόνιων ασθενειών όπως είναι η αναπηρία, η κατάθλιψη, ο διαβήτης τύπου ΙΙ, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και ορισμένοι τύποι καρκίνου (Hruby and Hu, 2014). Η παχυσαρκία είναι πλέον μία υπαρκτή και χρόνια ασθένεια, γεγονός που οδηγεί πολλούς ερευνητές να ασχοληθούν με αυτήν.

Ένας από τους κύριους τρόπους κατάταξης ενός ατόμου στην κατηγορία της παχυσαρκίας στη σύγχρονη διαιτητική επιστήμη είναι η ταξινόμηση βάσει του ποσοστού σωματικού λίπους. Για να ταξινομηθούν τα άτομα στις διάφορες κατηγορίες σωματικού βάρους (λιποβαρή, φυσιολογικής σωματικής μάζας, υπέρβαρα, παχύσαρκα), χρησιμοποιείται συχνά ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ). Σύμφωνα με τον ΔΜΣ, λιποβαρής χαρακτηρίζεται κάποιος, του οποίου ο ΔΜΣ είναι μικρότερος από 18,5 kg/m^2. Υπέρβαρος χαρακτηρίζεται κάποιος, του οποίου ο ΔΜΣ είναι μεταξύ 25 και 29,9 kg/m^2 ενώ παχύσαρκος είναι όποιος έχει ΔΜΣ μεγαλύτερο από 30 kg/m^2. Όμως, ο ΔΜΣ δε λαμβάνει υπόψη τη σύσταση του ανθρώπινου σώματος. Ένας υψηλός ΔΜΣ μπορεί να υποδηλώνει συσσώρευση υπερβάλλοντος λίπους, ενδέχεται όμως και να σημαίνει αυξημένη μυϊκή μάζα, όπως συμβαίνει και στους αθλητές. Η παχυσαρκία, επομένως, μπορεί να οριστεί καλύτερα ως μία μη φυσιολογική ή υπερβάλλουσα συσσώρευση σωματικού λίπους (όχι σωματικής μάζας) του ατόμου, σε σχέση με τη μάζα του σώματος του (Heyward and Wagner, 2004). Ως εκ τούτου, η μέτρηση του σωματικού λίπους είναι η πιο έγκυρη μέθοδος για την κατάταξη κάποιου στις υπάρχουσες κατηγορίες φυσιολογικού και παχυσαρκίας. (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Η εκτίμηση του ποσοστού σωματικού λίπους μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους. Μία από αυτές είναι η υδροστατική ζύγιση ή ζύγιση στο νερό (Underwater Weighing), η οποία αποτελεί πρότυπη μέθοδο εκτίμησης ποσοστού σωματικού λίπους, με την προϋπόθεση ότι έχει μετρηθεί με ακρίβεια ο υπολειπόμενος όγκος αέρα των πνευμόνων (Residual Volume, RV). Η μέθοδος

της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA) μπορεί επίσης να εκτιμήσει το ποσοστό σωματικού λίπους. Στη μελέτη του Biaggi, et al. (1999) βρέθηκε ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των παραπάνω μεθόδων εκτίμησης ποσοστού σωματικού λίπους.

Εκτός από το ποσοστό σωματικού λίπους εξετάζεται συχνά, στη διεθνή βιβλιογραφία η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη συστηματική καθημερινή δραστηριότητα την αύξηση σωματικού βάρους και την παχυσαρκία. Όπως φαίνεται, η αύξηση ή η διατήρηση μίας φυσικής δραστηριότητας, τουλάχιστον, 60% πάνω από τον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (Resting Metabolic Rate, RMR) κρίνεται απαραίτητη για να διατηρήσει κάποιος ένα υγιές σωματικό βάρος (Pietro, et al. 2004).

Επιπλέον, σε μελέτη που σύγκρινε μετρημένες τιμές RMR (μέσω θερμιδομετρίας) και εκτιμώμενες τιμές RMR βάσει των υπαρχουσών εξισώσεων βρέθηκε ότι μόνο τα δεδομένα από τις εξισώσεις FAO/WHO/UNU, Schofield-W και Schofield-HW παρουσίασαν μη στατιστικές διαφορές σε σχέση με τα αποτελέσματα της θερμιδομετρίας (Rodriguez, et al. 2000).

Ακόμη μία μελέτη επιστημονικού ενδιαφέροντος είναι του Ritz, et al. (2008) στην οποία έγινε συσχέτιση του ποσοστού σωματικού λίπους με το ποσοστό ενδοκυττάριας ενυδάτωσης σώματος και βρέθηκε ότι τα παχύσαρκα άτομα έχουν χαμηλότερη ενδοκυττάρια υδάτωση.

Στην έρευνα του Lictenbelt και Fogelholm (1999), που έγινε σε παχύσαρκες γυναίκες μελετήθηκε η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην απώλεια σωματικού βάρους και λίπους και στην ενυδάτωση της άλιπης μάζας. Μετά από ένα δωδεκάμηνο πρόγραμμα απώλειας και διατήρησης σωματικής μάζας, βρέθηκε ότι η εξωκυττάρια ενυδάτωση των γυναικών αυξήθηκε σημαντικά, ενώ δεν υπήρξαν σημαντικές αλλαγές στην ενδοκυττάρια ενυδάτωση τους.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται με σκοπό τη μέτρηση της σύστασης σώματος, του βασικού μεταβολισμού και άλλων παραμέτρων με πρότυπες και μη μεθόδους και τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων. Το δείγμα που χρησιμοποιείται είναι, ως επί το πλείστων, εργαζόμενοι στο ΤΕΙ Κρήτης, άνδρες και γυναίκες ηλικίας 16-78 ετών.

Στο θεσμοθετημένο *Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος του Ανθρώπου* υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής μεθόδων σύστασης σώματος και βασικού μεταβολισμού. Συγκεκριμένα στο εργαστήριο αξιολογούνται παράμετροι όπως το ποσοστό σωματικού λίπους, ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας, η συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη και η ενυδάτωση του σώματος συμπεριλαμβανομένων των ενδοκυττάριων και εξωκυττάριων υγρών.

Πιο συγκεκριμένα, η μέτρηση σύστασης σώματος πραγματοποιείται με την πρότυπη μέθοδο της ζύγισης στο νερό (Underwater Weighing) με σύγχρονη μέτρηση του υπολειπόμενου στους πνεύμονες όγκου αέρα (Residual Volume, RV), με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας BIS (Imp SB7), με τη μέθοδο 4-συχνοτική BIA (Quadscan) και με τη 2-συχνοτική BIA (Bodystat). Επιπρόσθετα εφαρμόζεται το μοριακό μοντέλο 3-τμημάτων (λίπος – νερό – ξηρή άλιπη μάζα) για την ακριβή εκτίμηση του λίπους όταν η ενυδάτωση της άλιπης μάζας αποκλίνει από τα φυσιολογικά όρια του 73%.

Κατόπιν παρουσιάζεται η μεταξύ τους συσχέτιση καθώς και συσχέτιση με τις εκτιμήσεις από διάφορες εξισώσεις που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία (βλ. Παράρτημα Α). Εξετάζουμε επίσης τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στο ποσοστό σωματικού λίπους και στο ποσοστό ενδοκυττάριας ενυδάτωσης.

Επίσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων RMR με την πρότυπη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας PFT Quark και με τη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας Fitmate. Ένας επιμέρους στόχος είναι η συσχέτιση της μετρημένης τιμής RMR και των εκτιμήσεων από γνωστές εξισώσεις, καθώς και η ακριβής εκτίμηση της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης του δείγματος (Total Energy Expenditure, TEE), προσθέτοντας το μετρημένο RMR και τη μετρημένη φυσική δραστηριότητα, χρησιμοποιώντας επιταχυνσιόμετρα (Actigraph). Τέλος, παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ του μετρημένου PAL και της εκτίμησης του PAL, χρησιμοποιώντας τιμές πινάκων οι οποίες υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία (FAO, 2001).

2. ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά στοιχεία και δείγμα

Το δείγμα που έλαβε μέρος στη συγκεκριμένη έρευνα αποτελούνταν από 76 άντρες και γυναίκες ($N_{\text{αντρών}}$= 33 $N_{\text{γυναικών}}$= 43), με μέσο όρο ηλικίας τα 43.7 έτη και τυπική απόκλιση (SD)± 18.4 έτη και με εύρος Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI) από 19.2 ως 52.2 kg/m^2. Το δείγμα πληθυσμού αποτελούνταν ως επί το πλείστων, από εργαζόμενους και φοιτητές του Ιδρύματος ΤΕΙ Κρήτης.

Σε αυτά τα άτομα, πραγματοποιήθηκαν σωματομετρήσεις (ύψος, βάρος) και μετρήσεις σύστασης του σώματος. Για την επίτευξη των μετρήσεων αυτών, έγινε χρήση πρότυπων και μη μεθόδων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο θεσμοθετημένο *Εργαστήριο Διαιτητικής και*

Σύστασης Σώματος του Ανθρώπου στο παράρτημα που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του κεντρικού Ιδρύματος του ΤΕΙ Κρήτης στο Ηράκλειο, κατά την χρονική περίοδο Μάιος 2017 έως Σεπτέμβριος 2018.

Ακόμη, στο ίδιο δείγμα πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση δύο ερωτηματολογίων για την αξιολόγηση του τρόπου ζωής (διατροφικές συνήθειες, φυσική δραστηριότητα) και της διαιτητικής πρόσληψης (αντιπροσωπευτική τριήμερη καταγραφή τροφίμων). Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων που αναφέρονταν στον τρόπο ζωής των εξεταζόμενων, έγιναν απ' ευθείας από τους δύο έμπειρους φοιτητές του Τμήματος που έκαναν την πρακτική τους άσκηση στο Εργαστήριο και βοήθησαν στις μετρήσεις. Έτσι μειώθηκε η πιθανότητα μη κατανόησης κάποιας από τις ερωτήσεις των ερωτηματολογίων.

Όλοι οι εξεταζόμενοι είχαν τηρήσει ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Οι οδηγίες του αποστάλθηκαν λίγες ημέρες πριν την ημερομηνία διεξαγωγής των μετρήσεων. Στο Παράρτημα Β παρατίθεται το κείμενο με τις οδηγίες.

Οι εξεταζόμενοι προσήλθαν εθελοντικά στο χώρο του εργαστηρίου, για την πραγματοποίηση των παραπάνω μετρήσεων, κατόπιν ανοιχτής πρόσκλησης. Αυτό έγινε στα πλαίσια δωρεάν παροχής υπηρεσιών του ιδρύματος και πιο συγκεκριμένα υπηρεσιών διατροφικής αξιολόγησης. Σκοπός μας ήταν η καθοδήγηση και η βελτίωση της ποιότητας ζωής των εξεταζόμενων.

Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου Statistical Package for the Social Sciences (IMP SPSS inc 2015, PASW Statistics 23.0, Release 23.0.0) και με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Excel (Microsoft Excel, 2016, MSO 16.0.10827.20118 32-bit).

Στην παρούσα μελέτη προκύπτουν ωστόσο περιορισμοί, οι οποίοι σχετίζονται με δύο από τις μεθόδους (UW, BIA-BIS).

Οι περιορισμοί της μεθόδου UW, περιλαμβάνουν το χρόνο παραμονής μέσα στο νερό για κάθε προσπάθεια των εξεταζόμενων, την ένταση και το πόσο άνετα ή όχι αισθανόταν ο εξεταζόμενος μέσα στη δεξαμενή (N=2) και τη δυσκολία μέτρησης του RV (N=18).

Ο όγκος RV του αέρα δεν είναι μέρος του όγκου του σώματος και πρέπει οπωσδήποτε να αφαιρείται. Όταν όμως η μέτρηση του RV δεν είναι δυνατή, χρησιμοποιούνται εξισώσεις εκτίμησης του RV, αυτήν όμως την περίπτωση το μέγιστο σφάλμα της εκτίμησης του %BF

ανέρχεται στο 4%. Για να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα αυτό, επιλέξαμε να εκτιμήσουμε με έναν διαφορετικό τρόπο το RV (βλ. παράρτημα Δ).

Τέλος, για τις περιπτώσεις των εξεταζόμενων στους οποίους η ενυδάτωση της άλιπης μάζας αποκλίνει από τα φυσιολογικά όρια του 73%, συνάγεται ότι η βιοηλεκτρική εμπέδηση αποτελεί μη έγκυρη μέθοδο για την αξιολόγηση του %BF.

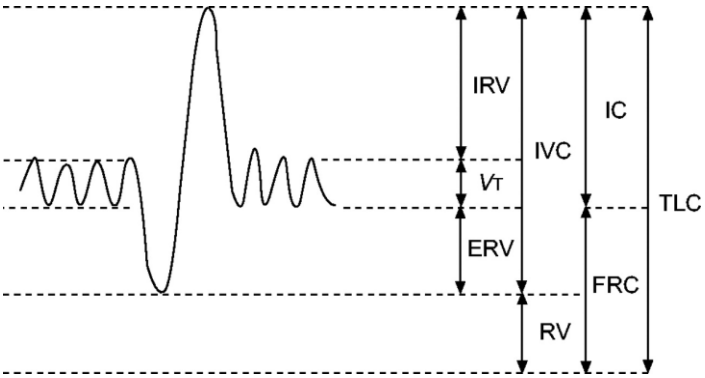
2.2 Ζύγιση στο νερό ή υδροστατική ζύγιση ή υποβρύχια ζύγιση (Underwater Weighing, UW)

Η αξιολόγηση του σωματικού λίπους και της άλιπης μάζας σώματος παρέχει πολύτιμες πληροφορίες που αφορούν τη φυσική και τη μεταβολική κατάσταση του ανθρώπου. Είναι σημαντικό, το ποσοστό σωματικού λίπους (%BF) να μετριέται με όσο το δυνατό περισσότερη ακρίβεια, μιας και η υπερβάλλουσα συσσώρευσή του, σε σχέση με τη μάζα σώματος του ανθρώπου, συσχετίζεται με μία σειρά χρόνιων ασθενειών όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στις μέρες μας, είναι διαθέσιμες διάφορες μέθοδοι για την μέτρηση του σωματικού λίπους, συμπεριλαμβανομένης της υποβρύχιας ζύγισης (βλ. Εικόνα 3, 4). Η μέθοδος αυτή θεωρείται πρότυπη μέθοδος (Gold Standard) υπολογισμού σωματικού λίπους μιας και θεωρητικά, το σφάλμα της είναι μικρότερο του 2%. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μέτρηση της διαφοράς μεταξύ του βάρους ενός ατόμου μέσα στο νερό και έξω από αυτό, υπολογίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη δύναμη της άνωσης και στη συνέχεια την πυκνότητα όλου του σώματος (D_b). (Biaggi, et al., 1999; Brozek, 1965; Lohman, 1992; Ζαφειρόπουλος, 2015).

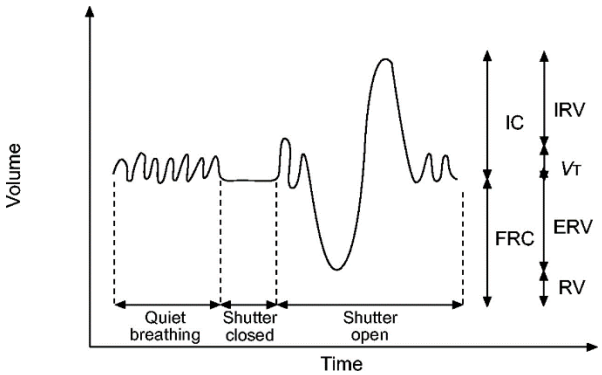
Για τη συγκεκριμένη μέτρηση ακολουθήθηκε πρωτόκολλο το οποίο ενσωματώθηκε σε αυτό που αφορά και τις υπόλοιπες μετρήσεις (βλ. Παράρτημα Β).

Σημαντική προϋπόθεση για την ακριβή εκτίμηση του ποσοστού σωματικού λίπους με την παραπάνω μέθοδο, αποτελεί η ακριβή μέτρηση του πνευμονικού όγκου RV (Wanger, et al. 2005). Με το όργανο Quark PFT μετρήθηκε η λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (Functional residual capacity, FRC) και ο εφεδρικός εκπνεόμενος όγκος αέρα (Expiratory reserve volume, ERV), με τη βοήθεια των οποίων υπολογίστηκε ο υπολειπόμενος όγκος αέρας των πνευμόνων (Residual volume, RV), αφαιρώντας από το μετρημένο όγκο FRC το μετρημένο όγκο ERV (βλ. Εικόνα 1, 2). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του FRC βασίστηκε στην έκπλυση του αζώτου από τους πνεύμονες ενώ ο εξεταζόμενος εισπνέει 100%

ιατρικό οξυγόνο. Μετά την ολοκλήρωση της έκπλυσης αζώτου, η συγκέντρωση αζώτου της αρχικής κυψελίδας και η ποσότητα αζώτου που εκπλύθηκε, χρησιμοποιούνταν για να υπολογιστεί ο όγκος των πνευμόνων στην αρχή της μέτρησης. Η μέτρηση της έκπλυσης αζώτου ολοκληρωνόταν όταν η συγκέντρωση αζώτου στους πνεύμονες έφτανε το 1,5%. Επίσης μετρήθηκε το ERV διενεργώντας μια εισπνοή και μια βαθιά εκπνοή.



Εικόνα 1: Διάγραμμα που δείχνει παραστατικά την αυξομείωση του όγκου του αέρα που βρίσκεται ανά πάσα στιγμή στου πνεύμονες κατά τη διάρκεια των διαφόρων αναπνευστικών κύκλων (Wagner, et al. 2005; Ζαφειρόπουλος, 2015). Ο άξονας Χ αντιστοιχεί στο χρόνο, ενώ ο άξονας Υ αντιστοιχεί στο συνολικό όγκο του αέρα μέσα στους πνεύμονες. Οι διάφοροι συμβολισμοί που απεικονίζονται έχουν ως εξής: IRV= εφεδρικός όγκος αέρα (Inspiratory Reserve Volume). V_T = αναπνεόμενος όγκος αέρα υπό φυσιολογικές συνθήκες (Tidal Volume). IVC = εφεδρική ζωτική χωρητικότητα (Inspiratory vital capacity). IC = εφεδρική χωρητικότητα (Inspiratory capacity).



Εικόνα 2: Διαγραμματική απεικόνιση των πνευμονικών όγκων κατά τη διάρκεια της έκπλυσης αζώτου.

Εικόνα 3: Δεξαμενή υδροστατικής ζύγισης.

Εικόνα 4: Μέτρηση υδροστατικής ζύγισης.

Για τους εξεταζόμενους οι οποίοι δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν με επιτυχία τη μέτρηση της έκπλυσης του αζώτου, χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμώμενες τιμές FRC και οι μετρημένες τιμές ERV (βλ. Παράρτημα Δ).

2.3 Αρχές Μεθόδου Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης

Η αρχή στην οποία βασίζεται η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης είναι ότι το εξωκυττάριο υγρό του μυϊκού ιστού συναντά μικρότερη αντίσταση στη ροή του ηλεκτρισμού, σε αντίθεση με τον λιπώδη ιστό (Janssen et al., 2000; Heymsfield, et al. 2005). Αυτό συμβαίνει διότι, στο εξωκυττάριο υγρό εμπεριέχονται ηλεκτρολύτες όπως είναι το νάτριο, το κάλιο και το χλώριο οι οποίοι είναι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμη ένας σημαντικός λόγος αποτελεί η διαφορά της περιεκτικότητας σε νερό στο μυϊκό και στο λιπώδη ιστό. Η περιεκτικότητα σε νερό, του μυϊκού ιστού είναι γύρω στο 73%, ενώ του λιπώδη γύρω στο 10-15% (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Ο προσδιορισμός της σωματικής ενυδάτωσης (ενδοκυττάριας, εξωκυττάριας και συνολικής), πραγματοποιήθηκε με τρία διαφορετικά όργανα τα οποία διαθέτει το εργαστήριο (Imp SFB7, Quadscan, Bodystat). Δύο διαδοχικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τα όργανα Bodystat και Quadscan.

2.3.1 Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Spectroscopy, BIS - Imp SFB7)

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Imp SFB7 (ImpediMed Limited, Queensland, Australia, βλ. Εικόνα 5, 6). Πρόκειται για μία εξελιγμένη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης, η οποία χρησιμοποιεί 256 διαφορετικές συχνότητες, από 1 kHz έως 1 MHz, με την οποία μετριέται η ηλεκτρική αντίσταση του σώματος σε ένα φάσμα συχνοτήτων (Cole, 1972; Ellis, et al. 1999; DeLorenzo, et al. 1997). Η μέθοδος αυτή παρέχει πληροφορίες τόσο για το ποσοστό σωματικού λίπους όσο και για το νερό του σώματος (TBW), αλλά και για το ποσοστό του ενδοκυττάριου νερού (%ICW).

$$TBW = ICW + ECW$$

Όπου TBW είναι το συνολικό νερό του σώματος (L), το ICW αφορά τα ενδοκυττάρια υγρά του σώματος (L) και το ECW αφορά τα εξωκυττάρια υγρά του σώματος (L). Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι:

$$ICW = TBW - ECW$$

Για να υπολογιστεί το ποσοστό ενδοκυττάριων υγρών χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\%ICW = \frac{ICW}{TBW}\ 100$$

Όπου %ICW είναι το ποσοστό ενδοκυττάριων υγρών ως προς το συνολικό νερό του σώματος.

Με τη βοήθεια του παραπάνω οργάνου μετρήθηκε το TBW, %ICW και το %BF, χρησιμοποιώντας το εξειδικευμένο λογισμικό του οργάνου.

Εικόνα 5: Συσκευή φασματοσκοπίας βιοηλεκτρικής εμπέδησης, Imp SFB7.

Εικόνα 6: Μέτρηση φασματοσκοπίας βιοηλεκτρικής εμπέδησης.

2.3.2 Βιοηλεκτρική Εμπέδηση δύο και τεσσάρων συχνοτήτων (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA – Bodystat, Quadscan)

Η συσκευή Bodystat (βλ. Εικόνα 7) μετρά τη βιοηλεκτρική εμπέδηση σε δύο μόνο συχνότητες (5kHz και 50kHz) και κατόπιν μέσω εκτιμήσεων δίδει πληροφορίες για το ποσοστό σωματικού λίπους και την ενυδάτωση του σώματος (NIHR). Η συσκευή Quadscan (βλ. Εικόνα 7) μετρά τη βιοηλεκτρική εμπέδηση σε τέσσερις συχνότητες (5kHz, 50kHz, 100kHz, 200kHz) του εφαρμοσμένου εναλλασσόμενου ρεύματος και παρέχει ομοίως, πληροφορίες για το ποσοστό σωματικού λίπους και την ενυδάτωση του σώματος (Mager, et al. 2008).

Εικόνα 7: Συσκευές Βιοηλεκτρικής εμπέδησης τεσσάρων (Quadscan 4000) και δύο συχνοτήτων (Bodystat 1500).

2.4 Μοντέλο 3 τμημάτων (Λίπος-Νερό-Ξηρή Άλιπη Μάζα)

Το μοντέλο αυτό διαχωρίζει το ανθρώπινο σώμα σε 3 τμήματα και συγκεκριμένα, στο συνολικό λίπος, στο νερό και τρίτο, στην ξηρή άλιπη μάζα σώματος, δηλαδή στην πρωτεΐνη, στα μεταλλικά άλατα, στην οστική μάζα κλπ (Ζαφειρόπουλος, 2015). Με την παραπάνω μέθοδο, υπολογίστηκε το %BF με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν της ζύγισης στο νερό (ως μοναδική μέθοδος).

Γνωρίζοντας την D_b και το TBW είμαστε σε θέση να εφαρμόσουμε το μοντέλο 3 τμημάτων το οποίο καταλήγει με την εξίσωση του Siri (1961):

$$\%BF = \left(\frac{211.8}{Db}\right) - \left(78 \times \frac{TBW}{BM}\right) - 135.4$$

Όπου D_b είναι η πυκνότητα του σώματος (gr/cm^3) και BM είναι η μάζα σώματος (kg). Η τιμή της D_b προκύπτει από τη μέθοδο UW, ενώ η τιμή του TBW από τη μέθοδο BIS.

2.5 Μέθοδος Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Viscan)

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε μία ακόμη συσκευή βιοηλεκτρικής εμπέδησης (Viscan, Tanita, βλ. Εικόνα 8, 9) για να εκτιμηθούν το %BF της κοιλιακής χώρας και η περιφέρεια μέσης σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσης του κατασκευαστή. Οι μετρήσεις που έγιναν με την παραπάνω συσκευή, δεν ήταν αρκετές για να συμπεριληφθούν στις συσχετίσεις που έγιναν.

Εικόνα 9: Συσκευή βιοηλεκτρικής εμπέδησης Viscan.

Εικόνα 8: Συσκευή βιοηλεκτρικής εμπέδησης Viscan.

2.6 Σπιρομετρία της έμμεσης θερμιδομετρίας

Η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (total energy expenditure, TEE) μπορεί να μετρηθεί άμεσα με τη μέθοδο της θερμιδομετρίας. Με τη μέθοδο αυτή, μετριέται η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται από τη μυϊκή μάζα του εξεταζόμενου (Quark PFT User Manual, 2009).

Όμως η μέθοδος αυτή, μπορεί να είναι πολύ ακριβή, μη πρακτική και συχνά μη εφαρμόσιμη σε κλινικές δοκιμές, καθώς απαιτεί συγκεκριμένες τεχνικές συντήρησης και κατάλληλο περιβάλλον χρήσης. Για το λόγο αυτό η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη, μπορεί επίσης να μετρηθεί έμμεσα. Η έμμεση θερμιδομετρία (indirect calorimetry, IC) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών ενός ατόμου, με βάση την κατανάλωση οξυγόνου (O_2) και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) του ατόμου, σε κατάσταση ηρεμίας (Oliveira, et al., 2014; Rodriguez, et al. 2000).

Η σπιρομέτρηση πραγματοποιήθηκε με δύο όργανα μέτρησης (Quark PFT, Cosmed και Fitmate, Cosmed). Πριν από τη διεξαγωγή κάθε μέτρησης, απαραίτητη ήταν η βαθμονόμηση και των δύο οργάνων. Προκειμένου να αξιολογηθεί καλύτερα ο RMR και για να ελαχιστοποιήσουμε το

σφάλμα στη μέτρηση χρησιμοποιώντας το φορητό όργανο Fitmate, πριν από τη διεξαγωγή της μέτρησης αλλάζαμε το RQ.

Παρόλο που ο RMR μετρήθηκε και με τα δύο όργανα σπιρομέτρησης, για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις από το σταθερό όργανο σπιρομέτρησης, Quark PFT, Cosmed διότι το Fitmate διαθέτει μόνο έναν αισθητήρα O_2 και επειδή οι μετρήσεις του δεν πραγματοποιήθηκαν σε ολόκληρο το δείγμα.

2.6.1 PFT Quark-Σταθερό όργανο με δύο αισθητήρες O_2 και CO_2

Με τη βοήθεια του σταθερού οργάνου PFT Quark (βλ. Εικόνα 10), μπορούμε να μετρήσουμε έμμεσα τις ενεργειακές ανάγκες των εξεταζόμενων. Με τη βοήθεια αυτού του οργάνου, μπορούμε να υπολογίσουμε το βασικό μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (Resting Metabolic Rate, RMR, βλ. Εικόνα 11) και το αναπνευστικό πηλίκο (Respiratory Quotient, RQ) κάθε εξεταζόμενου.

Ο Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας (Resting Metabolic Rate – RMR) αναφέρεται στις ενεργειακές ανάγκες ενός ατόμου σε κατάσταση ηρεμίας, εντός εικοσιτετράωρου, χωρίς να προσμετράτε η ενέργεια που καταναλώνει λόγω της φυσικής δραστηριότητας. Περιλαμβάνει δηλαδή τις θερμίδες που καταναλώνει ο οργανισμός για να λειτουργήσουν τα ζωτικά όργανα (πχ. καρδιά, νεφροί, ήπαρ, κ.ά).

Πιο συγκεκριμένα, το RQ αντιστοιχεί στο πηλίκο του εκπνεόμενου CO_2 προς την ποσότητα του O_2 που καταναλώνεται από τον κάθε άνθρωπο (Quark PFT User Manual, 2009). Ο υπολογισμός του RQ, βοηθά στην καλύτερη ποσοτική εκτίμηση του υποστρώματος που οξειδώνεται (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες) και ταυτόχρονα μας δίνει τον ακριβή αριθμό των διαιτητικών θερμίδων παραγόμενης ενέργειας για κάθε λίτρο O_2 που καταναλώνεται (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Εικόνα 10: Σταθερό όργανο σπιρομέτρησης, με δύο αισθητήρες O_2 και CO_2, PFT Quark.

Εικόνα 11: Σπιρομέτρηση.

2.6.2 Fitmate- Φορητό όργανο με έναν αισθητήρα O_2

Ένα ακόμη όργανο έμμεσης θερμιδομετρίας είναι το φορητό όργανο Fitmate (βλ. Εικόνα 12), με το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί ο RMR.

Εικόνα 12: Φορητό όργανο σπιρομέτρησης, με έναν αισθητήρα O_2, Fitmate.

2.7 Επιταχυνσιόμετρα (wGT3X-BT, Actigraph)

Προκειμένου να μετρηθεί η φυσική δραστηριότητα, έγινε χρήση επιταχυνσιόμετρων (βλ. Εικόνα 13). Τα οποία είναι εγκυρότερα και συνιστώνται περισσότερο για εφαρμογή (Müller, et al., 2010) σε σχέση με τις προσωπικές εκτιμήσεις του κάθε εξεταζόμενου. Οι εξεταζόμενοι συχνά

υπερεκτιμούν ή υποεκτιμούν τη φυσική τους δραστηριότητα (Sallis n' Saelens, 2000; Farni et al., 2014; Barriera et al., 2013).

Οι συσκευές αυτές μετρούν και καταγράφουν τη σωματική κίνηση που συνδέεται με την καθημερινή φυσική δραστηριότητα και τον ύπνο, με μεγάλη ακρίβεια (ActiGraph wGT3X-BT + ActiLife User Guide, 2017).

Για να υπολογιστεί η Ημερήσια Ενεργειακή Δαπάνη, χρησιμοποιήθηκαν τα επιταχυνσιόμετρα Actigraph, ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (RMR_{Quark}) και η θερμογένεση DIT, προερχόμενη από τη διαιτητική πρόσληψη (Diet-induced Thermogenesis) Η εξίσωση υπολογισμού της Ημερήσιας Ενεργειακής Δαπάνης δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση (Donahoo et al., 2004):

$$TEE_{meas} = RMR_{Quark} + \ DIT \ + PA_{meas}$$

Όπου TEE_{meas} είναι η μετρημένη Συνολική Ημερήσια Ενεργειακή Δαπάνη (kcal/d), RMR_{meas} είναι ο μετρημένος μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας σε kcal/d (εδώ μετρήθηκε με το όργανο Quark-PFT), DIT είναι η θερμογένεση προερχόμενη από τη διαιτητική πρόσληψη (Diet-induced Thermogenesis) και PA είναι ο μέσος όρος της ημερήσιας δραστηριότητας (φυσιολογικής και άσκησης) του εξεταζόμενου κατά το τριήμερο της καταγραφής με το επιταχυνσιόμετρο Actigraph (σε μονάδες kcal/d). Οι ερευνητές d'Alessio et al. μελέτησαν εμπεριστατωμένα την παράμετρο DIT και βρήκαν ότι ισούται με το 8.2% της ημερήσιας πρόσληψης. Υποθέτοντας ότι η ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη είναι περίπου ίση με την TEE_{meas}, η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$TEE_{meas} \ = \ \frac{RMR_{\ Quark} + \ PA_{meas}}{0.918}$$

Η εξίσωση που δίνει τον πραγματικό (μετρημένο) συντελεστή PAL_{meas} είναι:

$$PAL_{meas} = \frac{TEE_{meas}}{RMR_{Quark}}$$

Το κάθε επιταχυνσιόμετρο ήταν προγραμματισμένο να καταγράφει για τρεις ολόκληρες ημέρες και για κάθε εξεταζόμενο ξεχωριστά. Επιλέχτηκε ρυθμός δειγματοληψίας 80Hz (εύρος 30Hz-100Hz). Το τριήμερο της καταγραφής, έπρεπε να είναι όσο πιο αντιπροσωπευτικό γινόταν της καθημερινής του δραστηριότητας. Μετά την επιστροφή του επιταχυνσιόμετρου, γινόταν

υπολογισμός του μέσου όρου των διαιτητικών θερμίδων που δαπάνησε ο εξεταζόμενος κατά το τριήμερο της καταγραφής.

Εικόνα 13: Επιταχυνσιόμετρο Actigraph.

2.8 Ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν

Για να πραγματοποιηθεί συλλογή πληροφοριών που αφορούν τις διατροφικές συνήθειες των εξεταζόμενων, συνήθως χρησιμοποιούνται ερωτηματολόγια συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων (Food Frequency Questionnaire, FFQ, βλ. Εικόνα 14). Λαμβάνοντας υπόψιν το ερωτηματολόγιο συχνότητας τροφίμων NHANES (2009-2010), δημιουργήσαμε ένα παρόμοιο ερωτηματολόγιο συχνότητας τροφίμων στα ελληνικά, με το οποίο καταφέραμε να συγκεντρώσουμε σημαντικές πληροφορίες για τις διατροφικές συνήθειες κάθε εξεταζόμενου τους τελευταίους δώδεκα (12) μήνες. Βαρύτητα δόθηκε στη συχνότητα κατανάλωσης κάθε τροφίμου (καθημερινά, εβδομαδιαία, μηνιαία, σπάνια ή καθόλου) παρά στην ποσότητα του τροφίμου. Το ερωτηματολόγιο ήταν χωρισμένο σε ομάδες τροφίμων (δημητριακά, γαλακτοκομικά, κρέας, διάφορα) και υπήρχαν συνολικά σαρανταέξι (46) διαφορετικά τρόφιμα. Πληροφορίες για την ποσότητα των τροφίμων συλλέξαμε με τη βοήθεια των εικοσιτετράωρων καταγραφών τροφίμων (24h recalls), στις οποίες οι εξεταζόμενοι καλούνταν να συμπληρώσουν με ακρίβεια τις ώρες, την ποσότητα, τον τρόπο μαγειρέματος και τα τρόφιμα που κατανάλωσαν σε διάστημα δύο ημερών. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω στοιχεία, εξατομικευμένη αναφορά δόθηκε σε όλους τους εξεταζόμενους βασισμένη στα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων. Στην αναφορά αυτή έγινε υπολογισμός και αξιολόγηση του ποσοστού σωματικού λίπους, έχοντας εκτελέσει ένα συνδυασμό μεθόδων (UW, BIS, 2-4-frequent BIA και διάφορες άλλες εξισώσεις που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία) και στο δείκτη μάζα σώματος κάθε εξεταζόμενου. Έγινε σύγκριση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας που μετρήθηκε με το σταθερό όργανο σπιρομέτρησης Quark PFT, με την εξίσωση του Cunningham, κατά την οποία ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας μπορεί να

εκτιμηθεί και από την άλιπη μάζα του σώματος και με την τροποποιημένη εξίσωση Harris-Benedict που βασίζεται στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και στην ηλικία. Με τη βοήθεια του επιταχυνσιόμετρου Actigraph και του μετρημένου μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, υπολογίστηκε η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη κάθε εξεταζόμενου.

Από την τριήμερη καταγραφή που δόθηκε, εκτιμήθηκε η διαιτητική πρόσληψη με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Dietspeak και βρέθηκε το ισοζύγιο ενέργειας κάθε εξεταζόμενου. Ακόμα, πληροφορίες για την ενυδάτωση του σώματος (συνολικά υγρά σώματος, ποσοστό ενυδάτωσης σώματος, ποσοστό ενδοκυττάριων υγρών σώματος) αναγράφονταν στην αναφορά. Στο τέλος κάθε αναφοράς υπήρχαν γενικές διατροφικές συμβουλές και οδηγίες για τη φυσική δραστηριότητα λαμβάνοντας υπόψιν τις διατροφικές συνήθειες κάθε εξεταζόμενου.

Όλοι οι στατιστικοί υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με το SPSS στατιστικό πρόγραμμα, έκδοση 23.0 της IBM και με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Excel 2015.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1 Γενικά στατιστικά στοιχεία έρευνας

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται τα στατιστικά στοιχεία των περισσότερων μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν, για το συνολικό δείγμα και χωριστά για άντρες και γυναίκες.

Table 1: Στατιστικά στοιχεία διαφόρων μετρήσεων. Η σταθερή απόκλιση δίνεται σε παρένθεση.

Παράμετροι	Σύνολο Μ.Ο.	Άντρες Μ.Ο.	Γυναίκες Μ.Ο.
N (αριθμός δείγματος)	76	33	43
Μάζα Σώματος (kg)	79.8(±18.7)	90.3 (±14.8)	70.5 (±16.8)
Ύψος (m)	1.67 (±0.93)	1.75 (±0.06)	1.61 (±0.06)
Ηλικία (yrs)	43.7 (±14.8)	44.2 (±14.6)	43.4 (±15.2)
BMI (kg/m^2)	28.3 (±6.1)	29.6 (±5.5)	27.3 (±6.4)
%BF εκτιμώμενο από 3-compartment model (%)	31.4 (±9.6)	26.3 (±8.6)	35.4 (±8.5)
%BF εκτιμώμενο από UW (%)	32.8 (±11.8)	27.7 (±9.9)	36.7 (±11.8)
%BF εκτιμώμενο από BIS (%)	30.2 (±8.8)	25.2 (±8.8)	34.0 (±6.7)
%BF εκτιμώμενο από 4-συχνοτική BIA (%) (N=66)*	31.0 (±11.0)	24.1 (±8.3)	37.1 (±9.4)
%BF εκτιμώμενο από eq. Kyle et al. (%)	33.8 (±8.2)	29.5 (±7.5)	37.9 (±6.2)
%BF εκτιμώμενο από eq. Deurenberg et al. (%)	36.3 (±8.7)	30.7 (±7.4)	40.6 (±7.1)
%BF εκτιμώμενο από eq. Segal et al. (%)	32.6 (±9.7)	26.3 (±7.8)	37.5 (±8.1)
%BF εκτιμώμενο από eq. Lohman (%)	34.6 (±10.1)	30.5 (±10.0)	37.9 (±9.1)
FFM εκτιμώμενο από 3-compartment model (kg)	53.7 (±12.6)	65.7 (±7.5)	44.6 (± 6.6)
FFM εκτιμώμενο από UW (kg)	52.4 (±12.4)	64.3 (±7.5)	43.3 (±6.1)

FFM εκτιμώμενο από BIS (kg)	54.8(±13.2)	66.7 (±8.4)	45.8 (±7.9)
FFM εκτιμώμενο από 4-συχνοτική BIA (kg) (N=66) *	54.9 (±13.5)	67.5 (±6.6)	43.8 (±6.2)
FFM εκτιμώμενο από eq. Kyle et al. (kg)	51.9 (±12.1)	63.7 (±6.4)	42.9 (±6.4)
FFM εκτιμώμενο από eq. Deurenberg et al. (kg)	50.1 (±12.3)	61.8 (±6.2)	41.2 (±7.2)
FFM εκτιμώμενο από eq. Segal et al. (kg)	52.9 (±13.2)	65.8 (±7.3)	43.1 (±6.3)
FFM εκτιμώμενο από eq. Lohman (kg)	51.3 (±11.8)	61.7 (±6.6)	43.2 (±7.9)
TBW εκτιμώμενο από BIS (L)	40.1 (±9.7)	48.9 (±6.3)	33.4 (±5.8)
%ICW εκτιμώμενο από BIS (%)	57.4 (±1.8)	56.4 (±1.9)	58.2 (±1.2)
Critical frequency εκτιμώμενη από BIS (kHz)	49.3 (±8.1)	43.6 (±5.4)	53.7 (±7.0)
Body Density (D_b) (gr/cm^3)	1.026 (±0.025)	1.037 (±0.022)	1.017 (±0.025)
RV (L)	1.98 (±0.60)	2.17 (±0.68)	1.83 (±0.47)
Hydration of FFM (%)	74.6 (±3.4)	74.3 (±3.0)	74.9 (±3.7)
RMR μετρημένο με Quark PFT (kcal/d)**	1643(±363)	1689 (±424)	1613 (±320)
RQ μετρημένο με Quark PFT	0.801 (±0.086)	0.803 (±0.069)	0.800 (±0.097)
RMR μετρημένο με Fitmate (kcal/d) (N=58) *	1705 (±406)	1916 (±422)	1508 (±273)
TEE (kcal/d) (N=70) *	2303 (±596)	2289 (±666)	2278 (±540)

*Κάποιες μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν σε όλο το δείγμα. Στις περιπτώσεις αυτές αναγράφεται σε παρένθεση το N για τις συγκεκριμένες μετρήσεις.

**Στις αναγραφόμενες τιμές του μέσου RMR δεν συμπεριλαμβάνονται 5 μετρήσεις, οι οποίες ήταν πολύ χαμηλές (RMR< 1000? kcal/d) λόγω της μη ρύθμισης του υποθυρεοειδισμού.

3.2 Συσχετίσεις

3.2.1 Συσχετίσεις των διάφορων εκτιμήσεων του %BF

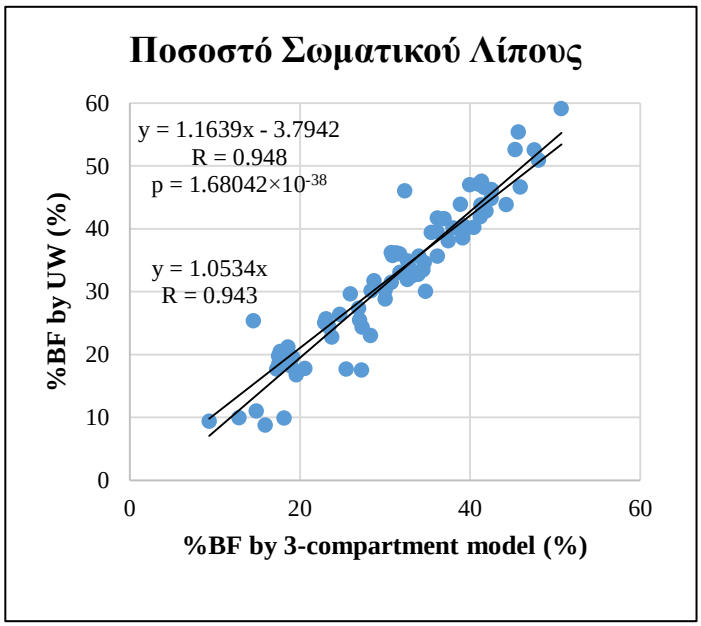
Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι συσχετίσεις μεταξύ των διάφορων εκτιμήσεων του %BF που προέρχονται, είτε απευθείας από τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, είτε εφαρμόζοντας τέσσερις επιλεγμένες εξισώσεις BIA που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι εκτιμήσεις του %BF που προέρχονται από τις εξισώσεις BIA προκύπτουν από τον υπολογισμό του Fat Free Mass (FFM) εφαρμόζοντας τις αντίστοιχες εξισώσεις των άρθρων: Deurenberg et al., 1991; Kyle et al., 2001; Segal et al., 1988; Lohman, 1992. Οι εξισώσεις αυτές δίνονται στο Παράρτημα Α.

Για να εκτιμήσουμε την ποιοτική και ποσοτική διαφορά των διάφορων μεθόδων/εξισώσεων, χρησιμοποιήσαμε επιπλέον τα διαγράμματα Bland-Altman (figures 1b, 2b, 3b, 4b, 5b, 6b, 7b). Ως πρότυπες τιμές του %BF για όλες τις συσχετίσεις χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές %BF που προκύπτουν από το μοντέλο των 3-τμημάτων. Επομένως τα διαγράμματα Bland-Altman αποτυπώνουν τη διαφορά μεταξύ του %BF που υπολογίζεται από την κάθε μέθοδο/εξίσωση και του %BF που υπολογίζεται από το μοντέλο των 3-τμημάτων, ενώ τον άξονα x΄x έχουμε τις τιμές του %BF που υπολογίζεται από το μοντέλο των 3-τμημάτων, αντί του μέσου όρου των δύο μεθόδων (που προτείνει το διάγραμμα Bland-Altman). Η παραλλαγή αυτή χρησιμοποιείται όταν η μια από τις δυο συγκρινόμενες τιμές προέρχεται από μέτρηση ακριβείας ή από πρότυπη μέθοδο και εμφανίζεται συχνά στη βιβλιογραφία (π.χ. βλέπε Rodriguez, et al. 2000). Όμως, για να επιβεβαιωθεί ότι το αποτέλεσμα των συσχετίσεων δεν επηρεάζεται από την αλλαγή του άξονα x΄x, δίνονται παράλληλα τρία κλασικά διαγράμματα Bland-Altman όπου ο άξονας x΄x απεικονίζει τον μέσο όρο των δυο υπό σύγκριση μεθόδων (figures 8-10).

Για να εκτιμηθεί η ακρίβεια κάθε εξίσωσης/μεθόδου, υπολογίστηκε το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης όλων των διαφορών του %BF (βλ. Table 3).

Table 2: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ μεθόδων και εξισώσεων εκτίμησης του ποσοστού του σωματικού λίπους (%BF).

		%BF 3-compartment model	%BF UW	%BF BIS	%BF 4-frequent BIA	%BF estimated by Kyle et al. eq.	%BF estimated by Deurenberg et al. eq.	%BF estimated by Segal et al. eq.	%BF estimated by Lohman eq.
%BF 3-compartment model	**Συντελεστής R**	1	0.948	0.948	0.932	0.957	0.929	0.947	0.912
	Συντελεστής p		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
%BF UW	**R**	0.948	1	0.799	0.854	0.852	0.848	0.895	0.827
	p	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
%BF BIS	**R**	0.948	0.799	1	0.908	0.962	0.909	0.897	0.905
	p	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
%BF 4-frequent BIA	**R**	0.932	0.854	0.908	1	0.965	0.991	0.97	0.93
	p	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
%BF estimated by Kyle et al. eq.	**R**	0.957	0.852	0.962	0.965	1	0.956	0.955	0.91
	p	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
%BF estimated by Deurenberg et al. eq.	**R**	0.929	0.848	0.909	0.991	0.956	1	0.971	0.947
	p	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
%BF estimated by Segal et al. eq.	**R**	0.947	0.895	0.897	0.97	0.955	0.971	1	0.911
	p	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
%BF estimated by Lohman eq.	**R**	0.912	0.827	0.905	0.93	0.91	0.947	0.911	1
	p	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	



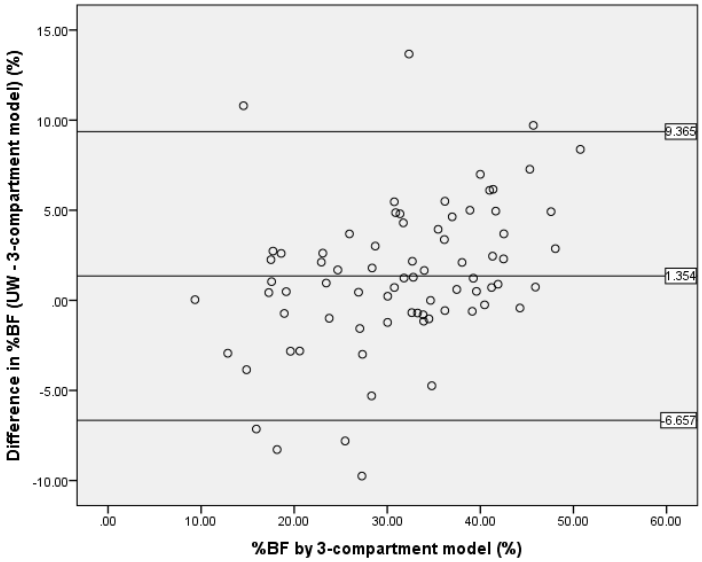
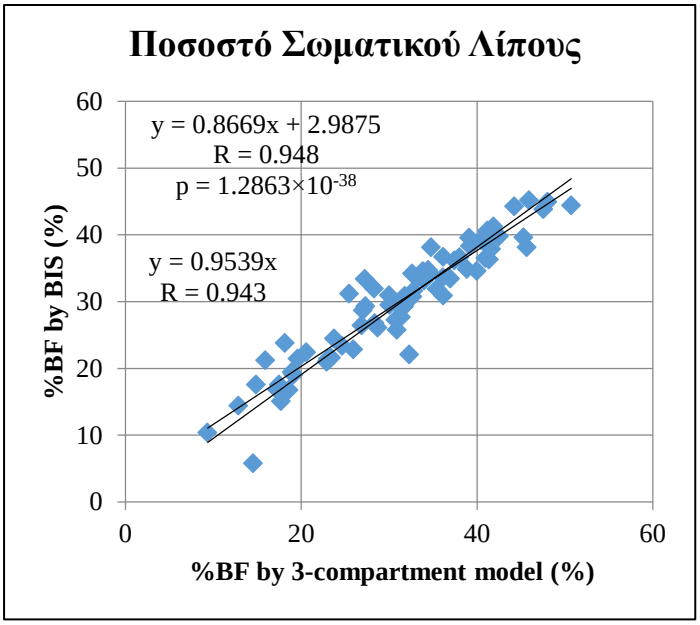


Figure 1a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων με το %BF που προκύπτει από την πρότυπη μέθοδο ζύγισης στο νερό. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 1b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από τη μέθοδο της υδροστατικής ζύγισης σαν συνάρτηση με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Εδώ υπάρχει θετική συσχέτιση (p = 0.000568, R = 0.386).

Στο Σχήμα 1a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από τη ζύγιση στο νερό. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.948 ($p = 1.68042\times10^{-38}$) και 0.943, πράγμα που υποδηλώνει υψηλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman δείχνει μια μέση απόκλιση +1.354%, ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων συσχετίζεται με την τιμή του %BF (p = 0.000568, R = 0.386). Αυτή η συσχέτιση (μη επιθυμητή σε ένα διάγραμμα Bland-Altman) οφείλεται στο γεγονός ότι η ενυδάτωση του FFM σε κάποια άτομα ξεφεύγει πολύ από τα φυσιολογικά όρια (73% ± 2%) με αποτέλεσμα το μοντέλο των 2-τμημάτων, στο οποίο βασίζεται η UW να δίνει μεγάλο σφάλμα στην εκτίμηση του %BF. Συγκεκριμένα, τα σημεία του Σχήματος 1a που βρίσκονται πάνω από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων αντιστοιχούν σε άτομα με μεγάλη %ενυδάτωση του FFM. Το αντίστροφο ισχύει για τα σημεία κάτω από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων.

Η θετική συσχέτιση στο Σχήμα 1b οφείλεται στο γεγονός ότι τα αδύνατα άτομα συνήθως εμφανίζουν αφυδάτωση της άλιπης μάζας τους, ενώ αντιθέτως, τα παχύσαρκα άτομα εμφανίζουν υπερ-ενυδάτωση, πράγμα που αποδεικνύεται από τη συσχέτιση %BF με την %Ενυδάτωση του FFM (βλ. Πίνακα 6-8 και συζήτηση Σχήματος 17). Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, η UW δίνει μικρότερη τιμή %BF από την πραγματική στα αδύνατα άτομα και μεγαλύτερη στα παχύσαρκα.

Σε γενικές γραμμές η παραπάνω συσχέτιση είναι σχετικά καλή, αφού ο συντελεστής συσχέτισης R των δύο μεθόδων είναι κοντά στο 1 και επειδή η μέση απόκλιση των δύο μεθόδων, είναι κοντά στο μηδέν.



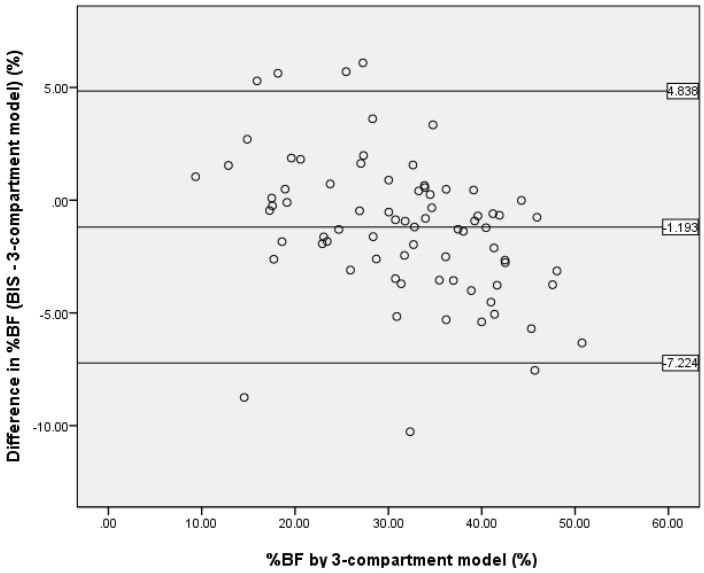
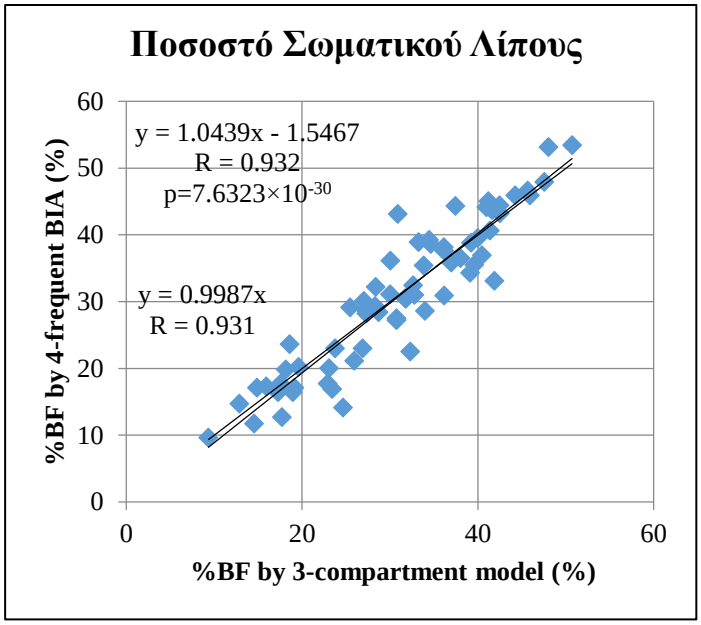


Figure 2a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων με το %BF που προκύπτει από τη μέθοδο BIS. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 2b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από τη μέθοδο της φασματοσκοπίας βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIS), με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Εδώ υπάρχει αρνητική συσχέτιση (p = 0.000178, R = -0.417).

Στο Σχήμα 2a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από τη φασματοσκοπία βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.948 ($p = 1.2863\times10^{-38}$) και 0.943, πράγμα που υποδηλώνει υψηλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman εμφανίζει μια μέση απόκλιση -1.193%, ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων συσχετίζεται με την τιμή του %BF ($p = 0.000178$, $R = -0.417$). Αυτή η συσχέτιση (μη επιθυμητή σε ένα διάγραμμα Bland-Altman) οφείλεται στο γεγονός ότι η ενυδάτωση του FFM σε κάποια άτομα ξεφεύγει πολύ από τα φυσιολογικά όρια (73% ± 2%) με αποτέλεσμα το μοντέλο στο οποίο βασίζεται η BIS, το οποίο θεωρεί ότι η ενυδάτωση του FFM είναι 73%, να δίνει μεγάλο σφάλμα στην εκτίμηση του %BF. Συγκεκριμένα, τα σημεία του Σχήματος 2a που βρίσκονται πάνω από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων αντιστοιχούν σε άτομα με χαμηλή %ενυδάτωση του FFM. Το αντίστροφο ισχύει για τα σημεία κάτω από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων.

Η αρνητική συσχέτιση στο Σχήμα 2b οφείλεται στο γεγονός ότι τα αδύνατα άτομα συνήθως εμφανίζουν αφυδάτωση της άλιπης μάζας τους, ενώ αντιθέτως, τα παχύσαρκα άτομα εμφανίζουν υπερ-ενυδάτωση, πράγμα που αποδεικνύεται από τη συσχέτιση %BF με την %Ενυδάτωση του FFM (βλ. Πίνακα 6-8 και συζήτηση Σχήματος 17). Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, η BIS δίνει μεγαλύτερη τιμή %BF από την πραγματική στα αδύνατα άτομα και μικρότερη στα παχύσαρκα. Όμως, σε γενικές γραμμές η παραπάνω συσχέτιση είναι σχετικά καλή, αφού ο συντελεστής συσχέτισης R των δύο μεθόδων είναι κοντά στο 1 και επειδή η μέση απόκλιση της διαφοράς των δύο μεθόδων, είναι κοντά στο μηδέν.



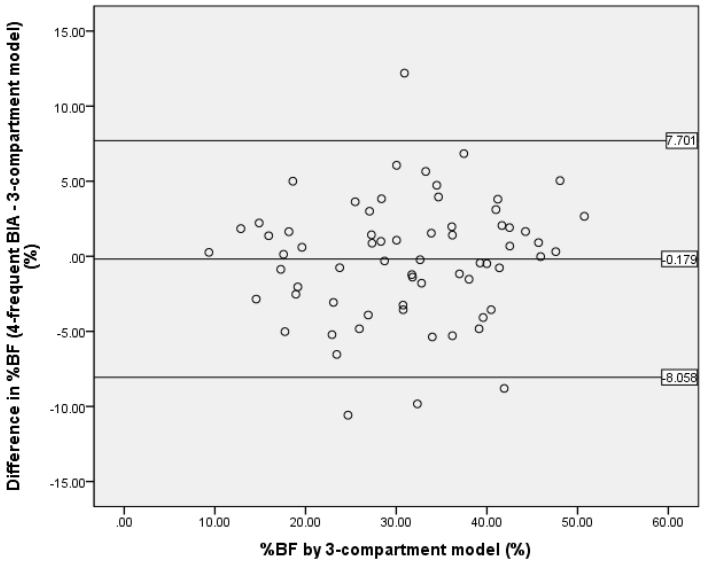
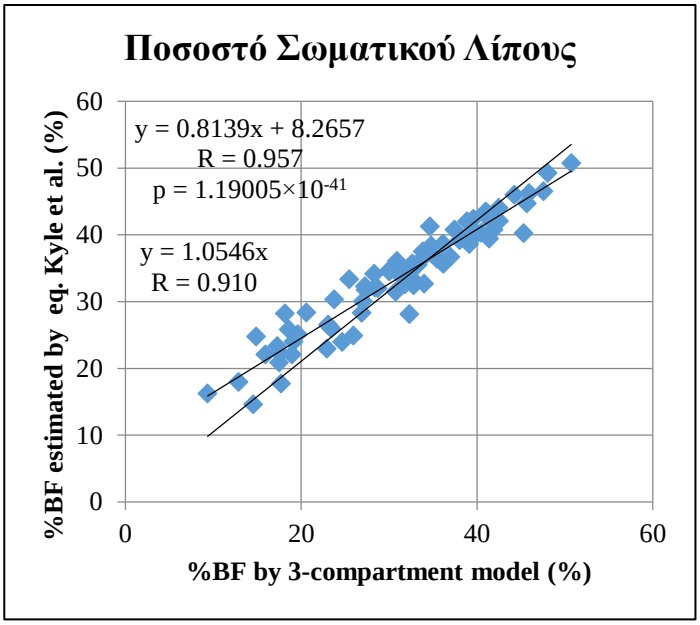


Figure 3a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων και από το %BF που προκύπτει από τη μέθοδο 4-frequent BIA. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 3b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από τη μέθοδο της 4-συχνοτικής βιοηλεκτρικής εμπέδησης (4-frequent BIA), με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Δεν υπάρχει συσχέτιση (p = 0.392, R = 0.107).

Στο Σχήμα 3a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από τη βιοηλεκτρική εμπέδηση 4-συχνοτήτων. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν σχεδόν τους ίδιους συντελεστές συσχέτισης 0.932 ($p = 7.6323\times10^{-30}$) και 0.931, πράγμα που υποδηλώνει πολύ καλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman εμφανίζει μια σχεδόν μηδενική μέση απόκλιση (μείον 0.179%), ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων δε συσχετίζεται με την τιμή του %BF (p = 0.392, R=0.107), πράγμα επίσης σημαντικό.

Τα αδύνατα άτομα συνήθως εμφανίζουν αφυδάτωση της άλιπης μάζας τους, ενώ αντιθέτως, τα παχύσαρκα άτομα εμφανίζουν υπερ-ενυδάτωση. Στην παραπάνω συσχέτιση (επιθυμητή σε ένα διάγραμμα Bland-Altman), συνάγεται ότι παρόλο που η ενυδάτωση του FFM σε κάποια άτομα ξεφεύγει πολύ από τα φυσιολογικά όρια (73% ± 2%), το σφάλμα στην εκτίμηση του %BF δεν είναι υψηλό. Τα σημεία του Σχήματος 3a που βρίσκονται πάνω από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων αντιστοιχούν σε άτομα με μεγάλη %ενυδάτωση του FFM. Το αντίστροφο ισχύει για τα σημεία κάτω από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων.

Η παραπάνω συσχέτιση είναι πάρα πολύ καλή, αφού ο συντελεστής συσχέτισης R των δύο μεθόδων είναι κοντά στο 1, η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων περνά από το μηδέν, η μέση απόκλιση των δύο μεθόδων είναι μηδενική και επειδή δεν υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των δύο μεθόδων με το %BF.



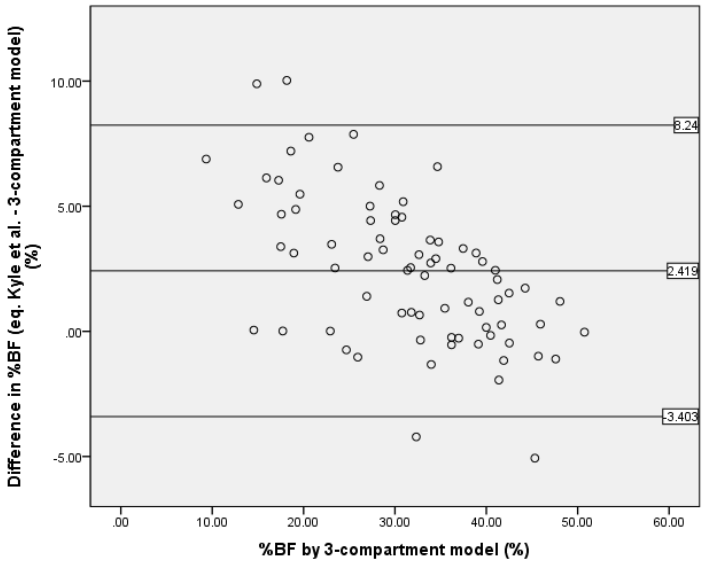
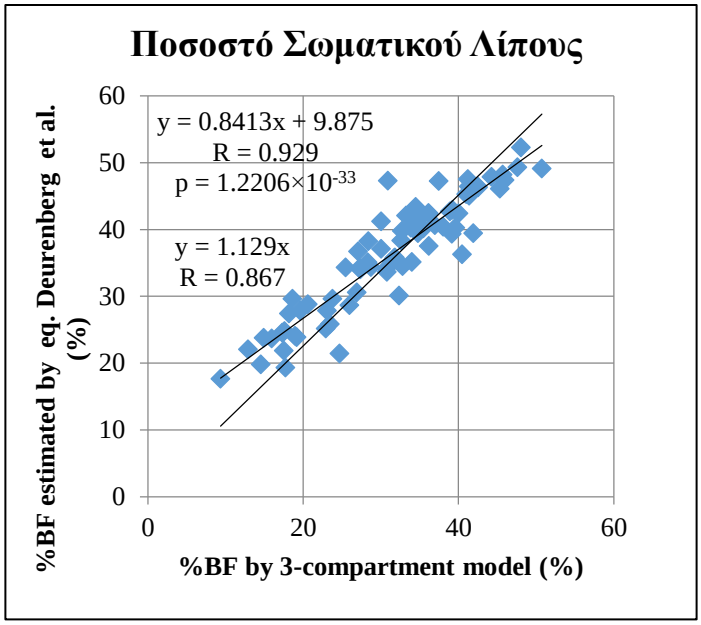


Figure 4a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων και από το %BF που προκύπτει από την εξίσωση Kyle et al. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 4b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από την εξίσωση Kyle et al., με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Εδώ υπάρχει αρνητική συσχέτιση ($p = 7.485\times10^{-9}$, R = -0.604).

Στο Σχήμα 4a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Kyle et al. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.957 ($p = 1.19005\times10^{-41}$) και 0.910, πράγμα που υποδηλώνει υψηλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman εμφανίζει μια μέση απόκλιση +2.419%, ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων συσχετίζεται με την τιμή του %BF ($p = 7.485\times10^{-9}$, R = -0.604). Αυτή η συσχέτιση (μη επιθυμητή σε ένα διάγραμμα Bland-Altman) οφείλεται στο γεγονός ότι η ενυδάτωση του FFM σε κάποια άτομα ξεφεύγει πολύ από τα φυσιολογικά όρια (73% ± 2%) με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο σφάλμα στην εκτίμηση του %BF.

Η αρνητική συσχέτιση στο Σχήμα 4b οφείλεται στο γεγονός ότι τα αδύνατα άτομα συνήθως εμφανίζουν αφυδάτωση της άλιπης μάζας τους, ενώ αντιθέτως, τα παχύσαρκα άτομα εμφανίζουν υπερ-ενυδάτωση, πράγμα που αποδεικνύεται από τη συσχέτιση %BF με την %Ενυδάτωση του FFM (βλ. Πίνακα 6-8 και συζήτηση Σχήματος 17). Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, η εξίσωση Kyle et. al δίνει μεγαλύτερη τιμή %BF από την πραγματική στα αδύνατα άτομα και μικρότερη στα παχύσαρκα. Σε γενικές γραμμές η παραπάνω συσχέτιση δεν είναι και τόσο καλή, αφού η μέση απόκλιση της διαφοράς των δύο μεθόδων, είναι υψηλή (+2.419%) και επειδή υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των δύο μεθόδων με το %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων.



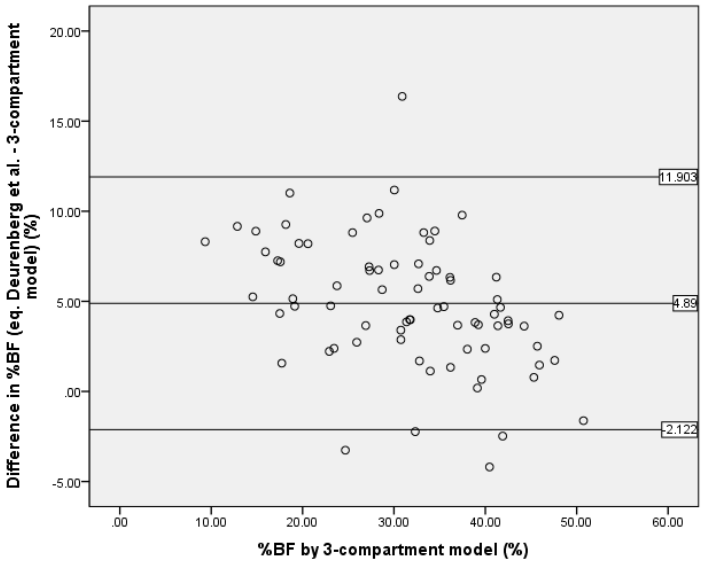
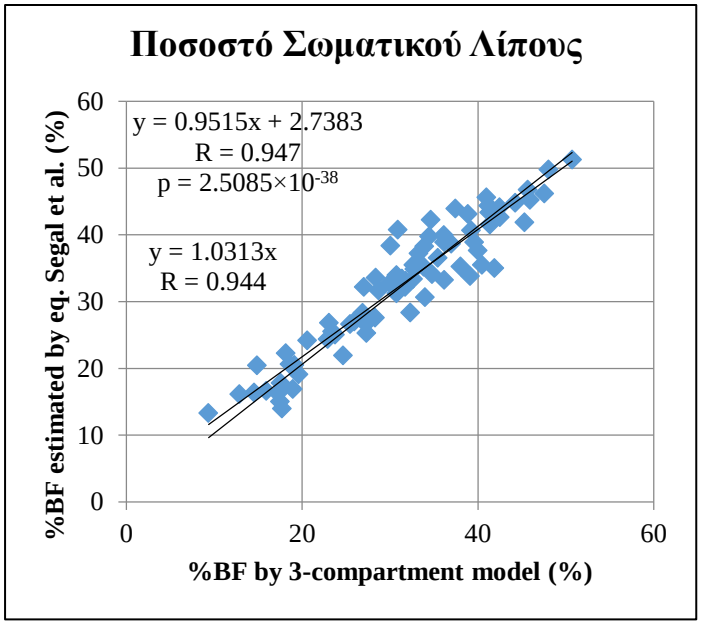


Figure 5a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων και από το %BF που προκύπτει από την εξίσωση Deurenberg et al. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 5b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από την εξίσωση Deurenberg et al, με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Εδώ υπάρχει αρνητική συσχέτιση (p = 0.000116, R = -0.428).

Στο Σχήμα 5a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από την εξίσωση Deurenberg et al. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.929 ($p = 1.2206\times10^{-33}$) και 0.867, πράγμα που υποδηλώνει μέτρια συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman εμφανίζει μια μέση απόκλιση +4.890%, ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων συσχετίζεται με την τιμή του %BF (p = 0.000116, R = - 0.428). Αυτή η συσχέτιση (μη επιθυμητή σε ένα διάγραμμα Bland-Altman) οφείλεται στο γεγονός ότι η ενυδάτωση του FFM σε κάποια άτομα ξεφεύγει πολύ από τα φυσιολογικά όρια (73% ± 2%) με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο σφάλμα στην εκτίμηση του %BF.

Η αρνητική συσχέτιση στο Σχήμα 5b οφείλεται στο γεγονός ότι τα αδύνατα άτομα συνήθως εμφανίζουν αφυδάτωση της άλιπης μάζας τους, ενώ αντιθέτως, τα παχύσαρκα άτομα εμφανίζουν υπερ-ενυδάτωση, πράγμα που αποδεικνύεται από τη συσχέτιση %BF με την %Ενυδάτωση του FFM (βλ. Πίνακα 6,7,8 και συζήτηση Σχήματος 17). Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, η εξίσωση Deurenberg δίνει μεγαλύτερη τιμή %BF από την πραγματική στα αδύνατα άτομα και μικρότερη στα παχύσαρκα. Σε γενικές γραμμές η παραπάνω συσχέτιση δεν είναι καλή, αφού η μέση απόκλιση των δύο μεθόδων είναι υψηλή (+4.890%) και επειδή υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των δύο μεθόδων με το %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων.



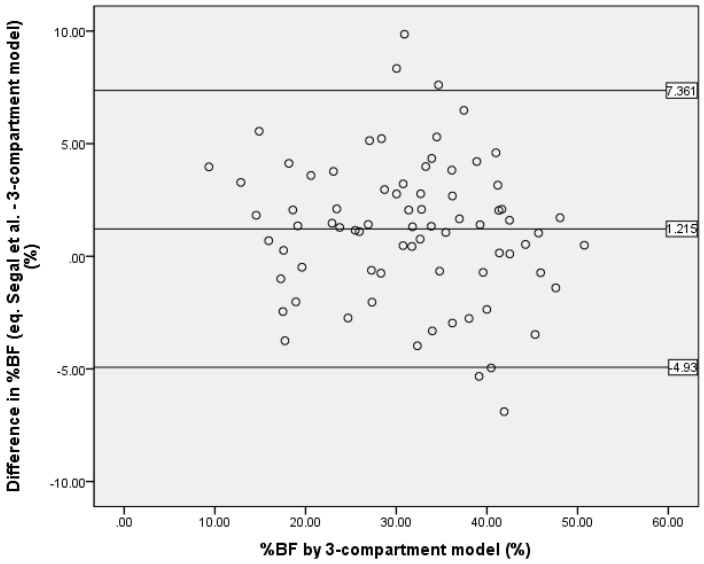
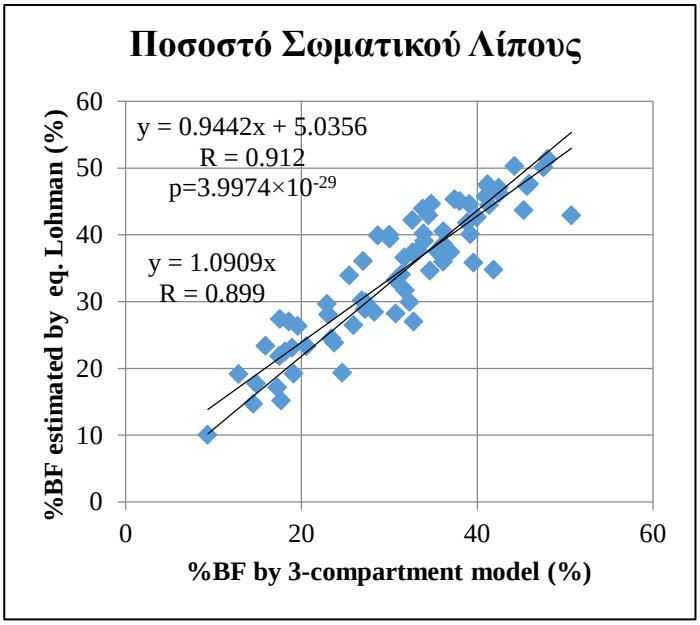


Figure 6a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων και από το %BF που προκύπτει από τις Fatness specific equations Segal et al. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 6b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από την εξίσωση Segal et al., με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Δεν υπάρχει συσχέτιση (p = 0.198, R = -0.149).

Στο Σχήμα 6a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από τις Fatness specific equations Segal et al. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν έχουν σχεδόν τους ίδιους συντελεστές συσχέτισης, 0.947 ($p = 2.5085\times10^{-38}$) και 0.944, πράγμα που υποδηλώνει πολύ υψηλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman εμφανίζει μια μέση απόκλιση +1.215%, ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων δεν συσχετίζεται με την τιμή του %BF (p = 0.198, R = -0.149).

Σε γενικές γραμμές η παραπάνω συσχέτιση είναι καλή, αφού ο συντελεστής συσχέτισης R των δύο μεθόδων είναι κοντά στο 1, η μέση απόκλιση της διαφοράς των δύο μεθόδων είναι μικρή (+1.215%) και επειδή δεν υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των δύο μεθόδων με το %BF. Όμως, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6b, τα όρια συμφωνίας των δυο μεθόδων έχουν μεγάλο εύρος.



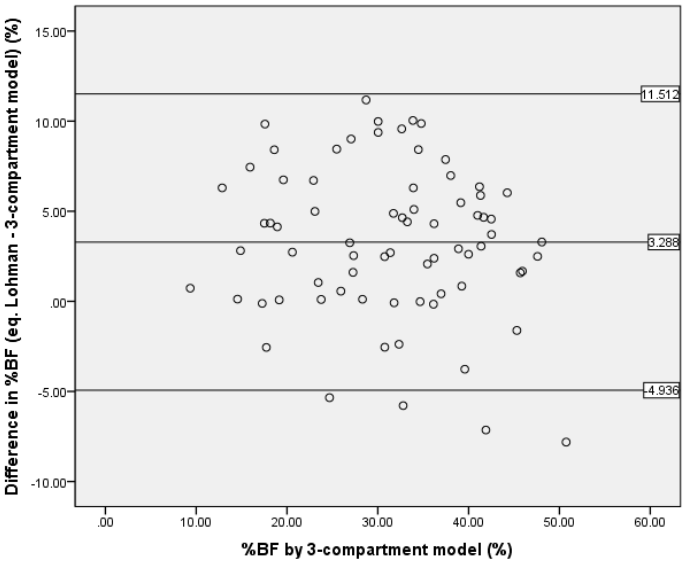


Figure 7a: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων και από το %BF που προκύπτει από τις εξισώσεις Lohman. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Figure 7b: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη διαφορά του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από την εξίσωση Lohman, με το %BF από το μοντέλο των 3 τμημάτων. Δεν υπάρχει συσχέτιση (p = 0.273, R = -0.130).

Στο Σχήμα 7a δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF που προκύπτουν από το μοντέλο 3-τμημάτων με τις τιμές του %BF που προκύπτουν από τις εξισώσεις Lohman. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.912 ($p = 3.9974\times10^{-29}$) και 0.899, πράγμα που υποδηλώνει καλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Παράλληλα, το διάγραμμα Bland-Altman εμφανίζει μια μέση απόκλιση +3.288%, ενώ η διαφορά των δυο μεθόδων δεν συσχετίζεται με την τιμή του %BF (p=0.273, R = -0.130).

Παρόλο που δεν υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των δύο μεθόδων με το %BF, η παραπάνω συσχέτιση δεν είναι και τόσο καλή. Αυτό συμβαίνει επειδή, η μέση απόκλιση των δύο μεθόδων είναι υψηλή (+3.288%) και επειδή ο συντελεστής συσχέτισης R των δύο μεθόδων είναι περίπου 0.9.

Παραθέτουμε ενδεικτικά τρία από τα παραπάνω διαγράμματα, σύμφωνα με την επακριβή εφαρμογή της μεθόδου Bland-Altman. Σκοπός μας είναι, να επαληθεύσουμε ότι εξακολουθεί να μην υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των %BF εάν ο άξονας x΄x αντιστοιχεί στις τιμές του μέσου όρου των δύο μεθόδων, αντί της τιμής της ακριβέστερης μεθόδου.

Επομένως στα παρακάτω διαγράμματα, στον άξονα x΄x είναι οι τιμές του μέσου όρου των δύο μεθόδων και όχι οι τιμές που προκύπτουν από την πρότυπη μέθοδο (3-Compartment model).

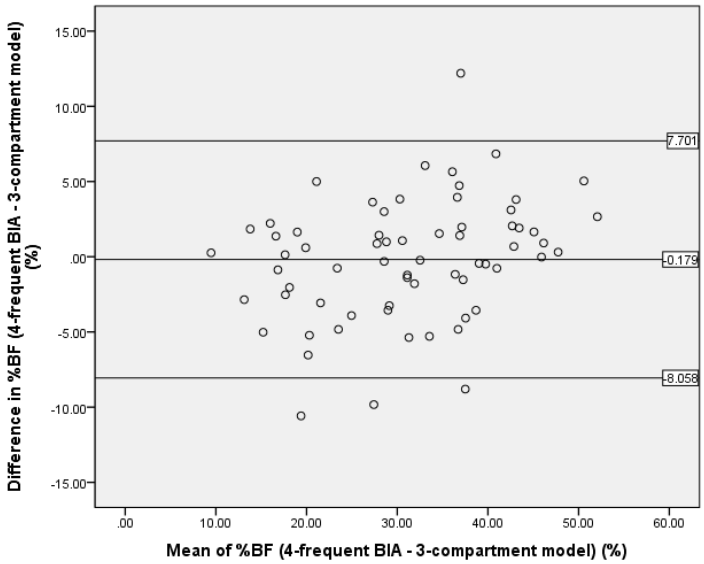


Figure 8: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ της διαφοράς του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από τη μέθοδο της 4-συχνοτικής βιοηλεκτρικής εμπέδησης (4-frequent BIA), με το μέσο όρο του %BF των δύο μεθόδων. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι R = 0.299 (p = 0.014686).

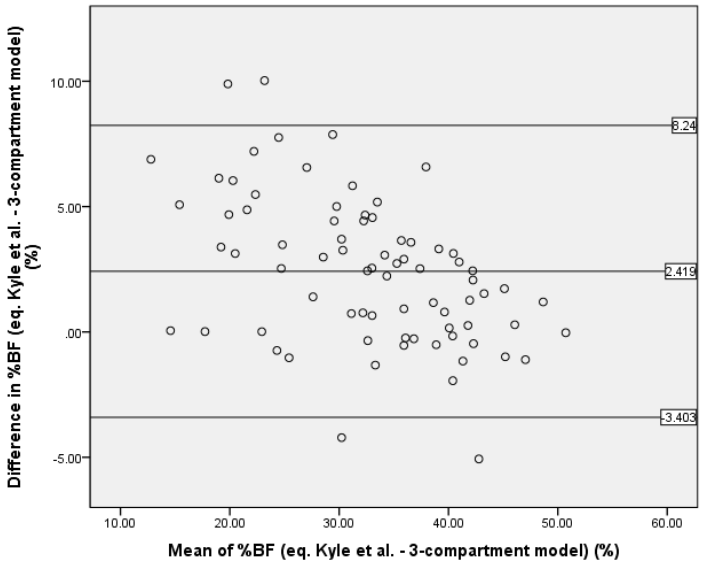


Figure 9: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ της διαφοράς του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από την εξίσωση Kyle et al., με το μέσο όρο του %BF των δύο μεθόδων. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι R=-0.492 (p = 0.000006).

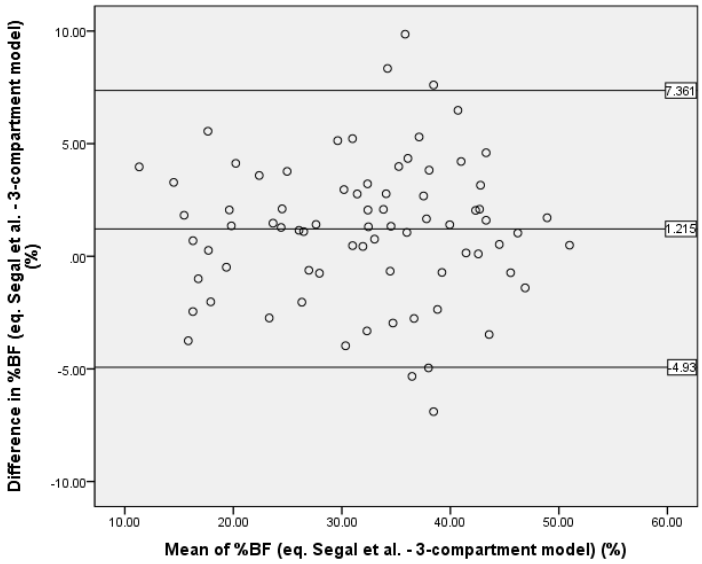


Figure 10: Bland-Altman ανάλυση, που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ της διαφοράς του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και από την εξίσωση Segal et al., με το μέσο όρο του %BF των δύο μεθόδων. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι R = 0.013 (p = 0.908).

Παρατηρούμε ότι, όπως συμβαίνει στο Σχήμα 6b, έτσι και στο Σχήμα 10 εξακολουθεί να μην υπάρχει συσχέτιση της διαφοράς των %BF (βλ. συντελεστή συσχέτισης p) εάν ο άξονας x΄x αντιστοιχεί στις τιμές του μέσου όρου των δύο μεθόδων, αντί της τιμής της ακριβέστερης μεθόδου. Επίσης, στο Σχήμα 9 παρατηρούμε ότι εξακολουθεί να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση της διαφοράς των %BF (βλ. συντελεστή συσχέτισης p), όπως ακριβώς αποτυπώνεται και στο Σχήμα 4b.

Η μόνη περίπτωση στην οποία παρατηρείται διαφορά σε σχέση με την προηγούμενη προσέγγιση (ορισμός του άξονα x΄x στο διάγραμμα Bland-Altman), είναι στο Σχήμα 8. Στο Σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι για τρία σημεία ο μέσος όρος της διαφοράς είναι περίπου ίσος με μείον δέκα. Τα σημεία αυτά είναι μετατοπισμένα προς τα αριστερά σε σχέση με το Σχήμα 3b και παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του συντελεστή p ($p<0.05$). Παρόλα αυτά, η συσχέτιση αυτή δεν είναι τόσο σημαντική για την προσέγγιση που έχουμε κάνει, καθώς όχι μόνο η μέση απόκλιση των δύο μεθόδων (4-frequent BIA και μοντέλο 3-τμημάτων) είναι σχεδόν μηδενική (-0.179), αλλά και το διάστημα εμπιστοσύνης είναι μικρότερο από όλα τα υπόλοιπα (βλ. Πίνακα 3). Εφόσον υπάρχει μέθοδος ακριβείας στην προκείμενη περίπτωση (μοντέλο των 3-τμημάτων), αυτή χρησιμοποιείται στα διαγράμματα μας, χωρίς να αλλοιώνει την ουσία των αποτελεσμάτων.

Στον Πίνακα 3 παρατίθενται οι διαφορές των μέσων όρων, τα όρια της διασποράς και το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης όλων των διαφορών του %BF. Παρατηρούμε ότι το μόνο διάστημα εμπιστοσύνης που συμπεριλαμβάνει το μηδέν είναι αυτό της 4-συχνοτικής BIA (Quadscan).

Table 3: Πίνακας με διαφορές μέσων όρων, όρια διασποράς και διάστημα εμπιστοσύνης των διαφορών του %BF.

	Mean Difference (Pred. %BF - 3-Compartment Model %BF)	Limits of Agreement (Mean Difference ± 1.96SD)	95% Confidence Interval of the Difference
eq. Kyle et al.	2.419	-3.403 and 8.240	1.740 to 3.100
eq. Deurenberg et al.	4.890	-2.122 and 11.903	
eq. Segal et al.	1.215	-4.930 and 7.361	0.499 to 1.932
4-frequent BIA	-0.179	-8.058 and 7.701	-1.167 to 0.810
eq. Lohman	3.288	-4.936 and 11.512	2.309 to 4.267
BIS	-1.193	-7.224 and 4.838	-0.490 to -1.896
UW	1.354	-6.657 and 9.365	0.420 to 2.288

Pred. %BF = προβλεπόμενο από τις εξισώσεις, μεθόδους %BF

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, όλες οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές ($p<0.01$). Όταν όμως συνεκτιμηθούν και τα διαγράμματα Bland-Altman (βλ. Table 3, Figure 1b, 2b, 3b, 4b, 5b, 6b, 7b), παρατηρούμε ότι μόνο για τρεις μεθόδους δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαφορών και του %BF, όπως πρέπει να ισχύει σύμφωνα με τη μεθοδολογία Bland-Altman. Οι μέθοδοι αυτές είναι:

1. 4-συχνοτική BIA-Quadscan (βλ. Figure 3b),
2. Fatness specific equations Segal et. al (βλ. Figure 6b)
3. Εξισώσεις Lohman (βλ. Figure 7b)

Η σειρά αυτή συμπίπτει και με την κατάταξη ως προς την ακρίβεια τους, σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση των μετρήσεων/δεδομένων της έρευνας μας.

3.2.2 Συσχετίσεις του RMR

Με τη βοήθεια αριθμητικών και γραφικών αναλύσεων, αξιολογήθηκε η ακρίβεια και η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των μεθόδων και των εξισώσεων εκτίμησης του RMR.

Table 4: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ μεθόδων εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας.

		RMR by PFT Quark (kcal/d)	RMR by Fitmate (kcal/d)
RMR by PFT Quark (kcal/d)	Συντελεστής R		0.918
	Συντελεστής p		.000
RMR by Fitmate (kcal/d)	Συντελεστής R	0.918	1
	Συντελεστής p	.000	

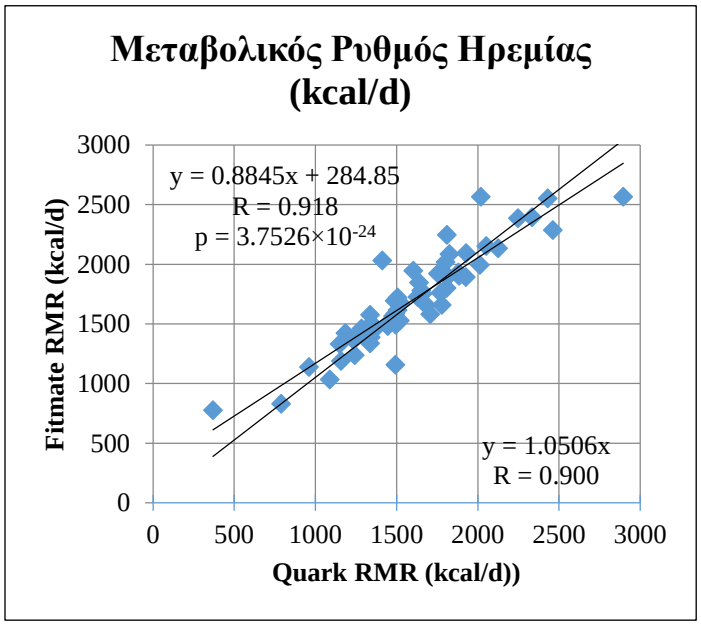


Figure 11: Γραμμική συσχέτιση του RMR που προκύπτει από τη μέθοδο σπιρομέτρησης Quark PFT και τη μέθοδο σπιρομέτρησης Fitmate Cosmed. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R.

Στο Σχήμα 11 δίνεται η συσχέτιση των τιμών του RMR που μετρήθηκαν με το σταθερό όργανο Quark PFT με τις τιμές του RMR που μετρήθηκαν με το φορητό όργανο Fitmate. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, τόσο αυτή που δεν περνά από το μηδέν, όσο και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.918 ($p = 3.7526\times10^{-24}$) και 0.900,

πράγμα που υποδηλώνει μια καλή συσχέτιση των δυο μεθόδων. Εδώ υπενθυμίζουμε ότι η συγκεκριμένη συσχέτιση αναφέρεται σε ένα μέρος των μετρήσεων (N=58), καθότι το Fitmate δεν ήταν διαθέσιμο για όλες τις μετρήσεις (N=76).

Επειδή δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε ολόκληρο το δείγμα, για την εκτίμηση του RMR με το φορητό όργανο Fitmate, για τη συσχέτιση του μετρημένου RMR με το εκτιμώμενο από τις εξισώσεις RMR χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι μετρήσεις του σταθερού οργάνου PFT Quark. Οι εξισώσεις εκτίμησης του RMR που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

Εξίσωση modified Harris and Benedict (Frankenfield et al., 1998) για άντρες:

$$RMR\ (\frac{kcal}{d}) = 65 + (13.4 \times BM) + (4.96 \times Ht) - (5.82 \times Age)$$

Εξίσωση modified Harris and Benedict για γυναίκες:

$$RMR\left(\frac{kcal}{d}\right) = 447 + (9.25 \times BM) + (3.10 \times Ht) - (4.33 \times Age)$$

Όπου BM είναι η μάζα σώματος σε kg, Ht είναι το ύψος σε cm και Age είναι η ηλικία σε έτη.

Εξίσωση Cunningham (Cunningham, 1991) για εξεταζόμενους με φυσιολογική φυσική δραστηριότητα (άντρες/γυναίκες):

$$RMR\left(\frac{kcal}{d}\right) = 370 + (21.6 \times FFM)$$

Εξίσωση Cunningham για αθλητές (άντρες/γυναίκες):

$$RMR\left(\frac{kcal}{d}\right) = 503 + (21.6 \times FFM)$$

Όπου FFM είναι η άλιπη μάζα του σώματος σε kg.

Οι αριθμητικές και οι γραφικές αναλύσεις παρατίθενται παρακάτω.

Table 5: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ της μέτρησης και εξισώσεων εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας.

		RMR by PFT Quark (kcal/d) *	RMR by eq. Cunningham (kcal/d) *	RMR by eq. Harris n' Benedict (kcal/d) *
RMR by PFT Quark (kcal/d) *	Συντελεστής R	1	0.819	0.870
	Συντελεστής p		.000	.000
RMR by eq. Cunningham (kcal/d) *	Συντελεστής R	.819	1	.911
	Συντελεστής p	.000		.000
RMR by eq. Harris n' Benedict (kcal/d) *	Συντελεστής R	.870	.911	1
	Συντελεστής p	.000	.000	

*Στις παραπάνω συσχετίσεις έχει αφαιρεθεί ο αριθμός των εξεταζόμενων, οι οποίοι αντιμετώπιζαν κάποια διαταραχή στο θυροειδή. Οι συγκεκριμένες συσχετίσεις αναφέρονται σε N= 71 εξεταζόμενους.

Συγκρίνοντας τις δύο εκτιμήσεις που προκύπτουν από τις εξισώσεις με τις μετρημένες τιμές του RMR_{Quark} παρατηρούμε ότι η εξίσωση modified Harris and Benedict έχει μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης R (R=0.870).

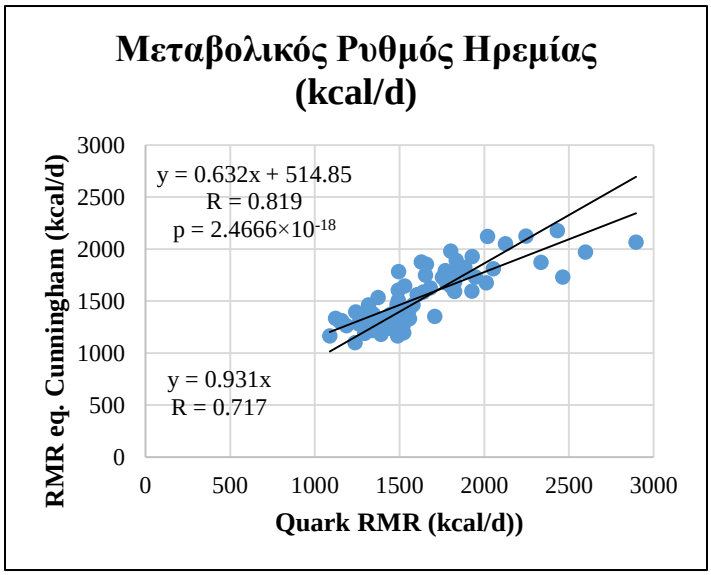


Figure 12: Γραμμική συσχέτιση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, που προκύπτει από τη μέθοδο σπιρομέτρησης Quark PFT και την εξίσωση Cunningham. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. Αφαιρέθηκαν οι τιμές των εξεταζόμενων (N=6), οι οποίοι είχαν διαταραχή στον θυρεοειδή.

Στο Σχήμα 12 δίνεται η συσχέτιση των τιμών του RMR που προκύπτουν από το μετρημένο RMR με το σταθερό όργανο Quark PFT με τις τιμές του RMR που προκύπτουν από την εξίσωση Cunningham. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, αυτή που δεν περνά από το μηδέν και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.819 ($p = 2.4666\times10^{-18}$) και 0.717, πράγμα που υποδηλώνει μέτρια συσχέτιση μεταξύ μετρημένης και εκτιμώμενης τιμής.

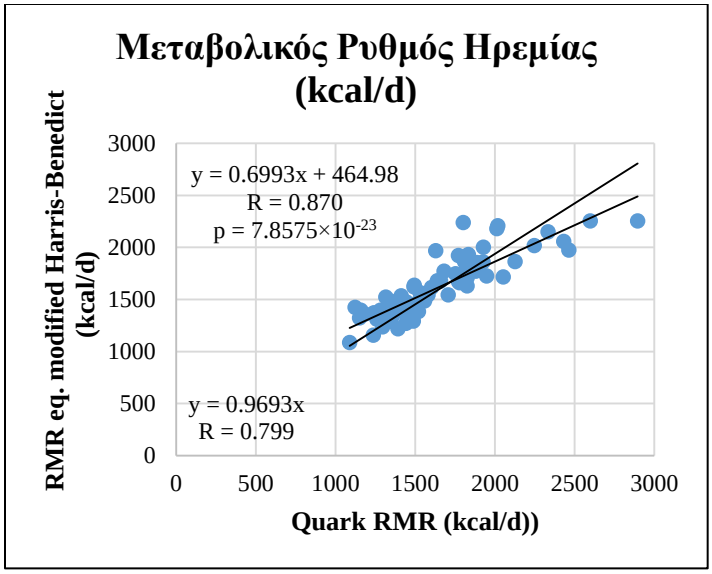


Figure 13: Γραμμική συσχέτιση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, που προκύπτει από τη μέθοδο σπιρομέτρησης Quark PFT και την εξίσωση modified Harris and Benedict. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p. Επίσης, δίδεται η εξίσωση συσχέτισης που περνάει από την αρχή των αξόνων και ο αντίστοιχος συντελεστής R. . Αφαιρέθηκαν οι τιμές των εξεταζόμενων (N=6), οι οποίοι είχαν διαταραχή στον θυρεοειδή.

Στο Σχήμα 13 δίνεται η συσχέτιση των τιμών του RMR που προκύπτουν από το μετρημένο RMR με το σταθερό όργανο Quark PFT με τις τιμές του RMR που προκύπτουν από την εξίσωση modified Harris and Benedict. Οι δυο ευθείες ελαχίστων τετραγώνων, αυτή που δεν περνά από το μηδέν και αυτή που περνά από την αρχή των αξόνων, έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.870 ($p = 7.8575\times10^{-23}$) και 0.799, πράγμα που υποδηλώνει μέτρια συσχέτιση μετρημένης και εκτιμώμενης τιμής. Συγκρινόμενες όμως οι δυο εκτιμήσεις με τις μετρημένες τιμές, παρατηρούμε ότι η ακριβέστερη εκτίμηση του RMR είναι αυτή που προκύπτει από την εξ. modified Harris and Benedict.

3.2.3 Συσχέτιση του Συντελεστή Φυσικής Δραστηριότητας (PAL)

Με τη βοήθεια της γραφικής ανάλυσης, αξιολογήθηκε η ακρίβεια και η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της μεθόδου εκτίμησης του συντελεστή φυσικής δραστηριότητας PAL και του μετρημένου συντελεστή φυσικής δραστηριότητας PAL. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου Actigraph και του RMR_{Quark}, υπολογίστηκε η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη

κάθε εξεταζόμενου. Κατόπιν, υπολογίστηκε ο συντελεστής PAL. Η πραγματική Ημερήσια Ενεργειακή Δαπάνη δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση (Donahoo et al., 2004):

$$TEE_{meas} = RMR_{meas} + \ DIT \ + \ PA_{meas}$$

Όπου TEE_{meas} είναι η μετρημένη Συνολική Ημερήσια Ενεργειακή Δαπάνη (kcal/d), RMR_{meas} είναι ο μετρημένος μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας σε kcal/d (εδώ μετρήθηκε με το όργανο Quark-PFT), DIT είναι η θερμογένεση προερχόμενη από τη διαιτητική πρόσληψη (Diet-induced Thermogenesis) και PA είναι ο μέσος όρος της ημερήσιας δραστηριότητας (φυσιολογικής και άσκησης) του εξεταζόμενου κατά το τριήμερο της καταγραφής με το επιταχυνσιόμετρο Actigraph (σε μονάδες kcal/d). Οι ερευνητές d'Alessio et al. μελέτησαν εμπεριστατωμένα την παράμετρο DIT και βρήκαν ότι ισούται με το 8.2% της ημερήσιας πρόσληψης. Υποθέτοντας ότι η ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη είναι περίπου ίση με την TEE_{meas}, η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$TEE_{meas} \ = \ \frac{RMR_{\ meas} + \ PA_{meas}}{0.918}$$

Η εξίσωση που δίνει τον πραγματικό (μετρημένο) συντελεστή PAL_{meas} είναι:

$$PAL_{meas} = \frac{TEE_{meas}}{RMR_{meas}}$$

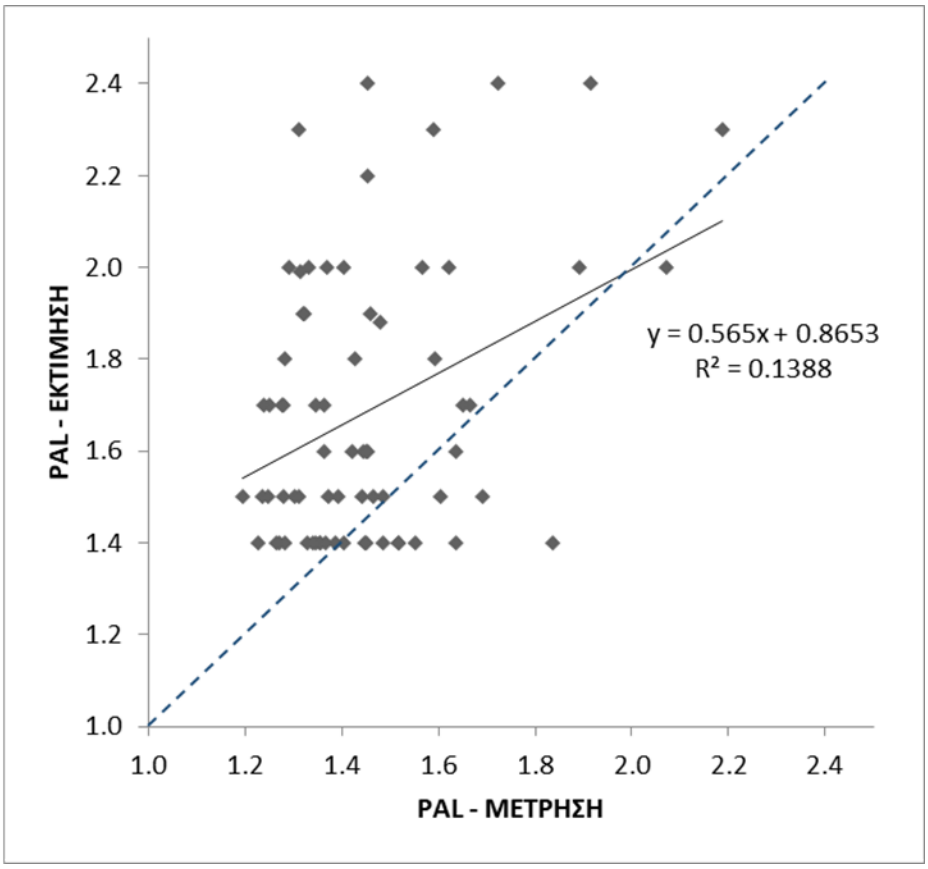


Figure 14: Γραμμική συσχέτιση του συντελεστή φυσικής δραστηριότητας PAL, που προκύπτει από τα επιταχυνσιόμετρα Actigraph και τη μέτρηση του RMR με τις τιμές του πίνακα FAO. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R^2 (R = 0.373). Ο συντελεστής p = 0.015. Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στην εξίσωση των δυο τιμών $PAL_{εκτιμηση} = PAL_{meas}$.

Στο Σχήμα 14 δίνεται η συσχέτιση των τιμών του PAL_{meas} με τις εκτιμώμενες τιμές του PAL που προκύπτουν από τους πίνακες FAO. Η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων έχει συντελεστή συσχέτισης R = 0.373 (p = 0.015). Διαπιστώνουμε ότι **υπάρχει υπερεκτίμηση του συντελεστή φυσικής δραστηριότητας PAL, όταν γίνεται χρήση του Πίνακα FAO στις περισσότερες των περιπτώσεων. Αυτή η κοινή διαπίστωση πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω λόγω της σοβαρής επίπτωσης που έχει στο εφαρμοζόμενο ισοζύγιο ενέργειας και στην ορθή συμπλήρωση των διαιτολογίων**.

3.2.4 Λοιπές συσχετίσεις

Με τη βοήθεια αριθμητικών και γραφικών αναλύσεων, αξιολογήθηκε η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της γωνίας φ στα 50 kHz και της $f_{critical}$, για άνδρες και γυναίκες χωριστά (βλ. Figure 15a, 15b). Επίσης αξιολογήθηκε η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη γωνία φ στα 50 kHz και στο

%ICW, για άνδρες και γυναίκες (βλ. Figure 16a, 16b). Παρακάτω παρατίθενται οι γραφικές αναλύσεις.

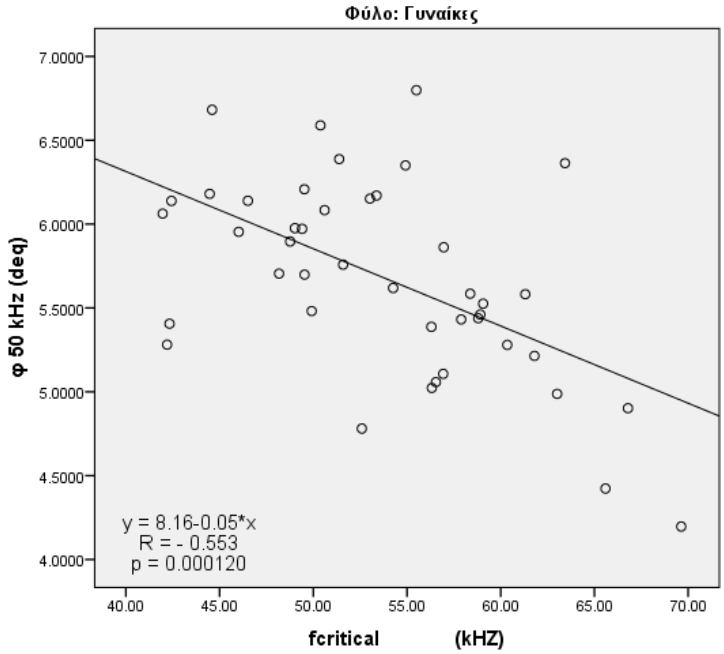


Figure 15a: Γραμμική συσχέτιση της γωνίας φ^{o}_{50kHz} με την $f_{critical}$ για γυναίκες. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p.

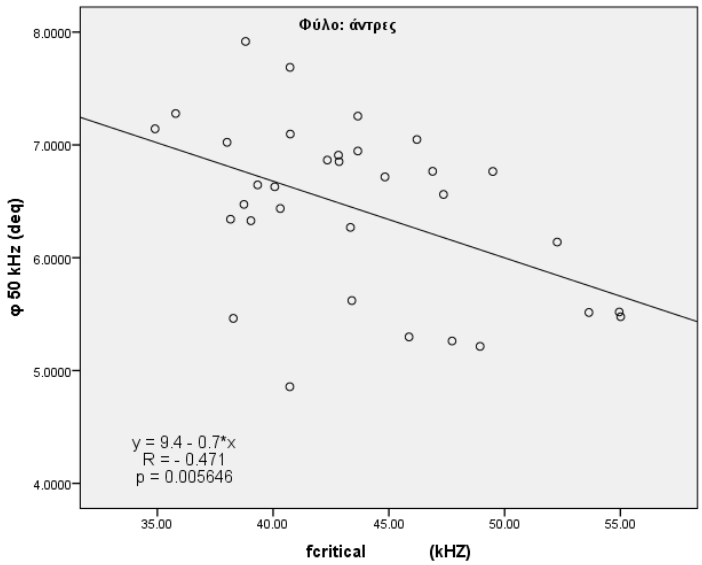


Figure 15b: Γραμμική συσχέτιση της γωνίας φ^{o}_{50kHz} με την fcritical για άντρες. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p.

Από τα παραπάνω διαγράμματα, συνάγεται ότι υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της γωνίας φ στα 50 kHz και της $f_{critical}$, τόσο σε άντρες όσο και στις γυναίκες. Αυτό σημαίνει ότι, στους εξεταζόμενους με μεγαλύτερη γωνία φ (πχ. μυώδης εξεταζόμενος) μικραίνει η $f_{critical}$.

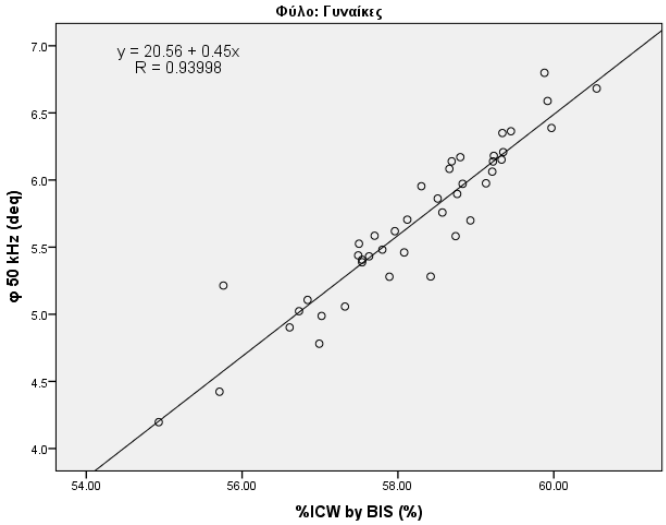


Figure 16a: Γραμμική συσχέτιση της γωνίας φ^{o}_{50kHz} με το %ICW για γυναίκες, ο συντελεστής p = 9.407×10^{-21}. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R.

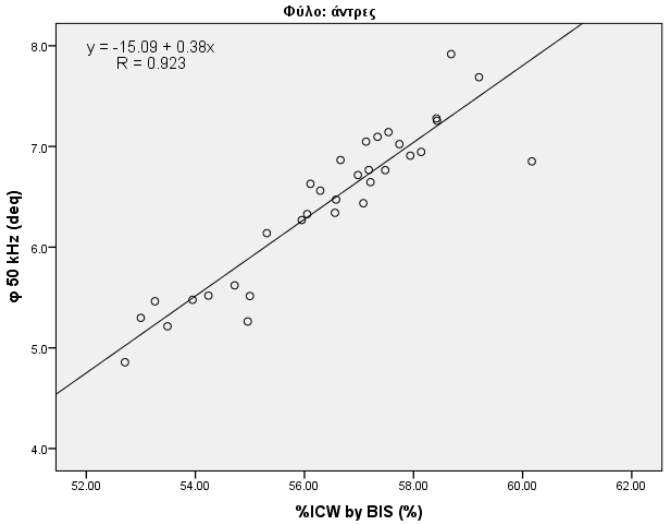


Figure 16b: Γραμμική συσχέτιση της γωνίας φ^{o}_{50kHz} με το %ICW για άντρες, ο συντελεστής p = 2.2045×10^{-14}. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R.

Στα Σχήματα 16a, 16b δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %ICW που προκύπτουν από τη μέθοδο BIS με τις τιμές της γωνίας φ στα 50kHz, σε γυναίκες και άντρες αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες ευθείες ελαχίστων τετραγώνων έχουν συντελεστές συσχέτισης 0.93998 (p = 9.407×10^{-21}) και 0.9230 (p = 2.2045×10^{-14}), πράγμα που υποδηλώνει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δυο παραμέτρων, σε άντρες και γυναίκες. **Η συσχέτιση αυτή είναι σημαντική, επειδή δείχνει ότι γνωρίζοντας τη γωνία φ στα 50 kHz μπορούμε να εκτιμήσουμε το %ICW**. Η διαπίστωση αυτή χρήζει περαιτέρω μελέτης στο άμεσο μέλλον.

Table 6: Πίνακας συσχετίσεων για γυναίκες.

		Ηλικία	%ICW	fcrit	Γωνία φ στα 50 kHz	%Ενυδάτωση Σώματος	%Ενυδάτωση του FFM	%BF
Ηλικία	Συντελεστής R	1	-.201	.069	-.301	-.349	.523	.485
	Συντελεστής p		.195	.658	.050	.022	.000	.001
%ICW	Συντελεστής R	-.201	1	-.613	.940	.126	-.123	-.148
	Συντελεστής p	.195		.000	.000	.421	.432	.343
fcrit	Συντελεστής R	.069	-.613	1	-.553	.304	.016	-.227
	Συντελεστής p	.658	.000		.000	.047	.916	.143
Γωνία φ στα 50 kHz	Συντελεστής R	-.301	.940	-.553	1	.138	-.248	-.200
	Συντελεστής p	.050	.000	.000		.379	.109	.198
%Ενυδάτωση Σώματος	Συντελεστής R	-.349	.126	.304	.138	1	-.412	-.937
	Συντελεστής p	.022	.421	.047	.379		.006	.000
%Ενυδάτωση του FFM	Συντελεστής R	.523	-.123	.016	-.248	-.412	1	.700
	Συντελεστής p	.000	.432	.916	.109	.006		.000
%BF	Συντελεστής R	.485	-.148	-.227	-.200	-.937	.700	1
	Συντελεστής p	.001	.343	.143	.198	.000	.000	.485

Από τις παραπάνω αριθμητικές αναλύσεις του Πίνακα 6, διαπιστώνουμε ότι, υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση ($p<0.01$) μεταξύ της ηλικίας και του %BF και μεταξύ της ηλικίας και της %Ενυδάτωσης της FFM. Ακόμα υψηλή συσχέτιση ($p\leq0.05$) υπάρχει ανάμεσα στην ηλικία και στη γωνία φ, καθώς και μεταξύ της ηλικίας και της %Ενυδάτωσης σώματος. Η αρνητική αυτή συσχέτιση εξηγείται μελετώντας το καθοδηγητικό πρότυπο διάγραμμα διανυσματικής βιοηλεκτρικής εμπέδησης (βλ. Ζαφειρόπουλος, 2015). Επίσης, πολύ υψηλή συσχέτιση ($p<0.01$) υπάρχει ανάμεσα στο %ICW και στην $f_{critical}$, καθώς και μεταξύ %ICW και γωνίας φ. Από το Διάγραμμα 16a και από τον Πίνακα 6, συνάγεται ότι υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της γωνίας φ στα 50 kHz και της $f_{critical}$. Αυτό σημαίνει ότι, στους εξεταζόμενους με μεγαλύτερη γωνία φ (πχ. μυώδης εξεταζόμενος) μικραίνει η $f_{critical}$. Ακόμα, αντιστρόφως ανάλογη σχέση υπάρχει ανάμεσα στην %Ενυδάτωση σώματος και στην %Ενυδάτωση της άλιπης μάζας και στην %Ενυδάτωση σώματος και στο %BF.

Table 7: Πίνακας συσχετίσεων για άνδρες.

		Ηλικία	%ICW	fcrit	Γωνία φ στα 50kHz	%Ενυδάτωση Σώματος	%Ενυδάτωση του FFM	%BF
Ηλικία	Συντελεστής R	1	-.707	.320	-.734	-.448	-.116	.421
	Συντελεστής p		.000	.069	.000	.009	.519	.015
%ICW	Συντελεστής R	-.707	1	-.407	.923	.522	.284	-.439
	Συντελεστής p	.000		.019	.000	.002	.109	.011
fcrit	Συντελεστής R	.320	-.407	1	-.471	-.055	-.064	.045
	Συντελεστής p	.069	.019		.006	.759	.722	.803
Γωνία φ στα 50 kHz	Συντελεστής R	-.734	.923	-.471	1	.479	.185	-.431
	Συντελεστής p	.000	.000	.006		.005	.303	.012
%Ενυδάτωση Σώματος	Συντελεστής R	-.448	.522	-.055	.479	1	.196	-.942
	Συντελεστής p	.009	.002	.759	.005		.274	.000
%Ενυδάτωση του FFM	Συντελεστής R	-.116	.284	-.064	.185	.196	1	.142
	Συντελεστής p	.519	.109	.722	.303	.274		.431
%BF	Συντελεστής R	.421	-.439	.045	-.431	-.942	.142	1
	Συντελεστής p	.015	.011	.803	.012	.000	.431	

Από τις παραπάνω αριθμητικές αναλύσεις του Πίνακα 7, διαπιστώνουμε ότι, υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση ($p<0.01$) μεταξύ της ηλικίας και του %ICW και μεταξύ της ηλικίας και της γωνίας φ. Επίσης, πολύ υψηλή συσχέτιση ($p<0.01$) υπάρχει ανάμεσα στο %ICW και στη γωνία φ και μεταξύ %ICW και %Ενυδάτωσης σώματος. Αντιστρόφως ανάλογη είναι η σχέση του %ICW με το %BF. Από το Διάγραμμα 16b και από τον Πίνακα 7, συνάγεται ότι υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της γωνίας φ στα 50 kHz και της $f_{critical}$. Αυτό σημαίνει ότι, στους εξεταζόμενους με μεγαλύτερη γωνία φ (πχ. μυώδης εξεταζόμενος) μικραίνει η $f_{critical}$. Επιπλέον συσχέτιση υπάρχει ανάμεσα στη γωνία φ στα 50 kHz και στην %Ενυδάτωση σώματος και μεταξύ γωνίας φ και του %BF. Ακόμα, αντιστρόφως ανάλογη σχέση υπάρχει ανάμεσα στην %Ενυδάτωση και στο %BF.

Table 8: Πίνακας συσχετίσεων για γυναίκες και άνδρες.

		Ηλικία	%ICW	fcrit	Γωνία φ στα 50 kHz	%Ενυδάτωση Σώματος	%Ενυδάτωση του FFM	%BF
Ηλικία	Συντελεστής R	1	-.406	.107	-.429	-.326	.280	.391
	Συντελεστής p		.000	.356	.000	.004	.014	.000
%ICW	Συντελεστής R	-.406	1	-.009	.447	.014	.106	.012
	Συντελεστής p	.000		.937	.000	.902	.363	.916
fcrit	Συντελεστής R	.107	-.009	1	-.646	-.219	.047	.209
	Συντελεστής p	.356	.937		.000	.057	.687	.069
Γωνία φ στα 50 kHz	Συντελεστής R	-.429	.447	-.646	1	.497	-.087	-.473
	Συντελεστής p	.000	.000	.000		.000	.453	.000
%Ενυδάτωση Σώματος	Συντελεστής R	-.326	.014	-.219	.497	1	-.160	-.948
	Συντελεστής p	.004	.902	.057	.000		.168	.000
%Ενυδάτωση του FFM	Συντελεστής R	.280	.106	.047	-.087	-.160	1	.464
	Συντελεστής p	.014	.363	.687	.453	.168		.000
%BF	Συντελεστής R	.391	.012	.209	-.473	-.948	.464	1
	Συντελεστής p	.000	.916	.069	.000	.000	.000	

Από τις παραπάνω συσχετίσεις του Πίνακα 8 (άνδρες και γυναίκες μαζί), διαπιστώνουμε ότι, υπάρχει υψηλή συσχέτιση ($p < 0.05$) μεταξύ της ηλικίας και του %ICW, της ηλικίας και της γωνίας φ, της ηλικίας και της %Ενυδάτωσης Σώματος και της ηλικίας και του %BF. Επίσης, υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ %ICW και γωνίας φ στα 50 kHz ($p < 0.01$), σε γυναίκες και άνδρες Ακόμα, αρνητική συσχέτιση υπάρχει ανάμεσα στην f_{crit} και στη γωνία φ (στα 50 kHz). Ανάλογη σχέση υπάρχει ανάμεσα στην %Ενυδάτωση του FFM και στην %Ενυδάτωση του FFM και στο %BF.

Table 9: Πίνακας συσχετίσεων %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3 τμημάτων και %ICW, για γυναίκες και άνδρες.

Φύλο			**%BF by 3-Compartment model**	**%ICW**
Γυναίκες (N=43)	**%BF by 3-Compartment model**	Συντελεστής R	1	-.148
		Συντελεστής p		.343
	%ICW BIS	Συντελεστής R	-.148	1
		Συντελεστής p	.343	
Άνδρες (N=33)	**%BF by 3-Compartment model**	Συντελεστής R	1	-.439
		Συντελεστής p		.011
	%ICW	Συντελεστής R	-.439	1
		Συντελεστής p	.011	

Στον Πίνακα 9 δίνεται η συσχέτιση των τιμών του %BF με τις τιμές του %ICW που προκύπτουν από τη μέθοδο BIS, σε γυναίκες και άντρες αντίστοιχα. Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα του Πίνακα 9 για τους άνδρες (βλ. επίσης Πίνακα 7), παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση (R = -0.439, p = 0.011), ενώ για τις γυναίκες η αρνητική συσχέτιση είναι ασθενής (R = -0.148, p = 0.343).

Αυτό το εύρημα συμφωνεί απόλυτα με τα ερευνητικά αποτελέσματα των Ritz, et al. (2008), όπου οι χαρακτηριζόμενοι ως παχύσαρκοι ('Obese') βρέθηκαν να έχουν το χαμηλότερο ποσοστό ενδοκυττάριας ενυδάτωσης (%ICW). Αντιθέτως, οι χαρακτηρισθέντες ως αδύνατοι ('Lean') είχαν το υψηλότερο ποσοστό %ICW. Στην παρούσα έρευνα, για τις γυναίκες, δεν παρατηρήθηκε ανάλογη συσχέτιση.

Με τη βοήθεια αριθμητικών και γραφικών αναλύσεων αξιολογήθηκε η σχέση της %Ενυδάτωσης του FFM και του %BF, σε ολόκληρο το δείγμα.

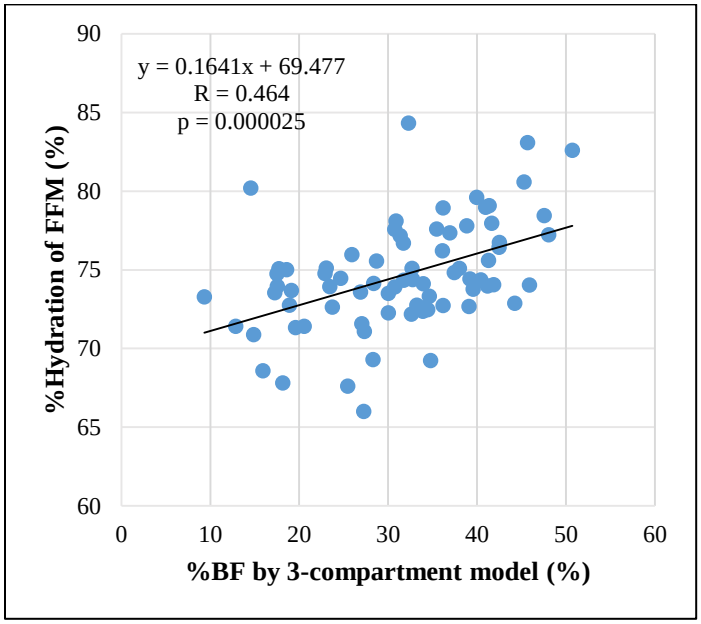


Figure 17: Γραμμική συσχέτιση του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων με την %Ενυδάτωση του FFM. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R και p.

Για να αξιολογήσουμε καλύτερα την τη σχέση της %Ενυδάτωσης της FFM και του %BF, παραθέτουμε τα παρακάτω διαγράμματα συσχέτισης για άνδρες και γυναίκες χωριστά (βλ. Figure 18a, 18b).

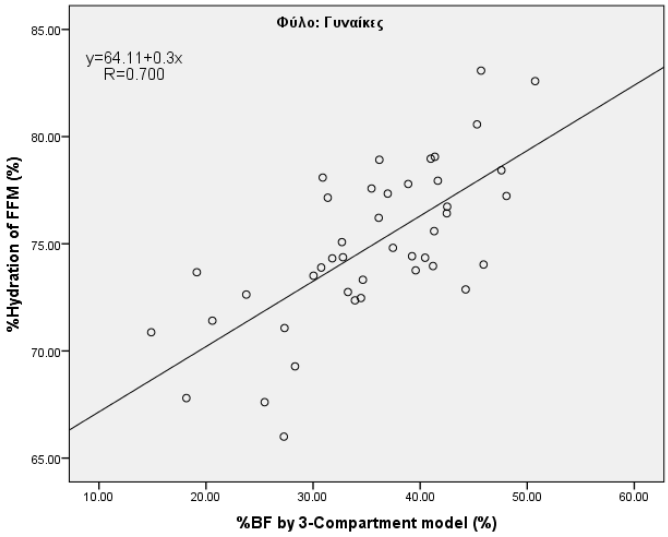


Figure 18a: Γραμμική συσχέτιση της %Ενυδάτωσης της FFM με το %BF για γυναίκες, ο συντελεστής p = 1.7629× 10^{-7}. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R.

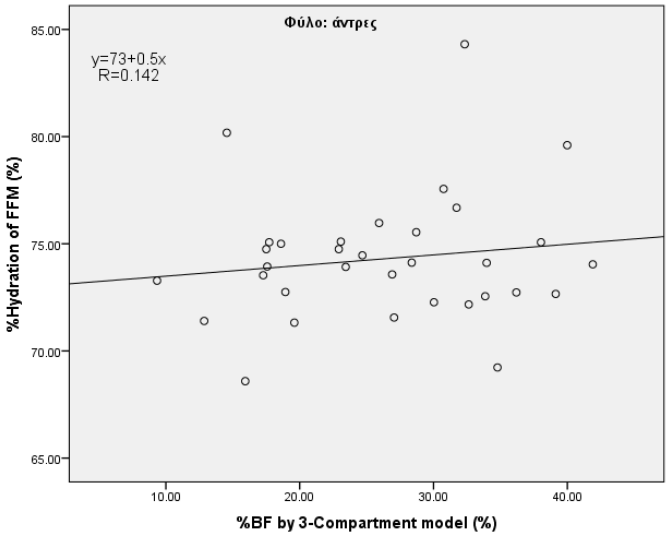


Figure 18b: Γραμμική συσχέτιση της %Ενυδάτωσης της FFM με το %BF για άντρες, ο συντελεστής p = 0.431138. Στο διάγραμμα δίδεται η εξίσωση συσχέτισης καθώς και ο συντελεστής R.

Από το Σχήμα 17 φαίνεται ότι **υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της %Ενυδάτωσης της FFM και του %BF, σε ολόκληρο το δείγμα** (R = 0.464, p = 0.000025). Εάν εξετάσουμε τη σχέση αυτή σε άντρες και γυναίκες χωριστά, διαπιστώνουμε ότι στους άντρες (Σχήμα 18b) η συσχέτιση αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική (p = 0.431138), όπως συμβαίνει στις γυναίκες (Σχήμα 18a, p = 10^{-7}). Παρόλα αυτά, στο ενοποιημένο δείγμα η συσχέτιση αυτή εξακολουθεί να παραμένει στατιστικά σημαντική (p = 0.000025).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο δείγμα της έρευνάς μας εφαρμόστηκε μια σειρά από διαφορετικές μεθόδους μέτρησης του ποσοστού σωματικού λίπους (%BF). Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν οι εξής μέθοδοι:

- Ζύγιση στο νερό (Underwater Weighing, UW), με την οποία μετριέται η πυκνότητα του σώματος D_b. Από αυτήν εκτιμάται με μεγάλη ακρίβεια το ποσοστό σωματικού λίπους %BF. Παράλληλα, για την εφαρμογή της UW, απαιτείται η μέτρηση των πνευμονικών όγκων ERV, FRC και RV.
- Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Spectroscopy, BIS), με την οποία μετριέται το συνολικό νερό του σώματος (TBW), καθώς και τα επιμέρους τμήματά του, το ενδοκυττάριο (ICW) και το εξωκυττάριο (ECW). Από το TBW μπορεί επίσης να εκτιμηθεί το %BF, σε περίπτωση που η BIS εφαρμόζεται ως μοναδική μέθοδος.
- Τετρα-συχνοτική Βιοηλεκτρική Εμπέδηση (Quad-frequency Bioelectrical Impedance Analysis, 4-freq BIA). Με τη μέθοδο αυτήν μετριέται η βιοηλεκτρική εμπέδηση του σώματος σε τέσσερις ηλεκτρικές συχνότητες (συνήθως 5, 50, 100 και 200 kHz). Το όργανο χρησιμοποιεί ενσωματωμένο αλγόριθμο για τον υπολογισμό των %BF, FFM κ.λπ.
- Βιοηλεκτρική Εμπέδηση (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA). Με τη μέθοδο αυτήν μετριέται η βιοηλεκτρική εμπέδηση του σώματος μόνο σε μια ηλεκτρική συχνότητα (50 kHz). Ως εκ τούτου, στην ουσία η BIA εμπεριέχεται στην BIS και στην 4-συχνοτική BIA. Ως ανεξάρτητη μέθοδος μπορεί να μας δώσει εκτίμηση, τόσο του TBW, όσο και του FFM (Fat Free Mass), με χρήση διαφορετικών εξισώσεων.
- Μοντέλο 3-τμημάτων. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο ανάλυσης του ανθρώπινου σώματος, το σώμα χωρίζεται στα εξής τρία τμήματα: α) Λίπος, β) Νερό και γ) υπόλοιποι ιστοί (άνυδρη πρωτεΐνη, οστική μάζα, λοιπά άλατα κ.λπ). Για τη χρήση αυτού του μοντέλου απαιτείται η εφαρμογή δυο ανεξαρτήτων μεθόδων για τη μέτρηση των D_b και TBW, αντίστοιχα. Το μοντέλο αυτό παρέχει μεγάλη ακρίβεια στην εκτίμηση του %BF και ως εκ τούτου, του FFM, ειδικά στις περιπτώσεις εκείνες που η ενυδάτωση του FFM είναι διαταραγμένη.

Παράλληλα, στο δείγμα μας εφαρμόστηκε η σπιρομέτρηση (έμμεση θερμιδομετρία), για τη μέτρηση του RMR (Resting Metabolic Rate) ή REE (Resting Energy Expenditure). Χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικά σπιρόμετρα:

- PFT Quark-Σταθερό όργανο με δύο αισθητήρες O2 και CO2
- Fitmate- Φορητό όργανο με έναν αισθητήρα O2

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικές εξισώσεις εκτίμησης του RMR από τη διεθνή βιβλιογραφία και συγκεκριμένα:

- Cunningham (Cunningham, 1991)
- Modified Harris and Benedict (Frankenfield et al., 1998)

Από τις συσχετίσεις μεταξύ των διάφορων μεθόδων/εξισώσεων εκτίμησης του %BF και του %BF που προκύπτει από το μοντέλο των 3-τμημάτων, συνάγεται ότι όλες οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0.0001$). Όταν όμως συνεκτιμηθούν και τα διαγράμματα Bland-Altman, παρατηρούμε ότι μόνο για τρεις μεθόδους δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαφορών και του %BF, όπως πρέπει να ισχύει σύμφωνα με τη μεθοδολογία Bland-Altman. Οι μέθοδοι αυτές είναι η 4-συχνοτική BIA-Quadscan, οι Fatness specific equations Segal et. al και οι εξισώσεις Lohman. Η σειρά αυτή συμπίπτει και με την κατάταξη ως προς την ακρίβεια τους, σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση των μετρήσεων/δεδομένων της έρευνας μας.

Όσον αφορά τον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, συγκρίνοντας τις δυο εκτιμήσεις με τις μετρημένες τιμές, η ακριβέστερη εκτίμηση του RMR είναι αυτή που προκύπτει από την εξ. modified Harris and Benedict.

Στην παρούσα μελέτη μετρήθηκε και η συνολική ενεργειακή δαπάνη με τη χρήση επιταχυνσιόμετρων, με τριήμερη καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας. Κατόπιν αξιολογήθηκε η συσχέτιση των μετρημένων τιμών του συντελεστή φυσικής δραστηριότητας (PAL) με τις προτεινόμενες τιμές PAL που προκύπτουν από τους πίνακες FAO. Από την αξιολόγηση αυτή, διαπιστώνουμε ότι υπάρχει σημαντική υπερεκτίμηση του συντελεστή φυσικής δραστηριότητας PAL, όταν γίνεται χρήση του Πίνακα FAO. Αυτή η διαπίστωση πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω λόγω της σοβαρής επίπτωσης που έχει στο χρησιμοποιούμενο ενεργειακό ισοζύγιο και στη συμπλήρωση των διαιτολογίων.

Ακόμη μία συσχέτιση, που χρήζει περεταίρω μελέτης στο άμεσο μέλλον είναι η θετική συσχέτιση των τιμών του %ICW (που προκύπτουν από τη μέθοδο BIS) με τις τιμές της γωνίας φ (στα 50kHz) που προκύπτουν από οποιαδήποτε μέθοδο BIA, σε γυναίκες και άντρες αντίστοιχα. Η συσχέτιση αυτή είναι στατιστικά σημαντική ($p < 0.0001$) και μπορεί να εξηγηθεί με το καθοδηγητικό πρότυπο διάγραμμα διανυσματικής βιοηλεκτρικής εμπέδησης, παρατηρώντας ότι οι μεγάλες τιμές του φ αντιστοιχούν στους μυώδεις, στους οποίους το ποσοστό της ενδοκυττάριας ενυδάτωσης (%ICW) είναι μέγιστο. Αντίθετα, στους παχύσαρκους βρέθηκε (Ritz et al., 2008) ότι η %ICW είναι ελάχιστη. Η ισχυρή αυτή συσχέτιση δείχνει ότι γνωρίζοντας τη γωνία φ μπορούμε να εκτιμήσουμε το %ICW, χρησιμοποιώντας την απλή μέθοδο BIA.

Γενικά, από τις συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο συνολικό δείγμα (άνδρες και γυναίκες), διαπιστώνουμε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και του %ICW ($p < 0.0001$), αρνητική συσχέτιση της ηλικίας και της γωνίας φ ($p < 0.0001$), αρνητική συσχέτιση της ηλικίας και της %Ενυδάτωσης Σώματος ($p = 0.004$), θετική συσχέτιση της ηλικίας και της %Ενυδάτωσης FFM ($p = 0.014$) και τέλος, θετική συσχέτιση της ηλικίας και του %BF ($p < 0.0001$). Επίσης, αρνητική συσχέτιση υπάρχει ανάμεσα στην $f_{critical}$ και στη γωνία φ ($p < 0.0001$).

Εκτός από τις συσχετίσεις της γωνίας φ που αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή με το %ICW και με την ηλικία, παρατηρήθηκαν επίσης: αρνητική συσχέτιση της γωνίας φ με την $f_{critical}$ ($p < 0.0001$), θετική συσχέτιση της φ με την %ενυδάτωση σώματος ($p < 0.0001$) και τέλος, αρνητική συσχέτιση της φ με το %BF ($p < 0.0001$).

Εκτός από την ηλικία και τη γωνία φ, το ποσοστό σωματικού λίπους %BF βρέθηκε ότι συσχετίζεται αρνητικά με την %ενυδάτωση του σώματος ($p < 0.0001$), πράγμα αναμενόμενο και απολύτως τεκμηριωμένο (Heymsfield et al., 2005). Επίσης βρέθηκε ότι το %BF συσχετίζεται θετικά με την %ενυδάτωση του FFM ($p < 0.0001$), γεγονός που υποδηλώνει μια αφυδάτωση του FFM σε άτομα με χαμηλό %BF (π.χ. αθλητές και αδύνατα άτομα), ενώ τα παχύσαρκα άτομα εμφανίζουν υπερενυδάτωση της άλιπης μάζας τους.

Τέλος, βρέθηκε ότι στους άνδρες υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο %BF και στο %ICW ($R = -0.439$, $p = 0.011$), ενώ για τις γυναίκες η αρνητική συσχέτιση είναι ασθενής ($R= -0.148$, $p = 0.343$),. Αυτό το εύρημα συμφωνεί απόλυτα με τα ερευνητικά αποτελέσματα των Ritz, et al. (2008), όπου οι χαρακτηριζόμενοι ως παχύσαρκοι (‘Obese’) βρέθηκαν να έχουν το χαμηλότερο ποσοστό ενδοκυττάριας ενυδάτωσης (%ICW). Αντιθέτως, οι

χαρακτηρισθέντες ως αδύνατοι (‘Lean’) είχαν το υψηλότερο ποσοστό %ICW. Στις γυναίκες δεν παρατηρήθηκε ανάλογη συσχέτιση, πιθανώς διότι πολλές από αυτές είχαν συμμετάσχει σε μακρόχρονες δίαιτες και η ενυδάτωση τους ήταν διαταραγμένη (Lichtenbelt and Fogelholm, 1999).

Η παρούσα έρευνα συνεχίζεται στο θεσμοθετημένο *Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος του Ανθρώπου*, με σκοπό το δείγμα να αυξηθεί τουλάχιστον σε 100 άτομα. Ο τελικός στόχος είναι η δημοσίευση των επιμέρους σημαντικών αποτελεσμάτων που βρέθηκαν και αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ActiGraph wGT3X-BT + ActiLife User Guide, 2017. Available online: https://s3.amazonaws.com/actigraphcorp.com/wp-content/uploads/2018/02/27121030/ActiGraph_wGT3X-BT_UserGuide_11272017_FINAL_WEB.pdf
- Barriera, T.V, Tudor-Locke, C, Champagne, C.M., Broyles, S.T., Johnson, W.D., Katzmarzyk, P.T., 2013. Comparison of GT3X accelerometer and YAMAX pedometer steps/day in a free-living sample of overweight and obese adults. Journal of Physical Activity & Health, 10(2), pp. 263-270.
- Biaggi, R.R., Vollman, M.W., Nies, M.A., Brener, C.E., Flakoll, P.J. Levenhagen, D.K., Sun, M., Karabulut, Z. and Chen, K.Y., 1999. Comparison of air-displacement plethysmography with hydrostatic weighing and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in healthy adults. American Journal of Clinical Nutrition, 69(5), pp. 898-903.
- Brandt, L. and Erixon, F., 2013. The Prevalence and Growth of Obesity and Obesity-related Illnesses in Europe.
- Brozek, J., 1965. Methods for the study of body composition: some recent advances and developments. In: J. Brozek, ed. 1965. Symposia of the Society for the study of Human Biology. Vol. VII. Human body composition: Approaches and applications. London: Pergamon Press Ltd. pp. 1-29.
- Cole, K.S., 1972. Membranes, Ions and Impulses: A Chapter of Classical Biophysics. Berkeley, CA: University of California Press.
- Cunningham, J.J., 1991. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. American Journal of Clinical Nutrition, 54(6), pp. 963-969.
- D'Alessio, D.A., Kavle, E.C., Mozzoli, M.A., Smalley, K.J., Polansky, M., Kendrick, Z.V., Owen, L.R., Bushman, M.C., Boden, G. and Owen, O.E., 1988. Thermic effect of food in lean and obese men. Journal of Clinical Investigation, 81, 1781-1789.

- DeLorenzo, A., Andreoli, A., Matthie, J. and Withers, P., 1997. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. Journal of Applied Physiology, 82(5), 1542-1558.
- Deurenberg, P., Van der Kooy, K., Leenen, R., Est-Strate, J.A. and Seidell, J.C., 1991. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. International Journal of Obesity, 15(1), pp. 17–25.
- Donahoo, W.T, Levine, J.A. and Melanson, E.L., 2004.Variability in energy expenditure and its components. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 7: pp. 599–605.
- Ellis, K.J., Shypailo, R.J. and Wong, W.W., 1999. Measurement of body water by multifrequency bioelectrical impedance spectroscopy in a multiethnic pediatric population. American Journal of Clinical Nutrition, 70(5), pp. 847–853.
- European Commission, Eurostat, 2014. Overweight and obesity – BMI statistics. [(accessed on 25 May 2018)]. Available online: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Overweight_and_obesity_-_BMI_statistics
- FAO, 2001. Human Energy Requirements, pp. 38. Available online: http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf
- Farni, K., Shoham, D.A., Cao, G., Luke, A.H., Layden, J., Cooper, R.S., Dugas, L.R., 2014. Physical activity and pre-diabetes-an unacknowledged mid-life crisis: findings from NHANES 2003–2006. PeerJ (2), pp. 499.
- Frankenfield, D.C., Muth, E.R. and Rowe, W.A., 1998. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history and limitations. Journal of the American Dietetic Association, 98(4), pp. 439-445.
- Hanai, T., 1968. Electrical Properties of Emulsions in Emulsion Science, Academic Press.
- Heymsfield, S.B., Lohman, T.G., Wang, Z.M. and Going, S.B. eds., 2005. Human Body Composition. 2nd ed. Champaign, IL: Human kinetics.

- Heyward, V.H. and Wagner D.R., 2004. Applied Body Composition Assessment. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hruby, A. and Hu, F.B., 2014. The epidemiology of obesity: A big picture. PharmacoEconomics, 33(7).
- Janssen, I., Heymsfield S.B., Baumgartner, R.N., Ross, R., 2000. Estimation of skelet al muscle mass by bioelectrical impedance analysis. Journal of applied physiology, 89(2), pp. 465-471.
- Kyle, U.G., Genton, L., Karsegard, L., Slosman, D.O. and Pichard, C., 2001. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. Nutrition, 17(3), pp. 248-253.
- Kyle, U.G., Bosaeus, I. et al., 2004. Bioelectrical impedance analysisFpart I: review of principles and methods, Clinical Nutrition, 23(5), pp. 1226–1243.
- Lichtenbelt, W.D. and Fogelholm, M., 1999. Increased extracellular water compartment, relative to intracellular water compartment, after weight reduction. The American Physiological Society, pp. 294-298.
- Lohman, T.G., 1992. Advances in Body Composition Assessment (Current Issues in Exercise Science; Monograph No 3). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Mager, J.R., Sibley, S.D., Beckman, T.R., Kellog, T.A., Earthman, C.P. 2008. Multifrequency bioelectrical impedance analysis and bioimpedance spectroscopy for monitoring fluid and body cell mass changes after gastric bypass surgery. Clinical Nutrition 27, pp. 832-841.
- Müller, C., Winter, C., Rosenbaum, D., 2010. Aktuelle objektive messverfahren zur erfassung körperlicher aktivität im vergleich zu subjektiven erhebungsmethoden. Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin 61(1), pp. 11-18.
- National Institute for Health Research. Procedure for measuring Bioelectrical Impedance using the Bodystat 1500, pp. 1-6.

- NHANES, 2009-2010. Usual Dietary Intakes: NHANES Food Frequency Questionnaire (FFQ). Available online: https://epi.grants.cancer.gov/diet/usualintakes/FFQ.English.June0304.pdf
- Oliveira, B.A.P., Nicoletti, C.F., Gardim, C.B., Andrade, V.L., Freitas, I.F., 2014. Comparisons between predictive equations of resting metabolic rate and indirect calorimetry in obese teenagers. Clinical Nutrition, 41(2), pp. 126-130.
- Pietro, L., Dziura, J. and Blair, S.N. 2004. Estimated change in physical activity level (PAL) and prediction of 5-year weight change in men: the Aerobics Center Longitudinal Study. *International Journal of Obesity*, 28, pp. 1541–1547.
- Quark PFT User Manual, 2009, (6), pp. 206-232.
- Ritz, P., Vol, S., Berrut, G., Tack, I., Arnaud, M.J. and Tichet, J., 2008. Influence of gender and body composition on hydration and body water spaces. *Clinical Nutrition*, 27(5), pp. 740-746.
- Rodriguez, G., Moreno, L.A., Sarria, A., Fleta, J., Bueno, M., 2000. Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calorimetry and prediction equations. *Clinical Nutrition*, 21(3), pp. 255–260.
- Roubenoff, R., Baumgartner, R.N., Harris, T.B., G Dallal,.E., Hannan, M.T., Economos, C.D., Stauber, P.M., Wilson, P.W.E. and Kiel, D.P., 1997. Application of Bioelectrical Impedance Analysis to Elderly Populations. Journal of Gerontology, 52A(3), M129-M136.
- Sallis, J.F., Saelens, B.E., 2000. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. Research Quarterly for Exercise and Sport 71(2), pp. 1-14.
- Segal, K.R., Van Loan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgdon, J.A. and Van Itallie, T.B., 1988. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four-site cross-validation study. American Journal of Clinical Nutrition, 47(1), pp. 7-14.
- Siri, W.E., 1961. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: J. Brozek and A. Henschel, eds. Techniques for measuring body composition. National Academy of Sciences, pp. 223-244.

- Wanger, J., Clausen, J.L., Coates, A., Pedersen, O.F., Brusasco, V., et al., 2005. Standardisation of the measurement of lung volumes. European Respiratory Journal, 26, pp. 511-522.
- Weir, J.B., 1949. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J. Physiol., 109, pp. 1-9.
- Weir, J.B., 1990. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. Nutrition, 6, pp. 213-221.
- WHO Obesity and Overweight. Fact Sheet. 2015. [(accessed on 4 May 2018)]. Available online: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/
- Ζαφειρόπουλος, Β., 2015. *Μέτρηση Σύστασης του Ανθρώπινου Σώματος*. Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. ISBN 978-960-603-370-4. Ηλεκτρονικό **βιβλίο: https://repository.kallipos.gr/handle/11419/3626**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Οι εξισώσεις εκτίμησης της άλιπης μάζας (Fat Free Mass, FFM) σε kg, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν:

Deurenberg et al., 1991

$$FFM = -12.44 + 0.34 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.1534 \times Ht) + (0.273 \times BM) - (0.127 \times y) + (4.56 \times \varphi\acute{\upsilon}\lambda o)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg, y είναι η ηλικία σε έτη και το φύλο είναι 1 για τους άνδρες και 0 για τις γυναίκες. Το δείγμα αφορά 661 εξεταζόμενους, ηλικίας 16 και άνω ετών.

Kyle et al., 2001

$$FFM = -4.104 + 0.518 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.231 \times BM) + (0.130 \times Xc) + (4.229 \times \varphi\acute{\upsilon}\lambda o)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg, Xc είναι η χωρητική αντίσταση στα 50 kHz σε Ω και το φύλο είναι 1 για τους άνδρες και 0 για τις γυναίκες. Το δείγμα αφορά 343 εξεταζόμενους, ηλικίας 18 έως 94 ετών.

Fatness specific equations, Segal et al., 1988

Η εξίσωση αυτή κατηγοριοποιείται ξεχωριστά για άνδρες και γυναίκες ανάλογα με το %BF στις παρακάτω κατηγορίες:

Γυναίκες με %BF <30%

$$FFM = (0.000646 \times Ht^2) - (0.01397 \times R) + (0.42087 \times BM) + 10.4348$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω και BM είναι η μάζα σώματος σε kg. Το δείγμα αφορά 323 γυναίκες, ηλικίας 17 έως 62 ετών.

Γυναίκες με %BF ≥30%

$$FFM = (0.0009119 \times Ht^2) - (0.01466 \times R) + (0.2999 \times BM) - (0.07012 \times y) + 9.3794$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg και y η ηλικία σε έτη. Το δείγμα αφορά 175 γυναίκες, ηλικίας 17 έως 62 ετών.

Άνδρες με %BF <20%

$$FFM = (0.0006636 \times Ht^2) - (0.02117 \times R) + (0.6285 \times BM) - (0.1238 \times y) + 9.333$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg και y η ηλικία σε έτη. Το δείγμα αφορά 472 άνδρες, ηλικίας 17 έως 62 ετών.

Άνδρες με %BF ≥20%

$$FFM = (0.0008858 \times Ht^2) - (0.02999 \times R) + (0.42688 \times BM) - (0.07002 \times y) + 14.5243$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg και y η ηλικία σε έτη. Το δείγμα αφορά 597 άνδρες, ηλικίας 17 έως 62 ετών.

Lohman, 1992

Η εξίσωση αυτή κατηγοριοποιείται ξεχωριστά για άνδρες και γυναίκες ανάλογα με την ηλικία στις παρακάτω κατηγορίες:

Γυναίκες 18 έως 29 ετών

$$FFM = 5.49 + 0.475 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.295 \times BM)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω και BM είναι η μάζα σώματος σε kg. Το δείγμα αφορά 153 γυναίκες.

Γυναίκες 30 έως 49 ετών

$$FFM = 11.59 + 0.493 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.141 \times BM)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω και BM είναι η μάζα σώματος σε kg. Το δείγμα αφορά 122 γυναίκες.

Γυναίκες 50 έως 70 ετών

$$FFM = 6.34 + 0.474 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.180 \times BM)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω και BM είναι η μάζα σώματος σε kg. Το δείγμα αφορά 72 γυναίκες.

Άνδρες 18 έως 29 ετών

$$FFM = 5.32 + 0.485 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.338 \times BM)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω και BM είναι η μάζα σώματος σε kg. Το δείγμα αφορά 153 άνδρες.

Άνδρες 30 έως 49 ετών

$$FFM = 4.51 + 0.549 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.163 \times BM) + (0.092 \times Xc)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg και Xc είναι η χωρητική αντίσταση στα 50 kHz σε Ω. Το δείγμα αφορά 111 άνδρες.

Άνδρες 50 έως 70 ετών

$$FFM = -11.41 + 0.600 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.186 \times BM) + (0.226 \times Xc)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg και Xc είναι η χωρητική αντίσταση στα 50 kHz σε Ω. Το δείγμα αφορά 74 άνδρες.

Roubenoff, et al. 1997

Η εξίσωση αυτή αφορά δείγμα 455 ηλικιωμένων εξεταζόμενων και χρησιμοποιήθηκε για συγκεκριμένο αριθμό ατόμων (N=2) στην παρούσα μελέτη.

$$FFM = 5.741 + 0.4551 \times \left(\frac{Ht^2}{R}\right) + (0.1405 \times BM) + (0.0573 \times Xc) + (6.2467 \times \varphi\acute{\upsilon}\lambda o)$$

Όπου Ht είναι το ύψος σε cm, R είναι η βιοηλεκτρική αντίσταση στα 50kHz σε Ω, BM είναι η μάζα σώματος σε kg, Xc είναι η χωρητική αντίσταση στα 50 kHz σε Ω και το φύλο είναι 1 για τους άνδρες και 0 για τις γυναίκες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Οδηγίες προς εξεταζομένους

Οι εξεταζόμενοι καλούνται να διαβάσουν προσεκτικά τις παρακάτω οδηγίες και να τις τηρήσουν πριν από τις μετρήσεις.

- Δεν επιτρέπεται η κατανάλωση τροφίμων/ροφημάτων για 12 ώρες πριν τις μετρήσεις. Σε περίπτωση που ο εξεταζόμενος πεινάσει το πρωί, πριν προσέλθει στο Εργαστήριο, συστήνεται η κατανάλωση ενός ελαφρού ροφήματος 3-4 ώρες πριν από τις μετρήσεις, σε καμία περίπτωση όμως δεν επιτρέπεται η πρόσληψη ξηράς τροφής.
- **Όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται νωρίς το πρωί, η παραπάνω οδηγία έχει ήδη τηρηθεί εφόσον ο εξεταζόμενος δεν έχει καταναλώσει πρωινό**. Γι αυτόν τον λόγο τα ραντεβού κλείνονται για τις 9:00 κάθε πρωί.
- Αποφυγή κατανάλωσης τροφίμων τα οποία ενδέχεται να προκαλέσουν εντερικά αέρια (όπως ψημένα φασόλια, αναψυκτικά, κλπ.), για τουλάχιστον 12 ώρες πριν από το ραντεβού.
- Αποχή από οποιαδήποτε έντονη φυσική δραστηριότητα, για τουλάχιστον 12 ώρες πριν από το ραντεβού.
- Αποχή από το αλκοόλ, για τουλάχιστον 48 ώρες πριν από το ραντεβού.
- Αποχή από το κάπνισμα, για τουλάχιστον 2 ώρες πριν από το ραντεβού.
- Το πρωί πριν το ραντεβού, είναι απαραίτητο ένα μπάνιο με ζεστό νερό και σαπούνι.
- Για τη διαδικασία είναι απαραίτητο να έχετε μαζί σας μαγιό, πετσέτα και αντιολισθητικές σαγιονάρες. Ένα σκουφάκι κολύμβησης είναι χρήσιμο, αλλά όχι απαραίτητο.
- Σε περίπτωση ευαισθησίας των αυτιών στο νερό, θα χρησιμοποιηθούν κέρινες ωτοασπίδες (παρέχονται). Εάν υπάρχει ευαισθησία στο χλώριο, παρέχονται και γυαλιά κολύμβησης.
- Απαγορεύεται η χρήση καλλυντικών, αντηλιακών, λαδιών, προϊόντων περιποίησης μαλλιών, αποσμητικών και αρωμάτων.

- Δεν επιτρέπεται το πλύσιμο του στόματος και της μύτης μέσα στη δεξαμενή.

Οι μετρήσεις **δεν επιτρέπονται** στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Λίγο πριν/κατά τη διάρκεια της έμμηνου ρύσεως, για τις γυναίκες.
- Όταν υπάρχει κρυολόγημα.
- Σε άτομα με ιστορικό θωρακικής κάκωσης, άλγος στο θώρακα, στην κοιλιά, στη στοματική κοιλότητα ή στο πρόσωπο.
- Σε άτομα με κάποια νόσο του αναπνευστικού (άσθμα, πνευμονική φυματίωση, εμφύσημα ή χρόνια βρογχίτιδα).
- Σε άτομα με δερματικές λοιμώδεις παθήσεις, αφροδίσια νοσήματα, ανοιχτά τραύματα, εντερικές λοιμώξεις, ουροκαθετήρα, στομίες (γαστροστομία, κολοστομία).
- Σε άτομα με ακράτεια ούρων (π.χ. όταν υπάρχει υπερτροφία προστάτη).
- Σε άτομα με σοβαρά καρδιολογικά προβλήματα.
- Σε άτομα με μη ελεγχόμενη υπέρταση, πνευμονική εμβολή.
- Σε άτομα που φέρουν βηματοδότη/απινιδωτή.
- Σε άτομα που φέρουν μεταλλικό εμφύτευμα στον κορμό του σώματος ή στη λεκάνη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η βασική μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Εάν το εμφύτευμα βρίσκεται στο χέρι ή στο πόδι τότε η μέτρηση αυτή μπορεί να γίνει στην πλευρά του σώματος που δεν φέρει εμφύτευμα. Σε κάθε περίπτωση όμως, ο εξεταζόμενος καλείται να ενημερώσει το προσωπικό του Εργαστηρίου όταν κλείνει το ραντεβού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ημερολόγιο καταγραφής τροφίμων

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: …….

Σκοπός της συμπλήρωσης αυτού το ημερολογίου καταγραφής τροφίμων είναι να μας βοηθήσετε να κατανοήσουμε καλύτερα το τι τρόφιμα καταναλώνετε, καθώς και τις ποσότητες τους, ώστε να μπορέσουμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την καθημερινή σας ενεργειακή πρόσληψη. Παρακαλούμε να είστε όσο τον δυνατόν ειλικρινείς και ακριβείς στις πληροφορίες που θα συμπληρώσετε.

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟΥ

1. Συμπληρώστε για κάθε γεύμα της ημέρας, το είδος του τροφίμου που καταναλώνετε, τον τρόπο παρασκευής αυτού, καθώς και την ποσότητα του τροφίμου, περιγραφικά, σύμφωνα με τις υποδείξεις που αναφέρονται παρακάτω.
2. Να αναφέρετε οτιδήποτε προσθέσετε στο φαγητό σας κατά την διάρκεια παρασκευής ή κατανάλωσης του, όπως ελαιόλαδο, βούτυρο, σάλτσες, τυρί ζάχαρη στον καφέ κλπ.
3. Σε περίπτωση που καταναλώσετε κάποιο ρόφημα, αναψυκτικό ή αλκοολούχο ποτό να το αναφέρετε.
4. Σε περίπτωση που καταναλώσετε κάποιο σύνθετο φαγητό να αναφέρετε όλα τα επιμέρους είδη τροφίμων που περιέχονται σε αυτό.
5. Μην ξεχνάτε να συμπληρώνετε κάποιο σνακ που μπορεί να καταναλώσετε κατά την διάρκεια της ημέρας, όπως κάποιο γλυκό, παγωτό μπισκότα, πατατάκια κλπ.
6. Οι μέρες που θα συμπληρώστε να είναι αντιπροσωπευτικές και να αντικατοπτρίζουν τις διατροφικές σας συνήθειες.

<u>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ</u>

Παρακάτω θα βρείτε κάποια παραδείγματα ποσοτήτων από διάφορα είδη τροφίμων, που θα σας βοηθήσει στην καλύτερη εκτίμηση των ποσοτήτων.

- Γενικά η παλάμη του χεριού σας χωρίς να υπολογίζεται και τα δάχτυλα μαζί (μέσο μέρος της παλάμης), αντιστοιχεί σε 90 gr κρέατος και ψαριού, συμπεριλαμβανομένου του κοτόπουλου, του μοσχαριού, ενός μπιφτεκιού, φιλέτο ψαριού κλπ.
- 1 μέτριο φρούτο αντιστοιχεί σε μια σχηματιζόμενη γροθιά του χεριού σας.
- 1 σχηματιζόμενη γροθιά του χεριού σας αντιστοιχεί σε 80 gr ρύζι μαγειρεμένο.
- 1 χούφτα δημητριακά πρωινού αντιστοιχούν περίπου σε 30gr.
- 1 χούφτα ξηρών καρπών αντιστοιχούν σε 30 gr.
- 1 κομμάτι φέτα τυρί στο μέγεθος ενός σπιρτόκουτου αντιστοιχεί σε 30 gr.
- 1 φέτα λεπτή τυρί αντιστοιχεί σε 30 gr.
- 1 φέτα ζαμπόν ή γαλοπούλα αντιστοιχεί σε 30gr.
- 1 λεπτή φέτα ψωμί αντιστοιχεί σε 30 gr.
- 1 μικρό παξιμάδι αντιστοιχεί σε 25 gr ενώ ένα μέτριο περίπου στα 50 gr.
- 1 κουταλιά της σούπας ελαιόλαδου αντιστοιχεί σε 15 gr.
- 1 μικρή πατάτα αντιστοιχεί σε 90 gr ενώ μια μέτρια περίπου στα 120-150gr .
- 1 μερίδα μακαρόνια εστιατορίου αντιστοιχεί περίπου σε 220 gr.
- 1 μερίδα όσπρια,λαχανικά αντιστοιχεί σε 1 ½ φλυτζάνι μαγειρεμένο φαγητό.

Σε περίπτωση που δυσκολευτείτε να περιγράψετε με γραμμάρια την ποσότητα του τρόφιμου που καταναλώνετε, μπορείτε να εκφράσετε τις ποσότητες με φλυτζάνια, κουταλιές του γλυκού ή της σούπας, με χρήση λέξεων όπως μικρό, μέτριο, μεγάλο ή με χρήση αριθμητικών μέσων π.χ. 5 φράουλες, 6 αμύγδαλα, 5 κοτομπουκιές κλπ.

ΓΕΥΜΑ	ΕΙΔΟΣ ΦΑΓΗΤΟΥ & ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ
ΠΡΩΤΟ ΓΕΥΜΑ		
SNACK		
ΜΕΣΗΜΕΡΙΑΝΟ		
SNACK		
ΒΡΑΔΙΝΟ		
ΠΡΟ ΤΟΥ ΥΠΝΟΥ		

Ερωτηματολόγιο Συχνότητας Κατανάλωσης τροφίμων

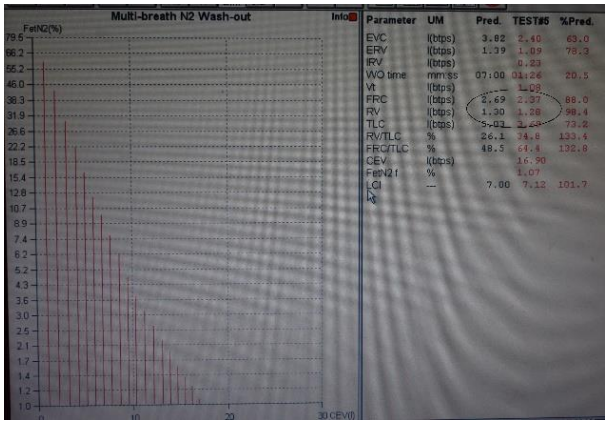
Φαγητό / ***Συχνότητα***		***Εβδομάδα***		***Μήνας***		***Σπάνια/Καθόλου***	
ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ							
Ψωμί							
Παξιμάδι – Φρυγανιές							
Κράκερ/κριτσίνια							
Δημητριακά –Μπάρες Πρωινού							
Ζυμαρικά/κριθαράκι							
Πατάτα/Πουρές							
Ρύζι/πλιγούρι							
Όσπρια(Έλλειψη ενζύμου)							
Λαδερά λαχανικά	*Σαλάτα*						
Φρούτα, Φρέσκοι Χυμοί	*Αποξ. φρούτα*						
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ *Γάλα-Γιαούρτι*							
Κεφίρ							
Τυρί							
ΚΡΕΑΣ:							
Μοσχάρι							
Χοιρινό							
Κατσίκι/Αρνί							
Κοτόπουλο/Κουνέλι							
Συκώτι							
Αλλαντικά							
Ψάρι/ Θαλασσινά							
Αυγό							
ΔΙΑΦΟΡΑ							
Είδη περιπτέρου							

Έτοιμο φαγητό			
Πατάτες τηγανητές			
Ζάχαρη / Γλυκά			
Αναψυκτικά			
Ταχίνι/Αβοκάντο			
Βούτυρο /Φυστικοβούτυρο			
Μέλι/Μαρμελάδα			
Ξηροί Καρποί			
Ελιές			

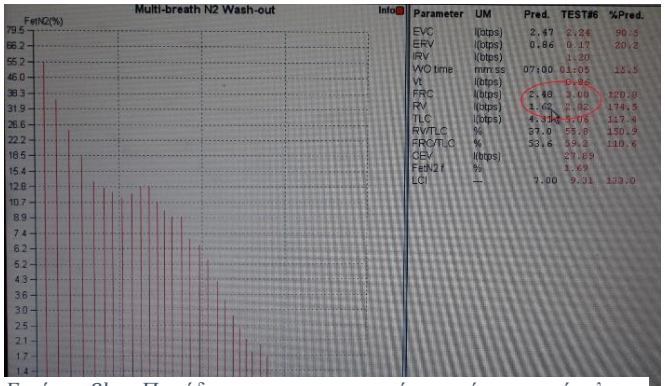
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Στο δείγμα μας υπήρχαν περιπτώσεις εξεταζόμενων οι οποίοι δυσκολεύτηκαν ή δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν τη μέτρηση του υπολειπόμενου στους πνεύμονες όγκου αέρα (Residual Volume, RV). Σε αυτούς που δυσκολεύτηκαν (πραγματοποίησαν τουλάχιστον δύο μετρήσεις στις οποίες υπήρχε απώλεια αέρα από το στόμα και πήραμε σαν αποτέλεσμα RV>4 L) προτείναμε να κάνουν πιο βαθιές και συχνές αναπνοές. Ακολουθώντας την συγκεκριμένη οδηγία κάποιοι κατάφεραν να ολοκληρώσουν τη μέτρηση με επιτυχία (η μετρημένη τιμή ήταν RV κοντά στην προβλεπόμενη τιμή RV, ήταν μικρότερη από 4L και περιορίστηκαν τα σημεία που είχαμε απώλεια αέρα στις προηγούμενες προσπάθειες). Για να μη χαθούν τα δεδομένα από εκείνους που δεν ολοκλήρωσαν τη συγκεκριμένη μέτρηση (N = 21), υπολογίσαμε την τιμή RV αφαιρώντας από την εκτιμώμενη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (Functional Residual Capacity, FRCpred.) την πραγματική μετρημένη τιμή του εφεδρικού εμπνεόμενου όγκου αέρα (Expiratory Reserve Volume, ERV):

$$\mathbf{RV = FRC_{εκτίμηση} - ERV_{μέτρηση}}$$



Εικόνα 8a: Παράδειγμα επιτυχημένης μέτρησης έκπλυσης αζώτου.



Εικόνα 8b: Παράδειγμα μη επιτυχημένης μέτρησης έκπλυσης αζώτου.

Η παραπάνω διαδικασία εύρεσης του RV μέσω μέτρησης του ERV και εκτίμησης του FRC έγινε στα 21 μόνο άτομα, σε σύνολο δείγματος 76 ατόμων.