

**ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ ΜΑ801 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΩΝ
ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ**

Του
Δημήτριου Σαρρίδη

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού
Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης
Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου
Θεσσαλίας στην κατεύθυνση «Πρόληψη- Παρέμβαση- Αποκατάσταση»

Κομοτηνή
2021

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων Καθηγητής: Αθανάσιος Χατζηνικολάου, Αναπλ. Καθηγητής

2^η Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Αλεξάνδρα Αυλωνίτη, Επικ. Καθηγήτρια

3^η Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαρία Μιχαλοπούλου, Καθηγήτρια

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δημήτριος Σαρρίδης: Εξέταση της εγκυρότητας του συστήματος βιοηλεκτρικής εμπέδησης MA801 ως προς τη σύσταση σώματος ασκούμενων με αντιστάσεις

(Υπό την επίβλεψη του κ. Αθανάσιου Χατζηνικολάου, Αναπληρωτή Καθηγητή)

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει την εγκυρότητα του πολυσυχνотικού μηχανήματος βιοηλεκτρικής εμπέδησης MA-801 της εταιρείας Charder Electronics (Taiwan) σε άνδρες και γυναίκες που προπονούνται συστηματικά με αντιστάσεις. Στη μελέτη συμμετείχαν 50 άνδρες και 50 γυναίκες, οι οποίοι προπονούνταν τα τελευταία τρία χρόνια με βάρη τουλάχιστον 4 φορές την εβδομάδα. Οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν ως προς το ποσοστό λίπους και την άλιπη σωματική μάζα με το MA-801 και ως κριτήριο μέτρησης χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της σύστασης σώματος σε μηχάνημα διπλής απορροφησιμετρίας ακτινών X (DXA) που θεωρείται ως η πιο έγκυρη μέτρηση αξιολόγησης της σύστασης σώματος. Οι εθελοντές προσέρχονταν στο χώρο εξέτασης έπειτα από ολονύκτια νηστεία, απέχοντας από άσκηση τις τελευταίες 72 ώρες, έχοντας καταναλώσει φυσιολογική ποσότητα νερού και με την ουροδόχο κύστη άδεια. Αξιολογούνταν ως προς το σωματικό ύψος και στη συνέχεια πραγματοποιούνταν η μέτρηση στο MA-801. Αμέσως μετά πραγματοποιούνταν η μέτρηση με τη μέθοδο DXA, υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση συσχετίσεων με τη χρήση του Lin's concordance correlation coefficient. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση ως προς το ποσοστό λίπους και την άλιπη μάζα σε όλα τα αποτελέσματα των ανδρών και των γυναικών. Ακόμη, ο βαθμός εγκυρότητας, όπως υπολογίστηκε από το δείκτη Lin's concordance ήταν από 0,91 έως 0,94 που αποδεικνύει τη μέτρια συμφωνία των μεθόδων. Συμπερασματικά, βρέθηκε ότι η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, με τις κατάλληλες εξισώσεις για κάθε περίπτωση, είναι μια έγκυρη μέθοδος αξιολόγησης της σύστασης του σώματος.

Λέξεις κλειδιά: ποσοστό σωματικού λίπους, άλιπη σωματική μάζα, DXA

ABSTRACT

Dimitrios Sarridis: Evaluation of bioelectrical impedance system MA801 validity on body composition in resistance trained trainees.

(Under the supervision of Mr. A. Chatzinikolaou, Assistant Professor)

The aim of the study was to test the validity of the MA-801 bioelectric multifrequency machine of the company Charder Electronics (Taiwan) in men and women who carry out systematically resistance training. In this study participated 50 men and 50 women who have been training with weights at least 4 times a week for the past three years. Participants were tested for fat and lean body mass with MA-801, and as measurement criterion was used the analyze of body composition in a dual energy X-ray absorptiometry (DXA) machine which is considered as the most valid evaluation tool for the assessment of body composition. The volunteers came to the laboratory after an overnight fast, abstaining from exercise for the last 72 hours, having consumed a normal amount of water and with a bladder leave. They were assessed in terms of body height and then measured at MA-801. Immediately after, they performed the measurement with DXA method, under the same conditions. For the statistical processing of the data, the correlation analysis using Lin's concordance correlation coefficient was used. The results showed too high correlation in terms of fat percentage and lean mass in all results of men and women. Furthermore, validity, as assessed by Lin's concordance, were between 0.91 and 0.94 which is considered as moderate. In conclusion it was found that the method of bioelectrical impedance, with appropriate equations for each case, is a valid method of assessing body composition.

Key-Words: body fat percentage, lean body mass, DXA

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	v
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Σκοπός της έρευνας.....	2
Σημασία της έρευνας.....	2
Ερευνητικές υποθέσεις.....	2
Μηδενικές υποθέσεις.....	3
Οριοθετήσεις-Περιορισμοί.....	3
Λειτουργικοί Ορισμοί.....	3
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	5
Σύσταση σώματος.....	5
Τρόποι αξιολόγησης της σύστασης σώματος.....	6
Μέθοδος βιοηλεκτρικής εμπέδησης.....	7
Απορροφησιμετρία Ακτινών Χ διπλής ενέργειας.....	13
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	16
Δείγμα.....	16
Πειραματικός σχεδιασμός.....	16
Μετρήσεις.....	17
Όργανα μέτρησης.....	17
Στατιστική ανάλυση.....	17
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	19
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	39
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών.....	19
Σχήμα 1 β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών	20
Σχήμα 2 α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών.....	21
Σχήμα 2 β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών.....	22
Σχήμα 3. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των ανδρών.....	23
Σχήμα 4. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των ανδρών.....	24
Σχήμα 5. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των ανδρών.....	25
Σχήμα 6. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των ανδρών.....	26
Σχήμα 7. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των ανδρών.....	27
Σχήμα 8. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των ανδρών.....	28
Σχήμα 9 α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών.....	29
Σχήμα 9 β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών.....	30
Σχήμα 10 α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών.....	31
Σχήμα 10 β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών.....	32
Σχήμα 11. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των γυναικών.....	33
Σχήμα 12. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των γυναικών.....	34

Σχήμα 13. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των γυναικών.....	35
Σχήμα 14. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των γυναικών.....	36
Σχήμα 15. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των γυναικών.....	37
Σχήμα 16. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των γυναικών.....	38

ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ MA801 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Οι πρώτες γνωστές, σύγχρονες έρευνες πάνω στη σύσταση του ανθρώπινου σώματος ξεκίνησαν στα μέσα του 19^{ου} αιώνα από πρωτοπόρους επιστήμονες. Εντούτοις, η συστηματική μελέτη της σύστασης του ανθρώπινου σώματος άρχισε κατά τις δεκαετίες του 1920 και του 1930, όταν πλέον υπήρχαν τα μέσα για ακριβείς μετρήσεις και εξακολουθεί να είναι μέχρι και σήμερα ένα επιστημονικό πεδίο με διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον (Ζαφειρόπουλος, 2015). Η μέτρηση της σύστασης του σώματος είναι απαραίτητη ως προγνωστικός δείκτης στην ιατρική, τη διαιτολογία όπως επίσης, και στην επιστήμη της άθλησης (Heymsfield et al., 2005).

Η σύσταση σώματος μπορεί να μελετηθεί, χρησιμοποιώντας πέντε ευδιάκριτα και χωριστά επίπεδα μελέτης. Τα επίπεδα αυτά είναι το ατομικό επίπεδο, το μοριακό επίπεδο, το κυτταρικό επίπεδο, το επίπεδο ιστών και το επίπεδο του σώματος ως σύνολο. Υπάρχει συσχέτιση, τόσο μεταξύ των διάφορων επιπέδων, όσο και μεταξύ των τμημάτων του καθενός. Σε κάθε περίπτωση, το άθροισμα όλων των συστατικών ισοδυναμεί με τη συνολική μάζα του σώματος (Wang, Pierson and Heymsfield., 1992). Οι περισσότερες μελέτες που πραγματοποιούνται σε αθλητές επικεντρώνονται κυρίως στη διερεύνηση του μοριακού επιπέδου και στην αξιολόγηση των παραμέτρων ολόκληρου του σώματος.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της σύστασης σώματος σε αθλητές και ασκούμενους μπορούν να συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των επιδόσεων τους καθώς και στην καλύτερη δόμηση των προγραμμάτων άσκησης. Επομένως έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους επαγγελματίες της άσκησης. Έχει αναφερθεί ότι η βελτίωση της σύστασης στους αθλητές συνδέεται με βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και της δύναμης των αθλητών (Hogstrom, Pietila, Nordstrom, Nordstrom A., 2011). Από την άλλη πλευρά η ραγδαία αλλαγή της μπορεί να προκαλέσει μείωση της επίδοσης. Έρευνα των Silva, Fields, Heymsfield και Sardihna (2011) σε 27 υψηλού επιπέδου αθλητές του τζούντο έδειξε ότι η μείωση του ενδοκυττάριου και εξωκυττάριου νερού στο σώμα, εξαιτίας της αλλαγής της διατροφής, 3 ημέρες πριν τον αγώνα, προκάλεσε μείωση της μέγιστης δύναμης της λαβής

τους. Η σύνθεση του σώματος μπορεί επίσης να συσχετίζεται με επιπλοκές στην υγεία επειδή μπορεί να προκύψουν ιατρικά προβλήματα σε αθλητές με πολύ χαμηλή σωματική μάζα, ακραίες μεταβολές της μάζας λόγω αφυδάτωσης ή διατροφικές διαταραχές (ACSM, 2007).

Με την παρούσα μελέτη επιδιώκεται για πρώτη φορά η στάθμιση της εγκυρότητας ενός μηχανήματος βιοηλεκτρικής εμπέδησης νέας τεχνολογίας (πέντε συχνότητες) με κριτήριο τη μέθοδο μέθοδος διπλής απορροφησιομετρίας ακτινών Χ. Αν ο βαθμός εγκυρότητας είναι υψηλός θα υπάρχει εύκολος τρόπος και με σχετικά μέτριο κόστος η δυνατότητα έγκυρου προσδιορισμού της σύστασης σώματος.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να εξετασθεί η εγκυρότητα του μηχανήματος MA-801 (Charder, Taiwan) σε ασκούμενους στο χώρο των γυμναστηρίων.

Σημασία της έρευνας

Τα ευρήματα της μελέτης θα προσθέσουν καινούργια δεδομένα στο πεδίο της έρευνας για τη σύσταση του σώματος σε αθλητές και ασκούμενους, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες σε άλλους ερευνητές για περαιτέρω έρευνα πάνω σε αυτά τα αποτελέσματα. Η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης έχει επανέλθει τα τελευταία χρόνια με την κατασκευή νέων μηχανημάτων και αλγορίθμων προσδιορισμού της σύστασης σώματος και των σωματικών υγρών ώστε τα δεδομένα να θεωρούνται έγκυρα. Ωστόσο, απαιτείται η σύγκρισή του με εξοπλισμό αναφοράς όπως το DXA.

Ερευνητικές υποθέσεις της έρευνας

- Θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον προσδιορισμό της άλιπης σωματικής μάζας μεταξύ των αποτελεσμάτων του μηχανήματος MA-801 (BIA) και DXA NT pro (DXA) στους συμμετέχοντες στη μελέτη.
- Θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον προσδιορισμό του ποσοστού σωματικού λίπους μεταξύ των αποτελεσμάτων του μηχανήματος MA-801 (BIA) και DXA NT pro (DEXA) στους συμμετέχοντες στη μελέτη.

Μηδενικές υποθέσεις της έρευνας

- Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στον προσδιορισμό της άλιπης σωματικής μάζας μεταξύ των αποτελεσμάτων του μηχανήματος MA-801 (BIA) και DXA NT pro (DEXA) στους συμμετέχοντες στη μελέτη.
- Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στον προσδιορισμό του ποσοστού σωματικού λίπους μεταξύ των αποτελεσμάτων του μηχανήματος MA-801 (BIA) και DXA NT pro (DEXA) στους συμμετέχοντες στη μελέτη.

Οριοθετήσεις της έρευνας

Ως προς την επιλογή του δείγματος: Το δείγμα θα αποτελέσουν 100 ασκούμενοι (50 άνδρες και 50 γυναίκες) που συμμετέχουν σε προγράμματα γυμναστηρίων της πόλης.

Περιορισμοί της έρευνας

Ως προς τη διατροφή: Η τήρηση των διατροφικών οδηγιών πριν τη μέτρηση θα εξαρτάται από την ειλικρινή δήλωση των συμμετεχόντων. Προληπτικά, την προηγούμενη ημέρα από τη μέτρηση, θα υπάρξει τηλεφωνική επικοινωνία με τους συμμετέχοντες για υπενθύμιση της ώρας αλλά και των διατροφικών οδηγιών που έχουν λάβει.

Ως προς τα δεδομένα της βιοηλεκτρική εμπέδησης: ο βιοηλεκτρικός αναλυτής MA-801 της εταιρείας Charder προέρχεται από την Taiwan και κατά τη φάση διεξαγωγής της μελέτης, για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, χρησιμοποιούσε αλγόριθμους που στηρίζονταν στον Ασιατικό πληθυσμό και όχι στους καυκάσιους. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που σαν στόχο είχε την εξαγωγή αλγορίθμων για τον πληθυσμό των καυκάσιων.

Λειτουργικοί ορισμοί

- *Bioelectrical Impedance Analysis (BIA):* Η BIA (MA-801) είναι μια μέθοδος αξιολόγησης της σωματοδομής η οποία μετράει την αντίσταση των ιστών του σώματος σε ένα χαμηλής έντασης ηλεκτρικό φορτίο (Ward LC,2012).
- *Dual Energy X-ray absorptiometry (DEXA):* Η μέθοδος DEXA (DXA NT pro) αξιολογεί ποσοτικά και με μεγάλη ακρίβεια την σωματική σύσταση εκπέμποντας χαμηλής και υψηλής ενέργειας ακτίνες X σε κάθε σημείο του σώματος.

- *Σωματικό λίπος*: Ονομάζεται το σύνολο των λιπιδίων στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Υπάρχουν 3 είδη σωματικού λίπους: το υποδόριο, το σπλαχνικό και το ενδομυϊκό.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σύσταση σώματος

Η μέτρηση της σύνθεσης του ανθρώπινου σώματος αντικατοπτρίζει τις διατροφικές προσλήψεις, τις απώλειες και τις ανάγκες του οργανισμού και ενδιαφέρει τους διατροφολόγους, τους επαγγελματίες υγείας και τους επιστήμονες του αθλητισμού. Πιο συγκεκριμένα, τα σχετικά ποσοστά των μεταλλικών (ανόργανων) στοιχείων των οστών, της κυτταρικής μάζας, της μυϊκής μάζας, του σωματικού λίπους και του ύδατος σε έναν οργανισμό και η κατανομή τους σε όλο το σώμα αποτελούν παραμέτρους της σύστασης του σώματος, η οποία σχετίζεται συνολικά και με την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού.

Η αύξηση της παχυσαρκίας και γενικότερα των μεταβολικών συνδρόμων, που σχετίζονται με τον σύγχρονο τρόπο ζωής, έχει αναγκάσει τους επιστήμονες να βελτιώσουν τις υπάρχουσες μεθόδους αξιολόγησης της σύστασης σώματος, προσθέτοντας παράλληλα, μεγαλύτερη ακρίβεια και ευαισθησία στις μετρήσεις (Kuriyan, 2018). Η ακριβής μέτρηση της μυϊκής μάζας και του σωματικού λίπους είναι σημαντική για τον εντοπισμό ατόμων που κινδυνεύουν καθώς και για τον σχεδιασμό των κατάλληλων παρεμβάσεων. Συχνά, το μεταβολικό σύνδρομο παρομοιάζεται με παγόβουνο, οι διαφορετικές κορυφές του οποίου είναι ο διαβήτης, η δυσλιπιδαιμία, η υπέρταση κ.α. (Ζαφειρόπουλος, 2015). Η βάση του παγόβουνου που ονομάζεται μεταβολικό σύνδρομο είναι η παχυσαρκία και κυρίως η παχυσαρκία κεντρικού τύπου που χαρακτηρίζεται από σημαντική εναπόθεση λίπους στη κοιλιά. Η απώλεια βάρους 7- 10% σε ασθενείς με μεταβολικό σύνδρομο μπορεί να μειώσει τα επίπεδα ινσουλίνης στο αίμα τους, τη πίεση και τον κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη (Abhishek, Gupta, 2010), την ίδια στιγμή που σε ασθενείς με καρκίνο υπάρχει ακούσια απώλεια βάρους (>5% σε διάστημα έξι μηνών), συνοδευόμενη με απώλεια μυϊκής μάζας που οδηγεί σε μια κατάσταση γνωστή και ως καχεξία (Motley, Thomas, Wilson, 2006). Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι ο έλεγχος των παραμέτρων της σύστασης του σώματος συμβάλουν σημαντικά στη βελτίωση ή στη διατήρηση της υγείας ασθενών με σοβαρές ασθένειες. Τα δυο κυριότερα εργαλεία σε αυτόν τον έλεγχο είναι η διατροφή και η άσκηση, η οποία εκτός των άλλων βελτιώνει και το μεταβολικό προφίλ ασθενών και υγιών ανθρώπων. Έρευνα των Yaoshan et al., (2019) σε ασθενείς με μεταβολικό σύνδρομο το

απέδειξε αυτό καθώς έδειξε ότι η μέτρια και υψηλής έντασης προπόνηση 36 εβδομάδων βελτιώνει το μεταβολικό προφίλ ασθενών καθώς μειώνεται η αρτηριακή πίεση, το σωματικό λίπος, τα τριγλυκερίδια και η γλυκόζη του αίματος ενώ παράλληλα αυξάνεται η μυϊκή μάζα. Στον αθλητισμό, οι αθλητές υψηλού επιπέδου συχνά ξοδεύουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στην προπόνηση και τους αγώνες. Όταν απαιτείται, υπόκεινται σε διαιτητικούς περιορισμούς θερμίδων για τη μείωση του σωματικού λίπους, η οποία μπορεί να είναι επωφελής σε μια ποικιλία αθλημάτων όπως οι πολεμικές τέχνες ή η σωματοδόμηση, καθώς βελτιώνει την απόδοση τους (Sundgot, Garthe, 2011). Ωστόσο, αυτή η απώλεια μπορεί να συνοδευτεί και με απώλεια μυϊκής μάζας που φτάνει το 25% (Weinheimer, Sands, Campell, 2010). Η άλιπη μάζα του σώματος, ένα σημαντικό ποσοστό της οποίας είναι η σκελετική μυϊκή μάζα, είναι κρίσιμη για την καλή μεταβολική λειτουργία, τη κίνηση και την αθλητική απόδοση (Wolfe, 2006). Επομένως, είναι σημαντικό στον αθλητισμό και κυρίως στο υψηλό επίπεδο η απώλεια βάρους να συνοδεύεται με διατήρηση ή αύξηση της άλιπης μάζας η οποία είναι σημαντική στη πλειονότητα των αθλημάτων.

Τρόποι αξιολόγησης της σύστασης σώματος

Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι μέτρησης της σύστασης σώματος που χρησιμοποιούνται συχνά στο γενικό πληθυσμό, σε ομάδες ασθενών αλλά και σε αθλητές. Βέβαια, η απευθείας αξιολόγηση της σωματικής σύστασης δεν είναι δυνατή σε ζώντες, καθώς περιλαμβάνει τον ανατομικό ή χημικό διαχωρισμό των ιστών (Ackland et al., 2012). Ως εκ τούτου, έχει αναπτυχθεί μια ποικιλία έμμεσων μεθόδων για τον προσδιορισμό της σωματικής σύστασης οι οποίες στηρίζονται αφενός στις άμεσες μεθόδους και αφετέρου συσχετίζουν με τη βοήθεια εξισώσεων τα διάφορα δομικά τμήματα του οργανισμού προκειμένου να υπολογίσουν κάποιο άλλο συστατικό του σώματος (Williams, 2003). Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) ταξινομεί τα άτομα ως παχύσαρκα, υπέρβαρα ή λιποβαρή. Παρόλα αυτά η χρήση της σχέσης ύψους- βάρους δεν καθορίζει τη σωματική σύσταση. Υπάρχουν εξαιρέσεις στη ταξινόμηση με βάση το ΔΜΣ όπως για παράδειγμα ένας χαμηλός ΔΜΣ μπορεί να αποτελεί συμπτώματα σοβαρής νόσου, και όχι αιτία, ή ένας υψηλός ΔΜΣ να υποδεικνύει παχυσαρκία σε παιδιά που είναι ανεπτυγμένα ή σε μωδά άτομα (Franklin, 1999). Η υδροστατική ζύγιση για πολλά χρόνια θεωρούνταν η μέθοδος αναφοράς για τον υπολογισμό της σωματικής σύστασης. Όμως, μεθοδολογικές δυσκολίες της μέτρησης και το κόστος του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων ώθησαν στη δημιουργία νέων μεθόδων (Jensen, 1992). Μερικές από αυτές είναι η πυκνομετρία ή διπλής ενέργειας απορροφησιομετρία ακτίνων Χ (dual- energy X- ray absorptiometry) γνωστή και ως DXA,

η χρήση ιατρικών μηχανημάτων όπως ο μαγνητικός και αξονικός τομογράφος και ο υπέρηχος, η πληθυσμογραφία μετατόπισης αέρα αλλά και πιο απλές μέθοδοι όπως η αξιολόγηση του πάχους των δερματοπτυχών και η βιοηλεκτρική αγωγιμότητα (Jensen, 1992; Jensky-Squires et al., 2008). Στους αθλητές οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι σωματομετρίας και αξιολόγησης της σύστασης του σώματος που εφαρμόζουν συχνότερα οι επαγγελματίες της άσκησης είναι το βάρος, το ύψος, οι περιφέρειες, οι δερματοπτυχές, η βιοηλεκτρική αγωγιμότητα και η μέθοδος DEXA, εφόσον υπάρχει προσβάσιμος εξοπλισμός. Στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων αξιολόγησης περιλαμβάνεται η υποκειμενικότητα ή αντικειμενικότητα της μεθόδου, οι γνώσεις σχετικά με το χειρισμό των οργάνων και το κόστος μέτρησης. Οι δερματοπτυχές μέσω των οποίων προσδιορίζονται η πυκνότητα και η σύσταση σώματος αποτελούν υποκειμενικό τρόπο αξιολόγησης, μικρού κόστους και απαιτούν εκπαίδευση του εξεταστή, στα μειονεκτήματα της μελέτης είναι πως η κατανομή του υποδόριου λίπους διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο (Mattsson and Thomas, 2006). Η μέθοδος βιοηλεκτρικής εμπέδησης δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις, παρουσιάζει μέτριο κόστος και αποτελεί έναν αντικειμενικό τρόπο αξιολόγησης (Mattsson and Thomas, 2006). Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί μηχανήματα πολλαπλών συχνοτήτων με σκοπό τον εγκυρότερο προσδιορισμό της σύστασης σώματος (Mattsson and Thomas, 2006). Η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης έχει επανέλθει τα τελευταία χρόνια με νέο εξελιγμένο εξοπλισμό που μπορεί σε μικρό χρονικό διάστημα να δώσει έγκυρες πληροφορίες σχετικά με την σύσταση σώματος και την κατανομή των υγρών. Παραγόντων που σχετίζονται με την υγεία και την απόδοση των αθλητών.. Η μέθοδος διπλής απορροφησιομετρίας ακτινών X αποτελεί τον καλύτερο προσδιορισμό της σύστασης σώματος, ωστόσο, απαιτεί ακριβό εξοπλισμό, εκπαίδευση του προσωπικού σε θέματα ακτινοπροστασίας και σε θέματα χειρισμού ενός ιατρικού μηχανήματος (Mattsson and Thomas, 2006).

Μέθοδος Βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA)

Η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Analysis) αποτελεί μια μη παρεμβατική τεχνική ανάλυσης της σύστασης του σώματος που χρησιμοποιείται ευρέως στην αξιολόγηση της σύνθεσης του σώματος (Lukaski, 1990), τη διατροφική κατάσταση (Lukaski, 1990; Moon, 2013) και την κατάσταση ενυδάτωσης (Segal, 1996; Matias, 2016), που αποτελούν τομείς ενδιαφέροντος για την παρακολούθηση της γενικής υγείας και ευημερίας, αλλά και των επιπέδων κατάρτισης και επιδόσεων στον αθλητισμό.

Έχουν περάσει 60 χρόνια από τότε που εφαρμόστηκε η μέθοδος (BIA) για να μετρηθεί η σύσταση του σώματος, εκτιμώντας τότε το συνολικό νερό στο σώμα. Ωστόσο, χρειάστηκε να περάσουν 20 χρόνια έως ότου ο Nyober χρησιμοποιήσει την ίδια μέθοδο για να εκτιμήσει την άλιπη (FFM) και τη λιπώδη (FM) μάζα του σώματος (Ward, Muller, 2013). Λίγα χρόνια αργότερα δημοσιεύθηκε η έρευνα των Lukaski, Johnson, Bolonchuk, Lykken, (1985) στην οποία επαληθεύτηκε η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης με βάση τις μεθόδους αναφοράς της αραιώσης υδρογόνου-2 και της συνολικής μέτρησης καλίου στο σώμα. Αυτό σηματοδότησε την έναρξη μιας εντατικής έρευνας και ανάπτυξης στο πεδίο, την επέκταση της τεχνολογίας σε άλλους τομείς της βιοιατρικής καθώς και την ανάπτυξη οικονομικών μηχανημάτων βιοηλεκτρικής εμπέδησης ακόμα και για οικιακή χρήση. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 25 ετών, το πρώτο έγγραφο-θέση για την βιοηλεκτρική εμπέδηση δημοσιεύθηκε το 1996 και ενημερώθηκε ξανά το 1999 (Ellis et al., 1999), ενώ υπήρξε και πιο πρόσφατη αναθεώρηση το 2004 από την ομάδα εργασίας ESPEN (Kyle et al., 2004). Οι πιο πρόσφατες εξελίξεις στη τεχνολογία BIA, καθώς και η χρήση μη επεξεργασμένων δεδομένων ή και παραγώγων μη επεξεργασμένων δεδομένων όπως η γωνία φάσης (PA) και η διανυσματική βιοηλεκτρική εμπέδηση BIVA, οδήγησαν σε λεπτομερείς και εξελιγμένες αναλύσεις δεδομένων και στοχοθετημένες εφαρμογές στην κλινική πρακτική.

Αρχές της μεθόδου

Η αρχή στην οποία βασίζεται η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης σχετίζεται με την ιδιότητα των εξωκυτταρικών υγρών του σώματος, αλλά και του άπαχου εν γένει ιστού να έχουν μικρότερη αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος από ότι ο λιπώδης ιστός (Ζαφειρόπουλος, 2015). Αυτό συμβαίνει, αφενός μεν, λόγω των ηλεκτρολυτών (Na^+ , K^+ , Cl^- κ.α.) που εμπεριέχονται στα εξωκυττάρια και ενδοκυττάρια υγρά και οι οποίοι άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και αφετέρου, διότι ο άπαχος ιστός περιέχει περισσότερο νερό (~73%) απ' ότι ο λιπώδης ιστός (~10-15%). Συνεπώς, η ωμική αντίσταση του σώματος συσχετίζεται αρνητικά με το ποσοστό ενυδάτωσης των ιστών και επομένως με τη ποσότητα μυϊκής μάζας. Έμμεσα λοιπόν, η ωμική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος συσχετίζεται θετικά με την ποσότητα του σωματικού λίπους (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Πλεονεκτήματα της μεθόδου

- 1) Καλή επαναληψιμότητα των μετρήσεων. Η απόκλιση για πολλαπλές μετρήσεις στο ίδιο άτομο μέσα στη μέρα είναι ~1,2% ενώ σε διαφορετικές μέρες ~2,4% (Mooney et al., 2011).
- 2) Υψηλή ευαισθησία της μεθόδου (Lukaski et al., 1985).
- 3) Μέτριο κόστος της μεθόδου (Mattsson and Thomas, 2006).
- 4) Ασφαλής και αξιόπιστη μέθοδος (Mattsson and Thomas, 2006).
- 5) Δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις από τον εξεταστή (Mattsson and Thomas, 2006).

Μειονεκτήματα της μεθόδου

- 1) Αποτελεί έμμεση μέθοδο αξιολόγησης, με τις μετρήσεις να συνδέονται με τύπους πρόβλεψης και συνδυασμό ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, γεγονός που επηρεάζει τα αποτελέσματα (Ζαφειρόπουλος, 2015).
- 2) Η μέτρηση επηρεάζεται από την κατάσταση του εξεταζόμενου (επίπεδο ενυδάτωσης, προηγούμενη άσκηση, εμμηνόρροια) (Ζαφειρόπουλος, 2015).
- 3) Μεγάλες αποκλίσεις σε ειδικούς πληθυσμούς λόγω έλλειψης εξισώσεων (Kyle et al., 2004).

Προϋποθέσεις αξιολόγησης

Η BIA αποτελεί μια ιδιαιτέρως ευαίσθητη μέτρηση και για καλύτερη εγκυρότητα θα πρέπει να τηρούνται κάποιες διαδικασίες πριν τη μέτρηση. Ο εξεταζόμενος θα πρέπει να είναι επαρκώς ενυδατωμένος. Η κατανάλωση 200-300 ml νερού 15 λεπτά πριν τη μέτρηση μπορεί να συμβάλει σε αυτό. Επίσης, η κατανάλωση γεύματος μπορεί να επηρεάσει την μέτρηση, παρουσιάζοντας μειωμένη τιμή λίπους (Slinde, Rossander, 2001). Επομένως, πρέπει να αποφεύγεται η κατανάλωση τροφής 3-4 ώρες πριν την αξιολόγηση. Ακόμα, μετά από άσκηση η τιμή του λίπους, όπως τη μετράει η BIA, είναι σημαντικά μειωμένη (Dehgam, Merchant, 2008), για αυτό τον λόγο θα πρέπει να αποφεύγεται η άσκηση για 4-5 ώρες πριν

την αξιολόγηση. Τέλος, οι γυναίκες δεν θα πρέπει να είναι 2-3 ημέρες πριν την έμμηνο ρύση ή κατά τη διάρκεια αυτής, διότι επηρεάζεται το αποτέλεσμα.

Ωμική (R) και Χωρητική (Xc) Αντίσταση

Ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται από συστατικά καλής και κακής αγωγιμότητας του ηλεκτρικού ρεύματος. Μια πολυπλοκότητα είναι ότι το ανθρώπινο σώμα εμπεριέχει δύο τύπους ηλεκτρικής αντίστασης: την κανονική Ωμική Αντίσταση R και τη Χωρητική Αντίσταση Xc. Η R (Resistance) προκύπτει από τα εξωκυττάρια και τα ενδοκυττάρια υγρά, ενώ η Xc (Reactance) από τις μεμβράνες των κυττάρων που περιέχουν δομικά λιπίδια και μπορούν να θεωρηθούν ως πυκνωτές. Όταν εφαρμόζεται εναλλασσόμενο ρεύμα σε ένα κύκλωμα-οργανισμό, η αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος εκφράζεται από τη σύνθετη αντίσταση ή αλλιώς εμπέδηση Z και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ανυσματική πρόσθεση των R και Xc (Ζαφειρόπουλος, 2015). Η αντίσταση σε χαμηλής συχνότητας ρεύμα (μέχρι 50 kHz) αντιστοιχεί κυρίως στο εξωκυττάριο υγρό, ενώ η χωρητική αντίσταση σε υψηλής συχνότητας ρεύμα (100-200 kHz) σχετίζεται με τον αριθμό 'ενεργών' κυττάρων, τα οποία διευκολύνουν τη διόδο της υψηλής συχνότητας εναλλασσόμενου ρεύματος. Πιο απλά, σε συχνότητες μέχρι 50 kHz η αντίσταση Z καθορίζεται μόνο από την αντίσταση R, και η τιμή της αντίστασης Xc είναι χαμηλότερη από το 10% της συνολικής. Σε υψηλότερες συχνότητες 100-200 kHz, το ρεύμα διαπερνά τις κυτταρικές μεμβράνες και η Xc αυξάνεται, ενώ η R μειώνεται (Selberg O., Selberg D., 2002).

Γωνία Φάσης (Phase-Angle)

Η βιολογική έννοια της γωνίας φάσης δεν είναι εντελώς ξεκάθαρη αλλά έχει ερμηνευτεί ως δείκτης ακεραιότητας της μεμβράνης και διανομής του νερού μεταξύ ενδοκυττάριου και εξωκυττάριου χώρου (Kyle et al., 2012), και αποτελεί δείκτη κυτταρικής ακεραιότητας. Υψηλές τιμές γωνίας φάσης υποδηλώνουν ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης, και είναι άμεσα συσχετισμένες με την ηλικία, αφού παρατηρείται μείωση των τιμών της με την αύξηση της ηλικίας (Achmin et al., 2000). Σε υγιή πληθυσμό το εύρος της συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5 και 7 μονάδων μέτρησης αλλά τιμές μεγαλύτερες από 9,5 μπορεί να μετρηθούν σε αθλητές, ενώ τελευταία έχει προταθεί και ως δείκτης μυϊκής κατάστασης.

Έρευνες έχουν φανερώσει ότι οι χαμηλές τιμές γωνίας φάσης σχετίζονται με την ύπαρξη διατροφικού κινδύνου, αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα των ασθενών με

λοιμώξεις από τον ιό της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV) (Achmin et al., 2000). Φαίνεται επίσης, να είναι δείκτης κακής λειτουργικής κατάστασης, καθώς και προγνωστικός δείκτης σε ασθενείς με καρκίνο (Norman et al., 2010). Σε υγιείς ενήλικες, η ηλικία, το φύλο και ο δείκτης μάζας σώματος είναι οι παράμετροι που κυρίως σχετίζονται με τη γωνία φάσης. Αυτή μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας μετά την ενηλικίωση και αυτό σχετίζεται τόσο με τη μείωση της μυϊκής μάζας (που εκφράζεται με μείωση της X_c) όσο και με την αύξηση της λιπώδους μάζας που αποτυπώνεται ως αύξηση του ποσοστού των σωματικών υγρών (αύξηση στην αντίσταση) σε μεγαλύτερες ηλικίες (Bosy-Westphol, et al., 2006). Σε άλλη έρευνα φάνηκε ότι οι ενήλικες παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές γωνίας φάσης σε σύγκριση με τις γυναίκες (Barbosa-Silva et al., 2005) λόγω της αυξημένης μυϊκής μάζας (Norman et al., 2012), ενώ σε ακόμα μία έρευνα των Kristina Norman et al., (2010) φάνηκε ότι η γωνία φάσης συσχετίζεται θετικά με τη συνολική πρωτεΐνη του σώματος, τη μυϊκή μάζα και τη δύναμη χειρολαβής και έχει προταθεί να είναι ένας χρήσιμος δείκτης μυϊκής κατάστασης, προσφέροντας έτσι μια ποιοτική δυναμική της λειτουργικής κατάστασης του οργανισμού. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι χαμηλές τιμές γωνίας φάσης σχετίζονται με αδυναμία και θνησιμότητα, ανεξάρτητα από την ηλικία και τη νοσηρότητα (Wilhelm-Leen et al., 2013).

Διανυσματική ανάλυση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIVA)

Η BIA μπορεί να εκτελεστεί χρησιμοποιώντας μία συχνότητα (SF-BIA) ή πολλαπλές συχνότητες (MF-BIA). Η εκτέλεση με μονή συχνότητα 50 kHz χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του συνολικού όγκου νερού (TBW) ΚΑΙ της άλιπης μάζας (FFM), αλλά δεν διαφοροποιεί το ενδοκυττάριο (ICW) με το εξωκυττάριο νερό (ECW). Σε μια προσπάθεια να ξεπεραστεί αυτό, η βιοηλεκτρική εμπέδηση πολλαπλής συχνότητας προσπαθεί να εκτιμήσει το ICW και το ECW μετρώντας ένα φάσμα συχνοτήτων μέσω διαφορετικών μαθηματικών μοντέλων, Ωστόσο, τα μοντέλα πολλαπλών συχνοτήτων έχουν σημαντικούς περιορισμούς, όπως για παράδειγμα την απαιτούμενη χρήση της μάζας σώματος (BM) ως ανεξάρτητης μεταβλητής (Castizo et al., 2018). Εναλλακτικές τεχνικές όπως η PA και η BIVA προέκυψαν για να ξεπεραστούν τέτοιοι περιορισμοί. Η BIVA μπορεί να αξιολογήσει ποιοτικά τη συνολική μάζα των κυττάρων του σώματος (BCM) και το επίπεδο ενυδάτωσης του οργανισμού. Παρόλα αυτά, δεν παρέχει ποσοτικές εκτιμήσεις της μάζας των ιστών ή του όγκου υγρών του σώματος (Buffu, Saragat, Cubras, Rinaldi, Marini, 2013). Η BIVA πραγματοποιείται σε συχνότητα 50kHz, και οι τιμές R και X_c μπαίνουν σε μια γραφική παράσταση (Piccoli, 1994). Η μετατόπιση του διανύσματος πάνω στο γράφημα παρέχει έναν

ημιποσοτικό οδηγό της σύστασης σώματος (περισσότερο ή λιγότερο μαλακό ιστό) και η βράχυνση ή η επιμήκυνση του διανύσματος δείχνει τις αλλαγές στην ενυδάτωση (περισσότερο ή λιγότερο υγρό) (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Σήμερα η BIVA χρησιμοποιείται ευρέως ως εργαλείο στην ιατρική για την αξιολόγηση της ενυδάτωσης και της διατροφικής κατάστασης σε διάφορες κλινικές συνθήκες όπως η παχυσαρκία (Piccoli et al, 1998), ο διαβήτης και η σαρκοπενία (Marini et al., 2012). Στον αθλητισμό, η σημασία της αξιολόγησης της σύστασης του σώματος έγκειται στο γεγονός ότι το σωματικό στρες που επιβάλλεται κατά τη διάρκεια των προπονήσεων και των αγώνων μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στη σύσταση του σώματος, η οποία μπορεί να είναι επιζήμια για τους αθλητές. Επιπλέον, η σύσταση του σώματος μπορεί να κάνει διακρίσεις σε αθλητές διαφορετικών επιπέδων (Kalapothanakis et al., 2006) και έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τις επιδόσεις και εν τέλη την επιτυχία αυτών (Silvestre, West, Maresh, Kraemer, 2006). Η σημασία της παρακολούθησης της κατάστασης ενυδάτωσης στην άσκηση και τον αθλητισμό οφείλεται στο γεγονός ότι η αφυδάτωση επηρεάζει τις επιδόσεις, ενώ αυξάνει αρκετά τον κίνδυνο τραυματισμού (Maughan, 2004). Η παρακολούθηση των υγρών μπορεί να βοηθήσει στη καλύτερη συνταγογράφηση της πρόσληψης υγρών και ως εκ τούτου να περιορίσει τους τραυματισμούς.

Όπως παρατηρήθηκε από τους Koury, Trugo και Torres (2014) οι αθλητές παρουσιάζουν παρόμοιες τάσεις στη διακύμανση της γωνίας φάσης με αυτές του γενικού πληθυσμού του ίδιου φύλου και ηλικίας, με θετική συσχέτιση σε εφήβους ($r = 0.63$, $p = 0.0004$) και αρνητική σε ενήλικες ($r = 0.27$, $p = 0.0009$). Ωστόσο, διανύσματα που μετατοπίστηκαν προς τα αριστερά, και με μεγαλύτερη γωνία φάσης, βρέθηκαν τόσο σε εφήβους όσο και σε ενήλικες αθλητές σε σύγκριση με τους αντίστοιχους πληθυσμούς, γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν από άλλες έρευνες για ποδοσφαιριστές (Micheli et al., 2014) και αθλητές συγχρονισμένης κολύμβησης (Carrasco et al., 2017). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει τις διαφορές που οφείλονται στις ειδικές προσαρμογές του κάθε αθλήματος. Η μετατόπιση του διανύσματος προς τα αριστερά υποδεικνύει επίσης αυξημένη κυτταρική μάζα (BMC) και καλύτερη ενυδάτωση των αθλητών, κάτι που αντικατοπτρίζει μια καλή λειτουργία των κυττάρων. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η χρήση της BIVA στον αθλητισμό κρίνεται αναγκαία καθώς εκτός από την πρόληψη τραυματισμών και την αξιολόγηση της κατάστασης του αθλητή, μπορεί να βελτιώσει το αγωνιστικό προφίλ (αθλητών) δίνοντας αξιόπιστες πληροφορίες έγκαιρα, με ασφάλεια και με σχετικά μικρό κόστος.

Απορροφησιμετρία Ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DEXA)

Η μέθοδος DEXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) αναπτύχθηκε αρχικά για τη μέτρηση των οστικών αλάτων με σκοπό την έγκαιρη διάγνωση και παρακολούθηση της οστεοπόρωσης. Τώρα η DXA εφαρμόζεται πλέον και για τον προσδιορισμό της σύστασης των μαλακών ιστών του σώματος, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική απορρόφηση που υφίστανται οι δυο δέσμες ακτίνων Χ (διαφορετικής ενέργειας η καθεμία) κατά τη διέλευση του από το ανθρώπινο σώμα (Williams, 2003). Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου χωρίζει αρχικά το σώμα σε οστικά άλατα (οστική μάζα) και σε μαλακούς ιστούς (μοντέλο 2-τμημάτων), οι οποίοι με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε λίπος και άλιπη μάζα (Ζαφειρόπουλος, 2015). Βασική αρχή της μεθόδου αποτελεί η διαφορετική εξασθένηση της έντασης των δυο χρησιμοποιούμενων ακτίνων Χ, οι οποίες έχουν διαφορετική ενέργεια (40 keV και 70 keV), όταν αυτές περνούν μέσα από διαφορετικούς ιστούς του σώματος. Η επίλυση των δυο εξισώσεων που προκύπτουν, οδηγεί στον υπολογισμό της οστικής μάζας και της λιπώδους ή άλιπης σωματικής μάζας (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων της μεθόδου DXA μπορεί να αξιολογηθεί είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα μετρώντας τα άτομα αρκετές φορές. Σε γενικές γραμμές η επαναληψιμότητα είναι χειρότερη όταν πρόκειται για μετρήσεις σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος από ότι για ολόσωμες μετρήσεις (Kiezbak, Leamy, Pierson, Nord, Zang, 2000). Η σταθερή απόκλιση σε βραχυπρόθεσμες επαναληπτικές μετρήσεις των ίδιων ατόμων είναι στη καλύτερη περίπτωση $\pm 0,6\%$ για τα οστικά άλατα (TBBM) και $\pm 1,9\%$ για το ποσοστό λίπους (%BF). Σε διάφορες μελέτες έχουν βρεθεί αποκλίσεις της τάξης του $\pm 1\%$ για το TBBM και $\pm 2\%$ για το %BF (Kiezbak et al., 2000). Σε μακροπρόθεσμες επαναληπτικές μετρήσεις των ίδιων ατόμων, η σταθερή απόκλιση ως προς το %BF ολόκληρου του σώματος είναι μεγαλύτερη του $\pm 2\%$ και μάλιστα, είναι πολύ μεγαλύτερη σε παχύσαρκα άτομα. Στην περίπτωση αυτή έχει προταθεί ότι η μη τοποθέτηση του εξεταζόμενου στο κατάλληλο σημείο και με την κατάλληλη κλίση επηρεάζει το αποτέλεσμα της μέτρησης (Patel, Blake, Rymer, Fogelman, 2000).

Προϋποθέσεις αξιολόγησης

Η εξέταση με τη μέθοδο DXA είναι ανώδυνη και ασφαλής. Η μέθοδος στηρίζεται στη χρήση των ακτίνων Χ. Εντούτοις, η δόση που λαμβάνει ο εξεταζόμενος είναι μικρότερη από το 1/10 της δόσης που λαμβάνει από μία ακτινογραφία θώρακος. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης ο εξεταζόμενος πρέπει να παραμένει ακίνητος (να αναπνέει ήρεμα), ώστε να μην

διαταράσσεται η συνεχόμενη ανάλυση. Τα ρούχα πρέπει να μην περιέχουν μεταλλικά αντικείμενα γιατί επηρεάζουν τη μέτρηση. Στις γυναίκες στις οποίες υπάρχει πιθανότητα εγκυμοσύνης πρέπει να αποφεύγεται η συγκεκριμένη μέθοδος λόγω της ακτινοβολίας (Καρατζαφέρη, 2015).

Πλεονεκτήματα της μεθόδου

- 1) Μπορεί να εκτιμήσει ταυτόχρονα οστικά άλατα και μαλακούς ιστούς (άλιπη-λιπώδη μάζα) (Shepherd, 2017).
- 2) Αποτελεί μέθοδο αναφοράς για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος (Ζαφειρόπουλος, 2015).
- 3) Μπορεί να μετρήσει ολόκληρο το σώμα αλλά και ξεχωριστά το κάθε μέλος με ακρίβεια (Shepherd, 2017).
- 4) Η εξέταση είναι ανώδυνη, αναίμακτη και ασφαλής (Καρατζαφέρη, 2015).

Μειονεκτήματα της μεθόδου

- 1) Απαιτεί ακριβό εξοπλισμό (Mattsson and Thomas, 2006).
- 2) Απαιτεί εκπαίδευση του προσωπικού σε θέματα ακτινοπροστασίας και σε θέματα χειρισμού ενός ιατρικού μηχανήματος (Mattsson and Thomas, 2006).
- 3) Η διάρκεια της μέτρησης είναι σχετικά μεγάλη (Καρατζαφέρη, 2015).

DXA στον αθλητισμό

Εδώ και χρόνια η χρήση της DXA στον αθλητισμό έχει συμβάλλει σημαντικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη σωματική σύσταση των αθλητών, ενώ η ικανότητα της ταυτόχρονης αξιολόγησης της κατάστασης των οστών και της άλιπης και λιπώδους μάζας της έδωσε ξεχωριστή θέση στον τομέα των μετρήσεων. Η DXA μπορεί να αξιολογήσει την επίδραση του κάθε αθλήματος στα οστά και την μυϊκή μάζα των αθλητών. Παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των Gomez et al., (2017) οι οποίοι αξιολόγησαν τα αποτελέσματα νεαρών κολυμβητών με αυτά αθλητών που συμμετείχαν σε αθλήματα με επιβαρύνσεις στα οστά και βρήκαν ότι οι κολυμβητές ενδεχομένως δεν θα πετύχουν την

ψηλότερη τιμή που θα μπορούσαν στην οστική τους πυκνότητα σε σχέση με τους άλλους αθλητές. Η DXA επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της πορείας της αποκατάστασης μετά από τραυματισμό όπως επίσης και της απόδοσης αυτών των αθλητών, όπως φάνηκε και σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε σκιέρ μετά από ρήξη πρόσθιου χιαστού (Jordan, Aagaard, Herzog, 2015). Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα εύρεσης μυϊκών ασυμμετριών σε αθλήματα με διαφορετικά ποσοστά φόρτισης μεταξύ των άκρων, εξαιτίας της φύσης του αθλήματος (Hart, Niphias, Spireti, Newton, 2014; Jordan et al., 2015).

Συνοψίζοντας, από την ανασκόπηση προκύπτει ότι και οι 2 μέθοδοι αξιολόγησης έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος BIA παρέχει υψηλή επαναληψιμότητα στις μετρήσεις, ενώ είναι παράλληλα εύκολη και γρήγορη στη χρήση, με το κόστος μιας μέτρησης να είναι σχετικά χαμηλό. Ωστόσο, έχει μικρότερη εγκυρότητα σε σχέση με το DEXA ενώ έχει μεγάλες αποκλίσεις σε ειδικούς πληθυσμούς λόγω έλλειψης εξισώσεων. Από την άλλη μεριά, η μέθοδος DEXA αποτελεί μέθοδο αναφοράς για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος καθώς μπορεί να μετρήσει ολόκληρο το σώμα αλλά και ξεχωριστά το κάθε μέλος με ακρίβεια, απαιτώντας ωστόσο εξειδικευμένο προσωπικό, περισσότερο χρόνο μέτρησης, ενώ και το κόστος του μηχανήματος είναι αρκετά υψηλό.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 100 ασκούμενοι (50 άνδρες και 50 γυναίκες) που συμμετείχαν σε προγράμματα γυμναστηρίων της πόλης. Στα κριτήρια ένταξης στη μελέτη ήταν α) συμμετοχή στην αίθουσα με βάρη ή στα προγράμματα των γυμναστηρίων για τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα τα τελευταία δύο χρόνια, β) απουσία μυοσκελετικών τραυματισμών τον τελευταίο χρόνο, γ) μη χρήση συμπληρωμάτων διατροφής για τουλάχιστον ένα χρόνο, δ) μη λήψη φαρμάκων τον τελευταίο χρόνο. Κριτήριο αποκλεισμού αποτέλεσε η μη τήρηση των διατροφικών οδηγιών που θα είχαν λάβει πριν την έναρξη της μέτρησης.

Πειραματικός σχεδιασμός

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε μια συνεδρία από το προσωπικό του εργαστηρίου Φυσικής και Αγωγής και Άθλησης και του υποτομέα Φυσικής Απόδοσης στο Τ.Ε.Φ.Α.Α./Δ.Π.Θ. Αμέσως μετά την άφιξη ο/η ασκούμενος/η αφού ενημερώθηκε για την εξέταση και συμπλήρωσε τα στοιχεία του, δήλωσε ενυπόγραφα τη συμμετοχή του στην πειραματική διαδικασία. Αρχικά προσδιορίστηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (ύψος σε όρθια θέση, σωματικό βάρος σε μηχανικό ζυγό. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της σύστασης σώματος με το MA-801. Στο τελευταίο μέρος των μετρήσεων στον εξεταζόμενο αξιολογήθηκε η λιπώδης και η άλιπη σωματική του μάζα μαζί με την οστική του πυκνότητα με τη μέθοδο DXA.

Πριν από την έναρξη της μέτρησης και εξαιτίας της ευαισθησίας της BIA, έπρεπε να τηρηθούν κάποιες διαδικασίες από τους εξεταζόμενους για την καλύτερη εγκυρότητα της μέτρησης. Για την αξιολόγηση μέσω του MA801 οι συμμετέχοντες ήταν νηστικοί τις τελευταίες τρεις ώρες και είχαν καταναλώσει φυσιολογική ποσότητα νερού ώστε να είναι επαρκώς ενυδατωμένοι. Οι συμμετέχοντες προσέρχονταν με την ουροδόχο κύστη άδεια και δεν είχαν πάρει μέρος σε έντονη δραστηριότητα άσκησης για τουλάχιστον 24 ώρες. Στις γυναίκες οι οποίες βρισκόταν λίγες μέρες πριν ή κατά τη διάρκεια της έμμηνου ρύσης, η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε άλλη ημερομηνία.

Μετρήσεις

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά: Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της σωματικής μάζας και του ύψους από όρθια θέση σε ζυγό και αναστημόμετρο.

BIA: Στο χώρο της εξέτασης, οι εξεταζόμενοι, παρέμειναν όρθιοι για πέντε λεπτά (ο χρόνος που περίπου απαιτείται για τον προσδιορισμό των σωματομετρικών χαρακτηριστικών), καθάρισαν τα πέλματα τους με υγρά μαντηλάκια καθαρισμού και υλοποίησαν την μέτρηση. Η μέτρηση είχε διάρκεια περίπου ένα λεπτό. Οι εξεταζόμενοι ανέβηκαν πάνω στο μηχάνημα MA-801 και κρατώντας από 1 ηλεκτρόδιο σε κάθε χέρι τοποθέτησαν τα πόδια τους στα ηλεκτρικά ελάσματα της βάσης, όπου πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση.

DEXA: Η μέτρηση είχε διάρκεια περίπου 15 λεπτά. Οι εξεταζόμενοι αφού αφαίρεσαν όλα τα μεταλλικά αντικείμενα από πάνω τους, ξάπλωσαν σε ύπτια κατάκλιση πάνω στο μηχάνημα και παρέμειναν ακίνητοι μέχρι την ολοκλήρωση της μέτρησης.

Όργανα μέτρησης

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν τα εξής όργανα:

- 1) Μηχανικός ζυγός με αναστημόμετρο SECA 700.
- 2) Μηχάνημα Βιοηλεκτρικής εμπέδησης MA-801 (Bioelectrical Impedance Analysis).
- 3) Μηχάνημα μέτρησης με τη μέθοδο της πυκνομετρίας (DEXA) DXA NT pro.

Στατιστική Ανάλυση

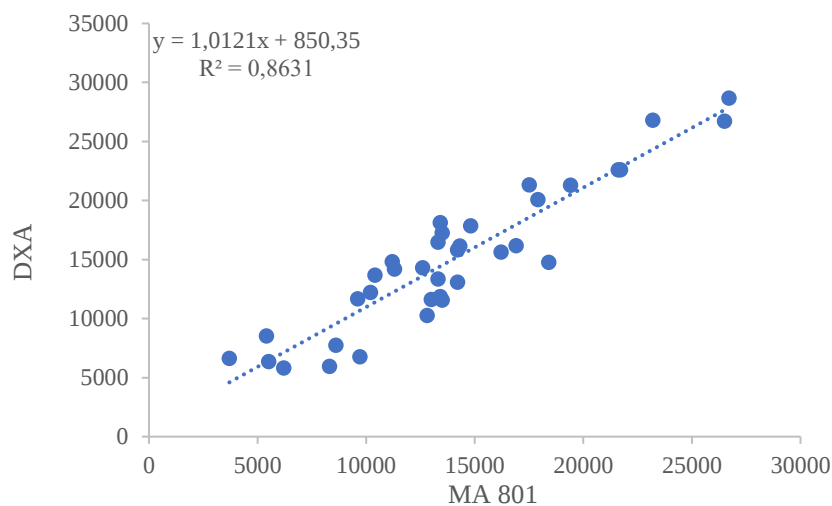
Σκοπός της εργασίας ήταν να εξεταστεί ο βαθμός εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα ίδια άτομα την ίδια χρονική στιγμή στο μηχάνημα MA-801 και στο μηχάνημα DXA. Για τον προσδιορισμό του βαθμού εγκυρότητας πραγματοποιήθηκαν ανάλυση συσχέτισης και προσδιορισμός του βαθμού συμφωνίας. Για την εύρεση συσχέτισης πραγματοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης με το δείκτη R-Pearson. Συσχετίσεις από 0-0,3 χαρακτηρίζονται χαμηλές, από 0,31-0,5 μέτριες, από 0,51-0,7 υψηλές και από 0,7-1 ως πολύ υψηλές. Για την εύρεση της συμφωνίας μεταξύ των δύο μεθόδων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση συσχέτισης και συμφωνίας με το δείκτη Lin's concordance correlation coefficient. Όπου βαθμός 0,99-1 αποδεικνύει την τέλεια

συμφωνία, από 0,95-0,99 ως μερική συμφωνία από 0,9 έως 0,95 ως μέτρια συμφωνία. Σε όλες τις αναλύσεις ο βαθμός σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05.

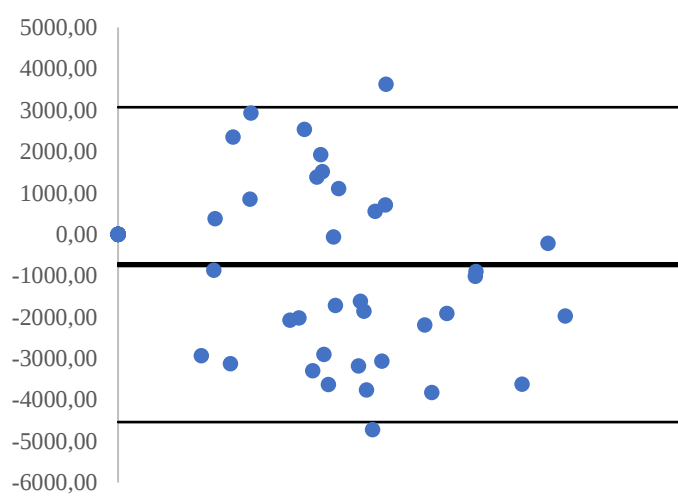
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών

. Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών $R=0,93$. Από τον υπολογισμό του δείκτη Lin's διαπιστώθηκε μέτρια συμφωνία μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών $Lin's = 0,91$.



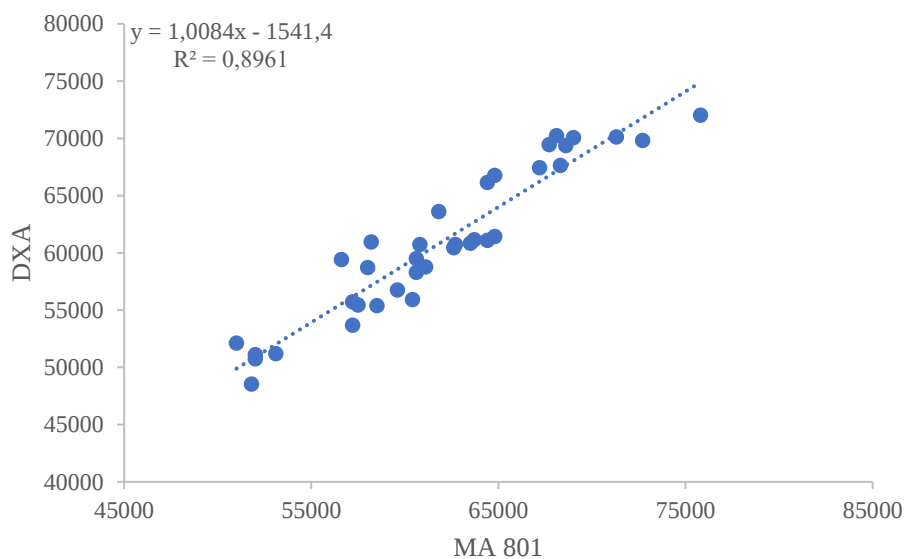
Σχήμα 1 α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών.



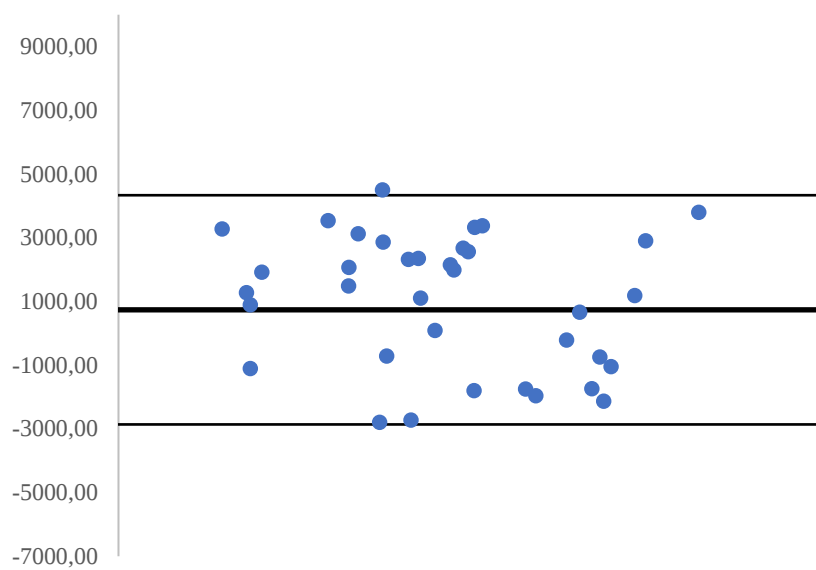
Σχήμα 1 β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών

Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών $R = 0,94$. Από τον υπολογισμό του δείκτη Lin's διαπιστώθηκε μέτρια συμφωνία μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών $\text{Lin's} = 0,93$.



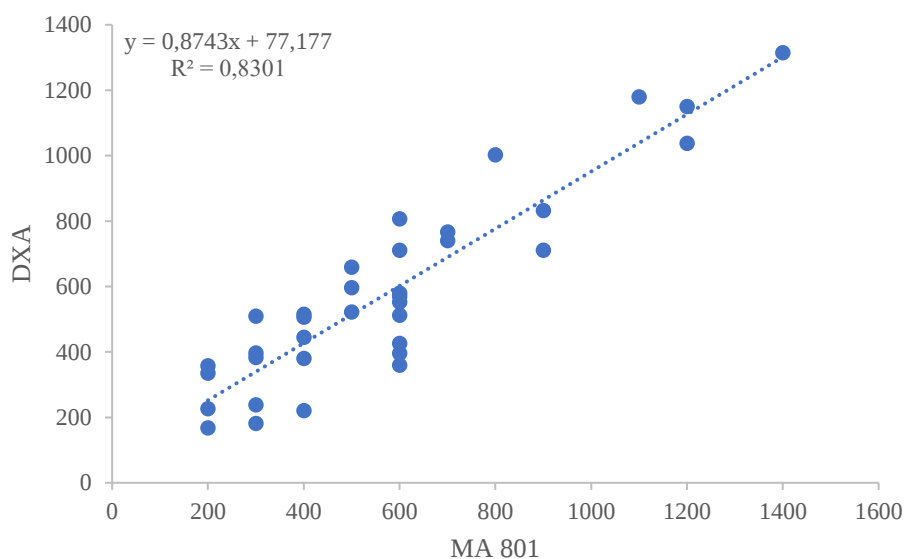
Σχήμα 2α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών.



Σχήμα 2β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς τη συνολική άλιπη μάζα των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των ανδρών

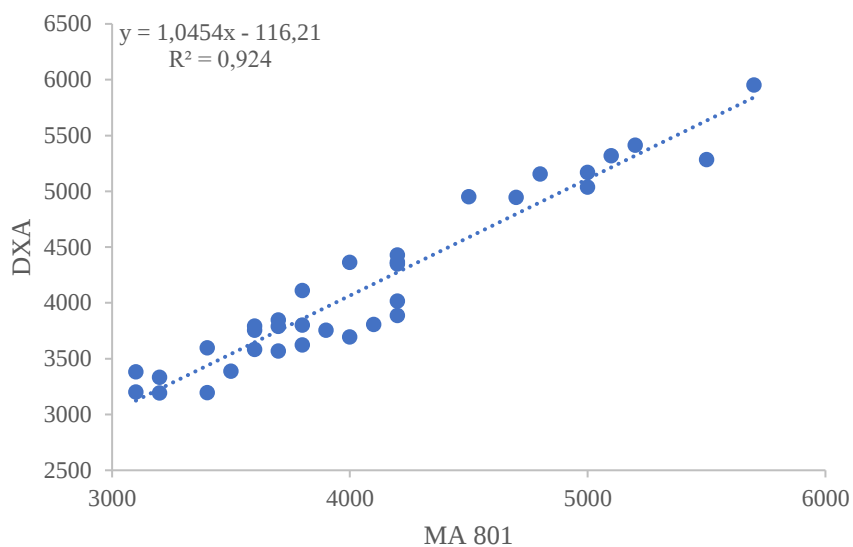
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των ανδρών $R=0,91$.



Σχήμα 3. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των ανδρών

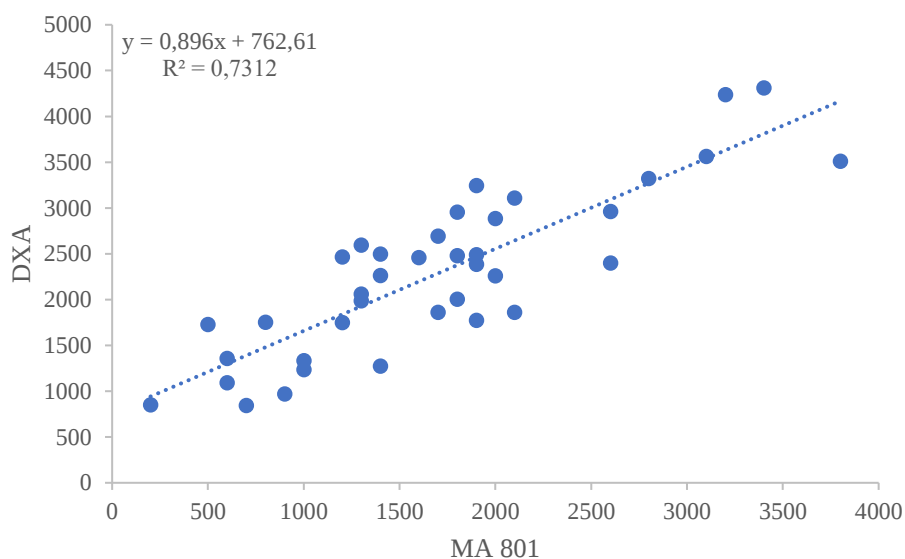
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των ανδρών $R=0,96$.



Σχήμα 4. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των ανδρών

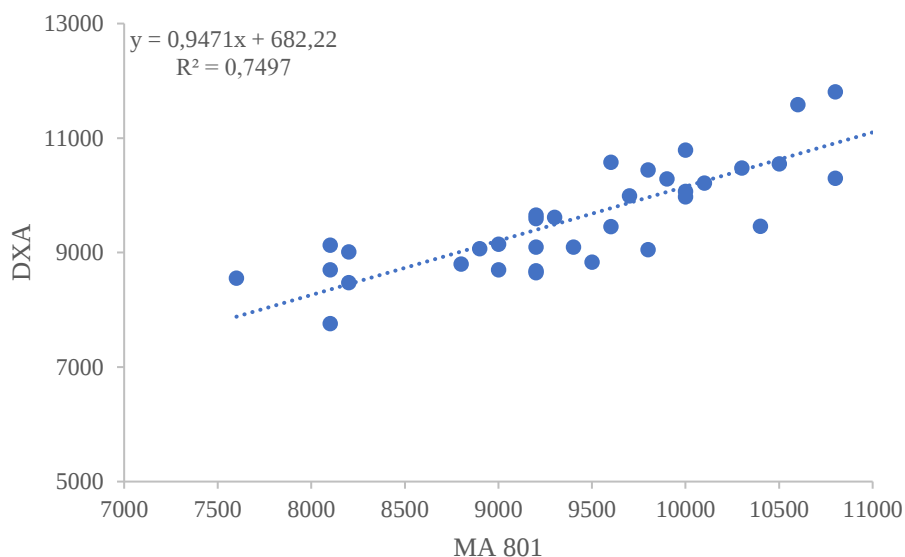
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των ανδρών $R=0,85$.



Σχήμα 5. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των ανδρών

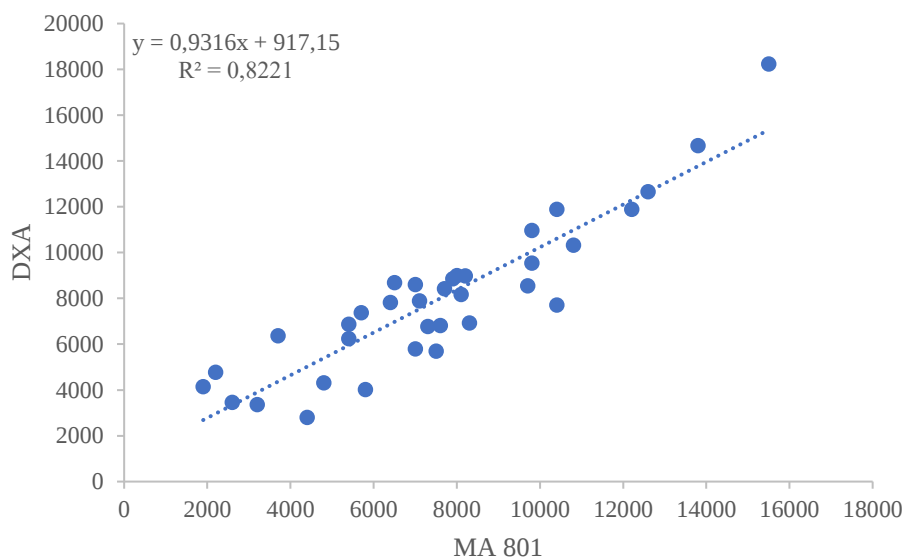
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των ανδρών $R=0,86$.



Σχήμα 6. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των ανδρών

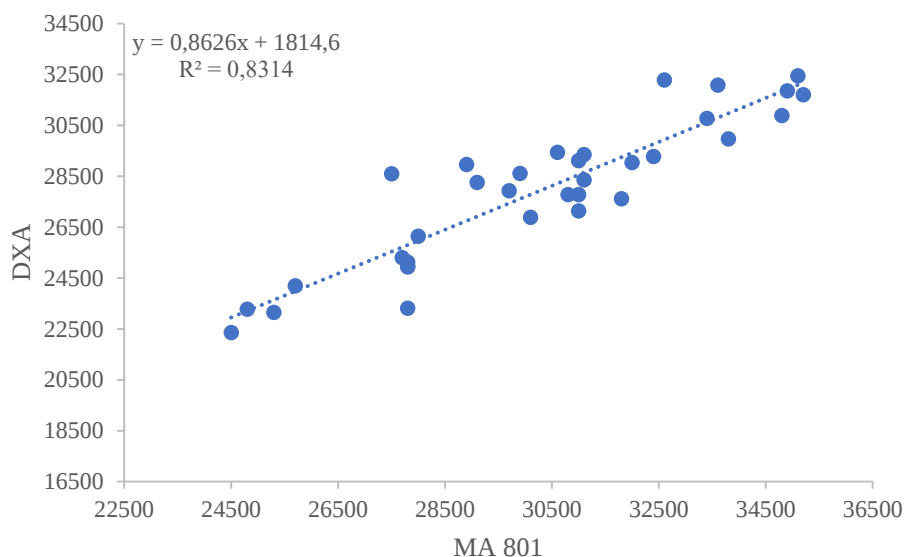
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των ανδρών $R=0,90$.



Σχήμα 7. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των ανδρών

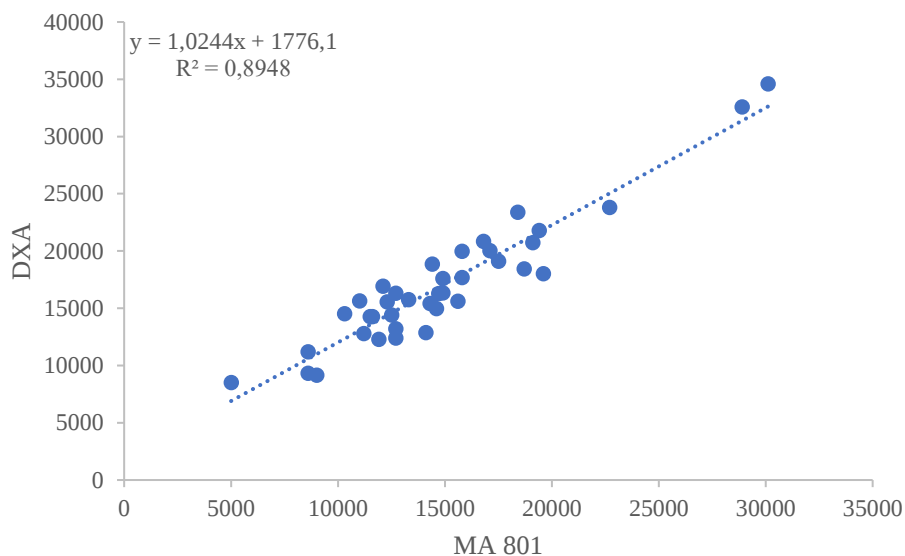
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των ανδρών $R=0,91$.



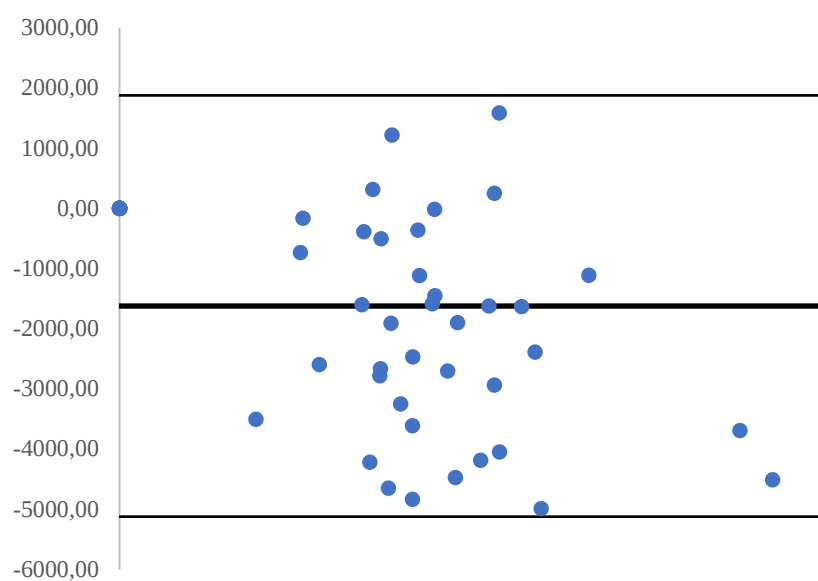
Σχήμα 8. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των ανδρών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών

Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών $R=0,94$. Από τον υπολογισμό του δείκτη Lin's διαπιστώθηκε μέτρια συμφωνία μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών $\text{Lin's}=0,91$.



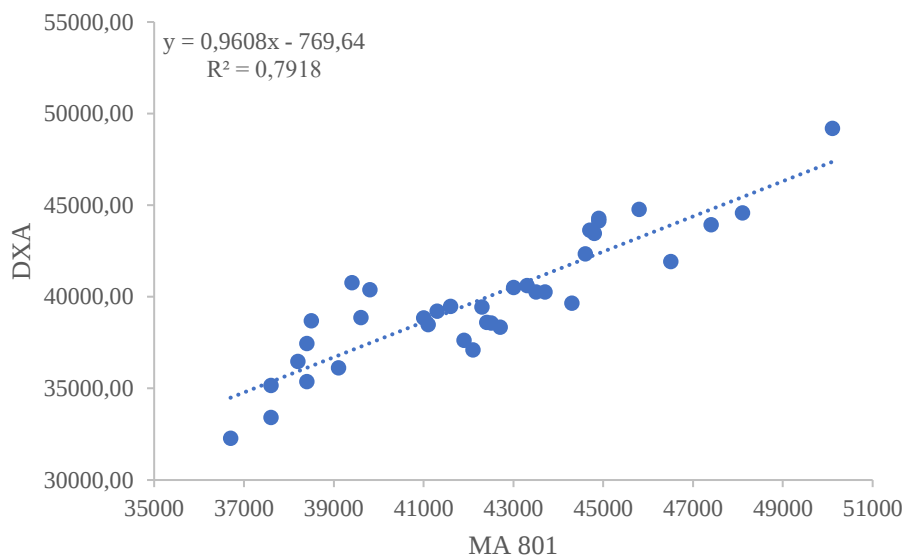
Σχήμα 9 α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών.



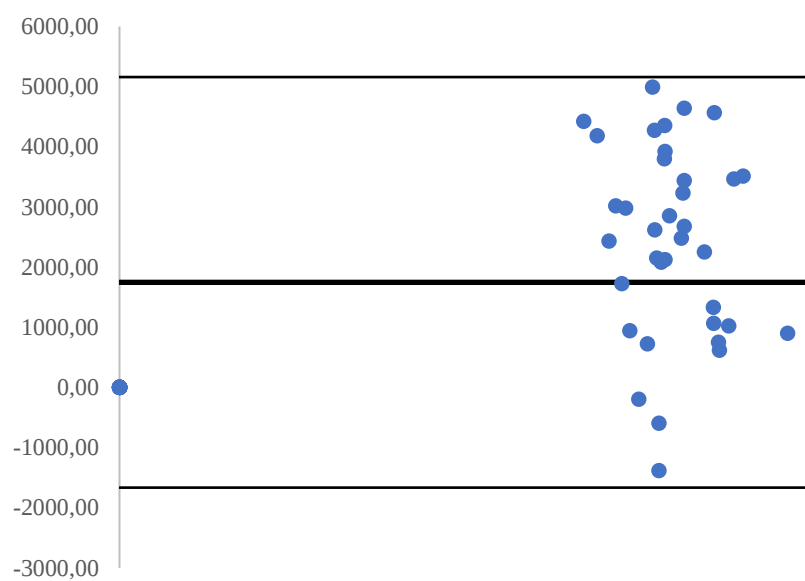
Σχήμα 9β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών

Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών $R=0,88$. Από τον υπολογισμό του δείκτη Lin's διαπιστώθηκε μέτρια συμφωνία μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών $Lin's=0,90$.



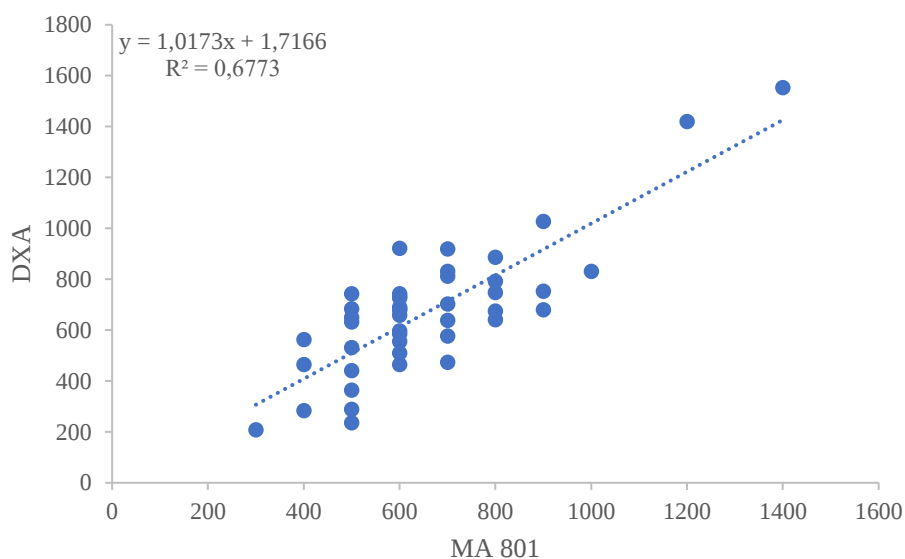
Σχήμα 10α. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών.



Σχήμα 10 β. Διάγραμμα διαφορών μεταξύ του BIA και του DXA έναντι του μέσου όρου των δυο μετρήσεων ως προς την άλιπη μάζα των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των γυναικών

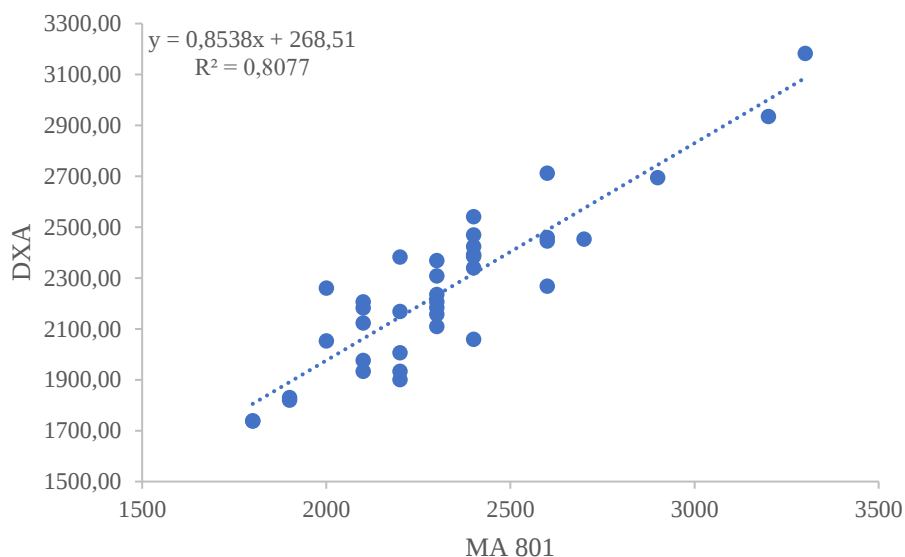
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των γυναικών $R=0,82$.



Σχήμα 11. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού χεριού των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των γυναικών

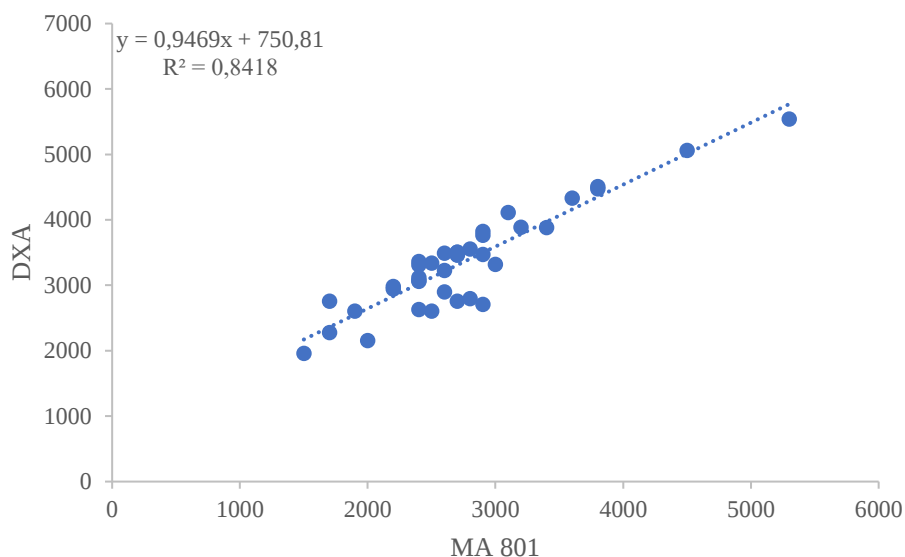
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των γυναικών $R=0,89$.



Σχήμα 12. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των γυναικών

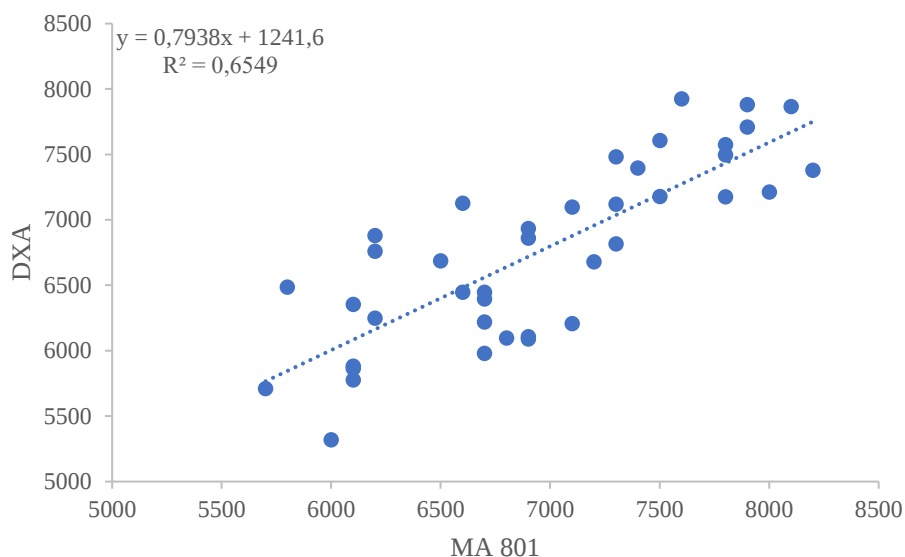
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των γυναικών $R=0,91$.



Σχήμα 13. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του δεξιού ποδιού των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των γυναικών

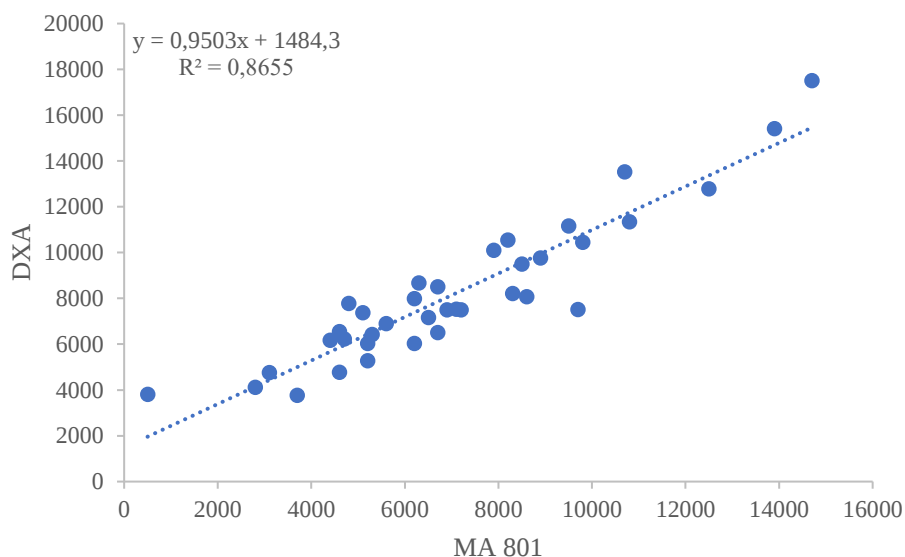
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των γυναικών $R=0,80$.



Σχήμα 14. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των γυναικών

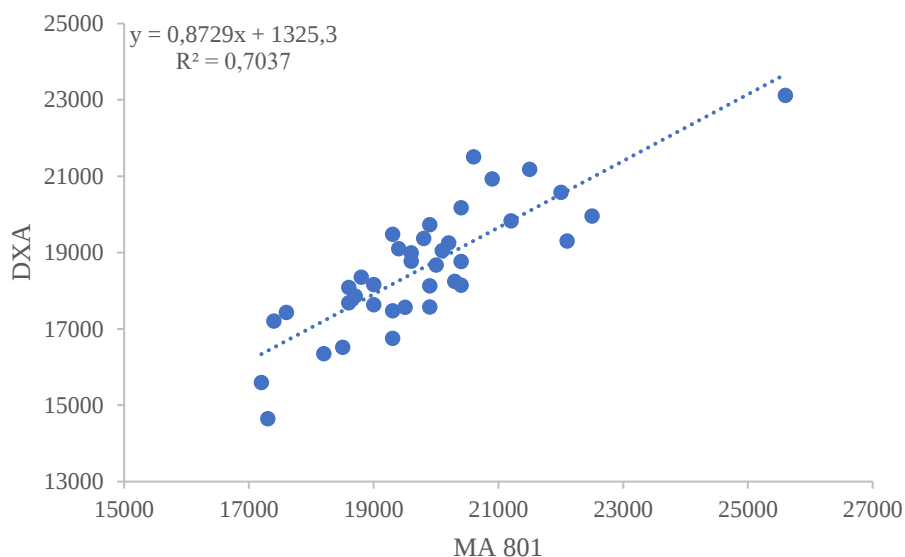
Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των γυναικών $R=0,93$.



Σχήμα 15. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς το ποσοστό λίπους του κορμού των γυναικών.

Εξέταση της εγκυρότητας του μηχανήματος MA-801 ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των γυναικών

Από την ανάλυση συσχέτισης διαπιστώθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων μέτρησης ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των γυναικών $R=0,83$.



Σχήμα 16. Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του BIA και του DXA ως προς την άλιπη μάζα του κορμού των γυναικών.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της έρευνας ήταν να εξετάσει την εγκυρότητα του πολυσυχνотικού μηχανήματος βιοηλεκτρικής εμπέδησης MA-801 σε άνδρες και γυναίκες που προπονούνται συστηματικά με αντιστάσεις σε γυμναστήρια. Οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν ως προς το ποσοστό σωματικού λίπους και την άλιπη σωματική μάζα με το μηχάνημα βιοηλεκτρικής εμπέδησης MA-801 και ως κριτήριο μέτρησης χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της σύστασης σώματος σε μηχάνημα DXA. Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων όπως αυτή προσδιορίστηκε από το συντελεστή R-Pearson. Για την εύρεση της συμφωνίας μεταξύ των δύο μεθόδων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση συσχέτισης και συμφωνίας με το δείκτη Lin's concordance correlation coefficient. Από αυτή, προέκυψε μέτρια συμφωνία ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους των ανδρών (0,91) και την άλιπη μάζα τους (0,93), ενώ και στις γυναίκες η συμφωνία των μεθόδων ήταν και εκεί μέτρια ως προς το συνολικό ποσοστό λίπους (0,91) και ως προς την άλιπη μάζα τους (0,90).

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες έρευνες σχετικά με την εγκυρότητα της μεθόδου Βιοηλεκτρικής εμπέδησης έχοντας οι περισσότερες ως αναφορά τις τιμές από την μέτρηση σε μηχάνημα διπλής απορροφησιομετρίας ακτινών Χ (DXA) μιας και θεωρείται η "χρυσή" μέθοδος στην αξιολόγηση της σύστασης σώματος. Το ερευνητικό ενδιαφέρον προέκυψε από τον εκσυγχρονισμό των συσκευών βιοηλεκτρικής εμπέδησης και από την προσβασιμότητα σε μηχανήματα DXA. Πρόσφατη έρευνα των Chiplonkar et al., (2017) είχε ως στόχο τη σύγκριση των δυο μεθόδων BIA και DXA ως προς το ποσοστό λίπους και την άλιπη μάζα μεταξύ άλλων σε 210 εφήβους και παιδιά. Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ υψηλούς συσχετισμούς μεταξύ των δυο μεθόδων, (0.92 και 0.96 για το ποσοστό λίπους και άλιπης μάζας αντίστοιχα), ενώ φάνηκε ότι και οι 2 μέθοδοι λειτούργησαν παρόμοια σε παιδιά με κανονικό βάρος και υπέρβαρα παιδιά. Σε άλλη έρευνα, των Fakhrawi et al., (2009), σε 33 υπέρβαρες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που είχε ως στόχο πάλι τη σύγκριση μεταξύ των δυο μεθόδων αξιολόγησης, μετρήθηκε το βάρος, η άλιπη σωματική μάζα και το ποσοστό λίπους στα δυο μηχανήματα (BIA, DEXA). Η ανάλυση Bland -Altman κατέδειξε γενική συμφωνία μεταξύ των δυο μεθόδων ενώ και σε

αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλά και πολύ υψηλά ποσοστά συσχέτισης μεταξύ των δυο μεθόδων ως προς το βάρος (0.998), το ποσοστό λίπους (0.782) και την άλιπη μάζα (0.926) σε αυτές τις γυναίκες, οδηγώντας τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος ανάλυσης της σύστασης σώματος με τη χρήση του μηχανήματος BIA είναι αξιόπιστη εφόσον έχουν αναπτυχθεί οι κατάλληλες εξισώσεις. Έρευνα των Silveira et al., (2020) που πραγματοποιήθηκε σε ενήλικες, 60 ετών και άνω, είχε ως στόχο τη σύγκριση του ποσοστού λίπους μεταξύ των μεθόδων BIA, DEXA και των δερματοπτυχών. Η μέτρηση με τις τρεις μεθόδους έγινε το ίδιο πρωί και το επίπεδο συμφωνίας μεταξύ του των τριών μεθόδων εξετάστηκε με τη χρήση του Bland- Altman και του συντελεστή συσχέτισης Lin's Concordance. Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ υψηλό ποσοστό συσχέτισης ως προς το ποσοστό λίπους μεταξύ του BIA και των δερματοπτυχών σε όλους τους συμμετέχοντες (CCC= 0.857 και 0.861) και μεταξύ των γυναικών (CCC= 0.788 και 0.726) όταν συγκρίθηκε με το DXA. Ωστόσο και οι δυο μέθοδοι (BIA, δερματοπτυχές) υποεκτίμησαν το ποσοστό λίπους στους άντρες και στις γυναίκες με υψηλό ποσοστό λίπους. Από την ανάλυση φάνηκε να υπάρχει μεγάλη συμφωνία μεταξύ DEXA και δερματοπτυχών στους άντρες (CCC= 0.846), την ίδια στιγμή που με τη μέθοδο BIA η συμφωνία ήταν μέτρια σε αυτό το γκρουπ (CCC=0.505). Πανομοιότυπη μελέτη των Ruiz et al., (2018) σε 127 παιδιά και εφήβους με τάση στην παχυσαρκία συνέκρινε τις τρεις μεθόδους μέτρησης BIA, DXA και δερματοπτυχές. Η ανάλυση η οποία πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο, έδειξε ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του DXA και των άλλων μεθόδων μέτρησης ως προς το ποσοστό λίπους των παιδιών και των εφήβων ($R>0,430$) με τη συμφωνία όμως να είναι 'φτωχή' μεταξύ του DXA και των άλλων μεθόδων. Και σε αυτή την μελέτη πάντως η BIA και οι δερματοπτυχές υποεκτίμησαν το ποσοστό λίπους των παιδιών σε σύγκριση με αυτής του DXA γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο αυξημένο ποσοστό λίπους αυτών των ατόμων. Οι παραπάνω έρευνες φαίνεται να υποστηρίζουν τα αποτελέσματα την παρούσας έρευνας καθώς σχεδόν σε όλες τις μελέτες παρατηρήθηκε υψηλή έως πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των τιμών των δυο μηχανημάτων, την ίδια ώρα που η συμφωνία μεταξύ DXA και BIA χαρακτηρίστηκε ως μερική.

Με την παρούσα μελέτη επιδιώκεται για πρώτη φορά η στάθμιση της εγκυρότητας ενός μηχανήματος βιοηλεκτρικής εμπέδησης νέας τεχνολογίας (πέντε συχνότητες) με κριτήριο τη μέθοδο μέθοδος διπλής απορροφησιομετρίας ακτινών Χ. Ο υψηλός βαθμός εγκυρότητας που προέκυψε δίνει την δυνατότητα για έγκυρο προσδιορισμό της σύστασης σώματος με εύκολο τρόπο και λιγότερο χρονοβόρο καθώς και με σχετικά μέτριο κόστος.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη μέτρηση βιοηλεκτρική εμπέδησης είναι ο βαθμός ενυδάτωσης, το φύλο και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Στη συγκεκριμένη μελέτη τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες μέτρησης της βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Στους περιορισμούς της μελέτης ήταν πως οι αλγόριθμοι του μηχανήματος MA801 στηρίζονταν στον Ασιατικό πληθυσμό και όχι σε καυκάσιους. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια εκτενέστερης έρευνας από την οποία παρήχθησαν δεδομένα βάση των οποίων η εταιρείας Charder αναθεώρησε τους αλγορίθμους ως προς τον πληθυσμό των καυκάσιων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε με στόχο να προστεθούν καινούργια δεδομένα στο πεδίο της έρευνας για τη σύσταση του σώματος σε αθλητές και ασκούμενους, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες σε άλλους ερευνητές για περαιτέρω έρευνα πάνω σε αυτά τα αποτελέσματα. Η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης έχει επανέλθει τα τελευταία χρόνια με την κατασκευή νέων μηχανημάτων και αλγορίθμων προσδιορισμού της σύστασης σώματος και των σωματικών υγρών ώστε τα δεδομένα να θεωρούνται έγκυρα και η μέθοδος να μπορεί να εφαρμοστεί αξιόπιστα και σε μεγαλύτερο βαθμό στο πεδίο. Παρόλα αυτά πρέπει να πραγματοποιηθούν περισσότερες έρευνες πάνω σε αθλητές και ασκούμενους, ακόμα και σε διαφορετικά αθλήματα ώστε να αναπτυχθούν περισσότεροι αλγόριθμοι για την κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackland, TR., Lohman, TG., Sundgot- Borgen, J., Maughan, RJ., Meyer, NL., Stewart, AD., Muller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sports: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine*, 42, 227-249.
- Achim, S., Beizenherz, A., Römer, K., Kremer, G., Salzberger, B., Elia and Elia, M. (2000). Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 496-501.
- Barbosa-Silva, M.c.G., Barros, A.J., Wang, J., Heymsfield, S.B. and Pierson Jr, R.N. (2005). Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *American Journal of Clinical Nutrition*, 82, 49-52.
- Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R., Later, W., Wiese, S. and Müller, M. (2006). Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *Journal of Parenter Enteral Nutrition*, 30(4), 309-16.
- Buffa, R., Saragat, B., Cabras, S., Rinaldi, AC., Marini, E. (2013). Accuracy of specific BIVA for the assessment of body composition in the United States population. *PloS one*, 8(3): e58533
- Carrasco-Marginet, M., Castizo-Olier, J., Rodriguez-Zamora, L., Iglesias, X., Rodriguez FA, Chaverri, D. (2017). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *PloS one*, 12(6): e0178819.

- Castizo-O., A. Irurtia, M., Jemni, M., Carrasco-Marginet, R., Fernandez-Garcia, F. Rodriguez (2018). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PLoS one*, 13(6):e0197957.
- Shash, E., Neha, T., Veena, E., Rubina, M., Lavanya, P., Vaman, K., and Anuradha, N. (2017). Validation of Bioelectric Impedance Analysis against Dual-energy X-Ray Absorptiometry for Assessment of Body Composition in Indian Children Aged 5 to 18 Years. *Indian Pediatrics*, 919, 54.
- Dehghan, M., Merchant, A. (2008). Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutrition Journal*, 7, 26.
- Dina, H., Lawrence, B., Cesar, L., Daniel, F., Hannah, K., Alfred, Q., Allan, D., Carol, J., and Zaida, C-M. (2009). Comparison of Body Composition by Bioelectrical Impedance and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Overweight/Obese Postmenopausal Women. *Journal of Clinical Densitometry: Assessment of Skeletal Health*, 12, 238-244.
- Ellis, KJ., Bell, SJ., Chertow, GM., Chumlea, WC., Knox, TA., Kotler, DP. (1996). Bioelectrical impedance methods in clinical research: a follow-up to the *NIH Technology Assessment Conference Nutrition*, 15, 874–880.
- Erika, A., Silveira, Larissa S., Barbosa, Ana R., Matias N., and Cesar D. (2020). Body fat percentage assessment by skinfold equation, bioimpedance and densitometry in older adults. *Archives of Public Health* 78, 65.
- Franklin, F. (1999). Composition of weight and height relations in boys from 4 countries. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 157- 162.
- Gomez-Bruton, A., J. Montero-Marín, A., González-Agüero, A., Gómez-Cabello, J., García-Campayo, L., A. Moreno, A., Casajús & G. Vicente-Rodríguez (2018). Swimming and peak bone mineral density: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(4), 365-377.

- Hart, N., Nimphius, T., Spiteri, and R. U. Newton (2014). Leg Strength and Lean Mass Symmetry Influences Kicking Performance in Australian Football. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 157-165.
- Heymsfield, S.B., Lohman T.G., Wang Z.M. and Going S.B. eds. (2005). *Human Body Composition 2nd ed.* Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hogstrom, GM., Pietila, T., Nordstrom, P., Nordstrom, A. (2012). Body Composition and performance: influence of sports and gender among adolescents, *Journal of Strength Conditioning Research*, 26, 1799-1804.
- Jensen, MD., (1992). Research techniques for body composition assessment. *I Am Diet Association*, 92, 454-460.
- Jensky- Squires NE., Dieli - Conwright CM., Rossuelo A., Erceg DN., Mc Canley S., Schroeder ET. (2008). Validity and reliability of body composition analyzers in children and adults. *British Journal of Nutrition*, 100, 859-865.
- Jordan, M. J., Aagaard, P., & Herzog, W. (2015). Lower limb asymmetry in mechanical muscle function: A comparison between ski racers with and without ACL reconstruction. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(3), 301-309.
- Kalapothisarakos, V., Strimpakos, N., Vithoulka, I., Karvounidis, C. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 46(4),515.
- Katherine, G., Ruíz, M. Medrano, J., Enrique Correa-Bautista, A., García-Hermoso, D., Humberto Prieto-Benavides, A., Tordecilla-Sanders, C., Agostinis-Sobrinho, M., Correa-Rodríguez, J. Schmidt Rio-Valle, E. González-Jiménez and R. Ramírez-Vélez (2018). Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis, Slaughter Skinfold-Thickness Equations, and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. *Nutrients* 10. 1086.

- Kiebzak, G.M., Leamy, L.J., Pierson, L.M., Nord, R.H. and Zhang, ZY., (2000). Measurement precision of body composition variables using the lunar DPX-L densitometer. *Journal of Clinical Densitometry*, 3(1), 35-41.
- Koury, JC., Trugo, NMF., Torres, AG. (2014). Phase Angle and Bioelectrical Impedance Vectors in Adolescent and Adult Male Athletes. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 9(5), 798–804.
- Kyle, U.G., Soundar, P., Genton, L. and Pichard, C. (2012). Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clinical Nutrition*, 3(1), 875-881.
- Kyle, UG., Bosaeus, I., De Lorenzo, AD., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, JM. (ESPEN working group) (2004). Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23, 1226–1243.
- Lukaski, HC., Johnson, PE., Bolonchuk, WW., Lykken, GI. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41, 810–817.
- Lukaski, HC., Bolonchuk, WW., Siders, WA., Hal, CB. (1990). Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(4), 434–40.
- Marini, E., Buffa, R., Saragat, B., Coin, A., Toffanello, ED., Berton, L. (2012). The potential of classic and specific bioelectrical impedance vector analysis for the assessment of sarcopenia and sarcopenic obesity. *Clinical Interventions in Aging*, 7, 585–91.
- Matias, CN., Judice, PB., Santos, DA., Magalhaes, JP., Minderico, CS., Fields, DA. (2016). Suitability of Bioelectrical Based Methods to Assess Water Compartments in Recreational and Elite Athletes. *Journal of American College Nutrition*, 35(5), 413–421.

- Mattsson Sören and Brian J. Thomas (2006). Development of methods for body composition studies. *Physics in Medicine and Biology*, 51, 203.
- Maughan, R. (2003). Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(2), 19.
- Micheli, ML., Pagani, L., Marella, M., Gulisano, M., Piccoli, A., Angelini, F. (2014). Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 9(3), 532–9.
- Moon JR. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(1), 54–9.
- Mooney, A., Kelsey, L., Fellingham, G.W., George, J.D., Hager, R.L., Myrer, J.W. and Vehrs, P.R., (2011). Assessing Body Composition of Children and Adolescents Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, Skinfolds, and Electrical Impedance. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 15(1), 2-17.
- Nattiv, A., Loucks, AB., Manore, M.M., Sanborn, C.F., Sundgot- Borgen J. et al. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine Science of Sports Exercise*, 39, 1867-1882.
- Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M. and Bosy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition*, 31, 854-861.
- Norman, K., N. Stobaus, D. Zocher, A. Bosy-Westphal, A. Szramek, R. Scheufele, C. Smoliner, and M. Pirlich (2010). Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92, 612–9.

- Patel, R., Blake, G.M., Rymer, J., & Fogelman, I. (2000). Long-term precision of DXA scanning assessed over seven years in forty postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 11(1), 68-75.
- Piccoli A., Pastori G., Codognotto M., Paoli A. (2007). Equivalence of information from single frequency v. bioimpedance spectroscopy in bodybuilders. *British Journal of Nutrition*, 97(1), 182–92.
- Piccoli A., Brunani A., Savia G., Pillon L., Favaro E., Berselli M. (1998). Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *International Journal of Obesity*, 22(2), 97–104.
- Segal KR. (1996). Use of bioelectrical impedance analysis measurements as an evaluation for participating in sports. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 469–471.
- Selberg O., Selberg D. (2002). Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients and patients with liver cirrhosis. *European Journal of Physiology*, 86, 509–516.
- Shepherd J., Bennett Ng, Sommer M., and Heymsfield S., (2017). Body Composition DXA. *Bone Journal*, 104, 101–105.
- Silva AM, Fields DA, Heymsfield SB, Sardihna I.B. (2011). Relationship between changes in total- body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *Journal of Strength Conditioning Research*, 25, 2488-2495.
- Silvestre R., West C., Maresh CM., Kraemer WJ. (2006). Body composition and physical performance in men's soccer: a study of a National Collegiate Athletic Association Division I team. *Journal of Strength Conditioning Research*, 20(1), 177.
- Slinde F. & Rossander-Hulthen L. (2001). Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74, 474-478.

- Wang ZM., Pierson RN. Jr. and Heymsfield SB (1992). The fivelevel mode: A new approach to organizing body- composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56 (1), 19-28.
- Ward LC. (2012). Segmental bioelectrical impedance analysis: an update. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 15, 424-429.
- Wilhelm-Leen, E.R., Hall, Y.N., Horwitz, R.I. and Chertow, G.M. (2013). Phase Angle, Frailty and Mortality in Older Adults. *General Internal Medicine*, vol. 29(1), 147-154.
- Williams H. (2003). *Διατροφή: Υγεία- Ευρωστία και Αθλητική Απόδοση*. Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Καρατζαφέρη Χ. (2015). *Εγχειρίδιο για την Σωματική Αξιολόγηση Αθλητών: Δοκιμασίες εργαστηρίου και πεδίου για την επιστημονική υποστήριξη του αγωνιστικού αθλητισμού*. Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.
- Ζαφειρόπουλος, Β. (2015). *Μέτρηση Σύνσταση του Ανθρώπινου Σώματος*. Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.