



Σχέση μεταξύ της Μεθόδου των Δερματοπτυχών και της Βιοηλεκτρικής Αντίστασης στον Υπολογισμό του Ποσοστού Σωματικού Λίπους

Αθανάσιος Τσιόκανος, Αθανάσιος Ζ. Τζιαμούρτας, Ελένη Θεοδωράτου, Ιωάννης Βεριγάκης, Ελένη Γιωτσοπούλου & Δημήτριος Τσαόπουλος.
ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να μελετήσει τη συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και δύο διαφορετικών μεθόδων βιοηλεκτρικής αντίστασης (BIA). Η μία μέθοδος BIA στηρίχτηκε στην αρχή των δύο σημείων επαφής (TANITA) και η δεύτερη στην αρχή των τεσσάρων διαφορετικών σημείων επαφής (BODYSTAT). Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 90 άρρενες μάζας 78.2+13.6 χιλιογράμμων και ύψους 180.6+8.3 εκατοστών, οι οποίοι χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες (30 φοιτητές, 30 καλαθοσφαιριστές και 30 κολυμβητές). Στο συνολικό δείγμα, οι τιμές του ποσοστού σωματικού λίπους που προέκυψαν με βάση τις μεθόδους των δερματοπτυχών, TANITA και BODYSTAT ήταν 10.98 ± 4.87, 12.68 ± 5.74 και 15.34 ± 5.54, αντίστοιχα. Οι συντελεστές συσχέτισης των τιμών TANITA και BODYSTAT με εκείνες των δερματοπτυχών ήταν 0.63 και 0.64, αντίστοιχα. Ωστόσο, όταν η εξέταση έγινε στις επιμέρους ομάδες αθλητών, όπου και το δείγμα ήταν περισσότερο ομοιογενές, παρατηρήθηκαν διαφορετικές συσχετίσεις. Οι συντελεστές συσχέτισης στις επιμέρους κατηγορίες του δείγματος ήταν 0.82 και 0.64 για τους φοιτητές, 0.81 και 0.72 για τους καλαθοσφαιριστές, και 0.85 και 0.53 για τους κολυμβητές. Με βάση τη διαφοροποίηση των συντελεστών συσχέτισης στις τρεις κατηγορίες δείγματος, προκύπτει ότι από τις δύο BIA μεθόδους εγκυρότερη είναι η TANITA, ενώ στην εφαρμογή τους για αξιολόγηση πληθυσμιακών ομάδων στο σύνολο τους πρέπει να εξετάζεται η ομοιογένεια του δείγματος.

Λέξεις Κλειδιά: *άλιπη σωματική μάζα, άσκηση, καλαθοσφαίριση, κολύμβηση*

Relationship between Skinfolds and Bioelectric Impedance in Determining Percent Body Fat

Athanasios L. Tsiokanos, Athanasios Z. Jamurtas, Eleni Theodoratou,
Ioanis Verigakis & Dimitrios Tsaopoulos
Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Hellas

Abstract

The purpose of this study was to examine the relationship between the skinfolds method and two different methods of bioelectrical impedance (BIA) in determining the percent body fat. One of the two methods of BIA was based on the two contact points (TANITA) and the second one was based on the four contact points (BODYSTAT). The subjects in the study were 90 males and were separated into three groups (30 students, 30 basketball players and 30 swimmers) and their body mass and height (mean ± SD) was 78.2 ± 13.6 Kg and 180.6 ± 8.3 cm. The percent body fat values for the population sample measured by the skinfolds method, TANITA and BODYSTAT were 10.98 ± 4.87, 12.68 ± 5.74 and 15.34 ± 5.54, respectively. The correlation coefficients between TANITA and skinfolds and BODYSTAT and skinfolds were $r = .63$ and $r = .64$, respectively. However, when the evaluation was performed separately on the three different groups the correlation coefficients between the skinfolds and TANITA and skinfolds and BODYSTAT were $r = .82$ and $r =$

.62 for the students, $r = .81$ and $r = .72$ for the basketball players, and $r = .85$ and $r = .53$ for the swimmers. Based on the differences on the correlation coefficients that were found in the three different groups, it seems that TANITA correlates better in identifying the percent body fat with the skinfolds method compared to BODYSTAT. In addition, the homogeneity of the sample is an issue that needs to be examined before using the BIA method to determine the percent body fat.

Key words: *fat-free mass, exercise, basketball, swimming*

Εισαγωγή

Ο προσδιορισμός του ποσοστού λίπους αποτελεί έναν έγκυρο τρόπο αξιολόγησης της σωματοδομής ενός ατόμου. Η αύξηση του ποσοστού λίπους έχει συνδεθεί με έναν μεγάλο αριθμό παθήσεων που σχετίζονται τόσο με το καρδιαγγειακό σύστημα όσο και το μεταβολικό σύστημα του ανθρώπου (Tanaka & Togo, 1990; Folsom et al., 1989; Van Gaal, Nobels, Rllaerts, Creten, & De Leeuw, 1988; Blackburn & Kandars, 1987). Η μείωση των επιπέδων της παχυσαρκίας οδηγεί σε καλύτερα επίπεδα υγείας, αυξάνει την αυτοπεποίθηση ενός ατόμου και μειώνει τα επίπεδα της θνησιμότητας και νοσηρότητας.

Επιπροσθέτως, ο προσδιορισμός του ποσοστού λίπους αποτελεί μία από τις συχνότερες μετρήσεις στον αθλητισμό. Η μείωση των επιπέδων σωματικού λίπους και η αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας, όταν συνδυαστεί και με τις κατάλληλες προπονητικές επιβαρύνσεις, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για καλύτερη απόδοση.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για την αξιολόγηση του ποσοστού σωματικού λίπους. Δύο από τις πιο διαδομένες είναι η μέθοδος των δερματοπτυχών και η μέθοδος της βιοηλεκτρικής αντίστασης. Η μέθοδος των δερματοπτυχών στηρίζεται στην αρχή ότι το 50% περίπου του σωματικού λίπους εναποτίθεται υποδόρια. Μετρώντας την πτυχή του δέρματος σε διάφορα μέρη του σώματος, και χρησιμοποιώντας διάφορες εξισώσεις που υπολογίζουν την πυκνότητα του σώματος, μπορούμε στη συνέχεια να υπολογίσουμε το ποσοστό λίπους. Αποτελεί μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδο υπολογισμού του ποσοστού λίπους, είναι εύχρηστη και οικονομική, και παρουσιάζει ένα τυπικό σφάλμα μέτρησης που υπολογίζεται στο 3.3%, όταν το άτομο το οποίο κάνει την μέτρηση είναι εξουκιωμένο με τον τρόπο μέτρησης (Heyward, 1998).

Η μέθοδος της βιοηλεκτρικής αντίστασης αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1960 και είναι μία από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους μέτρησης του ποσοστού σωματικού λίπους. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι απλή, γρήγορη, με μεταφερόμενες συσκευές, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα μέρη, όπως νοσοκομεία, γυμναστήρια και ιατρεία. Όταν

χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες εξισώσεις και τηρούνται οι προϋποθέσεις για τη μέτρηση, τότε το τυπικό σφάλμα μέτρησης με τη συγκεκριμένη μέθοδο υπολογίζεται στο 3-4 % (Houtkooper, 1996).

Η βιοηλεκτρική αντίσταση χρησιμοποιεί δύο συστήματα με τα οποία μπορεί να προσδιοριστεί το ποσοστό λίπους. Το ένα σύστημα είναι το κλασικό, στο οποίο χρησιμοποιούνται τόσο τα χέρια όσο και τα πόδια στον υπολογισμό της αντίστασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τους ιστούς (τέσσερα σημεία επαφής), ενώ στο δεύτερο, και πιο πρόσφατο, χρησιμοποιούνται μόνο τα πόδια με τα οποία πατάει πάνω στη συσκευή ο εξεταζόμενος (2 σημεία επαφής). Αναφορές στη βιβλιογραφία υποδεικνύουν πως η μέθοδος της βιοηλεκτρικής αντίστασης στην οποία χρησιμοποιούνται μόνο τα πόδια, προσδιορίζει τη σωματοδομή ενός ατόμου στον ίδιο βαθμό με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης στην οποία χρησιμοποιούνται τα τέσσερα σημεία, με τη μόνη διαφορά ότι η μέθοδος των δύο σημείων προσφέρει γρηγοράδα και ευκολία στη μέτρηση (Nunez et al. 1997). Υπάρχουν αρκετές έρευνες στις οποίες αξιολογήθηκε η συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου της βιοηλεκτρικής αντίστασης των τεσσάρων σημείων με τη μέθοδο των δερματοπτυχών σε φυσιολογικά άτομα (Mazagieros et al., 1996; Jackson, Pollock, Graves, & Mahar, 1988). Ωστόσο, δεν υπάρχουν πολλές έρευνες στις οποίες να έχουν γίνει συγκρίσεις και συσχετίσεις μεταξύ των δύο μεθόδων βιοηλεκτρικής αντίστασης και της μεθόδου των δερματοπτυχών σε αθλητές (Utter et al., 2001). Η προαναφερθείσα έρευνα εξέτασε τη συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων βιοηλεκτρικής αντίστασης σε παλαιότες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από χαμηλό ποσοστό λίπους. Είναι γνωστό, πως οι κολυμβητές αποτελούν ίσως τη μοναδική κατηγορία αθλητών που μπορεί να ωφεληθεί από το αυξημένο ποσοστό λίπους, εξαιτίας της χαμηλής πυκνότητας του λιπώδους ιστού. Από την άλλη, οι καλαθοσφαιριστές αποτελούν μια κατηγορία αθλητών οι οποίοι χαρακτηρίζονται από αυξημένη μυϊκή μάζα και χαμηλό ποσοστό λίπους. Δεν υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία που να συγκρίνουν την αξιοπιστία των διαφορετικών μεθόδων της βιοηλεκτρικής αντίστασης στον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους, συγκριτικά με τη μέθοδο των δερματοπτυχών σε επιμέρους ομάδες αθλητών.

Επομένως, ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να εξετάσει τη συσχέτιση των δύο μεθόδων της βιοηλεκτρικής αντίστασης και της μεθόδου των δερματοπυχών σε αθλητές της καλαθοσφαίρισης και της κολύμβησης και να τις συγκρίνει με μία αντίστοιχη ομάδα φοιτητών.

Μέθοδος και Διαδικασία

Δείγμα

Ενεήντα άρρενες με μέσο όρο ηλικίας 23.3 (\pm 2.2) έτη διάβασαν το έγγραφο συναίνεσης στην ερευνητική εργασία και έδωσαν την εθελοντική τους συγκατάθεση για συμμετοχή σε αυτή. Από τους συμμετέχοντες οι 30 ήταν καλαθοσφαιριστές, οι 30 αθλητές της κολύμβησης και οι υπόλοιποι 30 φοιτητές, οι οποίοι αποτέλεσαν και την ομάδα ελέγχου. Η μάζα τους 78.2 ± 13.6 χιλιόγραμμα και το ύψος τους 180.6 ± 8.3 εκατοστά μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας ζυγαριά ακριβείας, στην οποία υπήρχε και αναστημόμετρο. Η βαθμονόμηση του οργάνου γινόταν πριν από κάθε μέτρηση.

Μετρήσεις

Οι καλαθοσφαιριστές και οι κολυμβητές επιλέχθηκαν από τοπικά σωματεία, ενώ είχαν προπονητική ηλικία τουλάχιστον πέντε ετών. Οι φοιτητές επιλέχθηκαν από το Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και δεν είχαν συστηματική ενασχόληση τόσο με την καλαθοσφαίριση, την κολύμβηση, όσο και τον αθλητισμό γενικότερα, πέραν των υποχρεώσεων τους στο Τμήμα.

Βιοηλεκτρική αντίσταση. Πριν από τον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης οι συμμετέχοντες έπρεπε να ακολουθήσουν τις παρακάτω οδηγίες για ασφαλή αξιολόγηση: 1) να μην πουν ή φάνε οτιδήποτε 4 ώρες πριν από τη μέτρηση, 2) να διατηρήσουν καλή ενυδάτωση του οργανισμού, 3) να μην προσλάβουν καφεΐνη ή αλκοόλ τις τελευταίες 12 ώρες πριν την αξιολόγηση, 4) να μην ασκηθούν τις τελευταίες 6 ώρες πριν την αξιολόγηση, 5) να μην προσλάβουν διουρητικά τις τελευταίες 7 ημέρες πριν την αξιολόγηση και 6) να έχουν ουρήσει στα 30 τελευταία λεπτά πριν την αξιολόγηση (ACSM Guidelines, American College of Sports Medicine, 2000).

Για την αξιολόγηση του ποσοστού λίπους με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές συσκευές, οι οποίες όμως στηρίζονται στην ίδια αρχή, δηλαδή στη διέλευση μίας μικρής ποσότητας ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα και στον υπολογισμό της επερχόμενης μείωσης των βολτ λόγω της αντίστασης που παρουσιάζουν οι διάφοροι ιστοί του σώματος. Η μία μέτρηση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας

την συσκευή TANITA Body Fat Analyzer (μοντέλο TBF-521, TANITA Corporation of America). Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με τον εξεταζόμενο να βρίσκεται σε όρθια θέση, φορώντας αθλητικό παντελονάκι, και όντας ξυπόλητος να πατάει στις ατσαλένιες βάσεις του μηχανήματος. Τα τέσσερα ηλεκτρόδια αυτής της συσκευής βρίσκονται ενσωματωμένα στην επιφάνεια των ατσαλένιων βάσεων, και η κάθε βάση είναι χωρισμένη στο εμπρόσθιο και οπίσθιο μέρος, δημιουργώντας έτσι δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια. Το ρεύμα διαπερνά το εμπρόσθιο μέρος του ποδιού του εξεταζόμενου, και η μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετρείται καθώς το ρεύμα κατευθύνεται προς την οπίσθια πλευρά του ποδιού (φτέρνα). Η πυκνότητα του σώματος υπολογίζεται με βάση την εξίσωση που δίνεται από τους κατασκευαστές (στην οποία χρησιμοποιούνται το βάρος, η ηλικία, ένας δείκτης αγωγιμότητας, $\text{ύψος}^2 / Z$), ενώ το ποσοστό λίπους υπολογίζεται χρησιμοποιώντας της εξίσωση του Siri (1961).

Η δεύτερη μέτρηση προσδιορισμού του ποσοστού λίπους με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τη συσκευή BODYSTAT (μοντέλο 1500 MDD, BODYSTAT Inc). Χρησιμοποιώντας αυτή τη συσκευή, ο εξεταζόμενος δεν βρίσκεται στην όρθια θέση, αλλά ξαπλωμένος. Τέσσερα ηλεκτρόδια τοποθετούνται εξωτερικά, ένα στο κάθε χέρι και ένα στο κάθε πόδι, τα οποία συνδέονται με τη συσκευή. Στηριζόμενοι στην αρχή ότι η άλυπη σωματική μάζα παρουσιάζει μεγαλύτερη ποσότητα νερού συγκριτικά με τη λιπώδη μάζα, μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό λίπους, λαμβάνοντας υπόψη την αντίσταση που παρουσιάζεται από τη μικρή διέλευση ρεύματος διαμέσου του σώματος. Στην ανάλυση των δεδομένων με αυτή τη συσκευή λαμβάνεται υπόψη και η ηλικία, το ύψος, το βάρος και το φύλο του εξεταζόμενου.

Δερματοπυχές. Η αξιολόγηση με αυτή τη μέθοδο πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα δερματοπυχόμετρο (HARPENDEN, ENGLAND). Όλες οι μετρήσεις έγιναν από τον ίδιο εξεταστή, ο οποίος είχε μεγάλη εμπειρία στη λιπομέτρηση με τη μέθοδο των δερματοπυχών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε επτά διαφορετικά σημεία του σώματος (στήθος, μεσομασχαλιαία, τρικέφαλος, υποπλάτιος, κοιλιά, υπερλαγόνιος, τετρακέφαλος) και ακολουθήθηκαν οι οδηγίες της Αμερικανικής Αθλητιατρικής Εταιρείας (American College of Sports Medicine) για τον προσδιορισμό της πυκνότητας του σώματος. Το ποσοστό λίπους προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Siri (1961).

Στατιστική ανάλυση.

Η ανάλυση των δεδομένων περιελάμβανε περιγραφική στατιστική (M, SD) των εξεταζόμενων

μεταβλητών για την κάθε ομάδα χωριστά (φοιτητές, καλαθοσφαιριστές, κολυμβητές), και για το συνολικό δείγμα ($n = 90$). Εφαρμόστηκε one-way ΑνοVA για έλεγχο της διαφοράς των μέσων τιμών των τριών ομάδων του δείγματος, χωριστά για τη μέθοδο των δερματοπτυχών, TANITA και την BODYSTAT. Η στατιστική ανάλυση επικεντρώθηκε κυρίως στην ανάλυση συσχέτισης (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) για τον προσδιορισμό της σχέσης της καθεμιάς από τις μεθόδους της βιοηλεκτρικής αντίστασης με την αντίστοιχη των δερματοπτυχών. Ο υπολογισμός του συντελεστή συσχέτισης έγινε επί του συνολικού δείγματος ($n = 90$) και για την κάθε εξεταζόμενη ομάδα χωριστά.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Στο συνολικό δείγμα, τη μεγαλύτερη μέση τιμή του ποσοστού σωματικού λίπους παρουσίασε η μέθοδος BODYSTAT (15.34 ± 5.54), ενώ τη μικρότερη η μέθοδος

των δερματοπτυχών (10.98 ± 4.86). Η μέση τιμή της TANITA ήταν 12.68 ± 5.74 . Όπως είναι φυσικό, η αντίστροφη σχέση ισχύει για την άλιπη σωματική μάζα: η μικρότερη μέση τιμή (65.87 ± 9.07) παρουσιάζεται με τη μέθοδο BODYSTAT, ενώ η μεγαλύτερη (69.15 ± 9.10) με τη μέθοδο των δερματοπτυχών.

Στους φοιτητές τη μεγαλύτερη μέση τιμή του ποσοστού σωματικού λίπους παρουσίασε η μέθοδος TANITA (16.10 ± 5.10), ενώ τη μικρότερη εκείνη των δερματοπτυχών (9.41 ± 4.26). Στους καλαθοσφαιριστές και κολυμβητές τη μεγαλύτερη μέση τιμή παρουσίασε η μέθοδος BODYSTAT (15.56 ± 6.21 και 16.26 ± 5.68 αντίστοιχα), ενώ τη μικρότερη η μέθοδος TANITA (10.52 ± 4.71 και 11.41 ± 5.84 αντίστοιχα).

Η μέθοδος των δερματοπτυχών παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών εξεταζόμενων ομάδων (φοιτητές, καλαθοσφαιριστές, κολυμβητές). Για αυτή τη μέθοδο η ANOVA παρουσίασε $F_{(2,87)}=4.34$, $p=.016$. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών εξεταζόμενων ομάδων παρουσίασε και η μέθοδος TANITA.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) των μετρήσεων του ποσοστού σωματικού λίπους (% Λίπος) και της άλιπης σωματικής μάζας (ΑΣΜ) με τρεις μεθόδους: Δερματοπτυχές, Tanita, Bodystat

Εξεταζόμενη ομάδα	Δερματοπτυχές		Tanita		Bodystat	
	% Λίπος	ΑΣΜ	% Λίπος	ΑΣΜ	% Λίπος	ΑΣΜ
Φοιτητές ($n = 30$)	9.41 ± 4.26	66.94 ± 6.04	16.10 ± 5.10	61.87 ± 4.50	14.31 ± 4.64	63.31 ± 5.86
Καλαθοσφαιριστές ($n = 30$)	10.60 ± 4.74	72.67 ± 8.65	10.52 ± 4.71	72.84 ± 9.52	15.56 ± 6.21	68.71 ± 9.37
Κολυμβητές ($n = 30$)	12.92 ± 5.02	67.83 ± 11.10	11.41 ± 5.84	68.88 ± 10.74	16.26 ± 5.68	65.55 ± 10.96
Σύνολο ($n = 90$)	10.98 ± 4.86	69.15 ± 9.10	12.68 ± 5.74	67.86 ± 9.72	15.34 ± 5.54	65.87 ± 9.07

Πίνακας 2. Συσχετίσεις (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) μεταξύ των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τα τρία είδη λιπομέτρησης (Δερματοπτυχές, Tanita, Bodystat). Οι τιμές δίδονται ως ποσοστό σωματικού λίπους (% Λίπος) και ως άλιπη σωματική μάζα (ΑΣΜ) για 90 εξεταζόμενους.

	Σύνολο ($n = 90$)	2	3	4	5	6
1. Δερματοπτυχές (% Λίπος)		.628 **	.639 **	.464 **	.528 **	.584 **
2. TANITA (% Λίπος)			.499 **	.417 **	.168	.443 **
3. BODYSTAT (% Λίπος)				.470 **	.449 **	.221 *
4. Δερματοπτυχές (% ΑΣΜ)					.926 **	.925 **
5. TANITA (% ΑΣΜ)						.880 **
6. BODYSTAT (% ΑΣΜ)						

* $p < .05$, ** $p < .01$

Πίνακας 3. Συσχετίσεις (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) μεταξύ των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τα τρία είδη λιπομέτρησης (Δερματοπτυχές, Tanita, Bodystat). Οι τιμές δίδονται ως ποσοστό σωματικού λίπους (% Λίπος) και ως άλιπη σωματική μάζα (ΑΣΜ) για 30 φοιτητές.

Φοιτητές (n = 30)	2	3	4	5	6
1. Δερματοπτυχές (% Λίπος)	.821 **	.638 **	.457 *	.495 **	.583 **
2. ΤΑΝΙΤΑ (% Λίπος)		.710 **	.698 **	.511 **	.672 **
3. BODYSTAT (% Λίπος)			.547 **	.452 *	.269
4. Δερματοπτυχές (% ΑΣΜ)				.909 **	.882 **
5. ΤΑΝΙΤΑ (% ΑΣΜ)					.882 **
6. BODYSTAT (% ΑΣΜ)					

* p < .05, ** p < .01

($F_{(2,87)}=9.82$, $p < .001$). Η μέθοδος BODYSTAT δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών εξεταζόμενων ομάδων ($F_{(2,87)} = .898$, $p = .411$). Όπως δείχνουν και τα αποτελέσματα του πίνακα 1, και στις τρεις μεθόδους, μεγαλύτερες τιμές του ποσοστού σωματικού λίπους παρουσιάζουν οι κολυμβητές, και μικρότερες τιμές οι φοιτητές (με εξαίρεση τη μέθοδο ΤΑΝΙΤΑ που δίνει μεγαλύτερη τιμή στους φοιτητές).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης παρουσιάζονται για το συνολικό δείγμα στον πίνακα 2.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης χωριστά για τους φοιτητές, καλαθοσφαιριστές και κολυμβητές, παρουσιάζονται στους πίνακες 3, 4 και 5 αντίστοιχα. Οι συντελεστές συσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικοί ($p < .01$). Στο συνολικό δείγμα με τις δερματοπτυχές ελάχιστα υψηλότερα συσχετίζεται η BODYSTAT ($r = .64$), σε σύγκριση με την ΤΑΝΙΤΑ ($r = .63$).

Αν υπάρξει διαφοροποίηση του δείγματος (η

ανάλυση συσχέτισης πραγματοποιηθεί χωριστά σε καθεμιά από τις τρεις εξεταζόμενες ομάδες) παρατηρούνται γενικώς υψηλότεροι συντελεστές συσχέτισης, με μεγαλύτερο συντελεστή αυτόν που αποδίδει τη σχέση μεταξύ των τιμών της μεθόδου των δερματοπτυχών με τις αντίστοιχες τιμές της μεθόδου ΤΑΝΙΤΑ. Οι συντελεστές συσχέτισης της ΤΑΝΙΤΑ με τη μέθοδο των δερματοπτυχών είναι .82, .81 και .85, ενώ της BODYSTAT με τη μέθοδο των δερματοπτυχών είναι .64, .72 και .53, για τους φοιτητές, καλαθοσφαιριστές και κολυμβητές αντίστοιχα. Αν λάβουμε υπόψη τον συντελεστή προσδιορισμού (r^2), η μέθοδος ΤΑΝΙΤΑ ερμηνεύει το 66% - 72% της συνολικής διασποράς της μεθόδου των δερματοπτυχών, ενώ η μέθοδος BODYSTAT μόλις το 28% - 41% της ίδιας διασποράς.

Αν αντί του μεγέθους ποσοστού σωματικού λίπους μελετήσουμε το μέγεθος άλιπη σωματική μάζα, τότε οι συσχετίσεις των μεθόδων της βιοηλεκτρικής αντίστασης με τη μέθοδο των δερματοπτυχών παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές, με πάντα

Πίνακας 4. Συσχετίσεις (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) μεταξύ των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τα τρία είδη λιπομέτρησης (Δερματοπτυχές, Tanita, Bodystat). Οι τιμές δίδονται ως ποσοστό σωματικού λίπους (% Λίπος) και ως άλιπη σωματική μάζα (ΑΣΜ) για 30 καλαθοσφαιριστές.

Καλαθοσφαιριστές (n = 30)	2	3	4	5	6
1. Δερματοπτυχές (% Λίπος)	.813 **	.719 **	.563 **	.614 **	.513 **
2. ΤΑΝΙΤΑ (% Λίπος)		.700 **	.454 *	.363 *	.360
3. BODYSTAT (% Λίπος)			.301	.304	.030
4. Δερματοπτυχές (% ΑΣΜ)				.970 **	.934 **
5. ΤΑΝΙΤΑ (% ΑΣΜ)					.924 **
6. BODYSTAT (% ΑΣΜ)					

* p < .05, ** p < .01

Πίνακας 5. Συσχετίσεις (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) μεταξύ των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τα τρία είδη λιπομέτρησης (Δερματοπτυχές, Tanita, Bodystat). Οι τιμές δίδονται ως ποσοστό σωματικού λίπους (% Λίπος) και ως άλιπη σωματική μάζα (ΑΣΜ) για 30 κολυμβητές.

Καλαθοσφαιριστές (n = 30)	2	3	4	5	6
1. Δερματοπτυχές (% Λίπος)	.849 **	.526 **	.512 **	.547 **	.713 **
2. TANITA (% Λίπος)		.517 **	.628 **	.548 **	.822 **
3. BODYSTAT (% Λίπος)			.627 **	.657 **	.378
4. Δερματοπτυχές (% ΑΣΜ)				.976 **	.925 **
5. TANITA (% ΑΣΜ)					.898 **
6. BODYSTAT (% ΑΣΜ)					

* $p < .05$, ** $p < .01$

μεγαλύτερους τους συντελεστές συσχέτισης που αποδίδουν τη σχέση των δερματοπτυχών με την TANITA, έναντι εκείνων της σχέσης των δερματοπτυχών με την BODYSTAT. Έτσι, για την άλιπη σωματική μάζα, οι συντελεστές συσχέτισης της TANITA με τη μέθοδο των δερματοπτυχών είναι .91, .97 και .98, ενώ της BODYSTAT με τη μέθοδο των δερματοπτυχών είναι .88, .93 και .92, για τους φοιτητές, καλαθοσφαιριστές και κολυμβητές αντίστοιχα. Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τους συντελεστές προσδιορισμού (r^2), η μέθοδος TANITA ερμηνεύει το 83% - 95% της συνολικής διασποράς της μεθόδου των δερματοπτυχών, ενώ η μέθοδος BODYSTAT το 78% - 87% της ίδιας διασποράς

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας δείχνουν ότι τόσο η μέθοδος των δύο επαφών (TANITA) όσο και η μέθοδος των τεσσάρων επαφών (BODYSTAT), αμφότερες μέθοδοι βιοηλεκτρικής αντίστασης (BIA), προσδιορίζουν με ακρίβεια το ποσοστό λίπους. Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, που έδειξαν πως η μέθοδος της βιοηλεκτρικής αντίστασης μπορεί να προσδιορίσει με ακρίβεια το ποσοστό λίπους σε σχέση με τη μέθοδο των δερματοπτυχών (Utter et al., 2001; Heyword, 1998; Eaton, Israel, O'Brien, Hortobagyi, & McCammon, 1993). Επιπλέον, η συσχέτιση των τιμών άλιπης σωματικής μάζας μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και των μεθόδων βιοηλεκτρικής αντίστασης, που βρέθηκε στο συνολικό δείγμα, είναι εφάμιλλη με τιμές που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες εργασίες (Cable, Nieman, Austin, Hogen, & Utter, 2001).

Είναι σημαντικό πως, στο συνολικό δείγμα (N=90), η συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και των δύο μεθόδων BIA είναι στα-

τιστικά σημαντική και δεν διαφέρει για τις TANITA και BODYSTAT ($r=.63$ και $r=.64$, αντίστοιχα). Ωστόσο, εάν παρατηρήσει κανείς τις επιμέρους συσχετίσεις στις τρεις εξεταζόμενες ομάδες, όπου το κάθε δείγμα παρουσιάζεται περισσότερο ομοιογενές, θα δει ότι οι συσχετίσεις παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές για τις δύο μεθόδους BIA. Επειδή δεν έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία πολλές έρευνες που να εξετάζουν τη συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και των μεθόδων βιοηλεκτρικής αντίστασης, είναι δύσκολο να ερμηνευτεί η διαφορά στη συσχέτιση που παρατηρείται όταν εξετάζεται ένα ετερογενές δείγμα απ' ότι όταν εξετάζεται ένα σύνολο ατόμων με κοινά αθλητικά χαρακτηριστικά. Εξ όσων γνωρίζουμε, αυτή είναι η πρώτη προσπάθεια αξιολόγησης της συσχέτισης μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και των δύο διαφορετικών μεθόδων BIA σε ομοιογενή δείγματα αθλητών. Φαίνεται λοιπόν πως, όταν η εξέταση πραγματοποιείται σε ένα ετερογενές δείγμα, η συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων δερματοπτυχές - TANITA και δερματοπτυχές - BODYSTAT παρουσιάζει εφάμιλλες τιμές, αλλά όταν το δείγμα παρουσιάζεται περισσότερο ομοιογενές παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις αντίστοιχες τιμές του συντελεστή συσχέτισης. Οι Utter et al. (2001) ανέφεραν συσχετίσεις μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και της TANITA, σε δείγμα παλαιστών, βάσει μετρήσεων που πραγματοποίησαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές σε μία αγωνιστική περίοδο, με τιμές οι οποίες κυμάνθηκαν από $r= .67$ έως $.83$. Οι συσχετίσεις που παρατηρήθηκαν στην παρούσα εργασία, μεταξύ της μεθόδου των δερματοπτυχών και της TANITA, σε τρεις διαφορετικές ομοιογενείς ομάδες (φοιτητές, καλαθοσφαιριστές και κολυμβητές), κυμάνθηκαν μεταξύ $r= .81$ και $r= .85$, που συμβαδίζουν με τις ανώτερες τιμές που αναφέρθηκαν από τους Utter et al. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί πως οι παλαιότες αποτελούν

μία ιδιαίτερη ομάδα αθλητών, η οποία χαρακτηρίζεται από τη συχνή μεταβολή του σωματικού βάρους και της ενυδάτωσης του σώματος. Εξαιτίας του ότι η μέθοδος της BIA βασίζεται στην καλή ενυδάτωση του οργανισμού και του γεγονότος ότι οι συμμετέχοντες στην παρούσα εργασία ακολούθησαν πιστά τις προβλεπόμενες για τη μέθοδο της BIA οδηγίες, φαίνεται πως η μέθοδος TANITA μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για την αξιολόγηση του ποσοστού λίπους σε ένα ομοιογενές δείγμα αθλητών. Αντίθετα, για τη μέθοδο BODYSTAT, η συσχέτισή της με τη μέθοδο των δερματοπτυχών, στις τρεις ομάδες που εξετάστηκαν, παρουσίασε τιμές που κυμάνθηκαν από $r=.53$ έως $.72$. Οι τιμές αυτές είναι σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες της μεθόδου TANITA, παρά το γεγονός ότι, όταν συγκεντρώθηκαν όλοι οι συμμετέχοντες στην ίδια ομάδα, παρατηρήθηκαν ίδιες τιμές και για τις δύο μεθόδους στη συσχέτισή τους με τη μέθοδο των δερματοπτυχών. Τα αποτελέσματα του BODYSTAT είναι εν μέρει σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Huygens et al. (2002) και Eliakim et al. (2000) που αναφέρουν πως δεν υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου της BIA και της μεθόδου των δερματοπτυχών, σε ένα γκρουπ αθλητών του bodybuilding και σε μία ομάδα χορευτριών του μπαλέτου. Οπωσδήποτε, αυτή η παρατήρηση είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να δοθούν πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις στο συγκεκριμένο θέμα.

Μία άλλη ενδιαφέρουσα παρατήρηση, πάνω στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, αναφέρεται στη συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων βιοηλεκτρικής αντίστασης. Όταν πραγματοποιήθηκε η ανάλυση, με τους συμμετέχοντες των τριών διαφορετικών δειγμάτων όλους σε μία ομάδα (κάτι που δημιουργεί ένα ετερογενές δείγμα), η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων ήταν στατιστικά σημαντική, αλλά μικρότερη από αυτή που παρατηρήθηκε όταν έγινε η ανάλυση για τα τρία δείγματα ξε-

χωριστά ($r = 0.52 - 0.71$). Οι Nunez et al. (1997) ανέφεραν μία υψηλότερη συσχέτιση στην αγωγιμότητα μεταξύ της TANITA και της μεθόδου των τεσσάρων σημείων (αντίστοιχη του BODYSTAT), παρά τη συστηματική διαφορά (150 ohms) που υπήρχε μεταξύ των δύο μεθόδων. Στη μελέτη μας, όταν εξετάσουμε τις επιμέρους συσχετίσεις των δύο μεθόδων BIA παρατηρούμε πως η συσχέτιση στους κολυμβητές είναι σχεδόν παρόμοια με αυτή του γενικού πληθυσμού. Επίσης, η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων αυξάνεται σημαντικά όταν η αξιολόγηση γίνει στην ομάδα των καλαθοσφαιριστών και στην ομάδα των κολυμβητών. Πρέπει να τονιστεί ότι και στην περίπτωση αυτή, της εξέτασης της σχέσης μεταξύ των δύο μεθόδων BIA στην αξιολόγηση του ποσοστού λίπους ή της άλιπης σωματικής μάζας σε ομοιογενές γκρουπ αθλητών, δεν υπάρχουν σχετικά βιβλιογραφικά δεδομένα. Επιπροσθέτως, η κάθε μέθοδος BIA χρησιμοποιεί διαφορετικές εξισώσεις στον υπολογισμό του ποσοστού λίπους, και γι' αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη χρησιμοποίησή τους στον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους σε πριν- και μετά-καταστάσεις, για να μην οδηγούμαστε σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Γι' αυτό, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα σε ό,τι αφορά τη συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων BIA σε ομοιογενές δείγμα ατόμων.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν πως αμφότερες οι μέθοδοι BIA προσδιορίζουν το ποσοστό λίπους με ακρίβεια, σε ένα ετερογενές δείγμα, συγκριτικά με τη μέθοδο των δερματοπτυχών. Ωστόσο, όταν η μέτρηση γίνεται σε ένα ομοιογενές δείγμα, φαίνεται πως η μέθοδος TANITA υπολογίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια το ποσοστό λίπους του σώματος. Οπωσδήποτε απαιτούνται περισσότερες έρευνες για την εξέταση της αξιοπιστίας της BIA με μία μέθοδο αναφοράς για τον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους (π.χ. υποβρύχιο ζύγισμα) σε ένα ομοιογενές δείγμα αθλητών.

Σημασία για την Φυσική Αγωγή

Όταν γίνεται προσδιορισμός του ποσοστού λίπους, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ομοιογένεια του δείγματος. Σε περιπτώσεις αυξημένης ομοιογένειας στο δείγμα, η συσχέτιση μεταξύ της βιοηλεκτρικής αντίστασης των δύο σημείων (TANITA) με τη μέθοδο των δερματοπτυχών είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι η αντίστοιχη μεταξύ της μεθόδου των τεσσάρων σημείων (BODYSTAT) και των δερματοπτυχών. Η επιλογή της επιμέρους μεθόδου της βιοηλεκτρικής αντίστασης θα πρέπει να γίνεται και πάλι με γνώμονα την ομοιογένεια του δείγματος. Η παχυσαρκία έχει συσχετιστεί με μία σειρά καρδιαγγειακών και μεταβολικών παθήσεων και η μέτρηση του ποσοστού λίπους ενός ατόμου αποτελεί σημαντικό προσδιοριστικό παράγοντα εμφάνισης μιας πάθησης αυτής της μορφής. Επιπλέον, το αυξημένο ποσοστό λίπους αποτελεί αρνητικό παράγοντα για την καλύτερη απόδοση σε διάφορα αθλήματα. Επομένως, ο ακριβής προσδιορισμός του ποσοστού λίπους έχει ιδιαίτερη σημασία, τόσο από την πλευρά της υγείας, όσο και από την πλευρά της απόδοσης.

Βιβλιογραφία

- American College of Sports Medicine (2000). *ACSM's Guidelines for Exercise testing and Prescription*, (6th Edition). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Blackburn, G.L., & Kanders, B.S. (1987). Medical evaluation and treatment of the obese patient with cardiovascular disease. *American Journal of Cardiology*, 60, 55G-58G.
- Cable, A., Nieman, D.C., Austin, M., Hogen, E., & Utter, A.C. (2001). Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in males. *Journal Sports Medicine Physical Fitness* 41, 411-414.
- Eaton, A.W., Israel, R.G., O'Brien, K.F., Hortobagyi, T., & McCammon, M.R. (1993). Comparison of four methods to assess body composition in women. *European Journal Clinical Nutrition* 47, 353-360.
- Eliakim, A., Ish-Shalom, S., Giladi, A., Falk, B., & Constantini, N. (2000). Assessment of body composition in ballet dancers: correlation among anthropometric measurements, bioelectrical impedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry. *International Journal Sports Medicine*, 21, 598-601.
- Folsom, A.R., Burke, G.L., Ballew, C., Jacobs, D.R., Haskell, W.L., Donah, R.P., et al. (1989). Relation of body fatness and its distribution to cardiovascular factors in young blacks and whites. The role of insulin. *American Journal of Epidemiology* 130, 911-924.
- Heyward, V.H. (1998). Practical body composition assessment for children, adults, and older adults. *International Journal of Sport Nutrition*, 8, 285-307.
- Houtkooper, L.B. (1996). Assessment of body composition in youths and relationship to sport. *International Journal Sports Nutrition* 6, 146-164.
- Huygens, W., Claessens, A.L., Thomis, M., Loos, R., Van Langendonck, L., Peeters, M., et al. (2002). Body composition estimations by BIA versus anthropometric equations in body builders and other power athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42, 45-55.
- Jackson, A.S., Pollock, M.L., Graves, J.E., Mahar, M.T. (1988). Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *Journal of Applied Physiology* 64, 529-534.
- Mazagieros, M., Valdez, C., Kraaij, S., Van Setten, C., Liurink, C., Breuer, K., et al. (1996). A comparison of body fat estimates using anthropometry and bioelectrical impedance analysis with distinct prediction equations in elderly persons in the Republic of Guatemala. *Nutrition*, 12, 168-175.
- Nunez, C., Gallagher, D., Visser, M., Pi-Sunyer, E.X., Wang, Z., Heymsfield, S.B. (1997). Bioimpedance analysis: Evaluation of leg-to-leg system based on pressure contact foot-pad electrodes. *Medicine Science Sports and Exercise*, 29, 524-531.
- Siri, S.E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: J. Brozek & A. Henschel (Eds.), *Techniques for measuring body composition* (pp. 223-234). Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council.
- Tanaka, S., & Togo, M. (1990). Relationship of fat mass and fat distribution to blood pressure. *Diabetes Research Clinical Practice*, 10, S199-S203.
- Van Gaal, L.F., Nobels, F.R., Rillaerts, E.G., Creten, W.L., & De Leeuw, I.H. (1988). Hypertension in obese and non-obese non-insulin dependent diabetics a matter of regional adiposity? *Diabetes Metabolism*, 14, 289-293.
- Utter, A.C., Nieman, D.C., Ward, A.N., Butterworth, D.E. (1999). Use of leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body composition change in obese women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 603-607.
- Utter, A.C., Scott, J.R., Oppliger, R.A., Visich P.S., Goss, F.L., Marks, B.L., et al. (2001). A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and skinfolds in assessing body fat in collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 157-160.

