Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Τμήμα Διατροφής και Διαιτολογίας

Πτυχιακή Εργασία:

# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ & ΛΥΚΕΙΟΥ

**Δήμητρα Μπαλάσκα**

*Επιτηρητές:*
Βασίλειος Ζαφειρόπουλος
Ζαχαρίας Φθενάκης

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΑΝΣΙΟΥ & ΛΥΚΕΙΟΥ**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**


| ΚΕΦΑΛΑΙΑ | ΣΕΛΙΔΑ |
|---|---|
| 1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ | 4 |
| 1.1. Εισαγωγή | 4 |
| 1.2. Μετρήσεις Σύστασης Σώματος | 5 |
| 1.2.1. Ανθρωπομετρικές Μέθοδοι | 8 |
| 1.2.1.1. Δείκτης Μάζας Σώματος | 8 |
| 1.2.1.2. Περίμετρος Βραχίονα | 10 |
| 1.2.1.3. Δερματοπτυχομετρήσεις | 11 |
| 1.2.1.3..Πρωτόκολλο Δερματοπτυχομετρήσεων | 20 |
| 1.2.1.4. Περίμετρος Μέσης | 22 |
| 1.2.1.5. Πηλίκο περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίου | 22 |
| 1.2.2. Βιοηλεκτρική Εμπέδηση | 22 |
| 1.2.2.1 Διαπίδυση | 26 |
| 1.2.2.2. Γωνία Φάσης | 28 |
| 1.2.2.3. Ολικές Μετρήσεις Σώματος | 30 |
| 1.2.2.4. Αξιοπιστία | 31 |
| 1.2.2.5.Χαρακτηριστικά του οργάνου | 32 |
| 1.2.2.6.Έλεγχος σωστής λειτουργίας | 32 |
| 1.2.2.7.Ασφάλεια | 33 |
| 1.2.2.8. Πρωτόκολλο βιοηλεκτρικής εμπέδησης | 34 |
| 1.2.2.9. Εξισώσεις | 38 |
| 1.2.3. Αλληλεπίδραση στο Εγγύς Υπέρυθρο | 38 |
| 1.2.3.1. Αρχές της μεθόδου | 40 |
| 1.2.3.2. Παρατηρήσεις για τη λειτουργία της μεθόδου | 40 |
| 1.2.3.3. Τρόπος Εφαρμογής | 41 |
| 1.2.3.4. Σφάλματα | 42 |
| 1.2.3.5. Πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης στο εγγύς υπέρυθρο | 44 |
| 2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ | 46 |
| 2.1. Σχέση Δείκτη Μάζας Σώματος και ποσοστού λίπους που προέρχεται από τη Βιοηλεκτρική Εμπέδηση | 46 |
| 2.2. Σχέση Δείκτη Μάζας Σώματος και ποσοστού λίπους που προέρχεται από τη | |

Δερματοπτυχομετρία 47
2.3. Σχέση Δείκτη Μάζας Σώματος και ποσοστού λίπους που προέρχεται από τη Αλληλεπίδραση στο Εγγύς Υπέρυθρο 48
2.4. Σχέση ποσοστού λίπους από τη Βιοηλεκτρική Εμπέδηση και τη μέτρηση των Δερματοπτυχών 48
2.5. Σχέση ποσοστού λίπους από τη Βιοηλεκτρική Εμπέδηση και τη μέτρηση της Αλληλεπίδρασης στο Εγγύς Υπέρυθρο 49
3. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ 50
4. ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ 50
4.1. Δείγμα 52
4.2. Ανθρωπομετρία 52
4.2.1.Βάρος και Ύψος 52
4.2.2.Σωματικό Λίπος 52
4.2.3.Περιφέριες 54
4.3. Αξιολόγηση του Δείκτη Μάζας Σώματος των παιδιών 54
5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 55
5.1. Βιοηλεκτρική Εμπέδηση 55
5.2. Αποτελέσματα Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης 58
5.3. Αλληλεπίδραση στο Εγγύς Υπέρυθρο 66
5.4. Δερματοπτυχομετρήσεις 67
5.5. Αποτελέσματα Δερματοπτυχομετρήσεων 70
5.6. Πριν και μετά αποτελέσματα όλων των μεθόδων 73
6.ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ FUTREX- 6100XL 75
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 81
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 84
ΑΝΑΦΟΡΕΣ 85

# 1.ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

## 1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η παχυσαρκία έχει πάρει μορφή πανδημίας, πράγμα που οδηγεί την επιστημονική κοινότητα στη μελέτη της. Όπως φαίνεται η παχυσαρκία των παιδιών και των εφήβων αυξάνει με ανησυχητικούς ρυθμούς. Υπολογίζεται πως 1 στα 10 παιδιά, δηλαδή 155 εκατομμύρια παιδιών στον κόσμο, αντιμετωπίζουν πρόβλημα βάρους και από αυτά 30-45 εκατομμύρια, ηλικίας 5-17 εντάσσονται στην ομάδα των παχύσαρκων. Σύμφωνα μάλιστα με δεδομένα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO), τις τρεις τελευταίες δεκαετίες τα επίπεδα της παιδικής παχυσαρκίας διπλασιάστηκαν και σε πολλές χώρες τριπλασιάστηκαν.[1]

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πάρα πολλές μελέτες με αντικείμενο τους τη συσχέτιση του υπερβολικού σωματικού λίπους με διάφορες παθήσεις. Η σοβαρότερη επίπτωση της παιδικής-εφηβικής παχυσαρκίας θεωρείται η διατήρησή της και κατά την ενηλικίωση, με ότι επιπτώσεις συνεπάγεται αυτό. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής ευνοεί τη λήψη εύκολου- γρήγορου φαγητού , ως λύση ανάγκης των γονέων λόγω φόρτου εργασίας και την υιοθέτηση δραστηριοτήτων που ευνοούν την καθιστική ζωή (τηλεόραση, υπολογιστές), με αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους στις μικρές ηλικίες. Για το λόγο αυτό φαίνεται πως η παχυσαρκία επηρεάζεται εκτός από γεννητικούς παράγοντες και από τις προσωπικές επιλογές και το πολιτισμικό περιβάλλον.

Αλλά πώς ορίζεται το υπέρβαρο και πώς η παχυσαρκία; Το υπέρβαρο και η παχυσαρκία ορίζονται ως η υπερβολική συσσώρευση λίπους, σε τέτοιο βαθμό που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία. Ειδικότερα το υπέρβαρο και η παχυσαρκία είναι το τελικό αποτέλεσμα της ανισορροπίας μεταξύ της Ενεργειακής Πρόσληψης και της Ενεργειακής Δαπάνης. Η εκτίμηση του υπέρβαρου και του παχύσαρκου διαφοροποιείται ανάμεσα σε εφήβους και ενήλικες. Στην ενήλικη ζωή, ένα άτομο θεωρείται υπέρβαρο όταν ο Δείκτης Μάζας Σώματος [ΔΜΣ= $\frac{\textbf{Βάρος(kg)}}{\textbf{Ύψος}^2\textbf{(m)}^2}$ ] του βρίσκεται μεταξύ 25,00 και 29,99 $\frac{\textbf{kg}}{\textbf{m}^2}$, ενώ είναι παχύσαρκο όταν ο Δείκτης Μάζας σώματος υπερβαίνει το 30 $\frac{\textbf{kg}}{\textbf{m}^2}$.

Για τους μικρότερους εφήβους όταν ο Δείκτης Μάζας Σώματος είναι μεγαλύτερος ή ίσος της 95$^{η}$ εκατοστιαίας θέση στις καμπύλες ανάπτυξης ΔΜΣ για ηλικία αυτοί θεωρούνται υπέρβαροι, ενώ όταν ο ΔΜΣ είναι μεταξύ 85$^{η}$ και 94$^{η}$ εκατοστιαίας θέσης θεωρούνται υπέρβαροι. Αντίθετα για τους μεγαλύτερους εφήβους, το όριο του ΔΜΣ που σηματοδοτεί την παχυσαρκία προκύπτει από την εκατοστιαία θέση (ΕΘ) στις καμπύλες ΔΜΣ των παιδιών, που αντιστοιχεί στο ΔΜΣ= 30 του ενηλίκου. Κατ' αναλογία ένας έφηβος θεωρείται υπέρβαρος όταν υπερβαίνει στις καμπύλες ΔΜΣ την εκατοστιαία θέση που αντιστοιχεί σε ΔΜΣ= 25 του ενηλίκου.

Το υπέρβαρο κατά την εφηβεία σχετίζεται με μακροπρόθεσμη νοσηρότητα και θνησιμότητα. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία υπολογίζεται ότι το υπέρβαρο και η παχυσαρκία στους εφήβους οδηγεί σε προβλήματα υγείας.[2 3 4] Χρήσιμοι δείκτες για την πρόβλεψη του κινδύνου θνησιμότητας και νοσηρότητας (όπως καρδιαγγειακές παθήσεις, αρτηριακή υπέρταση , ασθένειες της χοληδόχου κύστεως και ορισμένες μορφές καρκίνου) φαίνεται ότι αποτελούν το υπερβάλλον βάρος καθώς και η κατανομή του λιπώδους ιστού σε διάφορα σημεία του σώματος. Παιδιά που πάσχουν από παχυσαρκία έχουν αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης χρόνιων παθήσεων, όπως διαβήτη, υπερινσουλιναιμία, υπέρταση και υπερλιποπρωτεϊναιμία, αλλά και αρτηριοσκλήρυνση.[5] Οι παχύσαρκοι έχουν δεκαπλάσιο κίνδυνο από αυτούς που έχουν φυσιολογικό βάρος να εμφανίσουν σακχαρώδη διαβήτη τύπου ΙΙ καθώς και τις επιπλοκές του όπως τύφλωση, νεφρική ανεπάρκεια, στεφανιαία νόσο, εγκεφαλικό επεισόδιο, περιφερική αγγειοπάθεια και νευροπάθεια. Η θνησιμότητα των παχύσαρκων που πάσχουν και από σακχαρώδη διαβήτη είναι σχεδόν τετραπλάσια αυτής του γενικού πληθυσμού. [6] Επίσης πολλά είδη καρκίνων έχουν συσχετιστεί με το υπερβολικό βάρος όπως ο καρκίνος του μαστού, του παχέος εντέρου, του νεφρού, του οισοφάγου και του ενδομητρίου.

Από τα παραπάνω φαίνεται πόσο σημαντική είναι η μελέτη της σύστασης του ανθρώπινου σώματος τόσο σε πειραματικό όσο και σε κλινικό επίπεδο με σκοπό τον προσδιορισμό των κατάλληλων θεραπευτικών ή διαιτητικών παρεμβάσεων σε παχύσαρκα ή υπέρβαρα, άτομα ή πληθυσμούς προκειμένου να προληφθεί η πληθώρα των προαναφερόμενων νοσηρών καταστάσεων.[7]

### 1.2. Μετρήσεις Σύστασης Σώματος

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος είναι άμεσα συνυφασμένη με τη μεταβολική και λειτουργική κατάσταση του οργανισμού και φυσικά με την υγεία του ατόμου. Η σύσταση αυτή δεν παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια της ζωής, καθώς το ανθρώπινο σώμα υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι το αποτέλεσμα φυσιολογικών διεργασιών, όπως για παράδειγμα η γήρανση, αλλά μπορεί να είναι και αποτέλεσμα παθολογικών καταστάσεων, η τελική έκφραση των οποίων επηρεάζεται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Για τον ποσοστικό προσδιορισμό της σύστασης του σώματος στις διάφορες αυτές καταστάσεις χρησιμοποιούνται διάφορες, άμεσες και έμμεσες μέθοδοι μέτρησης.

Οι άμεσες μέθοδοι προσδιορίζουν απ’ευθείας το μέγεθος των διαφόρων συστατικών του σώματος ενώ οι έμμεσες στηρίζονται αφ’ ενός στις άμεσες μεθόδους και αφ’ετέρου συσχετίζουν, με τη βοήθεια εξισώσεων, τα διάφορα δομικά τμήματα του οργανισμού προκειμένου να υπολογίσουν κάποιο άλλο συστατικό του σώματος. Έτσι π.χ. ο προσδιορισμός του μεγέθους του λιπώδους ιστού του σώματος επιτυγχάνεται έμμεσα με τη βοήθεια παραμετρικών εξισώσεων που απαιτούν μετρήσεις συστατικών που μπορούν να προσδιορισθούν με κάποια άμεση μέθοδο.

Η σύσταση σώματος μπορεί να μελετηθεί με διάφορες μεθόδους, κάθε μία εκ των οποίων χρησιμοποιεί κάποιο από τα παρακάτω επίπεδα μελέτης:

- το ατομικό,
- το μοριακό,
- το κυτταρικό,
- το επίπεδο ιστών και
- το επίπεδο του σώματος σαν σύνολο.

Τα συστατικά των πέντε επιπέδων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 1, ενώ στο Σχήμα 1, εμφανίζονται μερικά παραδείγματα μοντέλων των διαφόρων επιπέδων σύστασης σώματος. Σε όλες τις περιπτώσεις το σύνολο των συστατικών ισοδυναμεί με τη συνολική μάζα του σώματος.

| **Επίπεδο** | **Πρότυπο σύνθεσης σώματος** | **Αριθμός συστατικών** |
|---|---|---|
| Ατομικό | BM= H+ O+ N+ C+ Na+ K+ Cl+ P+ Ca+Mg | 11 |
| Μοριακό | BM= FM+ TBW+ TBPro+ Mo+Ms+CHO | 6 |
| | BM= FM+ TBW+ TBPro+ M | 4 |
| | BM= BM= FM+ TBW+ μη λιπαρά στερεά | 3 |
| | BM= FM+ Mo+ άπαχοι μαλακοί ιστοί | 3 |
| | BM= FM+ FFM | 2 |
| Κυτταρικό | BM= κύτταρα +ECF+ ECS | 3 |
| | BM= FM+ BCM+ ECF+ ECS | 4 |
| Ιστών | BW= AT+ SM+ οστά+ σπλαχνικά όργανα+ άλλα | 5 |
| Σώματος | BW= κεφαλή+ κορμός+άκρα | 3 |

**Πίνακας 1: Αντιπροσωπευτικά πρότυπα πολλών συστατικών στα 5 επίπεδα μελέτης της σύστασης σώματος.**

**Σύμβολα:** AT= λιπώδης ιστός, BCM= κυτταρική μάζα, BM= μάζα σώματος, CHO= υδατάνθρακες, ECF= εξωκυττάριο υγρό, ECS= εξωκυττάρια στερεά/ άλατα, FFM= χωρίς λίπος μάζα, FM= λιπώδης μάζα, M= ανόργανα στοιχεία, Mo= άλατα οστών, Ms= μαλακός ιστός, SM= μυϊκή μάζα, TBPro= συνολικά πρωτεΐνη σώματος, TBW= συνολικό ύδωρ σώματος

<table>
<tr><td>Λίπος</td><td rowspan="5">Χωρίς λίπος Μάζα</td><td>Λίπος</td><td rowspan="3">Πρωτεΐνη και άλατα</td><td>Λίπος</td><td rowspan="4">Άλατα</td><td rowspan="2">ECS</td><td rowspan="2">Λίπος</td><td rowspan="2">Άλατα οστών</td><td rowspan="2">Λίπος</td><td rowspan="2">Άλατα</td></tr>
<tr><td>$Ca^{2+}$, P</td><td rowspan="4">Ύδωρ και πρωτεΐνη</td><td rowspan="4">Μάζα κυττάρων σώματος</td><td rowspan="4">Χωρίς οστά άπαχος ιστός</td></tr>
<tr><td>$Na^{+}$,$K^{+}$,$Cl^{+}$</td><td>Πρωτεΐνη</td><td rowspan="3">Πρωτεΐνη</td></tr>
<tr><td>C,N</td><td rowspan="3">Ύδωρ</td><td rowspan="3">Ύδωρ</td></tr>
<tr><td>Ύδωρ (O,H)</td><td>Ύδωρ</td><td rowspan="2">Ύδωρ</td></tr>
</table>

**Σχήμα 1. Παραδείγματα μοντέλων των διαφορετικών επιπέδων σύστασης σώματος**

Ανάλογα με τη διαθέσιμη μέθοδο μέτρησης χρησιμοποιείται και κάποιο από τα πέντε διαθέσιμα μοντέλα. Οι μέθοδοι αυτοί είναι τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό και την καταγραφή της σύστασης του σώματος και του ποσοστού λίπους, του ολικού σωματικού νερού, της ολικής σωματικής κυτταρικής μάζας κλπ. Οι μέθοδοι αυτές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. [8]

Μία γενικότερη κατηγοριοποίηση των μεθόδων υπολογισμού της σωματικής σύστασης μπορεί να γίνει ως εξής:

1. Ανθρωπομετρικές μέθοδοι,
2. Μετρήσεις όγκου σώματος,
3. Μέθοδοι μέτρησης σωματικού νερού και ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης,
4. Μέθοδοι απεικόνισης

Το 1985 οι Garrow και Webster πρότειναν πέντε παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για τον ορισμό της ιδανικής προς χρήση μεθόδου. Αυτοί είναι:

- το αρχικό κόστος,
- η εκπαίδευση του χειριστή,
- το κόστος λειτουργίας και συντήρησης,
- η ακρίβεια των μετρήσεων και
- η ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Μέθοδοι μέτρησης της σύστασης σώματος υπάρχουν αρκετές όπως: ζύγιση στο νερό, πυκνομετρία, εκτόπισμα στον αέρα, βιοηλεκτρική εμπέδηση, βιοηλεκτρική αγωγιμότητα, απορροφησιομετρία ακτινών X , αλληλεπίδραση στο εγγύς υπέρυθρο, υδρομετρία, μαγνητική και αξονική τομογραφία, ολόσωμη ακτινοβολία $^{40}K$. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω στη δική μας έρευνα οι μέθοδοι μέτρησης της σύστασης σώματος του δείγματός μας, σύμφωνα με τη

διαθεσιμότητα, την εκπαίδευση του χειριστή, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. ανθρωπομετρήσεις: βάρος, ύψος, περίμετρος βραχίονα
2. δερματοπτυχομέτρηση τρικέφαλου και υποπλάτιου μυ,
3. βιοηλεκτρική εμπέδηση τεσσάρων ηλεκτροδίων,
4. αλληλεπίδραση στο εγγύς υπέρυθρο .[9]

Παρακάτω θα αναπτύξουμε κάθε μία μέθοδο από αυτές τις μεθόδους χωριστά.

### 1.2.1. Ανθρωπομετρικές Μέθοδοι (Anthropometries)

Σκοπός της ανθρωπομετρίας είναι ο καθορισμός διαφόρων μέτρων του ανθρώπινου σώματος και η συλλογή πληροφοριών σχετικά με το σχήμα και τη σύστασή του. Πιο συγκεκριμένα η ανθρωπομετρία περιλαμβάνει μετρήσεις του βάρους, του ύψους, διαφόρων περιφερειών του σώματος και των δερματικών πτυχών. Από το ύψος και το βάρος που μετρώνται εύκολα, γρήγορα και χωρίς ακριβά εργαλεία, υπολογίζουμε διάφορους δείκτες, με το δείκτη μάζας σώματος, ως επί τον πλέον χρήσιμο και συχνά χρησιμοποιούμενο για την εκτίμηση της παχυσαρκίας.

#### 1.2.1.1. Δείκτης Μάζας Σώματος (Body Mass Index- BMI)

Έχουν αναπτυχθεί πολλοί διαφορετικοί δείκτες σχέσης ύψους και βάρους αλλά ο δείκτης μάζας σώματος (Body Mass Index BMI) που ορίζεται ως το πηλίκο του βάρους δια του τετραγώνου του ύψους $\left(\frac{\mathbf{Wt}}{\mathbf{Ht}^2}\right)$ είναι αυτός που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον και ταξινομεί τα άτομα ως παχύσαρκα, υπέρβαρα ή λιποβαρή. Ο δείκτης μάζας σώματος υπερτερεί σε σύγκριση με τους άλλους δείκτες, (όπως η περίμετρος μέσης, βραχίονα, δείκτης κατανομής κοιλιακού λίπους -AFI) διότι πληροί τις τέσσερις πρώτες από τις πέντε συνθήκες καθορισμού της ιδανικής μεθόδου. Τα όργανα που απαιτούνται είναι ζυγαριά και αναστημόμετρο ή μεζούρα και έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι φθηνά, έχουν μηδενικό κόστος συντήρησης, απαιτούν ελάχιστη εκπαίδευση και οι τιμές μπορεί να ληφθούν με μεγάλη ακρίβεια.[10] Μερικά από τα συμπεράσματα των μελετών που έχουν διεξαχθεί σχετικά με την ακρίβεια του δείκτη μάζας σώματος για τον καθορισμό της παχυσαρκίας του ατόμου, είναι τα παρακάτω:

Α) Ένα βασικό μειονέκτημα της χρήσης του Δείκτη Μάζας Σώματος ως μοναδικό εργαλείο κατάταξης των παιδιών, αποτελεί ο κίνδυνος εσφαλμένης κατάταξης των ψηλών παιδιών ως παχύσαρκα, καθώς τα ψηλότερα παιδιά τείνουν να έχουν μεγαλύτερη τιμή στο δείκτη μάζας σώματος. [11]

Β) Οι ετήσιες αυξήσεις του δείκτη μάζας σώματος των παιδιών και των εφήβων αποδίδονται στην αύξηση της άλιπης κι όχι τη λιπώδους μάζας σώματος. [12]

Γ) Υπάρχει ενδεχόμενο σε πολλά παιδιά να μην αναγνωριστεί άμεσα η παχυσαρκία από το δείκτη μάζας σώματος ή ακόμα κι αν αναγνωριστεί, να μην αποτελεί ο ΔΜΣ κατάλληλο εργαλείο για ταξινόμηση στον ευρύτερο πληθυσμό. [13]

Δ) Η κοινωνικοοικονομική κατάσταση επηρεάζει το βάρος και το ύψος των εφήβων αλλά όχι και τη σταθερότητα του δείκτη μάζα σώματος (BMI). Η ηλικία των 6 με 7 χρονών είναι κρίσιμη για το βάρος και το ύψος των εφήβων. Φάνηκε ότι το βάρος και το ύψος της νηπιακής- παιδικής ηλικίας έχει σημαντική συσχέτιση με το μέγεθος του σώματος στη μετέπειτα ηλικία κυρίως στα αγόρια. [14]

Διαγράμματα πρόβλεψης της παιδικής παχυσαρκίας, δείχνουν ότι ένα παιδί με BMI= 18 $\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m}^2}$ σε ηλικία 4 χρονών, έχει 70% πιθανότητες να έχει BMI> 23 $\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m}^2}$ σε ηλικία 18 χρονών. Ενώ ένα παιδί με BMI= 19 $\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m}^2}$ σε ηλικία 5 χρονών, έχει 90% πιθανότητες να είναι υπέρβαρο σε ηλικία 18 χρονών. [15] Έχει βρεθεί ότι ο δείκτης μάζας σώματος σε ηλικία 9 χρονών έχει σημαντική συσχέτιση με το δείκτη μάζα σώματος στην ηλικία των 50 ετών, αλλά όχι με το ποσοστό λίπους στο σώμα στην ηλικία των 50 ετών. Επίσης επιβεβαιώνεται ότι παιδιά που ήταν παχύσαρκα στην ηλικία των 13 χρονών, έχουν αυξημένο κίνδυνο να εμφανίσουν παχυσαρκία και ως ενήλικες. [16] Σε μελέτες παχύσαρκων παιδιών στην Ιαπωνία, βρέθηκε ότι είχαν αυξημένο κίνδυνο να γίνουν παχύσαρκοι ενήλικες ακόμα και αφού είχαν λάβει θεραπεία κατά της παχυσαρκίας στην παιδική ηλικία. Επίσης, ο κίνδυνος της παχυσαρκίας στην ενήλικη ζωή ήταν διπλάσιος στα παχύσαρκα αγόρια απ' ότι στα κορίτσια. [17] Παιδιά με παχυσαρκία στην ηλικία των 10 με 13 ετών, φαίνεται να έχουν 70% πιθανότητες να είναι και παχύσαρκοι ενήλικες. [18] Έχει παρατηρηθεί ότι περίπου τα μισά από τα παιδιά που είναι υπέρβαρα στην ηλικία του ενός έτους θα συνεχίσουν να είναι υπέρβαρα και μετά το 21$^{ο}$ έτος. Αντιθέτως από τα παιδιά που είναι λεπτά ή κανονικά στην ηλικία του ενός έτους, μόνο το 20% θα γίνουν παχύσαρκα μετά το 21$^{ο}$ έτος. [19] Μελέτη 555 λευκών παιδιών (μετρήσεις κάθε χρόνο ύψους και βάρους από ηλικία 1 ως ηλικία 18χρονών και από ηλικία 30 ως ηλικία 39 χρονών), έδειξε ότι η παχυσαρκία στην ηλικία των 35 χρονών μπορεί να προβλεφθεί από το δείκτη μάζα σώματος (BMI) νεότερης ηλικίας. Αυτή η πρόβλεψη είναι πιο ασφαλής όταν γίνεται στην ηλικία των 18 χρονών. [20] Μελέτη για τη σταθερότητα της παχυσαρκίας από την παιδική ηλικία, σε 2252 παιδιά που παρακολουθήθηκαν για 5 χρόνια, απέδειξε ότι ο κίνδυνος ένα υπέρβαρο παιδί να γίνει υπέρβαρος έφηβος είναι 8,2 μεγαλύτερος για τα αγόρια σε σχέση με τα μη-υπέρβαρα αγόρια και 20 φορές μεγαλύτερος ο κίνδυνος για τα κορίτσια σε σχέση με τα μη-υπέρβαρα κορίτσια. [21] Η παχυσαρκία ή μη των γονέων, το αρχικό BMI του καθενός, η κατανάλωση του λίπους και το οικογενειακό

εισόδημα αποτελούν παράγοντες της σταθερότητας και των αλλαγών στο BMI των παιδιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε μια χώρα που συμβαίνουν τεράστιες αλλαγές στη δίαιτα και τη φυσική δραστηριότητα όπως η Κίνα, η σταθερότητα του BMI είναι πολύ αυξημένη μεταξύ της παιδικής και εφηβικής ηλικίας. [22] Άλλες μελέτες δείχνουν επίσης ότι τα υπέρβαρα παιδιά έχουν 1,5 με 2 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο να γίνουν υπέρβαροι ενήλικες, 2,4 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα για αυξημένη ολική χοληστερόλη ορού και 43,5 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανίσουν καρδιαγγειακές παθήσεις σε σχέση με τα μη-υπέρβαρα παιδιά. [23] Η σταθερότητα του BMI από την παιδική στην ενήλικη ζωή, φαίνεται ότι μπορεί να προβλεφθεί από την ηλικία των 7 χρονών. Μελέτες έδειξαν ότι ο μέσος όρος βάρους, ύψους και BMI των ατόμων που αργότερα έγιναν παχύσαρκα, ξεπερνούσε το μέσο όρο και παρέμεινε πάνω από το μέσο όρο και καθ' όλη τη διάρκεια, από τα 7 έως τα 15 χρόνια. Δηλαδή, επειδή η παχυσαρκία ξεκινάει πολύ νωρίς στη ζωή είναι πολύ σημαντική η πρόωρη πρόληψη για την θεραπεία της. [24]

### 1.2.1.2. Περίμετρος βραχίονα

Η μέτρηση της περιμέτρου του μέσου του βραχίονα συνήθως λαμβάνεται στο μέσο της απόστασης από το ακρώμιο ως το ωλέκρανο με τη βοήθεια μεζούρας.

Η τιμή της περιμέτρου αυτής είναι ένας συνδυασμός του πάχους του σκελετικού μυός, του υποδόριου λίπους καθώς και το πάχος του οστού στην περιοχή του μέσου του βραχίονα. Όταν η μέτρηση της περιφέρειας του μέσου του βραχίονα συνδυάζεται με τη μέτρηση της δερματικής πτυχής του τρικέφαλου, μπορεί να υπολογιστεί η μυϊκή περιφέρεια και η μυϊκή επιφάνεια του μέσου του βραχίονα. Οι δείκτες αυτοί θεωρείται ότι εκτιμούν με εγκυρότητα τις διαφορές μεταξύ των ατόμων ως προς τη μυϊκή τους μάζα αλλά και τις αλλαγές που συμβαίνουν εξαιτίας παθολογικών καταστάσεων ή περιβαλλοντικών παραγόντων [25].

Διάφορες έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει την περίμετρο του βραχίονα για την εκτίμηση της σύνθεσης του σώματος. Μία από αυτές είναι και η έρευνα του Al- Sendi και των συνεργατών του[26] που μελέτησαν τη σύνθεση σώματος των εφήβων του Μπαχρέιν με σκοπό να εξετάσουν την παιδική και εφηβική παχυσαρκία και να την συνδυάσουν με την παχυσαρκία κατά την ενήλικο ζωή. Το δείγμα τους ήταν 249 αγόρια και 257 κορίτσια ηλικίας 12-17 ετών. Τα συμπεράσματα έδειξαν ότι οι έφηβοι παρουσίασαν αύξηση της παχυσαρκίας κατά την περίοδο 1986 έως και 2000. Η αύξηση αυτής της παχυσαρκίας κατά την παιδική και εφηβική ηλικία δείχνει να συνδέεται με σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία καθώς και με αυξημένο κίνδυνο παχυσαρκίας και νοσηρότητας γενικότερα κατά την ενηλικίωση.

Ο Yusof και οι συνεργάτες του σε μία μελέτη που έκαναν εκτίμησαν τη θρεπτική κατάσταση των κατοίκων της Μαλαισίας[27]. Η μέτρηση της περιφέρειας του βραχίονα έδειξε ότι περίπου το 40%

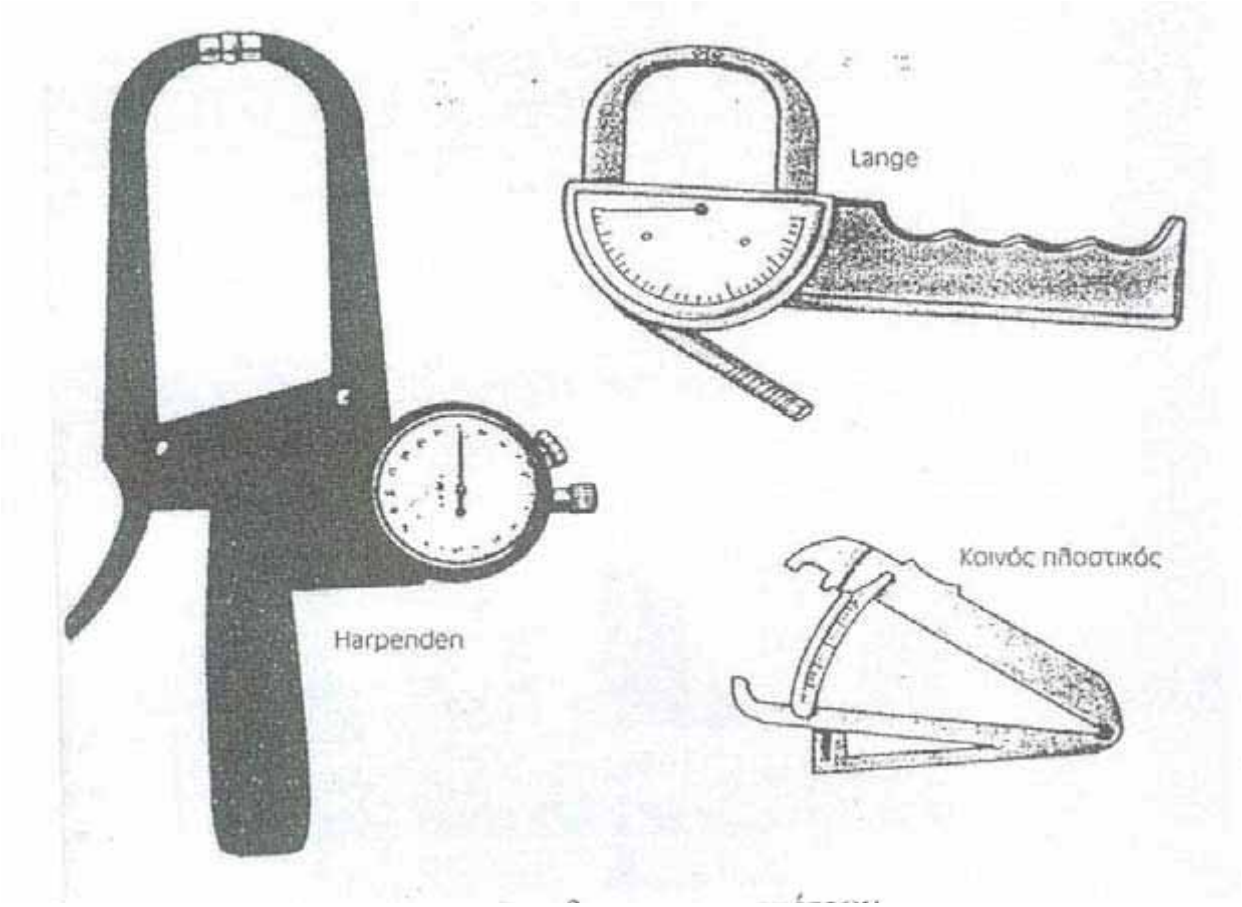
του δείγματος παρουσίαζε υποθρεψία. Διαπιστώθηκε ότι οι καπνιστές είχαν χαμηλότερο BMI σε σχέση με τους μη- καπνιστές και η κατανάλωση οινοπνεύματος συνδέθηκε με υψηλότερα επίπεδα BMI και μεγαλύτερη περιφέρεια μέσης. Η συσχέτιση μεταξύ των ανθρωπομετρήσεων, των κοινωνικοοικονομικών και των δημογραφικών παραγόντων έδειξε ότι η ισχυρότερη μεταβλητή μεταξύ αυτών ήταν η εθνικότητα.

**1.2.1.3. Δερματοπτυχομετρήσεις (Skinfolds- skfs)**

Η δερματοπτυχομετρία είναι μία μέθοδος προσδιορισμού της σωματικής σύστασης, η οποία συγκαταλέγεται στην κατηγορία των ανθρωπομετρικών μετρήσεων. Βασίζεται στο δισυστατικό μοντέλο προσδιορισμού της σωματικής σύστασης (λίπος+ άλιπη μάζα) και χρησιμοποιείται ευρέως για την εκτίμηση της κατάστασης θρέψης και την ανάλυση της σύστασης σώματος στο εργαστήριο ή στην κλινική πράξη.[28] Η μέτρηση του πάχους των δερματικών πτυχών χρησιμοποιείται ως δείκτης του σωματικού λίπους.

Η τεχνική βασίζεται στη μέτρηση του πάχους των δερματοπτυχών οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το υποδόριο λίπος που καλύπτει το σώμα. Η διαδικασία της μέτρησης είναι σχετικά εύκολη επί της αρχής, αλλά απαιτεί προσεκτική εκπαίδευση του χειριστή, αφού εξαρτάται από τον ίδιο η ακρίβεια των μετρήσεων.[29] Για το λόγο αυτό οι δερματοπτυχομετρήσεις από διαφορετικούς χειριστές ή ακόμα από τον ίδιο το χειριστή ενδέχεται να μην έχουν καλή επαναληψιμότητα, κι έτσι η μέθοδος μειονεκτεί έναντι άλλων.

Το όργανο μέτρησης το οποίο χρησιμοποιείται κατά τη δερματοπτυχομέτρηση ονομάζεται δερματοπτυχόμετρο ή παχύμετρο. Το πρώτο δερματοπτυχόμετρο εμφανίστηκε το 1930 και παρείχε αποτέλεσματα σχετικά υψηλής αξιοπιστίας.[30] Σήμερα η τεχνολογία παρέχει στους επιστήμονες δερματοπτυχόμετρα τριών τύπων τα οποία φαίνονται στην εικόνα 1:




**Εικόνα 1**

Το δερματοπτυχόμετρο τύπου Harpenden παρέχει μετρήσεις μεγαλύτερης ακρίβειας, διότι οι σιαγόνες του ασκούν μια σταθερή πίεση 10 $\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{mm}^2}$ στα σημεία επαφής με το δέρμα και τα αποτελέσματα δεν επηρεάζονται από το πάχος της δερματικής πτυχής.

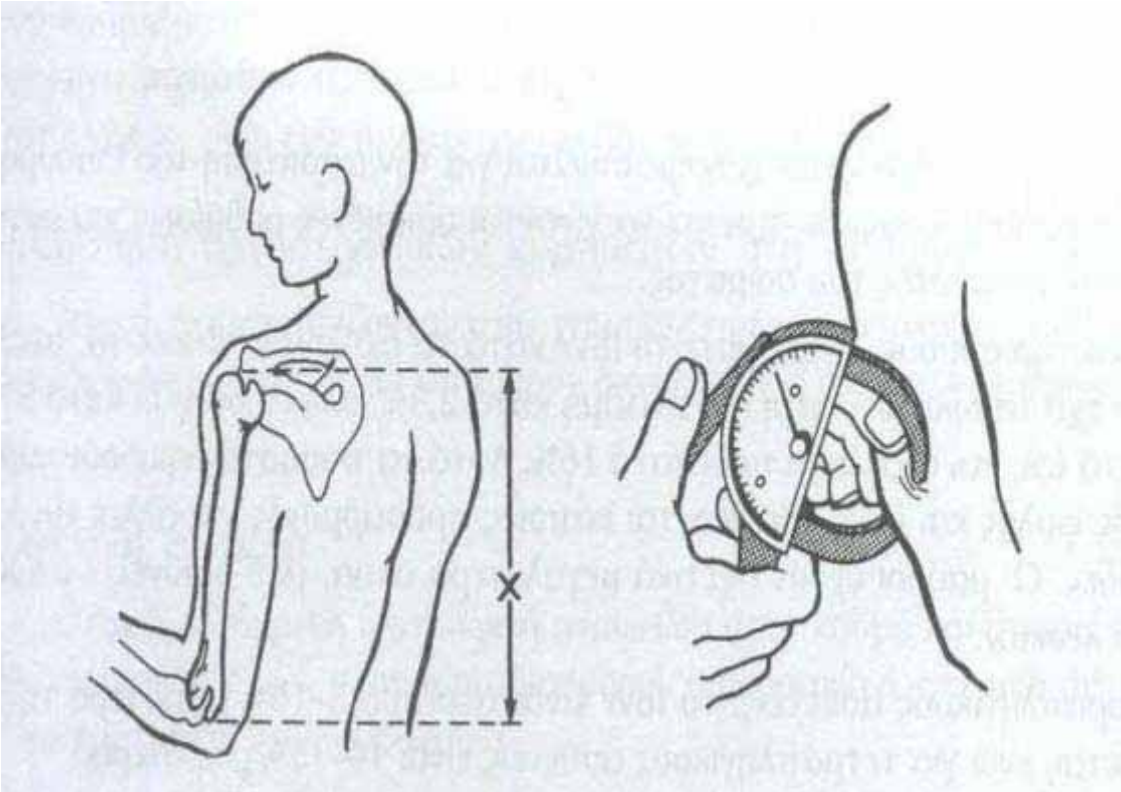
**Εικόνα 2: Δερματοπτυχόμετρο Harpenden**

Η δερματοπτυχομέτρηση ως μέθοδος προσδιορισμού του ολικού σωματικού λίπους στηρίζεται στην υπόθεση ότι το υποδόριο λίπος είναι αντιπροσωπευτικό (σχετίζεται) του ολικού σωματικού λίπους και διακυμαίνεται ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και την πληθυσμιακή ομάδα που εξετάζεται. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι το 33,33 % για τα άτομα ιδανικού βάρους, το 25% για τα λιπόσαρκα άτομα και το 66, % για τα παχύσαρκα άτομα του ολικού σωματικού λίπους βρίσκεται αποθηκευμένο στο υποδόριο λίπος, συνεπώς η μέτρηση της δερματικής πτυχής (δηλαδή μιας ποσότητας ανάλογης του υποδόριου λίπους) στα επιλεγμένα σημεία θα οδηγήσει, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, σε αρκετά ακριβή υπολογισμό του ολικού σωματικού λίπους. Κάποιοι ερευνητές[31] υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει γραμμική αναλογία ανάμεσα στο υποδόριο και το εσωτερικό λίπος, και σ'αυτό αποδίδουν την απόκλιση κατά τον προσδιορισμό του ολικού σωματικού λίπους σε σχέση με τις πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού της σωματικής σύστασης.

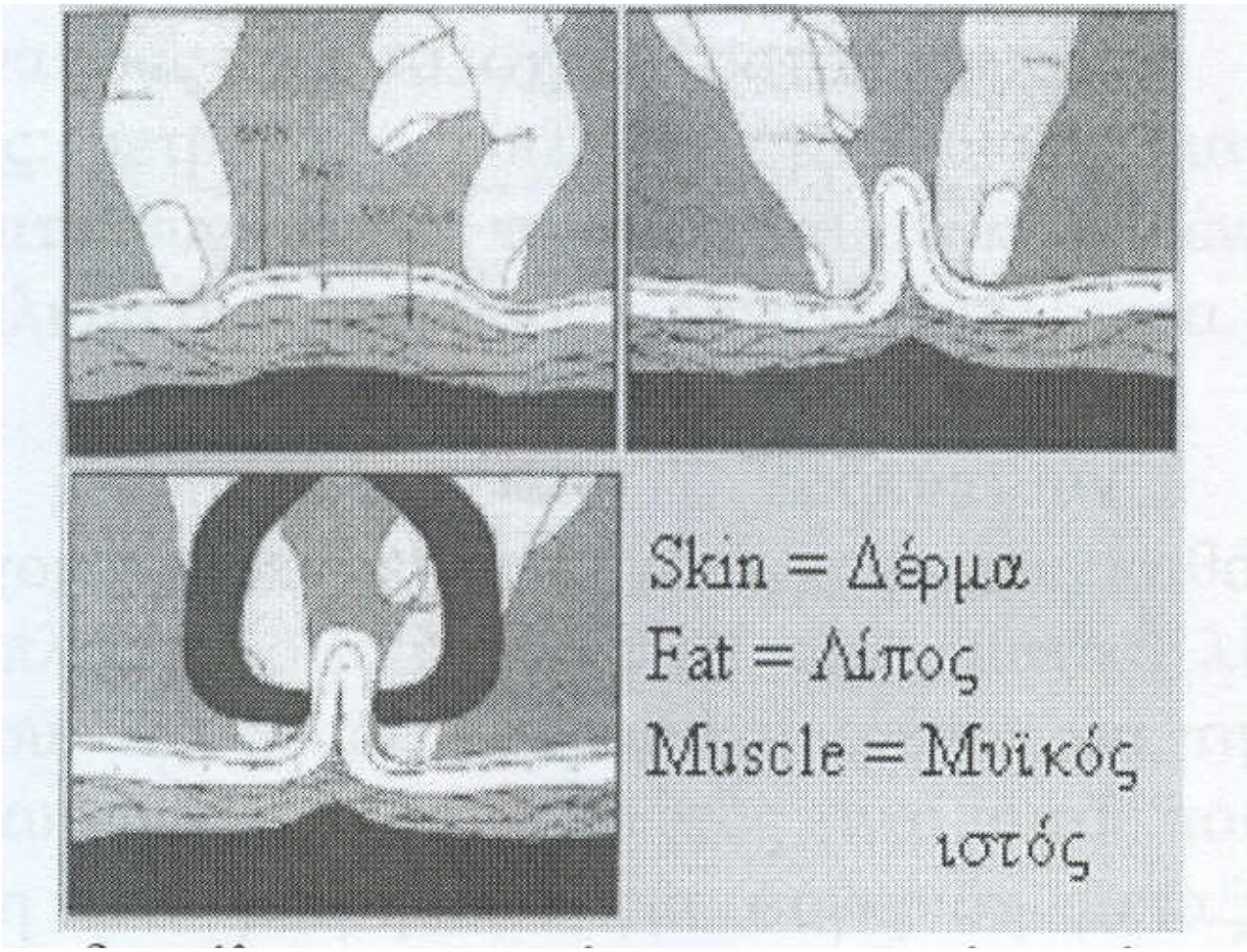
Το 1974 οι Durnin και Womersley[32] συσχέτισαν το πάχος της δερματικής πτυχής τεσσάρων σημείων του σώματος (περιοχή δικέφαλου και τρικέφαλου μυός, υποωμοπλατιαία και υπερλαγόνια περιοχή) . Αργότερα, οι Jackson και Pollock[33] επέλεξαν επτά αντιπροσωπευτικές θέσεις για τον υπολογισμό του σωματικού λίπους. Αναλυτικά τα σημεία που εξετάζονται από τη δερματοπτυχομετρία αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα, τον οποίο πήραμε από το βιβλίο Φυσιολογία της Θρέψης, Μεταβολισμός και Τεχνητή Εντερική και Παρεντερική Διατροφή, ΣΝ Γεωργιαννός[34]:

| **Εξεταζόμενη περιοχή** | **Ακριβές σημείο μέτρησης** |
|---|---|
| 1) Τρικέφαλος βραχιόνιος | Κατακόρυφα, στο μέσο της απόστασης ακρωμίου-ωλεκράνου στην οπίσθια επιφάνεια του βραχίονα (ο εξεταζόμενος πρέπει να έχει το άνω άκρο κρεμάσμενο χαλαρά) |
| 2) Στήθος | Διαγωνίως στο ½ (άνδρες) ή 1/3 (γυναίκες) της απόστασης πρόσθιας μασχαλιαίας γραμμής-θηλής |
| 3) Μασχάλη | Κατά μήκος της μέσης μασχαλιαίας γραμμής στο ύψος της ξιφοειδούς απόφυσης του στέρνου |
| 4) Υποπλάτια χώρα | Διαγωνίως, σχεδόν παράλληλα με το εσωτερικό χείλος της ωμοπλάτης και σε απόσταση 1-2 cm από την κάτω γωνία |
| 5) Κοιλιακή χώρα | 2 cm πλαγίως και δεξιά του ομφαλού |
| 6) Λαγόνιος ακρολοφία | Διαγωνίως άνωθεν της λαγόνιας ακρολοφίας στο σημείο της νοητής προέκτασης της πρόσθιας μασχαλιαίας γραμμής |
| 7) Μηρός | Κατακόρυφα στην πρόσθια επιφάνεια του μηρού, στο μέσο της απόστασης από την άρθρωση του ισχίου ως την άρθρωση του γόνατος |

**Πίνακας 2: Σημεία μέτρησης δερματικών πτυχών**




**Εικόνα 3: Η μέτρηση της δερματικής πτυχής του βραχίονα,την οποία πήραμε από το βιβλίο Διαιτολογία[35]**




**Εικόνα 4 Πηγή: Φυσιολογία της Άσκησης. Τόμος ΙΙ[36]**

Για την εκτίμηση του σωματικού λίπους μετρώνται και τα επτά προαναφερθέντα σημεία. Μία επιλογή είναι η μέτρηση γίνεται σε τρία μόνο σημεία τα οποία είναι το στήθος, η κοιλιακή χώρα και ο μηρός για τους άνδρες και ο τρικέφαλος βραχιόνιος, η λαγόνιος ακρολοφία και ο μηρός για τις γυναίκες . Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται έχουν υψηλή συσχέτιση με αυτά που προκύπτουν από τη μέτρηση των επτά σημείων ($r \geq 0.97$). Ειδικά για τα άτομα που πάσχουν από χρόνια νεφρική ανεπάρκεια και υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση η μέτρηση στην περιοχή του τρικέφαλου πρέπει να γίνεται στο χέρι που δεν έχει αρτηριοφλεβική αναστόμωση (φίστουλα), διαφορετικά ενδείκνυται η μέτρηση στο δεξί χέρι. Οι μετρήσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται τουλάχιστον δύο έως τρεις φορές για μεγαλύτερη ακρίβεια και όχι συνεχόμενα, ώστε να αποφεύγεται η συμπίεση του υποδόριου λίπους. Ως τελική τιμή λαμβάνεται ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων με τη μικρότερη απόκλιση. Τα επιμέρους αποτελέσματα της κάθε εξεταζόμενης περιοχής αθροίζονται και επεξεργάζονται μέσω μαθηματικών τύπων οι οποίοι διαφοροποιούνται ανάλογα με την πληθυσμιακή ομάδα που εξετάζεται. Υπάρχουν εξισώσεις για ειδικές πληθυσμιακές ομάδες, όπως είναι οι αθλητές και οι εργαζόμενοι σε χειρονακτικές εργασίες, οι ασθενείς, τα νεογνά,

τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, οι στρατιώτες, οι φυλετικές ομάδες κτλ οι οποίες είτε μετατρέπουν την τιμή που προκύπτει από το άθροισμα των μετρούμενων δερματικών πτυχών σε επί τοις εκατό ποσοστό λίπους ή τη χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό της πυκνότητας του σώματος και στη συνέχεια για τον υπολογισμό του επί τοις εκατό ποσοστού του ολικού σωματικού λίπους.

Η μετατροπή του αθροίσματος των δερματικών πτυχών σε επί τοις εκατό ποσοστό λίπους βασίζεται στους παρακάτω πίνακες των Jackson και Pollock (Τα αθροίσματα αναφέρονται στις τρεις τιμές για τους άντρες και στις τρεις τιμές για τις γυναίκες).[37]

ΑΡΡΕΝΕΣ

| Άθροισμα πάχους δερματικών πτυχών (mm) | ≤22 έτη | 23-27 | 28-32 | 33-37 | 38-42 | 43-47 | 48-52 | 53-57 | ≥57 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-10 | 1,3% | 1,8 | 2,3 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,5 | 5,0 | 5,5 |
| 11-13 | 2,2 | 2,8 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 4,9 | 5,5 | 6,0 | 6,5 |
| 14-16 | 3,2 | 3,8 | 4,3 | 4,8 | 5,4 | 5,9 | 6,4 | 7,0 | 7,5 |
| 17-19 | 4,2 | 4,7 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 6,9 | 7,4 | 8,0 | 8,5 |
| 20-22 | 5,1 | 5,7 | 6,2 | 6,8 | 7,3 | 7,9 | 8,4 | 8,9 | 9,5 |
| 23-25 | 6,1 | 6,6 | 7,2 | 7,7 | 8,3 | 8,8 | 9,4 | 9,9 | 10,5 |
| 26-28 | 7,0 | 7,6 | 8,1 | 8,7 | 9,2 | 9,8 | 10,3 | 10,9 | 11,4 |
| 29-31 | 8,0 | 8,5 | 9,1 | 9,6 | 10,2 | 10,7 | 11,3 | 11,8 | 12,4 |
| 32-34 | 8,9 | 9,4 | 10,0 | 10,5 | 11,1 | 11,6 | 12,2 | 12,8 | 13,3 |
| 35-37 | 9,8 | 10,4 | 10,9 | 11,5 | 12,0 | 12,6 | 13,1 | 13,7 | 14,3 |
| 38-40 | 10,7 | 11,3 | 11,8 | 12,4 | 12,9 | 13,5 | 14,1 | 14,6 | 15,2 |
| 41-43 | 11,6 | 12,2 | 12,7 | 13,3 | 13,8 | 14,4 | 15,0 | 15,5 | 16,1 |
| 44-46 | 12,5 | 13,1 | 13,6 | 14,2 | 14,7 | 15,3 | 15,9 | 16,4 | 17,0 |
| 47-49 | 13,4 | 13,9 | 14,5 | 15,1 | 15,6 | 16,2 | 16,8 | 17,3 | 17,9 |
| 50-52 | 14,3 | 14,8 | 15,4 | 15,9 | 16,5 | 17,1 | 17,6 | 18,2 | 18,8 |
| 53-55 | 15,1 | 15,7 | 16,2 | 16,8 | 17,4 | 17,9 | 18,5 | 19,1 | 19,7 |
| 56-58 | 16,0 | 16,5 | 17,1 | 17,7 | 18,2 | 18,8 | 19,4 | 20,0 | 20,5 |
| 59-61 | 16,9 | 17,4 | 17,9 | 18,5 | 19,1 | 19,7 | 20,2 | 20,8 | 21,4 |
| 62-64 | 17,6 | 18,2 | 18,8 | 19,4 | 19,9 | 20,5 | 21,1 | 21,7 | 22,2 |
| 65-67 | 18,5 | 19,0 | 19,6 | 20,2 | 20,8 | 21,3 | 21,9 | 22,5 | 23,1 |
| 68-70 | 19,3 | 19,9 | 20,4 | 21,0 | 21,6 | 22,2 | 22,7 | 23,3 | 23,9 |
| 71-73 | 20,1 | 20,7 | 21,2 | 21,8 | 22,4 | 23,0 | 23,6 | 24,1 | 24,7 |
| 74-76 | 20,9 | 21,5 | 22,0 | 22,6 | 23,2 | 23,8 | 24,4 | 25,0 | 25,5 |
| 77-79 | 21,7 | 22,2 | 22,8 | 23,4 | 24,0 | 24,6 | 25,2 | 25,8 | 26,3 |
| 80-82 | 22,4 | 23,0 | 23,6 | 24,2 | 24,8 | 25,4 | 25,9 | 26,5 | 27,1 |
| 83-85 | 23,2 | 23,8 | 24,4 | 25,0 | 25,5 | 26,1 | 26,7 | 27,3 | 27,9 |
| 86-88 | 24,0 | 24,5 | 25,1 | 25,7 | 26,3 | 26,9 | 27,5 | 28,1 | 28,7 |
| 89-91 | 24,7 | 25,3 | 25,9 | 26,5 | 27,1 | 27,6 | 28,2 | 28,8 | 29,4 |
| 92-94 | 25,4 | 26,0 | 26,6 | 27,2 | 27,8 | 28,4 | 29,0 | 29,6 | 30,2 |
| 95-97 | 26,1 | 26,7 | 27,3 | 27,9 | 28,5 | 29,1 | 29,7 | 30,3 | 30,9 |
| 98-100 | 26,9 | 27,4 | 28,0 | 28,6 | 29,2 | 29,8 | 30,4 | 31,0 | 31,6 |
| 101-103 | 27,5 | 28,1 | 28,7 | 29,3 | 29,9 | 30,5 | 31,1 | 31,7 | 32,3 |
| 104-106 | 28,2 | 28,8 | 29,4 | 30,0 | 30,6 | 31,2 | 31,8 | 32,4 | 33,0 |
| 107-109 | 28,9 | 29,5 | 30,1 | 30,7 | 31,3 | 31,9 | 32,5 | 33,1 | 33,7 |
| 110-112 | 29,6 | 30,2 | 30,8 | 31,4 | 32,0 | 32,6 | 33,2 | 33,8 | 34,4 |
| 113-115 | 30,2 | 30,8 | 31,4 | 32,0 | 32,6 | 33,2 | 33,8 | 34,5 | 35,1 |
| 116-118 | 30,9 | 31,5 | 32,1 | 32,7 | 33,3 | 33,9 | 34,5 | 35,1 | 35,7 |
| 119-121 | 31,5 | 32,1 | 32,7 | 33,3 | 33,9 | 34,5 | 35,1 | 35,7 | 36,4 |
| 122-124 | 32,1 | 32,7 | 33,3 | 33,9 | 34,5 | 35,1 | 35,8 | 36,4 | 37,0 |
| 125-127 | 32,7 | 33,3 | 33,9 | 34,5 | 35,1 | 35,8 | 36,4 | 37,0 | 37,6 |

*(Jackson & Pollock, 1985)*

**Πίνακας 3, ο πίνακας αυτός μετατρέπει το άθροισμα των δερματικών πτυχών σε επί της εκατό ποσοστό του σωματικού λίπους, Jackson & Pollock.[38]**

ΘΗΛΕΙΣ

| Άθροισμα πάχους δερματικών πτυχών (mm) | ≤22 έτη | 23-27 | 28-32 | 33-37 | 38-42 | 43-47 | 48-52 | 53-57 | ≥57 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23-25 | 9,7% | 9,9 | 10,2 | 10,4 | 10,7 | 10,9 | 11,2 | 11,4 | 11,7 |
| 26-28 | 11,0 | 11,2 | 11,5 | 11,7 | 12,0 | 12,3 | 12,5 | 12,7 | 13,0 |
| 29-31 | 12,3 | 12,5 | 12,8 | 13,0 | 13,3 | 13,5 | 13,8 | 14,0 | 14,3 |
| 32-34 | 13,6 | 13,8 | 14,0 | 14,3 | 14,5 | 14,8 | 15,0 | 15,3 | 15,5 |
| 35-37 | 14,8 | 15,0 | 15,3 | 15,5 | 15,8 | 16,0 | 16,3 | 16,5 | 16,8 |
| 38-40 | 16,0 | 16,3 | 16,5 | 16,7 | 17,0 | 17,2 | 17,5 | 17,7 | 18,0 |
| 41-43 | 17,2 | 17,4 | 17,7 | 17,9 | 18,2 | 18,4 | 18,7 | 18,9 | 19,2 |
| 44-46 | 18,3 | 18,6 | 18,8 | 19,1 | 19,3 | 19,6 | 19,8 | 20,1 | 20,3 |
| 47-49 | 19,5 | 19,7 | 20,0 | 20,2 | 20,5 | 20,7 | 21,0 | 21,2 | 21,5 |
| 50-52 | 20,6 | 20,8 | 21,1 | 21,3 | 21,6 | 21,8 | 22,1 | 22,3 | 22,6 |
| 53-55 | 21,7 | 21,9 | 22,1 | 22,4 | 22,6 | 22,9 | 23,1 | 23,4 | 23,6 |
| 56-58 | 22,7 | 23,0 | 23,2 | 23,4 | 23,7 | 23,9 | 24,2 | 24,4 | 24,7 |
| 59-61 | 23,7 | 24,0 | 24,2 | 24,5 | 24,7 | 25,0 | 25,2 | 25,5 | 25,7 |
| 62-64 | 24,7 | 25,0 | 25,2 | 25,5 | 25,7 | 26,0 | 26,7 | 26,4 | 26,7 |
| 65-67 | 25,7 | 25,9 | 26,2 | 26,4 | 26,7 | 26,9 | 27,2 | 27,4 | 27,7 |
| 68-70 | 26,6 | 26,9 | 27,1 | 27,4 | 27,6 | 27,9 | 28,1 | 28,4 | 28,6 |
| 71-73 | 27,5 | 27,8 | 28,0 | 28,3 | 28,5 | 28,8 | 29,0 | 29,3 | 29,5 |
| 74-76 | 28,4 | 28,7 | 28,9 | 29,2 | 29,4 | 29,7 | 29,9 | 30,2 | 30,4 |
| 77-79 | 29,3 | 29,5 | 29,8 | 30,0 | 30,3 | 30,5 | 30,8 | 31,0 | 31,3 |
| 80-82 | 30,1 | 30,4 | 30,6 | 30,9 | 31,1 | 31,4 | 31,6 | 31,9 | 32,1 |
| 83-85 | 30,9 | 31,2 | 31,4 | 31,7 | 31,9 | 32,2 | 32,4 | 32,7 | 32,9 |
| 86-88 | 31,7 | 32,0 | 32,2 | 32,5 | 32,7 | 32,9 | 33,2 | 33,4 | 33,7 |
| 89-91 | 32,5 | 32,7 | 33,0 | 33,2 | 33,5 | 33,7 | 33,9 | 34,2 | 34,4 |
| 92-94 | 33,2 | 33,4 | 33,7 | 33,9 | 34,2 | 34,4 | 34,7 | 34,9 | 35,2 |
| 95-97 | 33,9 | 34,1 | 34,4 | 34,6 | 34,9 | 35,1 | 35,4 | 35,6 | 35,9 |
| 98-100 | 34,6 | 34,8 | 35,1 | 35,3 | 35,5 | 35,8 | 36,0 | 36,3 | 36,5 |
| 101-103 | 35,3 | 35,4 | 35,7 | 35,9 | 36,2 | 36,4 | 36,7 | 36,9 | 37,2 |
| 104-106 | 35,8 | 36,1 | 36,3 | 36,6 | 36,8 | 37,1 | 37,3 | 37,5 | 37,8 |
| 107-109 | 36,4 | 36,7 | 36,9 | 37,1 | 37,4 | 37,6 | 37,9 | 38,1 | 38,4 |
| 110-112 | 37,0 | 37,2 | 37,5 | 37,7 | 38,0 | 38,2 | 38,5 | 38,7 | 38,9 |
| 113-115 | 37,5 | 37,8 | 38,0 | 38,2 | 38,5 | 38,7 | 39,0 | 39,2 | 39,5 |
| 116-118 | 38,0 | 38,3 | 38,5 | 38,8 | 39,0 | 39,3 | 39,5 | 39,7 | 40,0 |
| 119-121 | 38,5 | 38,7 | 39,0 | 39,2 | 39,5 | 39,7 | 40,0 | 40,2 | 40,5 |
| 122-124 | 39,0 | 39,2 | 39,4 | 39,7 | 39,9 | 40,2 | 40,4 | 40,7 | 40,9 |
| 125-127 | 39,4 | 39,6 | 39,9 | 40,1 | 40,4 | 40,6 | 40,9 | 41,1 | 41,4 |
| 128-130 | 39,8 | 40,0 | 40,3 | 40,5 | 40,8 | 41,0 | 41,3 | 41,5 | 41,8 |

*(Jackson & Pollock, 1985)*

**Πίνακας 4 ο πίνακας αυτός μετρέπει το άρθροισμα των δερματικών πτυχών σε επί της εκατό ποσοστό του σωματικού λίπους, Jackson & Pollock.**[xciv]

**1.2.1.3.1. Πρωτόκολλα δερματοπτυχομετρήσεων**

***<u>Τεχνική δερματοπτυχομετρήσεων - τυποποιημένες διαδικασίες</u>***

1. Πάρτε όλες τις δερματοπτυχομετρήσεις στη σωστή πλευρά του σώματος.
2. Προσδιορίστε προσεχτικά την περιοχή που θα γίνει η μέτρηση, ειδικά εάν είστε αρχάριος.
3. Πιάστε τη δερματοπτυχή σταθερά με τον αντίχειρα και το δείκτη του αριστερού χεριού σας σε μια απόσταση 1 εκατ. επάνω από την περιοχή μετρήσεως και ανασηκώστε την πτυχή. Αυτό θα επιτρέψει για να τοποθετηθεί το δερματοπτυχόμετρο στην περιοχή.
4. Η τοποθέτηση του δερματοπτυχόμετρου πρέπει να είναι παράλληλη με τη φυσική φορά του δέρματος.
5. Τοποθετήστε το δερματοπτυχόμετρο περίπου 1 εκατ. κάτω από τον αντίχειρα και τον δείκτη.
6. Η μέτρηση πρέπει να διαρκέσει το ανώτατο 4 sec*.
7. Μετά το χρόνο αυτό απομακρύνεται το δερματοπτυχόμετρο αργά για να αποτρέψετε τυχόν ζημία ή την απώλεια βαθμονόμησης.

*Μία μελέτη ασχολήθηκε με το εύρος της συρρίκνωσης του νερού και του λίπους των δερματικών πτυχών και κατέληξε ότι η καταγραφή θα πρέπει να γίνετε «αμέσως» μετά την εφαρμογή των σιαγόνων στο δέρμα και πάντως μέσα στα πρώτα 4 δευτερόλεπτα.[39]

**<u>Συμβουλές προς τον εξεταστή για τη βελτίωση των δερματοπρυχομετρήσεων.</u>**

- Να είστε ακριβής κατά την εντόπιση του σημείου που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση και να σημειώνεται με μαρκαδόρο.
- Διαβάστε προσεχτικά τις οδηγίες χρήσης του παχύμετρου.
- Πάρτε το λιγότερο δύο μετρήσεις για κάθε μια περιοχή. Εάν οι τιμές αποκλίνουν η μια από την άλλη περισσότερο από ±10% πάρτε τις πρόσθετες μετρήσεις.
- Πάρτε τις μετρήσεις όταν το δέρμα του εξεταζόμενου είναι ξηρό και χωρίς λοσιόν.
- Μην προβείτε σε δερματοπτυχομετρήσεις όταν ο εξεταζόμενος είναι μετά από φυσική δραστηριότητα διότι η κατανομή του σώματος έχει διαταραχθεί και η μέτρηση θα είναι υπερτιμημένη.
- Ζητείστε από έναν πεπειραμένο τεχνικό για τις δερματοπτυχομετρήσεις να σας διδάξει την τεχνική και το ποσό της πίεσης που θα πρέπει να ασκείται με το δερματοπτυχόμετρο όταν το χρησιμοποιείται στις μετρήσεις.

**Διαπροσωπικές σχέσεις με τον εξεταζόμενο:**

Εκτός από την τελειοποίηση των τεχνικών χρήσης του δερματοπτυχόμετρου είναι σημαντικό να αναπτυχθούν καλές διαπροσωπικές σχέσεις με τον εξεταζόμενο. Για να αναπτυχθούν οι διαπροσωπικές σχέσεις προτείνεται: (Habash 2002)

- Πριν από τη σχεδιασμένη δερματοπτυχομέτρηση, υποδείξτε στον εξεταζόμενο να φοράει άνετα ρούχα που θα επιτρέψουν την εύκολη πρόσβαση στα σημεία του σώματος που θα γίνουν οι μετρήσεις (π.χ. σορτς και μπλούζα) ή παρέχετε εσείς ειδικά ενδύματα (π.χ. ρόμπες).
- Συχνά οι εξεταζόμενοι είναι ανήσυχοι κατά τη διάρκεια των δερματοπτυχομετρήσεων, ιδιαίτερα όταν σας συναντούν για πρώτη φορά. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης πρέπει να ανοίξετε μια συζήτηση για κάποιο ανεξάρτητο θέμα, να κερδίσετε την εμπιστοσύνη του και να δημιουργήσετε ένα περιβάλλον που να είναι φιλικό, άνετο και ήσυχο.
- Ο χώρος που θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις πρέπει να είναι τακτοποιημένος και να παρέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα που θα διευκολύνουν την εξέταση (όπως π.χ. καρέκλα για να στηρίζονται οι εξεταζόμενοι).
- Μερικοί εξεταζόμενοι θα αισθανθούν πιο άνετα όταν και ο εξεταστής ανήκει στο ίδιο φύλο με τον εξεταζόμενο.
- Προετοιμάστε τον εξεταζόμενο για τη χρήση και των σκοπό των δερματοπτυχομετρήσεων και δείξτε του σε ποιες περιοχές θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις.
- Περιορίστε τις εκφράσεις του λόγου και του προσώπου κατά τη διάρκεια της εξέτασης.
- Κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων στον εξεταζόμενο να χρησιμοποιείται απλούς όρους. Όταν είναι δυνατόν, προσπαθήστε να διατυπώσετε τα αποτελέσματα με θετικούς όρους. Παραδείγματος χάριν, εάν το ποσοστό του λιπώδους ιστού μιας γυναίκας εξεταζόμενης την κατατάσσει στους παχύσαρκους, μην την στενοχωρήσετε προβάλλοντας το αποτέλεσμα με τη φράση: "το αποτέλεσμα των δερματοπτυχομετρήσεων δείχνει ότι είστε παχύσαρκη και θα πρέπει να χάσετε τουλάχιστον 20 κιλά για να επιτύχετε ένα υγιές ποσοστό λιπώδους ιστού προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος ασθενειών που συνδέονται με την παχυσαρκία. Πρέπει να αρχίσετε ένα διαιτητικό πρόγραμμα απώλειας βάρους αμέσως." Αντ' αυτού, χρησιμοποιήστε μια θετικότερη προσέγγιση κατά την ερμηνεία αυτού του αποτελέσματος. Η ακόλουθη δήλωση είναι πιο κατάλληλη: "Οι άνθρωποι με το λίπος σώματος περισσότερο από 32% διατρέχουν τον κίνδυνο για ποικίλες ασθένειες. Εάν επιθυμείτε, θα αξιολογήσω την καθημερινή λήψη θερμίδων που προσλαμβάνεται και θα σας προτείνω τρόφιμα που είναι φτωχά σε λίπος. Επίσης, μπορούμε να συζητήσουμε κάποιους τρόπους για να αυξήσετε τη σωματική δραστηριότητά σας. Σκέφτομαι ότι μπορούμε να βρούμε μερικές δραστηριότητες που θα απολαύσετε, έτσι ώστε θα δαπανάται

περισσότερες θερμίδες την ημέρα. Με αυτές τις αλλαγές θα είστε σε θέση να μειώσετε σε ένα υγιές επίπεδο το ποσοστό του λιπώδους ιστού του σώματός σας μέσα σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα."

### 1.2.1.4. Περίμετρος Μέσης

Η περίμετρος μέσης συμβάλλει στον υπολογισμό του ενδοκοιλιακού[40] και ολικού σωματικού λίπους [41], αλλά λειτουργεί και ως προγνωστικός δείκτης καρδιαγγειακών παθήσεων [42]. Η μέτρηση γίνεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ της τελευταίας πλευράς και της λαγόνιας ακρολοφίας. Γενικά ισχύει ότι οι άνδρες που έχουν περιφέρεια μέσης μεγαλύτερη από 102 εκατοστά και γυναίκες που έχουν περιφέρεια μέσης μεγαλύτερη από 88 εκατοστά εμφανίζουν πολύ αυξημένο κίνδυνο προσβολής από καρδιαγγειακή επιπλοκή όταν συνδυάζονται με δύο ακόμα χαρακτηριστικά του μεταβολικού συνδρόμου[43].

### 1.2.1.5. Πηλίκο περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίου

Το πηλίκο περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίου είναι ένας δείκτης προσδιορισμού του κινδύνου που διατρέχει ένα άτομο για την εμφάνιση παθήσεων που σχετίζονται με τη παχυσαρκία, εξαιτίας της κεντρικής κατανομής του σωματικού λίπους. Τιμές μεγαλύτερες του 1,0 για τους άντρες και 0,8 για τις γυναίκες, είναι ενδεικτικές κεντρικής παχυσαρκίας και αυξημένου κινδύνου νοσηρότητας από ασθένειες που συνδέονται από αυτή[44].

### 1.2.2. Βιοηλεκτρική Εμπέδηση (Bioelectrical impedance- BIA)

Η βιοηλεκτρική εμπέδηση ως μέθοδος ανάλυσης της σύστασης του σώματος βασίζεται σε κάποιους βασικούς τύπους του Ηλεκτρισμού. Το ηλεκτρικό ρεύμα φέρει κάποια μετρήσιμα χαρακτηριστικά εκ των οποίων τα σημαντικότερα είναι η ένταση, η τάση και η φορά. Η αντίσταση που ένα φορτίο ηλεκτρικού ρεύματος συναντά κατά τη διέλευσή του μέσα από ένα υλικό ή μια ουσία μετράται σε ohms και υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$\mathbf{R(ohms)} = \frac{\mathbf{V(volts)}}{\mathbf{I(amp)}}$$

όπου R είναι η αντίσταση.

Ένα ohm ορίζεται ως η ηλεκτρική αντίσταση που εμφανίζει ένα υλικό όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση ίση με 1 volt και διαρρέεται από ρεύμα 1 Amp (Αμπέρ).

Η αρχή στην οποία βασίζεται η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης σχετίζεται με την ιδιότητα κυρίως των εξωκυττάριων υγρών του σώματος αλλά και του άπαχου ιστού να έχουν μικρότερη αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος απ' ότι ο λιπώδης ιστός. Αυτό συμβαίνει αφενός μεν λόγω των ηλεκτρολυτών (διαφορών θετικών και αρνητικών ιόντων με κύριο το $Na^+$) που

υπάρχουν στα εξωκυττάρια υγρά και οι οποίοι άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και αφετέρου διότι ο «άπαχος ιστός» περιέχει περισσότερο νερό απ' ότι ο λιπώδης ιστός με αποτέλεσμα οι διαλυμένοι σ' αυτό ηλεκτρολύτες να άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Επομένως, η ωμική αντίσταση του σώματος συσχετίζεται άμεσα με τη ποσότητα του σωματικού λίπους αλλά και με την ποσότητα μυϊκής μάζας και το ποσοστό ενυδάτωσης των ιστών.

Η ωμική αντίσταση (R) ενός ομοιογενούς κυλινδρικού αγώγιμου υλικού είναι ανάλογη προς το μήκος (L) και αντιστρόφως ανάλογη προς τη διατομή (A) του κυλίνδρου. Αν και το ανθρώπινο σώμα δεν είναι ένας ομοιόμορφος κύλινδρος και η αγωγιμότητά του δεν είναι σταθερή, ο όγκος V του νερού του σώματος (που περιέχει τους ηλεκτρολύτες που διευθύνουν το ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του σώματος) είναι αντιστρόφως ανάλογη της R. Η σχέση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η αντίσταση R είναι ανάλογη του μήκους L και αντιστρόφως ανάλογη της διατομής A:

$$\mathbf{R=\rho\,\frac{L}{A}}$$

όπου ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού πολλαπλασιάζοντας και διαιρώντας το δεύτερο μέλος της παραπάνω με L, προκύπτει:

$$\mathbf{R=\rho\frac{L}{A}=\rho\,\frac{LL}{AL}\rightarrow\boxed{V=\frac{\rho L^2}{R}}}$$

Τυπικά το L είναι το αγώγιμο μήκος, το οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι είναι η απόσταση από τον καρπό στα σφυρά, δηλαδή τα ακραία σημεία στα οποία γίνεται η μέτρηση της αντίστασης. Πρακτικά έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται το συνολικό ύψος του σώματος. Επομένως, η παραπάνω σχέση συσχετίζει αφενός μεν την άπαχη μάζα του σώματος (LBM) που περιέχει μεγάλη ποσότητα νερού καθώς και τα απαραίτητα δομικά λιπίδια (π.χ. κυτταρικές μεμβράνες) και αφετέρου το λόγο $\frac{L^2}{R}$. Λόγω της έμφυτης ανομοιογένειας των διαφορετικών τμημάτων του ανθρώπινου σώματος, ο όρος $\frac{L^2}{R}$ περιγράφει έναν ισοδύναμο κύλινδρο που μπορεί να αντιστοιχηθεί στην πραγματική γεωμετρία του ανθρώπινου σώματος χρησιμοποιώντας έναν κατάλληλο συντελεστή. Αυτός ο συντελεστής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες μεταξύ των οποίων είναι και η ανατομία των διαφόρων τμημάτων του σώματος. Επομένως όταν χρησιμοποιείται η σχέση $\mathbf{V=\frac{\rho L^2}{R}}$, είναι λογικό να εμφανίζονται λάθη όταν υπάρχουν αποκλίσεις στην:

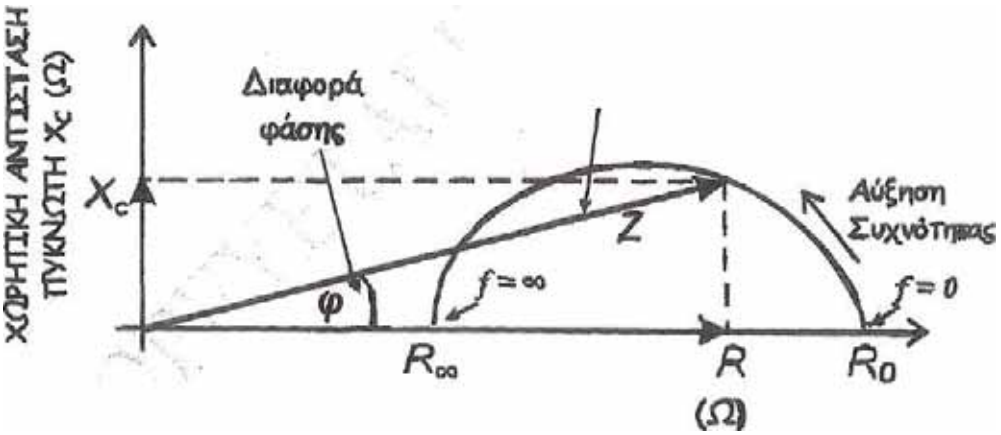
α/ ειδική αντίσταση του αγώγιμου LBM

β/ αναλογία ύψους προς αγώγιμο μήκος

γ/ μορφή του σώματος ή κάποιων τμημάτων του σώματος

Μια άλλη πολυπλοκότητα είναι ότι το ανθρώπινο σώμα εμπεριέχει δύο τύπους ηλεκτρικής αντίστασης: την κανονική Ωμική Αντίσταση R και τη Χωρητική Αντίσταση $X_C$. Η R προκύπτει από τα εξωκυττάρια και τα ενδοκυττάρια υγρά, ενώ η $X_C$ από τις μεμβράνες των κυττάρων που περιέχουν δομικά λιπίδια και μπορούν να θεωρηθούν ότι δρουν σαν πυκνωτές.

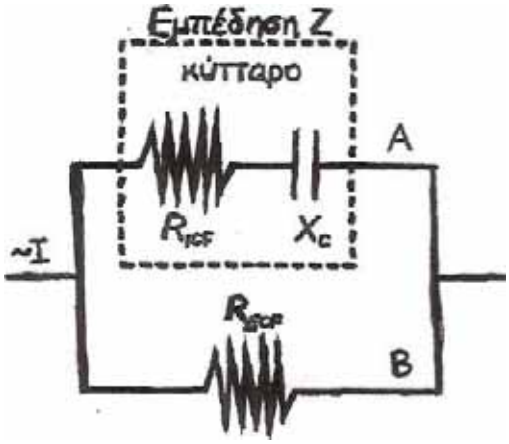
Όταν εφαρμόζεται εναλλασσόμενο ρεύμα σε ένα κύκλωμα η αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος εκφράζεται από τη σύνθετη αντίσταση ή αλλιώς εμπέδηση Z και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ανυσματική πρόσθεση των R και $X_C$ όπως φαίνεται στην εικόνα.




**Εικόνα 5: Διάγραμμα της γραφικής απεικόνισης της γωνίας φ, η σχέση της με την αντίσταση (R), τη χωρική αντίσταση (Xc), την εμπέδηση (Z) και τη συχνότητα του εφαρμοζόμενου ρεύματος**

Θα είναι δηλαδή $Z=\sqrt{R^2 + Xc^2}$ όπου $Xc = \frac{1}{\omega C}$ και ω= 2πf που f= συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος και C= χωρητικότητα κυττάρων.

Μοντέλα διαφορετικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν τη βιοηλεκτρική συμπεριφορά των βιολογικών ιστών in vivo. Ένα από αυτά θεωρεί ότι τα R και C βρίσκονται σε σειρά ενώ περιλαμβάνει επιπλέον μια παράλληλη αντίσταση όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το σκέλος A του κυκλώματος αυτού περιέχει έναν πυκνωτή που αντιστοιχεί στη χωρητική αντίσταση $X_C$ του σώματος (λόγω κυτταρικών μεμβρανών) και μια ωμική αντίσταση που σχετίζεται με την κανονική ηλεκτρική αντίσταση $R_{ICF}$ των ενδοκυττάριων υγρών. Το σκέλος B περιέχει μόνο μια ωμική αντίσταση $R_{ECF}$ που αντιστοιχεί στην ηλεκτρική αντίσταση που ασκούν τα εξωκυττάρια υγρά.




Σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε πυκνωτή αφού το ρεύμα που περνά από τα εξωκυττάρια υγρά δεν διέρχεται μέσα από τα κύτταρα. Τα R και $X_C$ μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας είτε μια προεπιλεγμένη συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος (συνήθως 50kHz) ή μια σειρά συχνοτήτων.

Το συνεχόμενο και το χαμηλής συχνότητας ρεύμα δεν διαπερνά τη μεμβράνη των κυττάρων που ενεργεί ως ηλεκτρικός μονωτής με άπειρη αντίσταση. Αυτό προκύπτει από την εξίσωση που δίνει την εμπέδηση $Z_{ICF}$ του κλάδου A σα συνάρτηση των R ($R=R_{ICF}$) και $X_C$:

$$Z_{ICF}=\sqrt{R_{ICF}^{\ 2}+Xc^2}=\sqrt{R_{ICF}^{\ 2}+(1/C\omega)^2}$$

Όταν $\omega\rightarrow 0$ ο όρος της χωρητικής αντίστασης τείνει στο άπειρο και επομένως $Z_{ICF}\rightarrow\infty$. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ρεύμα να διαπερνά το ηλεκτρικό κύκλωμα από το σκέλος B, δηλαδή μέσω των εξωκυττάριων υγρών. Κατά συνέπεια $Z= R_o = R_{ECF}$.

Σε πολύ μεγάλη συχνότητα ρεύματος, όταν δηλαδή $\omega\rightarrow\infty$, η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή τείνει στο μηδέν και επομένως η εμπέδηση $Z_{ICF}$ του κλάδου A θα είναι $Z_{ICF}= R_{ICF}$. Έτσι η εμπέδηση του συνολικού κυκλώματος θα αντιστοιχεί στις δύο παράλληλες αντιστάσεις $R_{ICF}$ και $R_{ECF}$ και θα είναι παράλληλες αντιστάσεις $R_{ICF}$ και $R_{ECF}$.

$$\frac{1}{\mathbf{Z}}=\frac{1}{\mathbf{R}_\infty}=\frac{1}{\mathbf{R}_{\mathbf{ICF}}}+\frac{1}{\mathbf{R}_{\mathbf{ECF}}}$$

Επειδή δεν είναι τεχνικά δυνατόν να κάνουμε μετρήσεις για συχνότητες μηδέν και άπειρο, τα $R_0$ και $R_\infty$ μπορούν να βρεθούν με προσαρμογή των δεδομένων ($R$-$X_C$ για διαφορετικές συχνότητες) σε κατάλληλες εξισώσεις και το αποτέλεσμα βρίσκεται από παρέκταση. Έτσι είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα για το εξωκυττάριο νερό (ECF ή ECW) του σώματος, αφού σύμφωνα με τα παραπάνω ισχύουν οι αναλογίες: ECW ανάλογο $\frac{1}{\mathbf{R}_0}$ και TBW ανάλογο $\frac{1}{\mathbf{R}_\infty}$. Οι σταθερές αυτών των αναλογιών προκύπτουν από την εφαρμογή προτύπων μεθόδων μέτρησης των ECW και TBW.

Στην ενδιάμεση συχνότητα των 50kHz το ρεύμα περνά τόσο μέσα από τα κύτταρα (μεμβράνες και ενδοκυττάρια υγρά) όσο και μέσα από τα εξωκυττάρια υγρά με αποτέλεσμα η μετρούμενη αντίσταση να αντιστοιχεί στη συνισταμένη όλων των εμπλεκόμενων αντιστάσεων. Μάλιστα έχει βρεθεί ότι τα 50kHz αντιστοιχούν στη χαρακτηριστική συχνότητα $f_C$ κατά την οποία το $X_C$ γίνεται μέγιστο. [viii]

**1.2.2.1. Διαπίδυση**

Η διαπίδυση είναι επίσης γνωστή και σαν πυκνωτική διαπίδυση. Το μέγεθος του φορτίου που ένας πυκνωτής αποθηκεύει περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$C = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{V}}$$

Όπου: Q= φορτίο

C= χωρητικότητα

V= τάση

Όπως προκύπτει από το νόμο του ;;; : Για ένα πυκνωτή με παράλληλες πλάκες, ισχύει

$$C = \varepsilon_0 \frac{\mathbf{A}}{\mathbf{d}}$$

Όπου: $\varepsilon_0$= διηλεκτρική σταθερά,

A= επιφάνεια πλακών,

d= απόσταση πλακών.

Όταν αναφερόμαστε σε βιολογικούς ιστούς αποτελεί την αντίσταση στην ακαριαία ροή ενός ηλεκτρικού ρεύματος που προκαλείται από έναν πυκνωτή. Η μαθηματική της εξίσωση για ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η παρακάτω:

$$Xc = \frac{1}{2\pi \mathbf{fc}}$$

όπου:

Xc= η διαπίδυση (reactance) εκφράζεται σε ohm

F= η συχνότητα (frequency) εκφράζεται σε Hertz

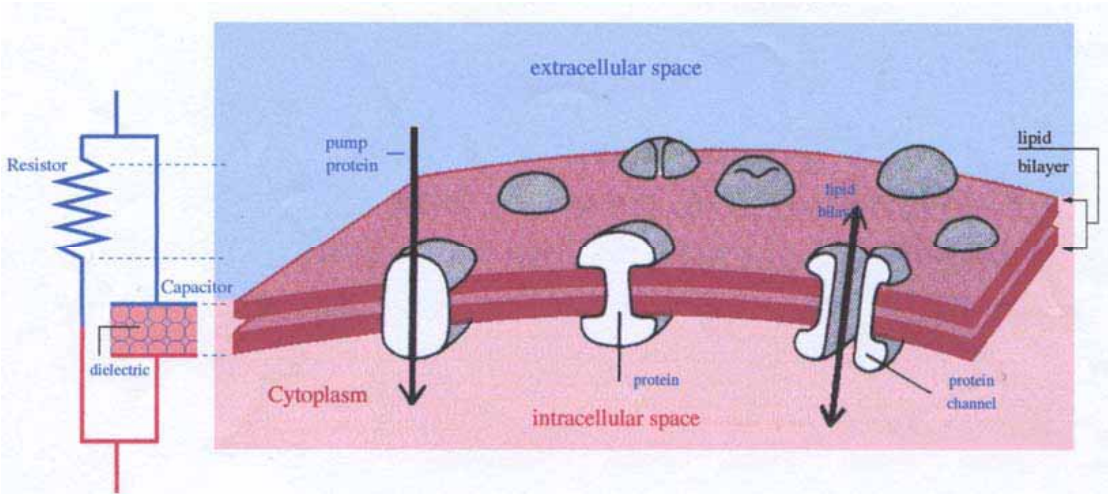
C= η χωρητικότητα (capacitance ) εκφράζεται σε Farad.

Το Farad είναι μεγάλη μονάδα μέτρησης και συνήθως η χωρητικότητα εκφράζεται σε υποδιαιρέσεις όπως μF(=$10^{-6}$F), nF(=$10^{-9}$F) ή pF(=$10^{-12}$F). Η παραπάνω εξίσωση δείχνει ότι η διαπίδυση είναι αντιστρόφως ανάλογη του γινομένου της συχνότητας και της πυκνότητας. Σαν αποτέλεσμα η διαπίδυση μειώνεται όσο η συχνότητα αυξάνεται. Στους βιολογικούς αγωγούς για παράδειγμα, όσο μικρότερη είναι η επιφάνεια της ημιπερατής μεμβράνης ή όσο μικρότερος ο

αριθμός τους τόσο μεγαλύτερη είναι η διαπίδυση κάτι που έρχεται σε αντίθεση με αυτό που κάποιος θα περίμενε. Γενικά υψηλές τιμές βιολογικής διαπίδυσης αποτελούν δείκτη καλής υγείας και ακεραιότητας των κυτταρικών μεμβρανών. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται αν εξετάσουμε τον τρόπο τοποθέτησης μιας αντίστασης και ενός πυκνωτή σε σειριακό ή παράλληλο κύκλωμα. Ιδανικά η διαπίδυση θα έπρεπε να προκύψει ως η χωρητικότητα σε μια ορισμένη συχνότητα. Η χωρητικότητα όμως είναι ανεξάρτητη από τη συχνότητα και ορίζει εμμέσως τον όγκο των κυτταρικών μεμβρανών. Εξ' ορισμού ένας πυκνωτής αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες χωρισμένες μεταξύ τους από ένα μη αγώγιμο υλικό το οποίο ονομάζεται διηλεκτρικό μέσο. Οι πυκνωτές αποθηκεύουν ένα φορτίο ηλεκτρονίων για κάποιο χρονικό διάστημα που εξαρτάται από την αντίσταση του διηλεκτρικού μέσου.

Στο υγιές ζωντανό σώμα η κυτταρική μεμβράνη αποτελείται από ένα στρώμα μη αγώγιμων λιπιδίων τοποθετημένων ανάμεσα σε δύο στρώματα αγώγιμων πρωτεϊνών.

Η δομή της κυτταρικής μεμβράνης λαμβάνει τη μορφή των πυκνωτών όπως και τα χαρακτηριστικά τους και την συμπεριφορά τους όταν εκτεθούν σε ένα εναλλασσόμενο ρεύμα.[45]




**Εικόνα 6: Γραφική παράσταση και αντίστοιχης ηλεκτρικού ρεύματος και κυτταρικής μεμβράνης.**

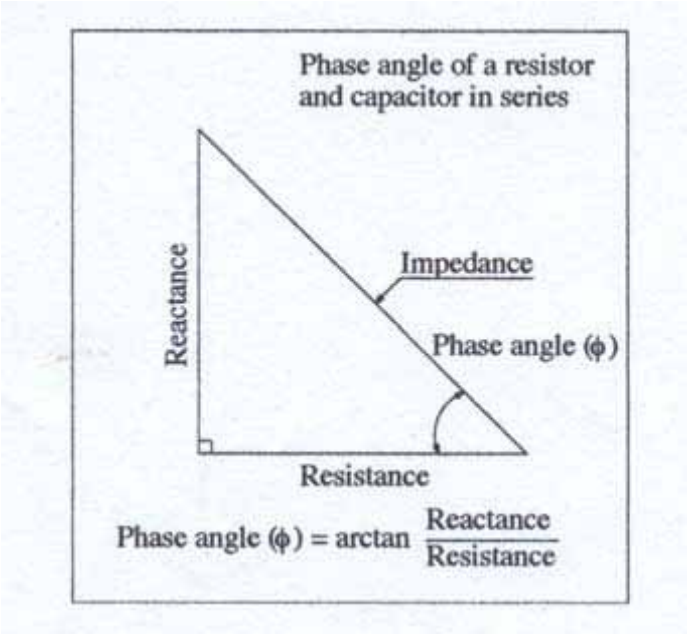
Στη βιολογία η κυτταρική μεμβράνη λειτουργεί ως ένας επιλεκτικός φράκτης που χωρίζει τα ενδοκυττάρια από τα εξωκυττάρια υγρά τμήματα. Προστατεύει το εσωτερικό των κυττάρων επιτρέποντας συγχρόνως το πέρασμα μερικών ουσιών στις οποίες είναι διαπερατή. Η κυτταρική μεμβράνη διατηρεί τη διακύμανση της ωσμωτικής πίεσης των υγρών και του ιονισμού των εξωκυτταρικών και ενδοκυτταρικών τμημάτων. Αυτή η διακύμανση προκαλεί μια διαφορά στο ηλεκτρικό δυναμικό της μεμβράνης η οποία είναι απαραίτητη στην επιβίωση του κυττάρου.

Οποιαδήποτε ζημιά στην κυτταρική μεμβράνη και τις λειτουργίες της είναι τόσο θανατηφόρα για το κύτταρο όσο και καταστροφική για τον πυρήνα του. Θεωρητικά η διαπίδυση είναι ένα μέτρο

του όγκου της χωρητικότητας της κυτταρικής μεμβράνης και μια έμμεση ένδειξη του ενδοκυτταρικού όγκου ή της σωματικής κυτταρικής μάζας. Ενώ το σωματικό λίπος, το ολικό σωματικό νερό, και το εξωκυτταρικό υγρό παρουσιάζουν αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα μόνο οι κυτταρικές μεμβράνες παρουσιάζουν πυκνωτική διαπίδυση. Αφού τα λιποκύτταρα δεν περιβάλλονται από κυτταρικές μεμβράνες η διαπίδυση αυτή δεν επηρεάζεται από την ποσότητα του σωματικού λίπους.[lxiv]

### 1.2.2.2. Γωνία φάσης

Με τη γωνία φάσης μετράται η σχέση μεταξύ αντίστασης και διαπίδυσης σε σειριακά ή παράλληλα κυκλώματα. Στα ηλεκτρικά κυκλώματα Rc η γωνία φάσης κυμαίνεται μεταξύ $0^o$ και $90^o$ μοιρών. Οι μηδέν μοίρες εκφράζουν ένα κύκλωμα που δεν έχει καθόλου πυκνωτές αλλά μόνο αντιστάσεις (όπως ένα σύστημα χωρίς κυτταρικές μεμβράνες) ενώ οι ενενήντα μοίρες εκφράζουν το αντίθετο δηλαδή ένα κύκλωμα μόνο με πυκνωτές και καθόλου αντιστάσεις (όπως ένα σύστημα μόνο με κυτταρικές μεμβράνες και καθόλου υγρό).




**Εικόνα 7**

Τη γωνία φάσης καθώς και την βιοηλεκτρική εμπέδηση χρησιμοποιεί και η Εθνική Έρευνα Εξέτασης Υγείας και Διατροφής (NHANES) η οποία αποτελεί μια περιοδική έρευνα που διεξάγεται από το Αμερικανικό Υπουργείο Υγείας. Η έρευνα που έγινε από το 1988 έως το 1994 ήταν μέρος μιας ευρύτερης προσπάθειας επτά συνολικά ερευνών που βασιζόταν σε ένα πολυεπίπεδο και πολύπλοκο σχέδιο δείγματος. Ο σχεδιασμός της στόχευε στην παροχή πληροφοριών και εκτιμήσεων σε Παναμερικανικό επίπεδο για την κατάσταση της υγείας και τις διατροφικές συνήθειες των

πολιτών της Αμερικής ηλικίας δύο μηνών και πάνω, που δε νοσηλεύονταν σε κανενός είδους ίδρυμα.[46]

| Normal Phase Angle from NHANES III | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Males (n = 8545) | | Females (n = 9115) | |
| Parameter | Phase Angle | Age | Phase Angle | Age |
| Mean | 7.80 | 42.56 | 7.23 | 42.76 |
| ± SD | 1.25 | 21.16 | 1.07 | 21.06 |
| Range | 6.19 - 8.83 | 12 - 90 | 5.98 - 8.04 | 12 - 90 |

**Εικόνα 8**

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως η μέση γωνία φάσης για ένα υγιές άρρεν άτομο είναι περίπου έξι με εννέα μοίρες ανάλογα με το φύλο. Χαμηλότερες γωνίες φάσης αφορούν χαμηλή εμπέδηση και είναι ενδεικτικές είτε κυτταρικού θανάτου είτε βλάβης στην επιλεκτική διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης. Αντίθετα υψηλές γωνίες φάσης αφορούν υψηλή εμπέδηση και μεγάλες ποσότητες άθικτων κυτταρικών μεμβρανών και σωματικής κυτταρικής μάζας.

*Αντίσταση και χωρητικότητα σε διάταξη σειράς και παράλληλη διάταξη.*

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από αντιστάσεις και πυκνωτές τόσο σε σειρά όσο και παράλληλα. Θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο ενός κυκλώματος για να καταδείξουμε αυτό το συσχετισμό. Σαν εμπέδηση σε ένα σειριακό ή ένα παράλληλο ηλεκτρικό κύκλωμα ορίζεται η υποτείνουσα του ορθογωνίου τριγώνου με πλευρές την διαπίδυση και την αντίσταση.
Στο σειριακό κύκλωμα ο υπολογισμός δίδεται από τον τύπο:

$$\textbf{Εμπέδηση}^2=\textbf{αντίσταση}^2+\textbf{διαπίδυση}^2$$

ενώ στο παράλληλο από τον τύπο:

$$\frac{1}{\text{εμπέδηση}^2}=\frac{1}{\text{αντίσταση}^2}+\frac{1}{\text{διαπίδυση}^2}$$

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από ένα συνδυασμό αντίστασης και διαπίδυσης τόσο σε σειριακή όσο και σε παράλληλη διάταξη. Έχοντας αυτό κατά νου η γνώση των χαρακτηριστικών της διαπίδυσης γίνεται απαραίτητη για τον ακριβή καθορισμό της σύστασης των κυτταρικών διαμερισμάτων του σώματος. Το απλούστερο ισοδύναμο είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που

αποτελείται από μια αντίσταση και έναν πυκνωτή συνδεδεμένο παράλληλα. Αυτό το μοντέλο φαίνεται πως είναι έγκυρο καθώς μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα κύτταρα και οι μηχανισμοί υποστήριξής τους ( εξωκυτταρικά και ενδοκυτταρικά στοιχεία) δεν είναι ένα κύκλωμα σε σειρά αλλά ένα παράλληλο κύκλωμα που διατηρεί κάποια χαρακτηριστικά του σειριακού κυκλώματος, εξ' αιτίας του πυρήνα του κυττάρου. Η συμπεριφορά αυτή επηρεάζεται από το μήκος των ηλεκτροδίων (ή το ύψος σε όρθια θέση) και πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπ' όψιν για τις απαραίτητες διορθώσεις των ανεξάρτητων συνιστωσών, της αντίστασης και της διαπίδυσης, που χρησιμοποιούνται στις εξισώσεις πρόβλεψης.[47]

Οι τυπικές μετρήσεις της βιοηλεκτρικής εμπέδησης ολόκληρου του σώματος απεικονίζουν τα ανύσματα της αντίστασης και της διαπίδυσης, τα οποία βασίζονται σε ένα δίκτυο εν σειρά (αντιστάσεις και πυκνωτές σε σειρά). Η αντίσταση είναι έμμεσα συνδεδεμένη με την εξωκυττάρια ενώ η διαπίδυση με την ενδοκυττάρια μάζα. Οι μετρήσιμες τιμές της αντίστασης και της διαπίδυσης είναι αλληλοεξαρτώμενες σε ένα απλό παράλληλο μοντέλο. Όλες οι μετρήσεις της βιοηλεκτρικής εμπέδησης λαμβάνουν ως δεδομένο το αντίστοιχο σειριακό μοντέλο και πρέπει να μετατρέπονται στο αντίστοιχο παράλληλο.

Το μεταφρασμένο παράλληλο ισοδύναμο του Xc και R είναι κατά προσέγγιση εκτιμήσεις των πραγματικών ηλεκτρικών τιμών ενός βιολογικού ιστού.

### 1.2.2.3. Ολικές Μετρήσεις Σώματος

Οι μετρήσεις της εμπέδησης ολόκληρου του σώματος είναι το ανυσματικό άθροισμα της αντίστασης και της διαπίδυσης ανάμεσα σε ένα χέρι και ένα πόδι. Τα άκρα, εξ αιτίας της μικρότερης περιφέρειας και του μεγαλύτερου μήκους τους, προσφέρουν τις περισσότερες πληροφορίες στην εμπέδηση. Η εμπέδηση στον κορμό κυμαίνεται μεταξύ 15 και 30 ohms ανάλογα με το μέγεθος του ατόμου. Αυτό αντιστοιχεί στο 5,5% του σώματος, όταν συγκριθεί με την τυπική τιμή εμπέδησης ολόκληρου του σώματος, που για τους άνδρες είναι 450 ohms.

Η αντίσταση ενός γεωμετρικού συστήματος, όπως το ανθρώπινο σώμα στην προκειμένη περίπτωση, εξαρτάται από τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά. Για ένα σύστημα που συμπεριφέρεται ωμικά ισχύει $\mathbf{R=\rho\cdot\frac{l}{s}}$ όπου **ρ** η ειδική αντίσταση, **l** το μήκος και **s** η διατομή του.

Χρησιμοποιώντας λοιπόν μια σταθερή συχνότητα σήματος και μια σταθερή σχετικά μεθοδολογία, μπορούμε να συνδέσουμε την εμπέδηση του σώματος στη ροή του ρεύματος με τον όγκο του, αφού ο όγκος του αγωγού ορίζεται σαν το γινόμενο του μήκους του επί την διατομή του:

$$\mathbf{R = \rho\bullet(l / \Phi)\bullet(l / l) \;\square\; R = \rho\bullet l \uparrow 2/V \;\square\; V = \rho\bullet l \uparrow 2/R}$$

Το ρ προσδιορίζεται στατιστικά όταν εφαρμόζεται σε εξισώσεις πρόβλεψης ολόκληρου του σώματος.[48]

Ένας πιο περίπλοκος υπολογισμός της εμπέδησης γίνεται με τη μέτρηση της αντίστασης, της διαπίδυσης και της αλλαγής της γωνίας φάσης η οποία αναπτύσσεται μεταξύ του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαπερνά το σώμα και της μείωσης της έντασής του από τη μια άκρη του σώματος στην άλλη. Σε μια σταθερή συχνότητα μια αύξηση στη γωνία φάσης και στη διαπίδυση προκαλεί μια αύξηση του λόγου της διαφοράς δυναμικού ή της έντασης στο σώμα.

Η ολική σωματική εμπέδηση και η αντίσταση των μυών έχει μετρηθεί από τον Settle με τη χρήση της τετραπολικής μεθόδου και έχει διαπιστωθεί πως οι μύες είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για την ολική σωματική εμπέδηση αφού αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του όγκου του σώματος.[49]

**1.2.2.4. Αξιοπιστία**

Οι εξισώσεις πρόβλεψης ηλεκτρικής εμπέδησης για τον υπολογισμό του ολικού σωματικού νερού και της καθαρής μάζας (LBM Lean Body Mass) είναι βασισμένες στην ολική σωματική αντίσταση, το ύψος και το βάρος. Η παράμετρος του ύψους είναι το όρθιο ύψος του ατόμου και το βάρος είναι η μάζα του μετρημένη με ζυγαριά ακριβείας ± 0,1kgr. Η αντίσταση μετρά με το όργανο BIA με χρήση των ηλεκτροδίων του , σε ohms. Όταν ακολουθούνται τα πρωτόκολλα, η αξιοπιστία στη μέτρηση του ολικού σωματικού νερού θα παρουσιάσει συντελεστές συσχέτισης διαδοχικών μετρήσεων της τάξης του 0,99.Σύμφωνα με τις αναφορές του Dr Lucoski του Κέντρου για την Ανθρώπινη διατροφή του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας: *«Καμιά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στις τιμές της αντίστασης σε μετρήσεις πέντε συνεχόμενων ημερών. Οι ατομικές συνιστώσες της διαφοράς για αυτές τις τιμές αντίστασης κυμάνθηκαν από 0,9 έως 3,4% και ο μέσος όρος ακρίβειας ήταν 2%. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ εξέτασης-επανεξέτασης ήταν 0,99 για μια μοναδική μέτρηση αντίστασης, όσος και ο συντελεστής αξιοπιστίας για πάνω από πέντε ημέρες».*[50]

Η Δρ. Karen R. Segall του Υπουργείου Υγείας των ΗΠΑ και του Πανεπιστημίου Columbia (College of Physicians and Surgeons, St. Luke's-Roosevelt Hospital Center) , αναφέρει επίσης: *«Ο αναλυτής βιοηλεκτρικής εμπέδησης μας δίνει εξαιρετικά σταθερές μετρήσεις αντίστασης. Δεν παρουσιάζουν καμιά μεταβολή στις τιμές τους για πέντε διαδοχικές μετρήσεις εφ' όσον τα ηλεκτρόδια παραμείνουν στις θέσεις τους. Η ακρίβεια των μετρήσεων της αντίστασης ελέγχθηκε με τη χρήση αντιστάσεων ακριβείας στα 250, 400, 500, και 750 ohms. Ο μετρητής αντίστασης δεν παρέκκλινε από τις αναμενόμενες τιμές περισσότερο από ±2%».*[51]

Η ανάλυση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης είναι η πιο αξιόπιστη τεχνική που διαθέτουμε για την εκτίμηση της σωματικής σύστασης, υπό την προϋπόθεση ότι ακολουθείται το πρωτόκολλο. Η υψηλή αξιοπιστία επιτρέπει στην ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης να παρακολουθεί τόσο τις

μακροπρόθεσμες αλλαγές (μέρες, μήνες) όσο και τις βραχυπρόθεσμες (λεπτά, ώρες). Η ανάλυση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης έχει αποδειχθεί από εκατοντάδες μελέτες εκτιμήσεώς της αποτελεσματικότητάς της, παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια. Πρόσφατα, η ευαισθησία της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (TBW, FFM, BCM) έχει αποδειχθεί, στις μακροχρόνιες μελέτες του Kotler (σε μελέτες σχετιζόμενες με τον ιό HIV) και του Lukaski (σε μελέτες ελεγχόμενης απώλειας βάρους). Αυτές οι μελέτες έχουν συσχετισμούς με μεθόδους όπως η μέθοδος διπλής απορρόφησης ακτινών X (DEXA) και η μέθοδος μέτρησης ολικών σωματικών ισοτόπων $^{40}K$.[52]

### 1.2.2.5. Χαρακτηριστικά του οργάνου

Το όργανο μέτρησης της βιοηλεκτρικής εμπέδησης αποτελείται από ένα αισθητήρα σύνθετης αντίστασης που τροφοδοτείται από μια εσωτερική επαναφορτιζόμενη μπαταρία, και ένα φορτιστή μπαταριών.

Τα τμήματα του οργάνου είναι:

-ο αισθητήρας και η κεντρική μονάδα επεξεργασίας

-η οθόνη για την ένδειξη των αποτελεσμάτων

-η μπαταρία και η σχετική θρυαλλίδα ασφαλείας

-ο διακόπτης on/ off και

-ο φορτιστής μπαταρίας.

### 1.2.2.6. Έλεγχος σωστής λειτουργίας οργάνου

Πριν από κάθε χρήση θα πρέπει να ελέγχεται η σωστή λειτουργία (ακρίβεια) του οργάνου BIA συνδέοντας τα ηλεκτρόδια με μία πλακέτα που παρέχει συγκεκριμένη και γνωστή σύνθετη αντίσταση.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται διάφορες εξισώσεις που δίνουν την άνευ λίπους μάζα του σώματος (FFM) για διάφορες ομάδες πληθυσμού ως συνάρτηση των βιοηλεκτρικών δεδομένων καθώς και άλλων παραμέτρων. (N) είναι το δείγμα και (ΣΑΕ)το σταθερό λάθος της εκτίμησης.

| Ομάδα Πληθυσμού | Συγγραφείς | N | Εξίσωση | ΣΑΕ |
|---|---|---|---|---|
| Υγιείς ενήλικες 18-94 ετών | Kyle et al.[53] | 343 | $-4.104 + 0.518\frac{\mathbf{Ht}^2}{\mathbf{R}} + 0.231BM + 0.130Xc + 4.229$ φύλο | 1.8 |
| Υγιείς ενήλικες 18-29 ετών | Lohman [54] | 153 | Γυναίκες $= 5.49 + 0.476\frac{\mathbf{Ht}^2}{\mathbf{R}}$ | 2.1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | + 0.295 BM | |
| Υγιείς > 16 ετών | Deurendreg et al.[55] | 661 | $-12.44 + 0.34\frac{\mathbf{Ht}^2}{\mathbf{R}} + 0.1534\ Ht + 0.273\ BM - 0.127\ yr + 4.56$ φύλο | 2.6 |
| Γυναίκες 18-60 ετών | Stolarczyc et al.[56] | 95 | $20.05 - 0.04904\ R + 0.001254\ Ht^2$ | 2.6 |
| Υγιείς ενήλικες 18-29 ετών | Lohman[lxxiii] | 153 | Άνδρες= $5.32 + 0.485\frac{\mathbf{Ht}^2}{\mathbf{R}} + 0.338BM$ | 2.9 |
| Υγιείς 12-94 yr | Sun et al.[57] | 1095 | Γυναίκες = $-9.529 + 0.696\frac{\mathbf{Ht}^2}{\mathbf{R}} + 0.168\ BM + 0.016\ R$ | 2.9 |
| Υγιείς 12-94 ετών | Sun et al.[lxxvi] | 734 | Άνδρες= $-10.678 + 0.652\frac{\mathbf{Ht}^2}{\mathbf{R}} + 0.262\ BM + 0.015R$ | 3.9 |

**Πίνακας 5**

R: βιοηλεκτρική αντίσταση (Ω) στα 50 KHz, Xc: χωρητική αντίσταση (Ω) στα 50 KHz, Ht: ύψος (cm), yr: ηλικία, BM: μάζα σώματος (kg), φύλο = 1 για άνδρες και 0 για γυναίκες.

*Εθνικότητα: λευκές = 0, αφρικανές = 1

Όλα τα δείγματα είναι λευκοί εκτός όταν αναφέρεται αλλιώς.

### 1.2.2.7. Ασφάλεια

Η ασφάλεια του εξοπλισμού για τον εξεταζόμενο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης καθορίζεται από δύο παράγοντες. Ο πρώτος είναι τα μέτρα μόνωσης που λαμβάνονται για την προστασία του εξεταζόμενου ατόμου. Ο δεύτερος είναι ο καθορισμός ενός αβλαβούς συνδυασμού ρεύματος και συχνότητας που μπορεί εσκεμμένα να διοχετευτεί στο άτομο που εξετάζεται. Τα όρια ασφαλείας για αυτούς τους συνδυασμούς ορίζονται επακριβώς σε ορισμένες αναφορές . Οι Δρ. L.A Geddes και L.E Baker περιγράφουν το όριο για την ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να διοχετευθεί σε ένα σώμα σε διαφορετικές συχνότητες. Στις συχνότητες των 50 με 60 Hz (αυτές που χρησιμοποιούν οι απλές γραμμές παροχής ρεύματος στα σπίτια) τα νευρικά και μυϊκά κύτταρα ερεθίζονται. Εξαιτίας του μεγάλου εύρους της χωρητικότητας των κυτταρικών μεμβρανών, ο ουδός της αίσθησης του πόνου αυξάνει ανάλογα με την αύξηση της συχνότητας. Τα συστήματα RJL των αναλυτών εμπέδησης έχουν ένα ρυθμιστή ακριβείας που ρυθμίζει τη συχνότητα να παίρνει την τιμή των 50kHz. Αυτός ο ρυθμιστής είναι συνδεδεμένος με ένα δίκτυο μετασχηματιστών και

κυκλωμάτων συλλογής δεδομένων για την παραγωγή ενός εναλλασσόμενου ρεύματος στα ηλεκτρόδια που είναι τοποθετημένα στο εξεταζόμενο άτομο.

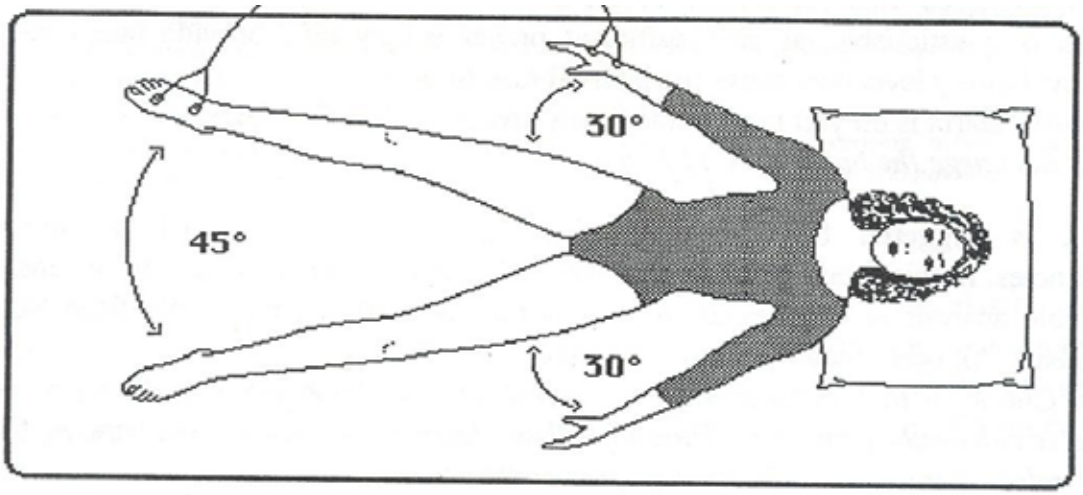
Οι Geddes και Baker[58] παρατήρησαν ότι το όριο του πόνου σε αυτή τη συχνότητα θα ήταν περίπου 40mA ή ίσο με το πενηνταπλάσσιο του ρεύματος αυτών των οργάνων.

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές της πληθυσμογραφίας της ηλεκτρικής εμπέδησης που απαιτούν διοχέτευση ρεύματος σε ζωτικά όργανα, σε συχνότητες που κυμαίνονται από 10KHz έως 5MHz. Οι Nyboer και Kornmesser εφάρμοσαν μια πληθυσμογραφία εμπέδησης στην περιοχή της μήτρας για να μελετήσουν τις κινήσεις της κατά τη διάρκεια του τοκετού. Δεν ανέφεραν καμία παρενέργεια κατά τη διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου, ούτε και μετά το πέρας αυτής. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είχε συχνότητα 100KHz και ένταση 3mA.

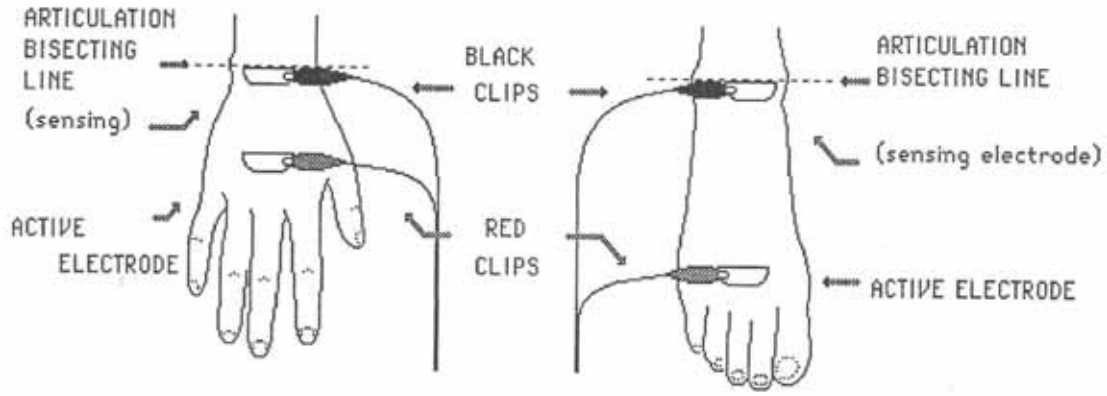
Οι Bishop και Nyboer[59] εφάρμοσαν τα ίδια όργανα κατευθείαν στον οφθαλμό με μια σειρά ηλεκτροδίων προσαρμοσμένα σε φακούς επαφής χωρίς αρνητικά συμπτώματα στις ίδιες τιμές. Εφάρμοσε επίσης αυτό τον εξοπλισμό σε μελέτες διαφόρων περιοχών του ανθρώπινου σώματος για την προώθηση της κλινικής εφαρμογής της πληθυσμογραφίας της ηλεκτρικής εμπέδησης, με μηδαμινά αρνητικά συμπτώματα.

### 1.2.2.8. Πρωτόκολλα Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης

Στη Βιοηλεκτρική Εμπέδηση χρησιμοποιούνται τέσσερα ηλεκτρόδια επιφανείας τοποθετημένα κάθετα στα άκρα της ίδιας πλευράς ή διασταυρούμενα στις δερματικές επιφάνειες του δεξιού χεριού και ποδιού, στα άκρα των μετακαρπίων και μεταταρσίων αντιστοίχως, τα απομακρυσμένα σημεία της κερκίδας και της ωλένης και μεταξύ του έσω και έξω σφυρού του αστραγάλου. Το άτομο βρίσκεται ξαπλωμένο σε μη αγώγιμη επιφάνεια για τουλάχιστον πέντε λεπτά και τα χέρια του σχηματίζουν γωνία $30^o$ με τον κορμό και τα πόδια του γωνία $45^o$ μεταξύ τους. Ο εξεταζόμενος δεν πρέπει να φορά μμεταλλικά αντικείμενα που να εφάπτονται στην επιφάνεια μεταξύ των ηλεκτροδίων, διότι μπορεί να επηρεάσουν την αγωγιμότητα που θα μετρήσει το όργανο. Παράλληλα, σε αυτήν την κατηγορία μηχανημάτων, πρέπει να τηρηθεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο όσον αφορά την υδατική κατάσταση του ατόμου, δηλαδή τη λήψη ποτού, τη διούρηση, τη λήψη φαγητού, την φυσική δραστηριότητα που έχει προηγηθεί κλπ.



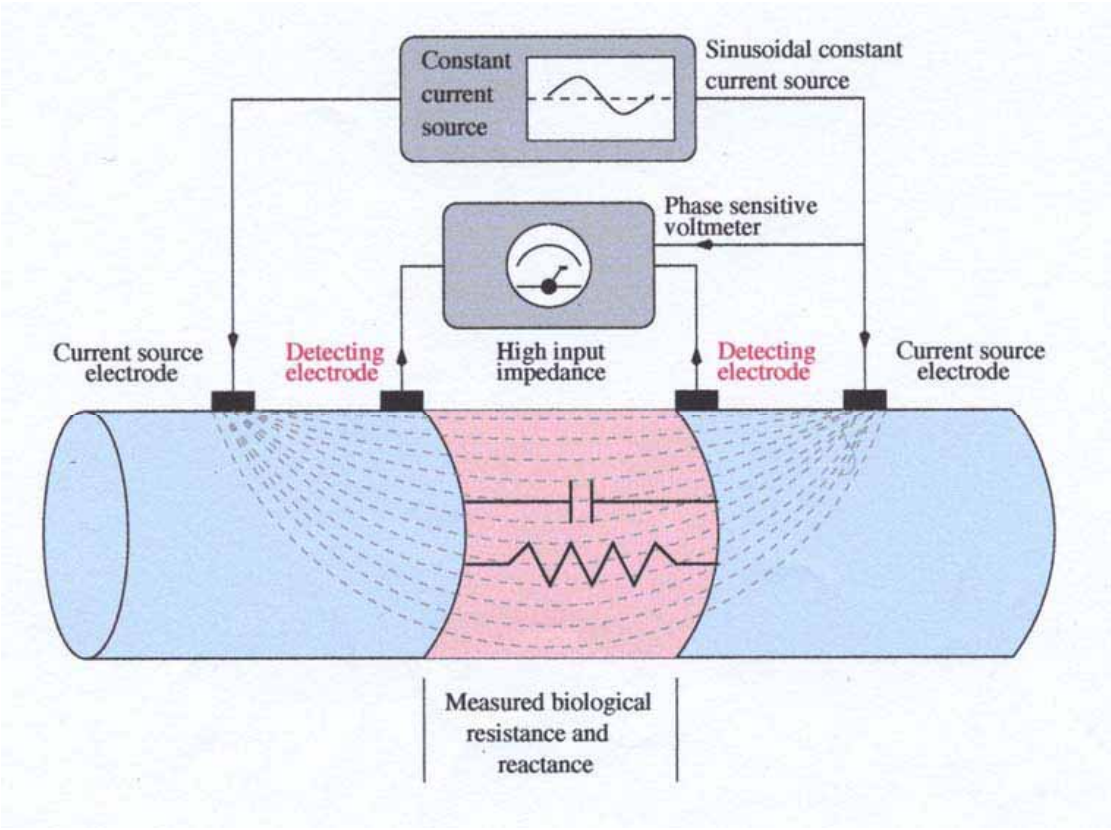

**Εικόνα 9: Σωστή τοποθέτηση σώματος**




**Εικόνα 10: Σωστή τοποθέτηση ηλεκτροδίων**

Το σύστημα RJL διοχετεύει ένταση ρεύματος με μέγιστη τιμή 800μΑ, συχνότητας 50KHz , το οποίο περνά μεταξύ των δύο εξωτερικών ηλεκτροδίων. Η εμπέδηση του δέρματος και η πόλωση των ηλεκτροδίων δεν επηρεάζουν τις μετρήσεις της ολικής σωματικής εμπέδησης με τη χρήση της μεθόδου των τεσσάρων ηλεκτροδίων, αφού η ποσότητα του ρεύματος που απορροφάται από το δέρμα είναι αμελητέα.

Η τεχνική των τεσσάρων ηλεκτροδίων εκμεταλλεύεται ένα συνεχές και βαθιά ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο μεταβαλλόμενα αγώγιμο ανθρώπινο σώμα. Έτσι αποφεύγει και τα προβλήματα που θα προέκυπταν από την κατανομή του πεδίου ή τις ανωμαλίες των ηλεκτροδίων.[60]

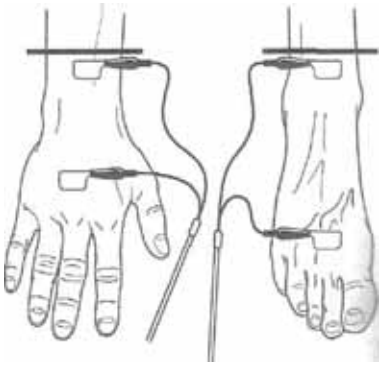



**Εικόνα 11: Σχέδιο βασικής λειτουργίας της τεχνικής των τεσσάρων ηλεκτροδίων**

**<u>Οδηγίες προς τον εξεταστή:</u>**

- Τα ηλεκτρόδια θα τοποθετηθούν στη δεξιά πλευρά του σώματος.
- Φροντίστε ο εξεταζόμενος να βρίσκεται σε ύπτια θέση και πάνω σε μια μη- αγώγιμη επιφάνεια.
- Το δωμάτιο πρέπει να έχει κανονική περιβαλλοντική θερμοκρασία (25°C).
- Ο εξεταζόμενος δεν πρέπει να φορά μεταλλικά αντικείμενα όπως ρολόι ή κοσμήματα, διότι άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και αλλοιώνουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- Καθαρίστε το δέρμα, στα σημεία που θα εφαρμοστούν τα ηλεκτρόδια, με βαμβάκι εμποτισμένο με οινόπνευμα.
- Τα χέρια πρέπει να σχηματίζουν γωνία 30° με τον κορμό και τα πόδια 45° μεταξύ τους,
- Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται ως εξής: τοποθετούμε το ένα pad στο δεξί χέρι κοντά στην πηχεοκαρπική άρθρωση και στο δεύτερο μετακάρπιο οστό της παλάμης όπου θα τοποθετήσουμε το μαύρο ηλεκτρόδιο.

- Το άλλο pad τοποθετείται στο δεξί πάλι χέρι μεταξύ του 2ου και του 3ου μετακάρπιου οστού της παλάμης όπου θα μπει το κόκκινο ηλεκτρόδιο. Στο δεξί πόδι θα τοποθετηθεί το μαύρο ηλεκτρόδιο κοντά στην ποδοκνημική άρθρωση και δίπλα στον έξω σφυρό ενώ το κόκκινο ηλεκτρόδιο θα τοποθετηθεί στο pad που βρίσκεται μεταξύ του 2ου και του 3ου μετατάρσιου οστού του πέλματος. Τα ηλεκτρόδια πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 4-5 εκατοστά για να αποφευχθεί η ηλεκτρική αλληλεπίδραση.



**<u>Γενικές οδηγίες προς τον εξεταζόμενο:</u>**

- Απαγορεύεται η πρόσληψη τροφής ή ποτού 4 ώρες πριν την εφαρμογή ΒΙΑ.
- Δεν επιτρέπεται καμία άσκηση 12 ώρες πριν την εφαρμογή ΒΙΑ.
- Ο εξεταζόμενος πρέπει να έχει ουρήσει 30 λεπτά πριν από την εφαρμογή ΒΙΑ.
- Απαγορεύεται η κατανάλωση αλκοόλ 48 ώρες πριν την εφαρμογή ΒΙΑ.
- Απαγορεύονται τα διουρητικά φάρμακα ή άλλα φράρμακα που σχετίζονται με την κατακράτηση υγρών επτά ημέρες πριν από την εφαρμογή ΒΙΑ.
- Απαγορεύεται η εφαρμογή του ΒΙΑ σε γυναίκες κατά την διάρκεια της εμμηνορρυσίας.

Στην έρευνα που κάναμε ενημερώσαμε το δείγμα μας να ακολουθήσει το πρωτόκολλο προκειμένου τα αποτελέσματα να αντιστοιχούν στην πραγματικότητα. Οι ενημερώσεις αυτές ήταν οι εξής:

**1η περίπτωση**: ώρα έναρξης μαθημάτων του σχολείου(08:00 π.μ.)*

- ✓ Καμία πρόσληψη τροφής και φαγητού πριν την εφαρμογή ΒΙΑ,
- ✓ Καμία σωματική άσκηση πριν την εφαρμογή ΒΙΑ,
- ✓ Ο εξεταζόμενος πρέπει να έχει ουρήσει 30 λεπτά πριν από την εφαρμογή ΒΙΑ,
- ✓ Όχι κατανάλωση αλκοόλ 48 ώρες πριν την εφαρμογή ΒΙΑ,
- ✓ Όχι διουρητικά φάρμακα ή άλλα φάρμακα που σχετίζονται με την κατακράτηση υγρών επτά ημέρες πριν από την εφαρμογή ΒΙΑ,
- ✓ Όχι στην εφαρμογή του ΒΙΑ σε γυναίκες κατά την διάρκεια της εμμηνορρυσίας.

**2η περίπτωση**: πρωινή ώρα 11:00-12:00π.μ.**

- ✓ Το πρωινό πρέπει να έχει ληφθεί κατά τις 7:00 π.μ. και να μη ληφθεί έπειτα καμία μορφή φαγητού ή ποτού πριν την εφαρμογή BIA,
- ✓ Καμία άσκηση 12 ώρες πριν την εφαρμογή BIA,
- ✓ Ο εξεταζόμενος πρέπει να έχει ουρήσει 30 λεπτά πριν από την εφαρμογή BIA,
- ✓ Όχι κατανάλωση αλκοόλ 48 ώρες πριν την εφαρμογή BIA,
- ✓ Όχι διουρητικά φάρμακα ή άλλα φάρμακα που σχετίζονται με την κατακράτηση υγρών επτά ημέρες πριν από την εφαρμογή BIA,
- ✓ Όχι στην εφαρμογή του BIA σε γυναίκες κατά την διάρκεια της εμμηνορρυσίας.

* αυτή η ώρα μας εξυπηρετεί για το λόγο ότι το δείγμα θα μπορεί να ξυπνήσει χωρίς να έχει φάει και χωρίς να έχει υποβληθεί νωρίτερα σε κανενός είδους άσκηση,

**η δεύτερη περίπτωση μας εξυπηρετεί για το λόγο ότι το δείγμα θα έχει τη δυνατότητα να πάρει πρωινό κατά τις 7:00π.μ. χωρίς να υπάρχει ώρα για να φάει πάλι κάτι ενδιάμεσα.

### 1.2.2.9. Εξισώσεις

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν, για την εύρεση της άνευ λίπους μάζας σώματος, στην διατροφική παρέμβαση μας είναι οι ακόλουθες:

Η εξίσωση του Schaefer et al. είναι[61]:

$wt - [(0{,}65 \cdot ht^2/I) + (0{,}68 \cdot age) + 0{,}15] / wt \cdot 100$

Η εξίσωση του Horlick et al. είναι[62]:

$wt - \{[3{,}474 + (0{,}459 \cdot ht^2/R) + (0{,}064 \cdot wt] / [0{,}769 - (0{,}009 \cdot age) - (0{,}016 \cdot sex)]\} / wt \cdot 100$

Η εξίσωση του Deurenberg et al. είναι[63]:

$wt - [-12{,}44 + 0{,}34 \cdot ht^2/R + 0{,}15134 \cdot ht + 0{,}273wt - 0{,}127 \cdot age + 4{,}56 \cdot sex] / wt \cdot 100$

Η εξίσωση του Sun et al. είναι[64]:

Για τις γυναίκες: $wt - [-9{,}529 + 0{,}696 \cdot ht^2/R + 0{,}168 \cdot wt + 0{,}016 \cdot R] / wt \cdot 100$

Για τους άνδρες: $wt - [-10{,}678 + 0{,}652 \cdot ht^2/R + 0{,}262 \cdot wt + 0{,}015 \cdot R] / wt \cdot 100$

όπου R: η βιοηλεκτρική αντίσταση, I: η εμπέδηση, ht: το ύψος (cm), wt: το βάρος (kg), age: η ηλικία, sex: το φύλο (0=γυναίκες, 1= άνδρες)

### 1.2.3. Αλληλεπίδραση στο Εγγύς Υπέρυθρο (Near Infared-NIR)

Η φασματοσκοπία στο εγγύς υπέρυθρο (Near Infared, NIR) χρησιμοποιείται εδώ και αρκετές δεκαετίες για την ανίχνευση ορισμένων ομάδων σε διάφορες χημικές ενώσεις και αποτελεί ένα

βασικό εργαλείο σε κάθε χημικό εργαστήριο. Βασίζεται στην απορρόφηση συγκεκριμένων μηκών κύματος από κάθε διαφορετική ουσία.

Το 1968 χρησιμοποιήθηκε για να μετρήσει την πρωτεΐνη, το λίπος, και την περιεκτικότητα σε νερό διαφόρων γεωργικών προϊόντων[65]. Σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως για τον ποσοτικό προσδιορισμό διαφόρων ενώσεων που περιέχουν χαρακτηριστικές χημικές ομάδες. Ένα απτό παράδειγμα είναι η χρήση της μεθόδου για τον ποσοτικό προσδιορισμό νερού μέσα σε διάφορα τρόφιμα με βάση τις χαρακτηριστικές απορροφήσεις του μορίου του νερού στα 1440 και στα 1930nm.

Σε ένα διάλυμα η απορρόφηση του φωτός **A**, στο μήκος κύματος που απορροφά η υπό εξέταση διαλυμένη ουσία είναι ευθέως ανάλογη της συγκέντρωσης **C** της διαλυμένης ουσίας, με βάση τη σχέση του Beer:

$$A = \log \frac{\mathbf{Io}}{\mathbf{I}} = \varepsilon \, l \, C$$

όπου **Io** είναι η ένταση της εισερχόμενης ακτίνας, **I** είναι η ένταση της ακτίνας μετά την απορρόφηση που υφίσταται, **ε** είναι ένας συντελεστής που χαρακτηρίζει την ουσία και το μήκος κύματος και **l** είναι το μήκος που διανύει η ακτίνα μέσα στο υλικό.

Οι Conway et al.[66] εφάρμοσαν αυτήν τη μέθοδο για την εκτίμηση της σύστασης σώματος χρησιμοποιώντας ένα μεγάλης ακρίβειας εργαστηριακό φασματογράφο NIR. Δουλεύοντας σε μήκη κύματος από 700nm έως και 1100nm, ανέπτυξαν μία εξίσωση που προέβλεπε το % BF σε καλή συμφωνία με μια πρότυπη μέθοδο (Υδρομετρία- Μέθοδος αραίωσης $D_2O$). Η αρχική αυτή εξίσωση αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας δείγμα 36 ατόμων και ακολούθως ελέχθηκε σε 17 άτομα με καλά αποτελέσματα. Λόγω της δυσκολίας της του φασματογράφου εκτός εργαστηρίου το σύστημα δεν ήταν φορητό, ήταν ακριβό και χρειαζόταν εξειδικευμένους χειριστές – χρειαζόταν να αναπτυχθεί ένα φορητό, φθηνό και εύχρηστο σύστημα για την εφαρμογή της νέας αυτής μεθόδου. Κάνοντας προσομοίωση της μεθόδου στον υπολογιστή οι Conway και Norris πρότειναν ένα όργανο μικρότερης ακρίβειας από αυτήν του αρχικού φασματογράφου, το οποίο θα ήταν κατάλληλο για μετρήσεις σε χώρους εκτός εργαστηρίου. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, αναπτύχθηκε μια εμπορική συσκευή NIR, η Futrex-5000, σε μια ποικιλία μοντέλων. Παρ'όλα αυτά, η ακρίβεια της μεθόδου αυτής – που ονομάσθηκε Near Infrared interactance (NIR) δηλαδή Αλληλεπίδραση στο εγγύς Υπέρυθρο- στην πρόβλεψη του %BF δεν ήταν τόσο μεγάλη όσο ήταν η πραγματική δυνατότητά της.

Οι συσκευές NIR υπολογίζουν το %BF μέσω της απορρόφησης (οπτικής πυκνότητας) της NIR ακτινοβολίας από τους ιστούς που βρίσκονται στους δικέφαλους μύες ή αντίστροφα, μέσω της διείσδυσης των ακτινών NIR μέσα στους μύες αυτούς. Η NIR είναι μία ελκυστική μέθοδος επειδή

είναι πρακτική, γρήγορη, ανώδυνη, εύκολη και μάλιστα χωρίς να απαιτεί την απέκδυση του ασθενούς.

### 1.2.3.1. Αρχή της μεθόδου

Η συσκευή ανάλυσης NIR μετρά έμμεσα τη σύσταση των ιστών σε λίπος και νερό και θεωρητικά μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά μέρη του σώματος. Η αρχή της μεθόδου είναι η ακόλουθη: η Εγγύς Υπέρυθρη (NIR) ακτινοβολία εκπέμπεται από πηγή NIR ακτινοβολίας. Εισέρχεται στον οστό, απορροφάται εν μέρει από αυτόν, ανακλάται από το υποκείμενο ιστό, επιστρέφει μέσω του ίδιου ιστού πίσω και απορροφάται εκ νέου απ' αυτόν και τέλος εξέρχεται από αυτόν και ανιχνεύεται από έναν ειδικό ανιχνευτή υπερύθρων σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Η απορρόφηση της NIR ακτινοβολίας εξαρτάται από τη σύσταση των ιστών (λίπος, ύδωρ και πρωτεΐνη) μέσω των οποίων περνά η NIR ακτινοβολία καθώς και από το συγκεκριμένο μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Τα μήκη κύματος στα οποία εμφανίζεται μέγιστη απορρόφηση για το καθαρό λίπος και το καθαρό νερό είναι 930nm και 970nm αντίστοιχα. Η τιμή της απορρόφησης σε αυτά τα δύο μήκη κύματος είναι συνάρτηση της ποσότητας του λίπους και του νερού που βρίσκονται στον ιστό. Τα όργανα Futrex-5000 μετρούν την απορρόφηση, σε δύο μήκη κύματος, στα 940nm ($I_1$) και 950nm ($I_2$). Δεν είναι εντελώς σαφές (καθότι δεν υπάρχουν πληροφορίες) γιατί ο κατασκευαστής δεν επέλεξε τα μήκη κύματος 930nm και 970nm που προσδιορίστηκαν ως κορυφές απορρόφησης για το λίπος και το ύδωρ αντίστοιχα. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι έχει να κάνει με τις διαθέσιμες πηγές ή ανιχνευτές ή με το εύρος διακύμανσης των μετρούμενων εντάσεων αφού ένα μεγάλο εύρος διακύμανσης στο μετρούμενο μέγεθος δίνει ένα μικρότερο σφάλμα μέτρησης.

### 1.2.3.2. Παρατηρήσεις για τη λειτουργία της μεθόδου

**1. Η ακτινοβολία NIR διαπερνά τους ιστούς σε ένα βάθος μέχρι 4cm και ανακλάται από το οστό πίσω στον ανιχνευτή.**

Επομένως, η μέθοδος μετρά ταυτόχρονα το υποδόριο και το ενδομυϊκό λίπος. Αν και ο κατασκευαστής το θεωρεί ως δεδομένο, δεν υπάρχουν αρκετά ερευνητικά δεδομένα για να τεκμηριώσουν αυτήν της υπόθεση. Σε συσχετίσεις όμως που έγιναν μεταξύ της NIR και δερματοπτυχομετρήσεων βρέθηκε καλή συσχέτιση μόνο σε αδύνατα και μετρίου πάχους άτομα και όχι σε παχύσαρκα άτομα.[viii] Αυτή η διαπίστωση καταδεικνύει ότι η ομαλή διείσδυση (μέχρι 4cm) της ακτινοβολίας NIR μπορεί να διαταραχθεί από τα στρώματα λίπους και τις ανωμαλίες στη σύνδεση μεταξύ λίπους- μυών, ειδικά στα άτομα που είναι παχύσαρκα και έχουν μεγάλες ποσότητες υποδόριου λίπους.

**2. Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της απορροφούμενης ενέργειας που μετράται στο δικέφαλο μυ και του συνολικού λίπους του σώματος.**

Όσο λιγότερη NIR ακτινοβολία φτάνει στον ανιχνευτή (δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση), τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα του υποδόριου λίπους. Σε γενικές γραμμές οι σχέσεις μεταξύ της απορρόφησης, του υποδόριου λίπους και του %BF εξαρτώνται από την περιοχή που μετριέται η απορρόφηση. Αρκετές έρευνες[67] έχουν δείξει μία ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ του μέτρου I και της δερματοπτυχομέτρησης στο δικέφαλο μυ (r=-0,66 έως -0,79) παρά σε άλλες περιοχές του σώματος (r=-0,01 έως -0,48). Το ίδιο είχε βρεθεί[68] σε συσχετίσεις μεταξύ του I και του %BF υπολογιζόμενου με μια πρότυπη μέθοδο, π.χ. με πυκνομετρία. Αυτό το συμπέρασμα είναι κάπως περίεργο δεδομένου ότι η περιοχή των δικέφαλων μυών συνήθως δεν χρησιμοποιείται στις εξισώσεις δερματοπτυχομνετρήσεων (π.χ. οι δερματοπτυχομετρήσεις σε τρία σημεία του σώματος δεν συμπεριλαμβάνουν τη μέτρηση στο δικέφαλο). Αυτό ίσως οφείλεται στο ότι το I επηρεάζεται όχι μόνο από το υποδόριο πάχος αλλά και από την εν γένει σύσταση (περιεκτικότητα σε λίπος και νερό) των άλλων ιστών (π.χ. του δέρματος, των μυών και των οστών). Έτσι ο συνδυασμός πάχους δέρματος και υποδόριου λίπους στους δικέφαλους μύες επιτρέπει την ικανοποιητική διείσδυση της NIR ακτίνας και επομένως το I μετρούμενο στους δικέφαλους μύες είναι ένας αρκετά καλός δείκτης του συνολικού λίπους του σώματος.

**3. Το φύλο και η ηλικία είναι ανεξάρτητες παράμετροι στη μέθοδο NIR.**

Διάφορες έρευνες έδειξαν ότι οι συσχετίσεις μεταξύ της NIR και μιας πρότυπης μεθόδου είναι λιγότερο διαφορετικές στους άνδρες απ' ότι στις γυναίκες. Επομένως στις ανάλογες εξισώσεις εκτίμησης του %BF με τη μέθοδο NIR υπεισέρχεται η παράμετρος του φύλου. Το ίδιο ισχύει και για την ηλικία.

Μία τυπική εξίσωση της μεθόδου NIR είναι η ακόλουθη:

$$\%BF= \alpha_0+\alpha_1\times(OD_1)+\alpha_2\times(OD_2)+\alpha_3\times(OD_3)+\alpha_4\times(OD_4)+A\times(BMI)+B\times(\text{Ηλικία})+C\times(\text{Φύλο})$$

όπου $OD_1$, $OD_2$, $OD_3$ και $OD_4$ είναι οι τιμές των οπτικών πυκνοτήτων σε ειδικά NIR μήκη κύματος , διαφορετικά για κάθε τύπο οργάνου Futrex. Όπως φαίνεται από την εξίσωση τόσο η ηλικία όσο και το φύλο επηρεάζουν την τελικά προβλεπόμενη τιμή του %BF που υπολογίζεται με το όργανο Futrex.

### 1.2.3.3. Τρόπος εφαρμογής

Στην παρακάτω εικόνα δείχνει το ακριβές σημείο του δικέφαλου μυ όπου μετράται η διείσδυση των υπέρυθρων ακτινών.

**Εικόνα 12:** Σημείο εφαρμογής Futrex

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της μεθόδου είναι τα εξής:

1. Πριν την κανονική μέτρηση το όργανο βαθμονομείται με συγκεκριμένα οπτικά πρότυπα που παρέχονται από τον κατασκευαστή του οργάνου. Οι τιμές $I_1$ και $I_2$ καταγράφονται από το όργανο το οποίο βαθμονομείται αυτόματα.
2. Προσδιορίζεται προσεκτικά και σημειώνεται το σημείο της μέτρησης πάνω στο δικέφαλο μυ. Συνήθως η μέτρηση γίνεται στο δεξί χέρι. Το σωστό σημείο μέτρησης είναι στο μέσο της νοητής γραμμής που ενώνει το άνω άκρο της πρόσθιας μασχαλιαίας γραμμής με το μέσο του πρόσθιου αγκωνιαίου βόθρου.
3. Ο αισθητήρας του οργάνου, βρίσκεται μαζί με την πηγή της υπέρυθρης ακτινοβολίας, και τοποθετείται, κάθετα στο σημείο της μέτρησης. Η εφαρμοζόμενη πίεση πρέπει να ισοδυναμεί με μια απλή χειραψία.
4. Ενώ ο αισθητήρας κρατείται σταθερά, ο εξεταστής πατάει με το αριστερό του χέρι το πλήκτρο «Enter» που βρίσκεται στη μετρητική συσκευή του οργάνου και σηματοδοτεί τη λήψη της μέτρησης. Συνήθως γίνονται δύο ή τρεις μετρήσεις.
5. Οι τιμές $I_1$ και $I_2$ εμφανίζονται στην οθόνη του οργάνου. Στο σημείο αυτό υπάρχουν δύο δυνατότητες: είτε χρησιμοποιούμε τις τιμές $I_1$ και $I_2$ σε κάποια ελεγμένη εκ των προτέρων εξίσωση για την οποία είμαστε σίγουροι για την εγκυρότητα της ή χρησιμοποιούμε τον αλγόριθμο του οργάνου που μας δίνει αυτόματα το %BF.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει και μια νεώτερη έκδοση του οργάνου Futrex που χρησιμοποιεί έξι μήκη κύματος με άγνωστη όμως για τους χρήστες εξίσωση. Ο κατασκευαστής ισχυρίζεται ότι με βάση αυτή την αλλαγή :

α/ δε χρειάζεται πλέον η παράμετρος του επιπέδου άθλησης στην χρησιμοποιούμενη εξίσωση,

β/ η αξιοπιστία του οργάνου είναι μεγαλύτερη από την έκδοση με τα δύο μήκη κύματος και τέλος

γ/ η εγκυρότητα του οργάνου μεγιστοποιείται.

### 1.2.3.4. Σφάλματα

Η μέθοδος NIR, σε αντίθεση με τη BIA και τη μέθοδο των δερματοπτυχομετρήσεων, φαίνεται πως είναι εύκολη, γρήγορη, χωρίς ειδικούς περιορισμούς για τον ασθενή, έχει επαναλήψιμες εκτιμήσεις και οι μετρήσεις μπορούν εύκολα να παρθούν ακόμα και από

ανεκπαίδευτο προσωπικό. Συνεπώς η μέθοδος αυτή είναι εύχρηστη για την κάθ' ημέρα πράξη. Όμως η αξιοπιστία των παλαιότερων μοντέλων (FUTREX- 5000) που χρησιμοποιούνταν για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής δεν ήταν και πολύ μεγάλη, σε αντίθεση βέβαια με τα νεότερα μοντέλα FUTREX-6100XL και FUTREX- 6100A/ZL. Η επαναληψιμότητα της μεθόδου ισχύει και για διαφορετικά όργανα FUTREX, του ίδιου όμως τύπου ( r> 0,97).[69]

Για την εγκυρότητα της NIR τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα καθότι για να αποτιμηθεί πρέπει να εφαρμοστεί μια πρότυπη μέθοδος συγχρόνως με τη NIR και κατόπιν να βρεθεί ο συντελεστής συσχέτισης r μεταξύ των δύο μεθόδων. Πιθανές πηγές σφαλμάτων για τη μέθοδο NIR είναι το ίδιο το όργανο, η ικανότητα του χειριστή, παράγοντες που οφείλονται στους εξεταζόμενους καθώς και οι εξισώσεις πρόβλεψης που χρησιμοποιούνται.

Τα όργανα NIR (Futrex) που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση σύστασης σώματος δεν έχουν, όπως είπαμε, την ίδια ακρίβεια με το μεγάλης ακρίβειας φασματογράφο που χρησιμοποιήθηκε στο αρχικό πείραμα. Επιπλέον, τα μέτρα της έντασης I που ανιχνεύουν τα όργανα ανάλυσης Futrex δεν έχουν ως τώρα συγκριθεί με τις αντίστοιχες τιμές ενός εργαστηριακού φασματογράφου μεγάλης ακρίβειας. Επίσης, αντίθετα από την αρχική μέθοδο που είχε βαθμονομηθεί μέσω της χημικής ανάλυσης του ύδατος, του λίπους και της πρωτεΐνης των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν (κομμάτια βόειου και χοιρινού κρέατος), τα αποτελέσματα των οργάνων Futrex δεν έχουν υποβληθεί ποτέ σε συσχέτιση με αποτελέσματα χημικών αναλύσεων. Ως εκ τούτου η ακρίβεια τους είναι απροσδιόριστη.

Η ικανότητα του χειριστή είναι η μικρότερη πηγή σφάλματος μέτρησης για τη μέθοδο NIR. Η διαφορά στις τιμές I, όταν μετριέται το ίδιο άτομο από δύο ανεξάρτητους χειριστές, είναι μικρή.[70] Για την ακρίβεια, βρέθηκε ότι οι διαφορές στις μετρήσεις μεταξύ διαφορετικών χειριστών ήταν μικρότερες για τις μετρήσεις NIR (2,2-2,4%) απ'ότι για τις δερματοπτυχομετρήσεις (2,8-8,8%).[71] Προφανώς λοιπόν, η μέθοδος NIR απαιτεί λιγότερη τεχνική κατάρτιση απ'ότι η μέθοδος των δερματοπτυχομετρήσεων. Και αυτό επειδή αρκεί ο αισθητήρας της μεθόδου NIR να τοποθετηθεί στο σωστό σημείο, ενώ στη δερματοπτυχομέτρηση είναι απαραίτητη η κατάλληλη απομόνωση του υποδόριου λίπους από τον υποκείμενο μυϊκό ιστό και αυτό απαιτεί εμπειρία και ιδιαίτερη ικανότητα. Εντούτοις, το μέγεθος της πίεσης που εφαρμόζει ο χειριστής πάνω στον αισθητήρα κατά τη διάρκεια της μέτρησης NIR μπορεί να έχει κάποιες διαφοροποιήσεις στις μετρούμενες τιμές I, οι οποίες μπορούν να φτάσουν έως και το 10% όταν εφαρμοστεί μεγάλη πίεση.[72]

Οι παράγοντες που αφορούν το εξεταζόμενο είναι ίσως η μεγαλύτερη πηγή σφάλματος και συμπεριλαμβάνουν το χρώμα του δέρματος, το επίπεδο ενυδάτωσης και το επίπεδο άσκησης. Συγκεκριμένα, τα σκούρα δέρματα όπως είναι φυσικό παρουσιάζουν μεγαλύτερη απορρόφηση στο εγγύς υπέρυθρο απ' ότι τα ανοιχτά δέρματα. Σε μια μελέτη που έγινε σε δείγμα Αμερικανών

ποδοσφαιριστών βρέθηκε ότι με τη μέθοδο NIR το %BF υποεκτιμήθηκε περισσότερο στους μαύρους (-7,3%), παρά στους λευκούς (-3,3%).[73]

Όσον αφορά το επίπεδο ενυδάτωσης του σώματος τη στιγμή της μέτρησης, μέχρις στιγμής θεωρείται ότι δεν παίζει μεγάλο ρόλο στην ακρίβεια της μεθόδου αυτό όμως δεν έχει ακόμη επιβεβαιωθεί.[cxi]

Τέλος, το επίπεδο άσκησης φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια της μεθόδου. [74] Όλοι όμως οι ερευνητές συμφωνούν ότι χρειάζεται ακόμη πολλή έρευνα στον τομέα αυτό, για να κατανοηθεί πλήρως πως οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν την ακρίβεια των εκτιμήσεων της μεθόδου NIR.

Σε γενικές γραμμές έχει βρεθεί ότι η μέθοδος NIR υποεκτιμά το επί τοις εκατό λίπος (%BF) από 2% έως και 10% ανάλογα με την περίπτωση και με το άτομο.[75] Το μέγεθος υποεκτίμησης φαίνεται ν α είναι ανάλογο της παχυσαρκίας, όσο πιο παχύσαρκο δηλαδή είναι ένα άτομο τόσο περισσότερο υποεκτιμάται το λίπος του με τη μέθοδο NIR. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού από τους ερευνητές που εφαρμόζουν τη μέθοδο ήταν η ανάπτυξη ίδιων εξισώσεων και η χρησιμοποίησή τους αντί των εξισώσεων του κατασκευαστή.[76]

### 1.2.3.5. Πρωτόκολλο Αλληλεπίδρασης στο εγγύς Υπέρυθρο

**<u>Τρόπος Εφαρμογής της μεθόδου NIR:</u>**

Πριν τη μέτρηση το όργανο πρέπει να βαθμονομείται με συγκεκριμένα οπτικά πρότυπα που παρέχονται από τον κατασκευαστή. Οι τιμές I1 και I2 καταγράφονται και το όργανο βαθμονομείται αυτόματα.

Προσδιορίζεται προσεκτικά η περιοχή που θα γίνει η μέτρηση, η οποία πρέπει να είναι η δεξιά πλευρά του σώματος. Το σωστό σημείο μέτρησης είναι στο μέσο της νοητής γραμμής που ενώνει το άνω άκρο της πρόσθιας μασχαλιαίας γραμμής με το μέσο του πρόσθιου αγκωνιαίου βόθρου. Η βάση στην οποία εισέρχεται ο αισθητήρας εφαρμόζεται στο χέρι του εξεταζόμενου με την οπή να δείχνει το ακριβές σημείο μέτρησης.

Ο αισθητήρας του οργάνου, ο οποίος είναι συγχρόνως και πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας, τοποθετείται μέσα στην οπή της βάσης, κάθετα στην περιοχή μέτρησης και η εφαρμοζόμενη πίεση πρέπει να ισοδυναμεί με μία απλή χειραψία.

Ενώ ο αισθητήρας κρατείται σταθερά, ο εξεταζόμενος πατάει με το αριστερό του χέρι το πλήκτρο “Enter” που βρίσκεται στη μετρητική συσκευή του οργάνου και σηματοδοτεί τη λήψη της μέτρησης. Συνήθως γίνονται δύο με τρεις μετρήσεις.

**Διαδικασία Μέτρησης:**

**1.**Μετακινούμε το διακόπτη στη θέση ON. Η οθόνη θα εμφανίσει το λογότυπο “FUTREX-6100XL” και έπειτα την τελευταία σύσταση σώματος του αναλυτή.

**2.**Το FUTREX-6100XL πρέπει να μηδενιστεί.

**3.**Για να ξεκινήσει η μέτρηση πρέπει να πατηθεί το “ENTER”. Έπειτα θα πρέπει να εισαχθούν οι παρακάτω παράμετροι:

-ID#--0 αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τον αλγόριθμο του οργάνου που θα μας δώσει αυτόματα το ποσοστό του λιπώδους ιστού (%BF),

-Φύλο του εξεταζόμενου, επιλέγουμε αρσενικό ή θηλυκό,

-Πλήρη ημερομηνία γέννησης,

-Ύψος σε cm ή σε in,

-Βάρος σε λίμπρες ή σε κιλά.

**4.** Η οθόνη μετά θα γράψει “έτοιμο για ανάγνωση” . Έπειτα τοποθετούμε τον αισθητήρα του οργάνου, στο μέσο του δικέφαλου μυ με σταθερή πίεση.

Προσοχή:

- ο βραχίονας και κατ’ επέκταση ο δικέφαλος μυς πρέπει να είναι χαλαρός. Ο εξεταζόμενος πρέπει να κάθεται και να στηρίζει το βραχίονά του σ’ένα τραπέζι.

- αποφυγή των μετρήσεων κάτω από δυνατό φωτισμό.

**5.** Πιέζουμε το πλήκτρο της εκκίνησης της μέτρησης και στην οθόνη εμφανίζεται ότι διαβάζει την απορρόφηση , Τη στιγμή αυτή δεν πρέπει να μετακινείται ο αισθητήρας . Όταν τελειώσει η μέτρηση εμφανίζεται στην οθόνη η ένδειξη να αφαιρέσουμε τον αισθητήρα και να πραγματοποιήσουμε την δεύτερη μέτρηση. Προσοχή:

- Όταν το μηχάνημα μας ειδοποιήσει να αφαιρέσουμε τον αισθητήρα και να πραγματοποιήσουμε τη δεύτερη μέτρηση, επανατοποθετούμε τον αισθητήρα στο ίδιο σημείο του δικέφαλου μυ (στο μέσο).

- Πατάμε ξανά το πλήκτρο της εκκίνησης της μέτρησης και στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη ότι διαβάζει την απορρόφηση.

- Έπειτα εκτυπώνεται το ποσοστό του λιπώδους ιστού.

- Τέλος, για να προσχωρήσομε στην επόμενη ένδειξη θα πρέπει να πατήσουμε την ένδειξη “clear”.

**6.** Όταν τελειώσουμε τις μετρήσεις γυρνάμε το διακόπτη στη θέση OFF για να τερματίσουμε τη λειτουργία του οργάνου. (Εάν για δύο λεπτά δεν πατηθεί κανένα πλήκτρο το μηχάνημα ηχεί ένα προειδοποιητικό μήνυμα και πάλι αν δεν πατηθεί οποιοδήποτε πλήκτρο σε δέκα δευτερόλεπτα σβήνει αυτόματα.)

## 2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Εδώ και πολλά χρόνια διάφορες έρευνες έχουν ως αντικείμενό τους τη μελέτη των διαφόρων μεθόδων μέτρησης της σύστασης του σώματος για την εύρεση της συσχέτισης που υπάρχει μεταξύ τους. Εξ όσων γνωρίζουμε οι μελέτες αυτές που αφορούν συσχετίσεις ανάμεσα σε:

- BMI και BIA
- BMI και SKF
- BMI και NIR
- BIA και SKF
- NIR και SKF

αναφέρονται παρακάτω.

### 2.1. Σχέση Δείκτη Μάζας Σώματος και ποσοστού λίπους που προέρχεται από τη Βιοηλεκτρική Εμπέδηση

Ο Samprei και οι συνεργάτες του [77] μελέτησαν κατά πόσο η βιοηλεκτρική εμπέδηση είναι καλύτερος δείκτης για το σωματικό λίπος από το BMI. Εξέτασαν 436 κορίτσια προ-εφηβικής και εφηβικής ηλικίας (10-11 ετών & 16-17 ετών) Ιαπωνικής και Καυκάσιας φυλής. Διαπίστωσαν ότι στην ηλικία των 10-11 ετών το BMI παρουσίαζε έναν καλό συσχετισμό με τη βιοηλεκτρική εμπέδηση αν και πολλές φορές υποτιμούσε το επίπεδο της παχυσαρκίας. Αντιθέτως στην ηλικία των 16-17 ετών το BMI δεν παρουσίαζε ικανοποιητική συσχέτιση με το BIA. Για το λόγο αυτό πρότειναν ότι το BMI δεν είναι ο πλέον κατάλληλος δείκτης για την εκτίμηση του σωματικού λίπους στην ηλικία αυτή και ότι θα πρέπει να επιλέγονται άλλες μέθοδοι ανάλογα με τη διαθεσιμότητα, το κόστος ή την τεχνική εμπειρία για μία καλύτερη προσέγγιση.

Ο Amani συνέκρινε τις μεθόδους της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και του δείκτη μάζα σώματος ως μεθόδους μέτρησης της σύστασης του σώματος για το προσδιορισμό της παχυσαρκίας σε γυναίκες από το Ιράν. Στη μελέτη αυτή έλαβαν μέρος 637 υγιείς, παντρεμένες, γυναίκες ηλικίας από 18-40 ετών. Διαπιστώθηκε ότι η παχυσαρκία γενικά αφορούσε το 50% του δείγματος, ενώ η κεντρική παχυσαρκία, το 1/5 του δείγματος. Η BIA και το BMI μπορούσαν να εντοπίσουν τις κανονικού βάρους και τις παχύσαρκες γυναίκες αλλά τα αποτελέσματά τους διαφοροποιούνταν στις λιπόσαρκες γυναίκες.[78]

Έχει γίνει επίσης προσπάθεια για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του δείκτη μάζας σώματος για την αξιολόγηση της παχυσαρκίας σε τουρκικό πληθυσμό. [79] Το δείγμα αποτέλεσαν 909 άτομα από τα οποία τα 249 ήταν άνδρες και οι 660 γυναίκες. Οι μέθοδοι μέτρησης σύστασης σώματος που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το BMI, η BIA και η DEXA ως μέθοδοι αναφοράς. Τα αποτελέσματα έδειξαν θετική συσχέτιση ανάμεσα στις μεθόδους BIA και DEXA στο % του

λιπώδους ιστού με p<0.001. Όμως οι τιμές του BMI έδειξαν να υποτιμούν την παχυσαρκία σε σχέση με τη BIA.

Ο Morimoto και οι συνεργάτες του προσπάθησαν να εντοπίσουν ενδεχόμενη σχέση μεταξύ του ποσοστού λίπους μετρούμενου με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και αυτού προσδιοριζόμενου από το δείκτη μάζας σώματος, σε ιαπωνικό πληθυσμό . [80] Το δείγμα ήταν 187 αγόρια και 163 κορίτσια ηλικίας 9-10 ετών και 137 αγόρια και 155 κορίτσια ηλικίας 12-13ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το BMI μπορεί να προβλέψει το %BF των κοριτσιών τόσο στην ηλικία των 9-10 όσο και στην ηλικία 12-13. Αντιθέτως η συσχέτιση ανάμεσα στα BMI και BIA στα αγόρια δεν ήταν τόσο ισχυρός.

Ο Bandini και οι συνεργάτες του μελέτησαν κατά πόσο η βιοηλεκτρική εμπέδηση είναι καλύτερος δείκτης για το σωματικό λίπος από το BMI και το πάχος της δερματικής πτυχής του τρικέφαλου. [81] Εξέτασαν 132 κορίτσια φυσιολογικού βάρους πριν την εμμηναρχή τους. Διαπίστωσαν ότι το BMI δε σχετίζεται ισχυρά με το ποσοστό του σωματικού λίπους και γι' αυτό δε το θεώρησαν καλύτερο δείκτη εκτίμησης της σωματικής σύστασης από το πάχος της δερματοπτυχομετρίας, του τρικέφαλου και του ΔΜΣ. Αντιθέτως η βιοηλεκτρική εμπέδηση βρέθηκε να είναι αξιόπιστη για τη μέτρηση της άλιπης μάζας σώματος, αλλά όχι καλύτερη από του πάχους της δερματική πτυχής του τρικέφαλου για την εκτίμηση του σωματικού λίπους.

Ο Chan και οι συνεργάτες του προσπάθησαν να εκτιμήσουν το συνολικό σωματικό λίπος σε παιδιά ηλικίας 8 έως 17ετών. Διαπίστωσαν ότι το BMI από μόνο του έδινε μια καλή εκτίμηση, η οποία αυξανόταν όταν χρησιμοποιούνταν μαζί με τη BIA. Η βιοηλεκτρική εμπέδηση από μόνη της παρουσίαζε μικρή συσχέτιση με το συνολικό σωματικό λίπος και γ' αυτό δεν την συνέστησαν ως ανεξάρτητη μέθοδο.[82]

Ο Tyrrell και οι συνεργάτες του θέλοντας να υπολογίσουν την ακρίβεια των μεθόδων της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και της ανθρωπομετρίας στην παιδική σωματική σύσταση εξέτασαν παιδιά από τρεις διαφορετικές εθνικότητες ηλικίας 5 έως 10 ετών. [83] Όλοι οι δείκτες είχαν παρόμοια συσχέτιση με το ποσοστό σωματικού λίπους και μάλιστα το BMI σχετιζόταν περισσότερο με τη λιπώδη μάζα. Καλύτερη όμως μέθοδος από όλους τους ανθρωπομετρικούς δείκτες ήταν η βιοηλεκτρική εμπέδηση που είχε την υψηλότερη συσχέτιση με την άλιπη μάζα, τη λιπώδη μάζα και το ποσοστό σωματικού λίπους.

### 2.2. Σχέση Δείκτη Μάζας Σώματος και ποσοστού λίπους που προέρχεται από τη μέτρηση Δερματοπτυχών

Ο δείκτης μάζας σώματος μπορεί να είναι πιο εύκολα υπολογίσιμος αλλά δεν είναι καλύτερος για τον υπολογισμό της συσσώρευσης του λίπους σε σχέση με τις δερματοπτυχές του

τρικέφαλου μυός. Γι' αυτό το BMI έχει γενικά μικρή ακρίβεια σε σχέση με τις δερματοπτυχές για την ανεύρεση της εναπόθεσης της λιπώδους μάζας, όταν πρόκειται για παιδιά.[84 85]

Ο Sardinha και οι συνεργάτες του σε μελέτη τους σε παιδιά της Πορτογαλίας, ηλικίας 10 έως 17 ετών, πρότειναν ως καταλληλότερη τη μέθοδο της μέτρησης της δερματοπτυχής του τρικέφαλου, γιατί έδινε τα καλύτερα αποτελέσματα για την παχυσαρκία, σε σχέση με το BMI και την περίμετρο του ανώτερου βραχίονα. Ο δείκτης μάζας σώματος θα μπορούσε να είναι η δεύτερη μέθοδος επιλογής στα δεκατετράχρονα αγόρια αφού μπορούσε οριακά να διακρίνει τα παχύσαρκα από τα μη παχύσαρκα. [86]

Μελέτη που έγινε σε 175 αγόρια ηλικίας 7 έως 17 ετών, στην Ισπανία, έδειξε ότι ο δείκτης μάζας σώματος είναι λιγότερο κατάλληλος για την πρόβλεψη του σωματικού λίπους σε σχέση με τη μέθοδο των δερματοπτυχών. [87] Η μελέτη αυτή προτείνει ένα συνδυασμό του BMI και του πάχους της δερματικής πτυχής του τρικέφαλου για την καλύτερη εκτίμηση της σωματικής σύστασης.

### 2.3. Σχέση Δείκτη Μάζας Σώματος και ποσοστού λίπους που προέρχεται από την Αλληλεπίδραση στο Εγγύς Υπέρυθρο (NIR)

Σε μελέτη που έγινε από τον Sampei και τους συνεργάτες τους αναζητώντας τη σχέση που πιθανώς να υπάρχει μεταξύ του BMI και άλλων μεθόδων, όπως η βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA), η απορροφησιομετρία στο εγγύς υπέρυθρο (NIR), και οι δερματοπτυχομετρήσεις εξήχθη το συμπέρασμα ότι το BMI υποεκτιμά την παχυσαρκία σε σύγκριση με το NIR και επομένως καθίσταται ακατάλληλος δείκτης για την εκτίμηση του σωματικού λίπους. [88]

Σε πληθυσμό της Βουδαπέστης πραγματοποιήθηκε έρευνα σε 2606 υγιή αγόρια και σε 2471 υγιή κορίτσια, ηλικίας 3-18 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος NIR δεν είχε καλό συσχέτιση με το BMI.[89]

### 2.4. Σχέση ποσοστού λίπους που προέρχεται από τη Βιοηλεκτρική Εμπέδηση και τη μέτρηση των Δερματοπτυχών

Ο Taqliabue και οι συνεργάτες του συνέκριναν του ποσοστού λίπους που προκύπτουν με τις μεθόδους της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και των δερματοπτυχών. [90] Εξετάστηκαν 40 άτομα (20 άνδρες και 20 γυναίκες) ηλικίας, 17- 33 ετών. Αποδείχθηκε ότι η συσχέτιση μεταξύ των τιμών που λήφθηκαν με τις δύο μεθόδους μέτρησης είναι γραμμικός και για τα δύο φύλλα.

Μια άλλη έρευνα πραγματοποιήθηκε για την εξακρίβωση της συσχέτισης της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και των ανθρωπομετρήσεων. Το δείγμα το αποτέλεσαν 365 υγιή παιδιά (188 αγόρια και 177 κορίτσια), ηλικίας 6-15ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αξιοπιστία της BIA στον

υπολογισμό της άλιπης μάζας σώματος (FFM) ήταν άριστη, με συντελεστή συσχέτισης για τα αγόρια 0,948 και για τα κορίτσια 0,945.[91]

Τέλος, σε μια άλλη έρευνα που διεξήχθη για την εξακρίβωση της αξιοπιστίας της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και των άλλων μεθόδων μετρήσεως της σύστασης σώματος εξετάστηκαν 64 παιδιά και βρέθηκε ότι ο συντελεστής συσχέτισης της BIA με τις δερματοπτυχομετρήσεις ήταν της τάξεως του 0,979-0,992. [92]

## 2.5. Σχέση ποσοστού λίπους που προέρχεται από την Αλληλεπίδραση στο Εγγύς Υπέρυθρο και την μέτρηση των Δερματοπτυχών

Ο Clark και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν μία έρευνα που είχε ως σκοπό την αξιολόγηση διαφόρων μεθόδων μέτρησης σύστασης σώματος για την εύρεση του ελάχιστου βάρους (ελάχιστο βάρος = $\frac{\mathbf{FFM}}{0,93}$) σε έφηβους αθλητές πάλης. [93] Ο σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να συγκριθεί η ακρίβεια του υπολογισμού του ελάχιστου βάρους με τις μεθόδους DEXA, BIA, NIR, και δερματοπτυχομετρήσεων με εφαρμογή της εξίσωσης Lohman που είναι:

$$\%BF = 100 * \left( \frac{\frac{1}{\mathbf{d_b}} - \frac{1}{\mathbf{d_{ffm}}}}{\frac{1}{\mathbf{d_{fat}}} - \frac{1}{\mathbf{d_{ffm}}}} \right) \text{ και } FFM = \left( \frac{1 - \%\mathbf{fat}}{100} \right) \times BW .$$

Στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν ανάμεσα στις δερματοπτυχομετρήσεις και τη BIA. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δερματοπτυχομετρήσεις παρείχαν ακριβέστερη πρόβλεψη του ελάχιστου βάρους έχοντας την καλύτερη συσχέτιση (r=0.972) σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν.

Άλλη μία μελέτη διεξήχθη με θέμα τη σύγκριση των μεθόδων: ζύγιση στο νερό, δερματοπτυχομετρήσεις σε 7 σημεία και αλληλεπίδραση στο εγγύς υπέρυθρο –NIR σε 8 σημεία.[94] Τα σημεία που εφαρμόστηκε το NIR ήταν: δικέφαλος μυς, τρικέφαλος μυς, μασχαλιαία πτυχή, στήθος, κοιλιά, μηρός, υποπλάτιος μυς και υπερλαγόνια πτυχή. Το συμπέρασμα ήταν ότι τον καλύτερο συντελεστή συσχέτισης είχαν οι δερματοπτυχομετρήσεις σε εφτά σημεία σε σχέση με το NIR σε οχτώ σημεία (r=0.94).

Ο Nemeth και οι συνεργάτες του προσπάθησαν να αξιολογήσουν το επίπεδο της παχυσαρκίας των παιδιών και των εφήβων από τη Βουδαπέστη με διαφορετικούς τρόπους και να συγκρίνουν τις εκτιμήσεις αυτές. [95] Το δείγμα ήταν ιδιαίτερα μεγάλο 2606 υγιή αγόρια και 2471 υγιή κορίτσια, 3-18 ετών ενώ οι μέθοδοι που αξιολογήθηκαν ήταν το BMI, το NIR και οι δερματοπτυχομετρήσεις. Περίπου το 20% του δείγματος αυτού μετρήθηκε με το Futrex 5000A (419

αγόρια και 462 κορίτσια) για να αξιολογηθεί το % σωματικό λίπος (BF). Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν μεταξύ τους και βρέθηκε ότι το NIR είχε μεγάλες αποκλίσεις από τις άλλες δύο μεθόδους. Οι μελετητές πρότειναν ότι απαιτείται περισσότερη έρευνα για τη μέθοδο της NIR σε παιδιά και εφήβους και να βελτιωθούν οι εξισώσεις πρόβλεψης του %BF.

## 3. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Όταν λέμε διατροφική παρέμβαση εννοούμε την παρέμβαση εκείνη που έχει ως στόχο τη ριζική αλλαγή ή ακόμα και την απλή βελτίωση της διατροφικής συμπεριφοράς ενός ατόμου ή μιας ομάδας ατόμων και αποσκοπεί στην πρόληψη κάποιων ασθενειών. Η διατροφική παρέμβαση στην παιδική και εφηβική ηλικία, καθώς και οι διατροφικές συνήθειες οι οποίες διαμορφώνονται στο διάστημα αυτό είναι πολύ δύσκολο να τροποποιηθούν κατά την ενήλικο ζωή. Τα παιδιά δεν μπορούν ενστικτωδώς να επιλέξουν μια υγιεινή και ισορροπημένη διατροφή και έτσι επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την οικογένεια, το σχολείο, το φιλικό περιβάλλον και την ευρύτερη κοινωνία. Το σχολείο είναι ένας ιδανικός χώρος και μέσο για την προαγωγή της υγιεινής διατροφής και την εκπαίδευση των μαθητών σε θέματα διατροφής.[96]

Ως πρωταρχικός στόχος της δημόσιας υγείας θα πρέπει να είναι η ανάπτυξη οικογενειακών προγραμμάτων πρόληψης της παιδικής παχυσαρκίας που να επικεντρώνονται στην καθοδήγηση των γονέων, για την καλλιέργεια σωστών προτύπων προτίμησης και επιλογής τροφίμων από τα παιδιά, έτσι ώστε να βοηθήσουν σε μια συνεπή τήρηση των οδηγιών υγιεινής διατροφής από τα παιδιά και να αναπτύξουν τις ικανότητές τους για την αυτορρύθμιση της διατροφής τους. Τα προγράμματα πρόληψης θα πρέπει να παρέχουν στους γονείς πληροφορίες για τη σωστή ποσότητα και ποιότητα των γευμάτων που παρέχονται στα παιδιά, τις ανάγκες των παιδιών σε θρεπτικά συστατικά και γενικά τις υγιείς συνήθειες και τον υγιεινό τρόπο ζωής. Με τον τρόπο αυτό θα αντιμετωπιστούν οι εξωγενείς παράγοντες από το περιβάλλον και την οικογένεια που ευθύνονται περισσότερο για την αύξηση των υπέρβαρων παιδιών και έτσι να μπορέσουν να ελεγχθούν οι γενετικοί παράγοντες που μπορεί να προδιαθέτουν σε παιδική παχυσαρκία.[97]

## 4. ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η διατροφική εκπαίδευση που πήραν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διατροφικής παρέμβασης και των μετρήσεων της σύστασης σώματος που κάναμε έχει ως σκοπό την απόκτηση των βασικών γνώσεων διατροφής που θα επιτρέψουν τη διαχείριση του διαιτολογίου τους ανάλογα με τις προσωπικές τους απαιτήσεις, τις προτιμήσεις τους, αλλά και τις δυνατότητές τους. Ο έλεγχος της διατροφικής αυτής παρέμβασης θα πρέπει να συνοδεύεται από μία σειρά απαραίτητων

μετρήσεων στα άτομα της ομάδας, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν: κλινική εξέταση από γιατρό, βιοχημική εξέταση αίματος, ανθρωπομετρήσεις, μέτρηση της σύστασης του σώματος.

Στα πλαίσια του προγράμματος διατροφικής παρέμβασης σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου στο νομό Λασιθίου έγιναν μετρήσεις της σύστασης του σώματός τους. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν πριν την έναρξη της διατροφικής παρέμβασης και επαναλήφθηκαν μετά από δύο μήνες περίπου μετά τη λήξη του προγράμματος. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν για να εκτιμηθεί η πιθανή πρόοδος του κάθε μαθητή όσον αφορά την ελάττωση του λίπους του ή την προσθήκη μυϊκής μάζας. Οι εξετάσεις περιελάμβαναν: (α) κλινική εξέταση, (β) ανθρωπομετρήσεις (π.χ. μέτρηση περιμέτρου της μέσης και του βραχίονα κ.τ.λ.), (γ) μέτρηση της σύστασης του σώματος με δυο διαφορετικά όργανα, (δ) λήψη διατροφικού ιστορικού με συμπλήρωση ερωτηματολογίου και (ε) καταγραφή φυσικής δραστηριότητας.

Ο τελικός στόχος ήταν η μείωση του κινδύνου νοσηρότητας και θνησιμότητας των ατόμων της υπό εξέτασης ομάδας πληθυσμού αλλά και η βελτίωση της ποιότητας ζωής τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το προτεινόμενο έργο χωρίζεται σε τρεις φάσεις εργασίας. Η Νομαρχία θα επιλέξει συγκεκριμένες τάξεις παιδιών ή εφήβων από ένα περιορισμένο αριθμό Σχολείων και Γυμνασίων/ Λυκείων του Νομού Λασιθίου. Στις ομάδες αυτές θα γλινει διατροφική παρέμβαση σε συμβουλευτικό επίπεδο. Οι φάσεις υλοποίησης του έργου είχε ως εξής:

**ΦΑΣΗ 1.** Μετρήσεις και εξετάσεις στα άτομα κάθε ομάδας. Συνολική αποτίμηση της κατάστασης πριν τη διατροφική παρέμβαση.
Η φάση αυτή περιλάμβανε μετρήσεις σύστασης σώματος με επιστημονικά όργανα, Βιοχημικές αναλύσεις αίματος και Ανθρωπομετρικές μετρήσεις. Επίσης συγκέντρωση, ταξινόμηση και ανάλυση αποτελεσμάτων. Πραδοτέα: Μετρήσεις και Αναφορά.

**ΦΑΣΗ 2.** Πραγματοποίηση διαλέξεων πάνω στη διατροφή.
Σε κάθε επιλεγμένη ομάδα πραγματοποιηθηκαν οκτώ δίωρες διαλέξεις, ειδικά διαμορφωμένες για εφήβους. Παραδοτέα: Διαλέξεις και Ενημερωτικό υλικό.

**ΦΑΣΗ 3.** Μετρήσεις και εξετάσεις στα άτομα κάθε ομάδας. Συνολική αποτίμηση της κατάστασης μετά τη διατροφική παρέμβαση.
Η φάση αυτή περιλάμβανε μετρήσεις σύστασης σώματος με επιστημονικά όργανα, Βιοχημικές αναλύσεις αίματος και Ανθρωπομετρικές μετρήσεις. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν δύο μήνες μετά το πέρας των διαλέξεων. Η φάση αυτή συμπεριλάμβανε επίσης και συγκέντρωση,

ταξινόμηση και ανάλυση των αποτελεσμάτων. Σύγκριση του πριν με το μετά. Αποτίμηση αποτελεσμάτων. Πραδοτέα: Μετρήσεις και Αναφορά.

**4.1. Δείγμα**

Η παρούσα μελέτη στόχο έχει να εξετάσει δείγμα 51 επιλεγμένων μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, αγοριών και κοριτσιών, ηλικίας 13 έως 19 ετών .

**4.2. Ανθρωπομετρία**

**4.2.1. Βάρος και Ύψος**

Το βάρος των παιδιών μετρήθηκε με τη χρησιμοποίηση 2 ζυγών ακριβείας με σφάλμα οργάνου ± 0,1kg (SECA & TEFAL Silhouette) χωρίς υποδήματα και με ελαφρύ ρουχισμό. Η μέτρηση του ύψους των παιδιών πραγματοποιήθηκε με σταθερό αναστημόμετρο ακρίβειας ± 0.5 cm, με μέτρο ακριβείας που είχε αναρτηθεί σε κάθετο τοίχο, ενώ τα παιδιά δεν φορούσαν υποδήματα και τοποθετούνταν σε ευθεία στάση σώματος με τα σφυρά ενωμένα, με το ινίο να εφάπτεται στον τοίχο, ενώ τα γόνατα ήταν ενωμένα και τα άνω άκρα χαλαρά. Η κάθετη προβολή του ύψους πάνω στο μέτρο ακριβείας γινόταν με κινητό τρίγωνο.

**4.2.2. Σωματικό λίπος**

Το σωματικό λίπος εκτιμήθηκε με ανθρωπομετρικές μεθόδους από το πάχος των δερματοπτυχών του τρικεφάλου και του υποπλατίου μυός , με δερματοπτυχόμετρο ακριβείας ± 0,2mm τύπου Harpenden. Οι μετρήσεις των δερματοπτυχών του τρικεφάλου γίνονταν σε όρθια θέση με το βραχίονα σε κάμψη $90^o$. Η μέτρηση κάθετης δίπλωσης έγινε στο μέσο της απόστασης μεταξύ των άκρων του ώμου και του αγκώνα ενώ οι μετρήσεις των δερματοπτυχών του υποπλατίου γίνονταν με την ψηλάφηση της κατώτερης γωνίας της ωμοπλάτης. Επειδή σε παχύσαρκα άτομα ο εντοπισμός του είναι σχετικά δύσκολος, ο/η εξεταζόμενος/ η έφεραν το χέρι τους πίσω από την πλάτη τους βοηθώντας έτσι στον εντοπισμό του σημείου. Στη συνέχεια επανέφεραν το χέρι τους δίπλα στον κορμό και καταγραφόταν η πτυχή 1cm περίπου κάτω από την κατώτερη γωνία της ωμοπλάτης. Η δερματική πτυχή είναι διαγώνια με κλίση περίπου $45^o$ προς το οριζόντιο επίπεδο του σώματος.

Οι μετρήσεις καταγράφονταν στο $3^o$ δευτερόλεπτο εφαρμογής του δερματοπτυχόμετρου και έγιναν 3 φορές από δύο εξεταστές και η λήψη της μέτρησης έβγαινε από το μέσο όρο των μετρήσεων, μετά από απόρριψη ακραίων μετρήσεων σύμφωνα με το κριτήριο Chauvenet. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε όρθια θέση, στη δεξιά πλευρά του σώματος. Στη συνέχεια με εξισώσεις ανθρωπομετρίας εκτιμήθηκε το ποσοστό του σωματικού λίπους και η λιπώδης μάζα : FM(Kg)= % BF ×Σωματικό Βάρος.

Επιπλέον, το % σωματικό λίπος εκτιμήθηκε και με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης με τη χρήση του αναλυτή AKERN STA/BIA (soft tissue analyzer/ bioimpedance analyzer) και επεξεργασία των αποτελεσμάτων με το πρόγραμμα Bodygram 1.1.2. Οι παράμετροι που ελέγχθηκαν ήταν: η Γωνία Φάσης (PA), ο ΔΜΣ (BMI), ο Δείκτης Κυτταρικής Μάζας Σώματος (BCMI), ο Βασικός Μεταβολισμός (BMR), η Μάζα Λιπώδους Ιστού, η Ελεύθερη Λίπους Μάζα Σώματος, η Κυτταρική Μάζα, η Μυϊκή Μάζα, τα Συνολικά Υγρά Σώματος, τα Εξωκυτταρικά Υγρά και τα Ενδοκυτταρικά Υγρά.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν με τοποθέτηση του εξεταζόμενου σε ύπτια θέση, σε μη αγώγιμη επιφάνεια, για τουλάχιστον 5 λεπτά με τα χέρια να σχηματίζουν γωνία $30^o$ με τον κορμό και τα πόδια γωνία $45^o$ μεταξύ τους. Είχε ελεχθεί ότι οι εξεταζόμενοι τηρούσαν τις προϋποθέσεις του πρωτοκόλλου. Το πρωτόκολλο της μέτρησης ήταν σύμφωνο με τα πορίσματα δύο Διεθνών Συνεδρίων για τη βιοηλεκτρική εμπέδηση. Οι μετρήσεις έγιναν ως εξής:

- Η περιοχή του δέρματος που εφαρμόστηκαν τα ηλεκτρόδια είχε καθαριστεί με οινόπνευμα.
- Οι μετρήσεις έγιναν σε περιβάλλον κανονικής θερμοκρασίας και η θερμοκρασία του σώματος ήταν σε φυσιολογικά όρια.
- Πριν τις μετρήσεις απομακρύνονταν όλα τα κοσμήματα.
- Τα άτομα ξάπλωναν σε μία μη αγώγιμη επιφάνεια με τα πόδια ελαφρώς απομακρυσμένα το ένα από το άλλο και τα χέρια σε μικρή απόσταση, αλλά όχι σε επαφή με τον κορμό.
- Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν μέσα στα πέντε πρώτα λεπτά από τη στιγμή που το άτομο ξάπλωνε, προς αποφυγή ανακατανομής των υγρών από τα πόδια προς τον κορμό.[98]

Η μέτρηση γινόταν πάντα στο δεξί χέρι και πόδι και τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν όπως προβλέπουν οι οδηγίες του αναλυτή, δηλαδή τα μεν ηλεκτρόδια πηγής στις οπίσθιες επιφάνειες των δεξιών άκρων αντίστοιχα τα δε ηλεκτρόδια ανίχνευσης στον δεξιό καρπό μεταξύ κερκίδας και ωλένης (στυλοειδής απόφυση) και στον αστράγαλο ανάμεσα στον έσω και έξω σφυρό.

Τέλος για τη μέτρηση του % λιπώδους ιστού χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος της αλληλεπίδρασης στο εγγύς υπέρυθρο (NIR) με τη βοήθεια του μηχανήματος FUTREX-6100XL. Μετρήθηκαν τα ODs στα 6 μήκη κύματος ($\lambda_1$= 810nm, $\lambda_3$= 932nm, $\lambda_4$= 944nm, $\lambda_5$= 976nm) στα οποία μετράει το όργανο και επιπλέον το ποσοστό λίπους που υπολογίζεται από την ενσωματωμένη σ'αυτό εξίσωση. Όλες οι μετρήσεις έγιναν στο μέσον του δικεφάλου μυός. Η εφαρμογή του μηχανήματος γινόταν και από τις δύο πλευρές (τρείς επαναλήψεις από κάθε πλευρά). Σε κάθε

μέτρηση OD εφαρμόστηκε το κριτήριο Chauvenet για απόρριψη ακραίων μετρήσεων και μετά απ' αυτό υπολογίστηκε ο μέσος όρος.

### 4.2.3. Περιφέρειες

Η περίμετρος του βραχίονα μετρήθηκε στο μέσο της απόστασης από το ακρώμιο ως το ωλέκρανο. Ο εξεταζόμενος στέκονταν όρθιος αφήνοντας το χέρι να κρέμεται χαλαρό δίπλα στο σώμα και με την παλάμη στραμμένη προς το μηρό. Η μέτρηση γίνονταν με χρήση μετροταινίας. Πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις από δύο διαφορετικούς εξεταστές και λήφθηκε ο μέσος όρος αυτών.

## 4.3. Αξιολόγηση του Δείκτη Μάζας Σώματος των παιδιών

Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (μάζα / ύψος$^2$) χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα άτομα που είναι παχύσαρκα, υπέρβαρα, κανονικά ή λιποβαρή. Εντούτοις για κάθε δεδομένο εύρος BMI υπάρχει μια αξιοσημείωτη μεταβλητότητα στη σύσταση του ανθρώπινου σώματος. Επειδή το BMI δε λαμβάνει υπόψη τη σύσταση του σώματος του ατόμου, μπορούμε να οδηγηθούμε σε λάθος ταξινομησεις των ασθενών μεταξύ των διαφορετικών ομάδων παθογένειας όταν χρησιμοποιείται μόνο αυτός ο δείκτης και όχι κάποια άλλη έγκυρη μέθοδος. Η παχυσαρκία, επομένως, μπορεί να οριστεί καλύτερα ως μια υπερβολική ποσότητα λίπους σχετικά με το βάρος του σώματος (% λίπος πάνω από ένα όριο).

Επομένως για να ταξινομηθούν τα διάφορα όρια πάχους χρησιμοποιήσαμε το όρο σχετικό λίπος ή επί τοις εκατό ποσότητα λίπους του σώματος % BF (percent Body Fat). Το σχετικό λίπος σωμάτων είναι η μάζα του λίπους που εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής μάζας του σώματος {[ %BF = (μάζα λίπους/ μάζα σώματος) × 100]. Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τα συνιστώμενα πρότυπα όρια διακύμασης του %BF για τα παιδιά. Όπως φαίνεται τα όρια παχυσαρκίας ποικίλλουν ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και τη φυσική δραστηριότητα.

| **ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ %BF ΓΙΑ ΜΗ ΑΘΛΟΥΜΕΝΟΥΣ** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Μη συνιστώμενος** | **Χαμηλός** | **Μέσος** | **Ανώτερος** | **Παχυσαρκία** |
| **6-17** | | | | | |
| Άρρεν | <5 | 5 - 10 | 11 - 25 | 26 – 31 | >31 |
| Θήλυ | <12 | 12-15 | 16-30 | 31-36 | >36 |
| **17-34** | | | | | |
| Άρρεν | <8 | 8 | 13 | 22 | >22 |
| Θήλυ | <20 | 20 | 28 | 35 | >35 |

| ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ %BF ΓΙΑ ΑΘΛΟΥΜΕΝΟΥΣ | | | |
|---|---|---|---|
| | **Χαμηλός** | **Μέσος** | **Ανώτερος** |
| **18-34** | | | |
| Άρρεν | 5 | 10 | 15 |
| Θήλυ | 16 | 23 | 28 |

**Πίνακας 6**[8]

## 5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

### 5.1. Βιοηλεκτρική Εμπέδηση

Οι 1ες μετρήσεις αναφέρονται στις μετρήσεις που έγιναν πριν τη διατροφική παρέμβαση ενώ οι 2ες μετρήσεις έγιναν αφότου είχε ολοκληρωθεί η διατροφική παρέμβαση προκειμένου να δούμε τα αποτελέσματά της στο δείγμα.

Οι κωδικοί μπήκαν από τους παρατηρητές προκειμένου να διατηρηθεί η ανωνυμία του δείγματος.

**1ες μετρήσεις**

| Κωδικοί | ΗΛΙΚΙΑ | ΦΥΛΟ | ΜΑΖΑ | ΥΨΟΣ | R | Xc | BIA Ζυγαριά TEFAL %BF | BIA Schaefer %BF | BIA Horlick %BF | BIA Deurenberg %BF | BIA Sun %BF | BIA Bodygram | BMI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I1** | 17 | 0 | 51,1 | 1,59 | 869 | 98 | **30,1** | **40,3** | **36,2** | **34,2** | **35,0** | **34,8** | **20,2** |
| **I2** | 17 | 0 | 74,9 | 1,71 | 594 | 55 | **30,7** | **41,8** | **33,1** | **34,8** | **37,5** | **34,8** | **25,6** |
| **I3** | 17 | 0 | 90,6 | 1,71 | 643 | 76 | **40,9** | **54,7** | **46,0** | **42,8** | **47,4** | **46,4** | **31,0** |
| **I4** | 16 | 0 | 66,7 | 1,63 | 624 | 71 | **32,7** | **42,2** | **34,5** | **35,2** | **38,1** | **34,5** | **25,1** |
| **I5** | 16 | 0 | 54 | 1,55 | 685 | 78 | **30,2** | **37,6** | **31,8** | **33,4** | **35,3** | **33,0** | **22,5** |
| **I6** | 16 | 0 | 65,2 | 1,7 | 608 | 61 | **27,6** | **35,9** | **27,7** | **30,1** | **32,2** | **28,8** | **22,6** |
| **I7** | 16 | 0 | 64,5 | 1,72 | 633 | 70 | **27,1** | **36,1** | **27,9** | **29,6** | **31,8** | **28,8** | **21,8** |
| **I8** | 16 | 0 | 59,6 | 1,71 | 646 | 69 | **25,2** | **32,4** | **24,7** | **27,1** | **29,0** | **26,3** | **20,4** |
| **I9** | 16 | 0 | 55,5 | 1,53 | 648 | 68 | **32,3** | **38,0** | **31,9** | **34,4** | **36,4** | **32,8** | **23,7** |
| **I10** | 16 | 0 | 57,4 | 1,69 | 715 | 72 | **27,4** | **35,8** | **29,0** | **29,1** | **31,4** | **28,6** | **20,1** |
| **I11** | 16 | 0 | 63,7 | 1,62 | 635 | 72 | **33,3** | **40,8** | **33,4** | **34,3** | **37,1** | **33,3** | **24,3** |
| **I12** | 17 | 0 | 44,2 | 1,52 | 782 | 80 | **19,2** | **30,3** | **27,0** | **30,2** | **29,9** | **27,1** | **19,1** |
| **I13** | 17 | 0 | 73,1 | 1,69 | 683 | 78 | **36,0** | **47,0** | **39,3** | **37,8** | **41,5** | **39,4** | **25,6** |
| **I14** | 17 | 1 | 82,5 | 1,76 | 586 | 70 | **26,7** | **44,5** | **33,3** | **30,4** | **34,3** | **32,2** | **26,6** |
| **I15** | 17 | 0 | 62,5 | 1,71 | 709 | 74 | **28,2** | **38,6** | **31,4** | **31,7** | **34,4** | **32,0** | **21,4** |
| **I16** | 16 | 0 | 82,6 | 1,68 | 583 | 60 | **38,1** | **48,8** | **40,0** | **39,1** | **42,7** | **40,3** | **29,3** |
| **I17** | 17 | 1 | 73,8 | 1,75 | 550 | 71 | **21,4** | **35,5** | **23,8** | **24,3** | **27,9** | **24,7** | **24,1** |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I18** | 17 | 0 | 78,1 | 1,67 | 562 | 56 | **35,1** | **43,9** | **35,0** | **37,0** | **39,7** | **36,9** | **28,0** |
| **I19** | 17 | 0 | 61,6 | 1,65 | 611 | 60 | **28,6** | **34,2** | **26,6** | **30,7** | **32,5** | **28,4** | **22,6** |
| **I20** | 17 | 1 | 88 | 1,78 | 520 | 64 | **25,0** | **42,0** | **29,8** | **29,5** | **31,9** | **29,4** | **27,8** |
| **I21** | 17 | 1 | 93,1 | 1,8 | 485 | 58 | **25,8** | **41,1** | **28,2** | **29,4** | **30,7** | **28,2** | **28,7** |
| **I22** | 19 | 1 | 96,3 | 1,85 | 464 | 52 | **22,9** | **37,0** | **22,4** | **27,9** | **27,7** | **25,6** | **28,1** |
| **I23** | 19 | 1 | 65,9 | 1,72 | 471 | 61 | **14,9** | **18,7** | **4,8** | **15,9** | **17,1** | **12,4** | **22,3** |
| **I24** | 16 | 1 | 117,8 | 1,78 | 401 | 47 | **34,9** | **47,3** | **34,1** | **35,1** | **34,0** | **32,3** | **37,2** |
| **I25** | 16 | 1 | 66,6 | 1,83 | 523 | 53 | **7,5** | **21,3** | **8,5** | **12,7** | **15,4** | **12,2** | **19,9** |
| **I26** | 16 | 1 | 88,4 | 1,74 | 503 | 54 | **26,5** | **43,5** | **31,7** | **30,6** | **32,9** | **30,1** | **29,2** |
| **I27** | 16 | 1 | 58,7 | 1,64 | 498 | 62 | **15,3** | **21,9** | **10,4** | **15,4** | **19,3** | **13,5** | **21,8** |
| **I28** | 17 | 0 | 49,7 | 1,54 | 685 | 85 | **29,8** | **31,5** | **26,4** | **30,9** | **31,8** | **26,8** | **21,0** |
| **I29** | 17 | 0 | 120,7 | 1,82 | 564 | 50 | **47,3** | **58,8** | **48,7** | **45,1** | **49,8** | **50,4** | **36,4** |
| **I30** | 17 | 0 | 60,5 | 1,65 | 641 | 73 | **29,8** | **35,3** | **28,0** | **31,1** | **33,1** | **29,3** | **22,2** |
| **Σ1** | 16 | 0 | 65,1 | 1,66 | 696 | 77 | **31,5** | **43,8** | **36,6** | **35,1** | **38,4** | **35,8** | **23,6** |
| **Σ2** | 17 | 0 | 66,7 | 1,63 | 665 | 81 | **34,6** | **43,8** | **36,5** | **36,7** | **39,8** | **36,7** | **25,1** |
| **Σ3** | 16 | 0 | 52,7 | 1,64 | 617 | 86 | **25,4** | **25,8** | **18,5** | **24,3** | **25,0** | **20,1** | **19,6** |
| **Σ4** | 16 | 0 | 55,4 | 1,67 | 690 | 85 | **27,1** | **33,0** | **26,1** | **27,8** | **29,7** | **26,2** | **19,9** |
| **Σ5** | 14 | 0 | 48,9 | 1,7 | 763 | 80 | **23,3** | **30,2** | **23,7** | **22,1** | **23,8** | **24,9** | **16,9** |
| **Σ6** | 14 | 0 | 39,1 | 1,56 | 714 | 88 | **24,0** | **19,0** | **14,0** | **18,2** | **17,7** | **22,5** | **16,1** |
| **Σ7** | 16 | 0 | 62,4 | 1,64 | 646 | 70 | **31,1** | **39,2** | **31,9** | **32,9** | **35,5** | **31,9** | **23,2** |
| **Σ8** | 15 | 0 | 63 | 1,675 | 632 | 76 | **30,3** | **38,1** | **30,2** | **30,7** | **33,2** | **29,8** | **22,5** |
| **Σ9** | 17 | 0 | 59,4 | 1,54 | 641 | 70 | **34,8** | **40,0** | **33,7** | **36,3** | **38,6** | **34,0** | **25,0** |
| **Σ10** | 17 | 0 | 55,8 | 1,55 | 781 | 84 | **34,2** | **43,4** | **38,4** | **37,5** | **39,5** | **37,5** | **23,2** |
| **Σ11** | 15 | 0 | 62,2 | 1,59 | 589 | 72 | **30,7** | **38,8** | **31,1** | **33,1** | **35,3** | **30,7** | **24,6** |
| **Σ12** | 16 | 0 | 117,2 | 1,615 | 529 | 53 | **57,9** | **63,4** | **54,1** | **49,6** | **54,8** | **48,2** | **44,9** |
| **Σ13** | 15 | 0 | 80 | 1,69 | 607 | 56 | **36,0** | **49,0** | **40,5** | **38,2** | **42,0** | **37,4** | **28,0** |
| **Σ14** | 15 | 0 | 58,1 | 1,62 | 717 | 70 | **29,8** | **41,4** | **34,9** | **33,2** | **36,0** | **34,3** | **22,1** |
| **Σ15** | 15 | 0 | 90,1 | 1,57 | 598 | 62 | **48,9** | **58,9** | **50,7** | **46,3** | **51,3** | **45,6** | **36,6** |
| **Σ16** | 13 | 0 | 122,4 | 1,68 | 530 | 60 | **57,8** | **64,6** | **55,2** | **48,4** | **53,8** | **47,4** | **43,4** |
| **Σ17** | 14 | 0 | 54,1 | 1,6 | 695 | 72 | **29,0** | **38,1** | **31,5** | **30,5** | **32,9** | **31,1** | **21,1** |
| **Σ18** | 16 | 0 | 53,4 | 1,57 | 740 | 73 | **30,3** | **39,0** | **33,5** | **33,5** | **35,5** | **34,5** | **21,7** |
| **Σ19** | 16 | 0 | 51,1 | 1,5 | 711 | 84 | **32,7** | **38,4** | **33,4** | **34,9** | **36,5** | **32,1** | **22,7** |

## 2ες μετρήσεις

| **Κωδικοί** | **ΗΛΙΚΙΑ** | **ΦΥΛΟ** | **ΜΑΖΑ** | **ΥΨΟΣ** | **R** | **Xc** | **BIA Ζυγαριά TEFAL %BF** | **BIA Schaefer %BF** | **BIA Horlick %BF** | **BIA Deurenberg %BF** | **BIA Sun %BF** | **BIA Bodygram** | **BMI** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I1** | 17 | 0 | 51,4 | 1,59 | 824 | 77 | **14,9** | **38,6** | **34,2** | **33,5** | **34,5** | **33,1** | **20,3** |
| **I2** | 16 | 0 | 70,5 | 1,71 | 598 | 57 | **20,7** | **38,6** | **34,2** | **33,4** | **34,5** | **32,1** | **24,1** |
| **I3** | 16 | 0 | 86,2 | 1,7 | 616 | 63 | **33,3** | **51,2** | **42,5** | **40,9** | **44,9** | **43,3** | **29,8** |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I4** | | | | | | | | | | | | | |
| **I5** | 15 | 0 | 54,8 | 1,545 | 653 | 77 | **16,3** | **36,8** | **30,6** | **33,2** | **35,1** | **31,6** | **23,0** |
| **I6** | | | | | | | | | | | | | |
| **I7** | | | | | | | | | | | | | |
| **I8** | 15 | 0 | 60,7 | 1,69 | 631 | 70 | **16,4** | **33,7** | **25,8** | **28,5** | **30,4** | **27,3** | **21,3** |
| **I9** | 15 | 0 | 53,8 | 1,51 | 660 | 71 | **17,3** | **38,0** | **32,3** | **34,7** | **36,6** | **33,3** | **23,6** |
| **I10** | 16 | 0 | 59,8 | 1,68 | 724 | 74 | **17,0** | **39,4** | **32,6** | **31,6** | **34,4** | **31,9** | **21,2** |
| **I11** | | | | | | | | | | | | | |
| **I12** | | | | | | | | | | | | | |
| **I13** | | | | | | | | | | | | | |
| **I14** | 16 | 1 | 85 | 1,755 | 521 | 61 | **22,0** | **41,3** | **29,3** | **29,2** | **31,8** | **28,8** | **27,6** |
| **I15** | | | | | | | | | | | | | |
| **I16** | 16 | 0 | 83,6 | 1,685 | 560 | 59 | **31,4** | **47,6** | **38,6** | **38,5** | **41,7** | **39,4** | **29,4** |
| **I17** | | | | | | | | | | | | | |
| **I18** | 17 | 0 | 77,9 | 1,675 | 561 | 58 | **26,6** | **43,5** | **34,5** | **36,6** | **39,2** | **36,5** | **27,8** |
| **I19** | 16 | 0 | 58,8 | 1,67 | 601 | 56 | **14,7** | **29,0** | **21,2** | **27,1** | **28,1** | **24,0** | **21,1** |
| **I20** | | | | | | | | | | | | | |
| **I21** | 16 | 1 | 87,9 | 1,805 | 473 | 54 | **19,7** | **36,1** | **22,8** | **26,0** | **26,8** | **24,0** | **27,0** |
| **I22** | | | | | | | | | | | | | |
| **I23** | 18 | 1 | 62,1 | 1,7 | 508 | 67 | **9,5** | **19,9** | **17,1** | **16,1** | **19,0** | **14,9** | **21,5** |
| **I24** | 16 | 1 | 103,6 | 1,785 | 413 | 46 | **24,9** | **41,2** | **27,9** | **30,5** | **29,6** | **27,2** | **32,5** |
| **I25** | | | | | | | | | | | | | |
| **I26** | 17 | 1 | 83,9 | 1,75 | 495 | 52 | **19,4** | **39,2** | **27,1** | **27,4** | **29,6** | **26,4** | **27,4** |
| **I27** | | | | | | | | | | | | | |
| **I28** | 17 | 0 | 49 | 1,55 | 667 | 78 | **14,0** | **28,6** | **23,3** | **29,0** | **29,7** | **24,3** | **20,4** |
| **I29** | 16 | 0 | 104,5 | 1,83 | 568 | 47 | **39,8** | **52,2** | **42,2** | **40,6** | **44,4** | **44,2** | **31,2** |
| **I30** | 17 | 0 | 61,9 | 1,655 | 628 | 70 | **18,0** | **35,6** | **28,0** | **31,3** | **33,3** | **29,5** | **22,6** |
| **Σ1** | 16 | 0 | 68,1 | 1,65 | 691 | 74 | **22,3** | **46,4** | **39,1** | **37,1** | **40,7** | **38,2** | **25,0** |
| **Σ2** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ3** | 16 | 0 | 51,7 | 1,64 | 655 | 85 | **13,2** | **27,5** | **20,7** | **25,0** | **26,1** | **21,6** | **19,2** |
| **Σ4** | 16 | 0 | 55,7 | 1,675 | 691 | 77 | **14,5** | **33,1** | **26,2** | **27,8** | **29,7** | **26,3** | **19,9** |
| **Σ5** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ6** | 14 | 0 | 40,4 | 1,58 | 780 | 87 | **9,6** | **24,9** | **20,1** | **21,0** | **20,8** | **23,4** | **16,2** |
| **Σ7** | 16 | 0 | 60,1 | 1,646 | 660 | 71 | **18,0** | **37,5** | **30,3** | **31,5** | **33,9** | **30,3** | **22,2** |
| **Σ8** | 15 | 0 | 60,6 | 1,675 | 669 | 80 | **17,8** | **38,3** | **30,8** | **30,4** | **33,1** | **30,6** | **21,6** |
| **Σ9** | 17 | 0 | 61,6 | 1,545 | 668 | 63 | **21,8** | **39,8** | **33,0** | **36,3** | **38,5** | **33,7** | **25,8** |
| **Σ10** | 16 | 0 | 56,7 | 1,565 | 731 | 79 | **18,6** | **41,2** | **35,6** | **36,0** | **38,3** | **35,1** | **23,2** |
| **Σ11** | | | | | 657 | 74 | | | | | | | |
| **Σ12** | 15 | 0 | 115,7 | 1,605 | 554 | 51 | **65,7** | **64,5** | **55,4** | **50,3** | **55,8** | **49,3** | **44,9** |
| **Σ13** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ14** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ15** | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Σ16** | 13 | 0 | 120,2 | 1,66 | 548 | 60 | **69,8** | **65,5** | **56,3** | **49,0** | **54,7** | **48,3** | **43,6** |
| **Σ17** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ18** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ19** | | | | | | | | | | | | | |
| **Σ101** | 15 | 1 | 111,2 | 1,66 | 445 | 40 | **42,3** | **54,6** | **43,2** | **39,7** | **41,1** | **39,8** | **40,4** |
| **Σ102** | 16 | 0 | 46 | 1,6 | 678 | 70 | **11,0** | **24,5** | **19,1** | **23,7** | **24,1** | **19,5** | **18,0** |

### 5.1.1. Αποτελέσματα βιοηλεκτρικής εμπέδησης

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που δείχνουν το επί της εκατό ποσοστό του σωματικού λίπους του δείγματος μας με βάση της διάφορες εξισώσεις που χρησιμοποιήσαμε, των Schaefer et al[99], των Horlick et al[100], των Deurenberg et al[101] και των Sun et al[102]. Οι εξισώσεις αυτές έχουν συγκριθεί μεταξύ τους εφαρμόζοντας τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων.

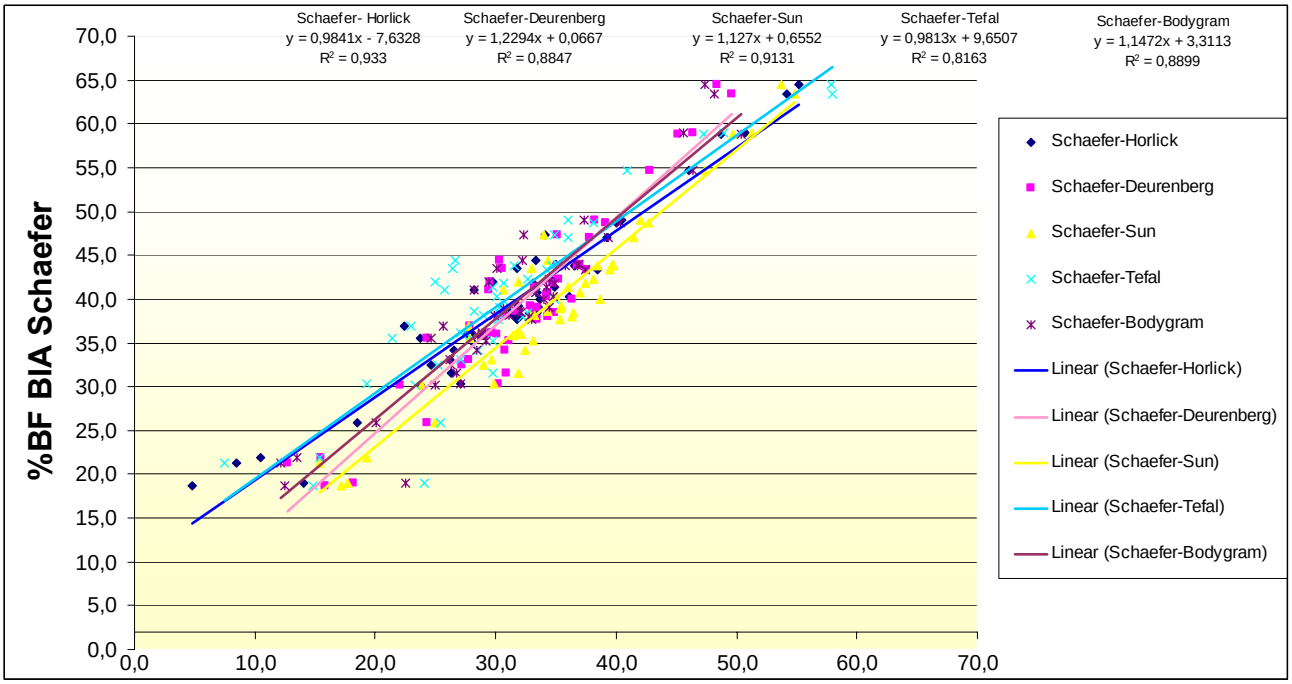
Η μέθοδος αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάσουμε στις γραφικές παραστάσεις μία ευθεία, που έχει τη μορφή $y=\alpha x+\beta$, που προσεγγίζουν με το καλύτερο δυνατό τρόπο τα σημεία μας ελαχιστοποιώντας το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων απ' αυτή. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με τον εξής τρόπο:

1. τοποθετούμε τα σημεία $(x_i, y_i)$ στη γραφική παράσταση, υποθέτοντας ότι τα σφάλματα των πειραματικών αυτών σημείων ακολουθούν μία κανονική γκαουσιανή κατανομή,
2. βρίσκουμε την κλίση της ευθείας, α, η οποία προσεγγίζει περισσότερο αυτά τα σημεία, από τη σχέση $\alpha=\frac{\langle \mathbf{xy}\rangle-\langle \mathbf{x}\rangle\langle \mathbf{y}\rangle}{\langle \mathbf{x}^2\rangle-\langle \mathbf{y}\rangle^2}$ όπου το σύμβολο $\langle u\rangle$ παριστάνει τη μέση τιμή του μεγέθους u,
3. έπειτα βρίσκουμε το σημείο στο οποίο η κλίση τέμνει το άξονα y (τεταγμένη), από τη σχέση $\beta=\langle y\rangle-\alpha\langle x\rangle$ και
4. σχεδιάζουμε την ευθεία.

Έπειτα για να διαπιστώσουμε το βαθμό συνάφειας- αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις μεταβλητές βρίσκουμε, με τη βοήθεια του excel, το συντελεστή συσχέτισης ($r^2$) που παίρνει τιμές $-1\leq r^2\leq 1$. Η τιμή στου συντελεστή αυτού δείχνει πόσο χαλαρή ή έντονη είναι η συσχέτιση των μεταβλητών. Όταν παίρνει την τιμή -1, σημαίνει ότι υπάρχει πλήρης συσχέτιση και μάλιστα οι τιμές της μιας μεταβλητής αυξάνουν, όταν οι τιμές της άλλης μεταβλητής μειώνονται. Ομοίως η τιμή +1 σημαίνει πλήρης συσχέτιση των δύο μεταβλητών και μάλιστα οι τιμές και των δύο αυξάνοντας.

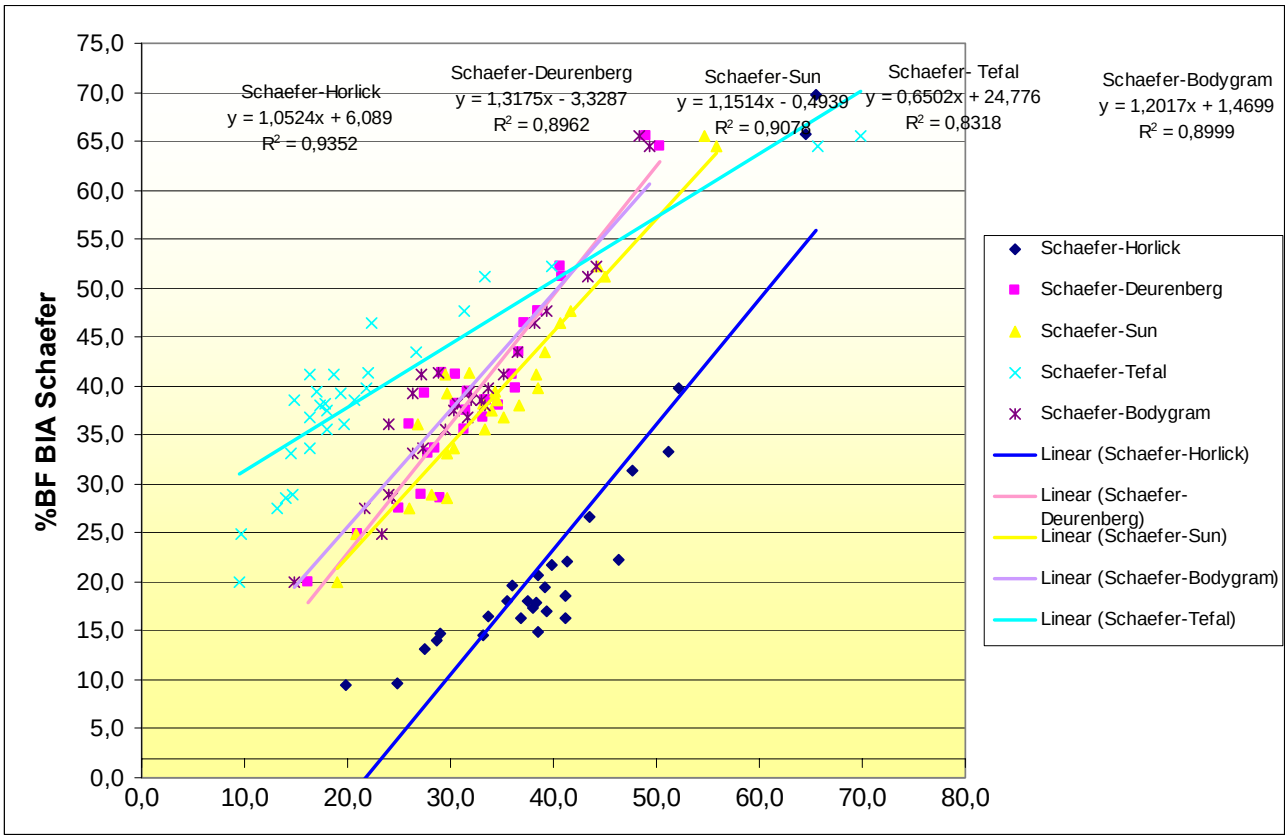
Όταν $r^2=0$ τότε οι τιμές x και y είναι ασυσχέτιστες. Επομένως όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι ο συντελεστής συσχέτισης τόσο πιο στενά συνδέονται μεταξύ τους οι μεταβλητές.[103]

**Διαγράμματα Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης**



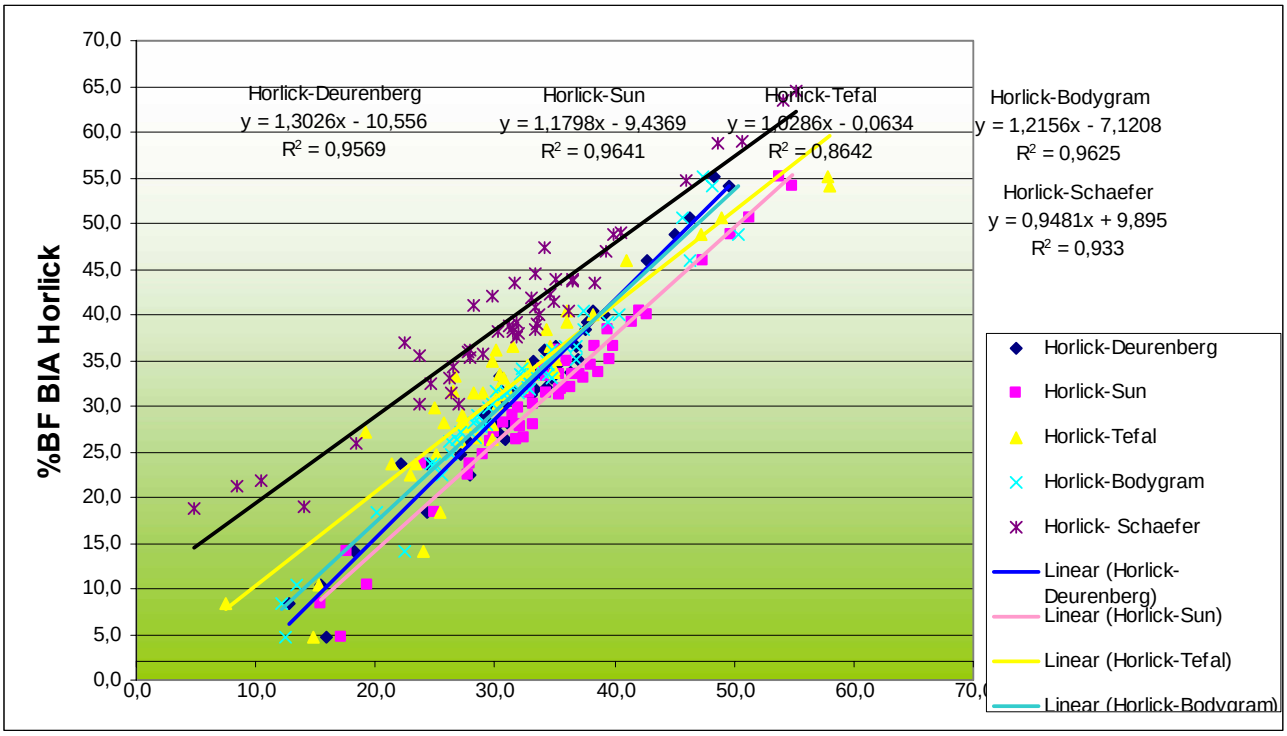

**Διάγραμμα: 1ης μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Schaefer με όλες τις υπόλοιπες**

Την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση του Schaefer έχει η εξίσωση του Horlick αφού ο συντελεστής συσχέτισής τους είναι 0,933, ενώ τη χειρότερη συσχέτιση έχει με την εξίσωση που χρησιμοποιεί η ζυγαριά Tefal, με συντελεστής συσχέτισης 0,8163.



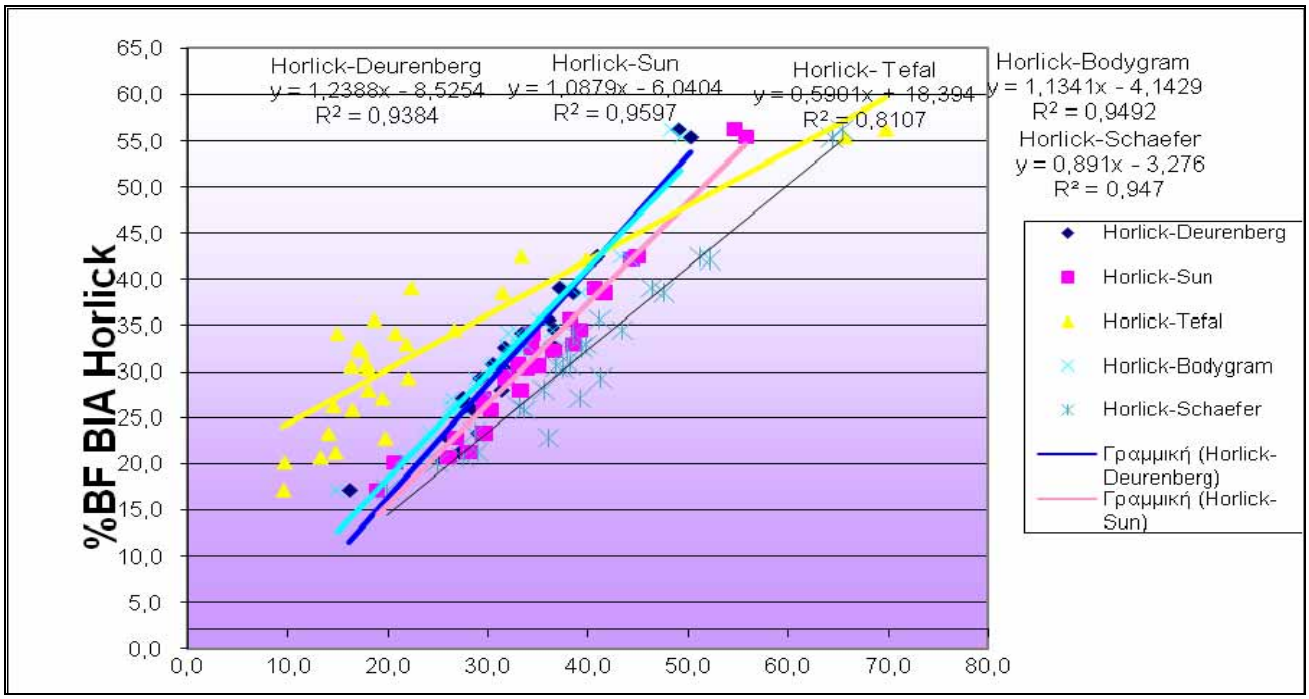

**Διάγραμμα: 2ες μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Schaefer με όλες τις υπόλοιπες**

Και στις δεύτερες μετρήσεις επιβεβαιώνεται ότι η εξίσωση του Schaefer έχει την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση του Horlick, με βαθμό συσχέτισης 0,9352 και την χειρότερη με την εξίσωση της Tefal, με βαθμό συσχέτισης 0,8318.



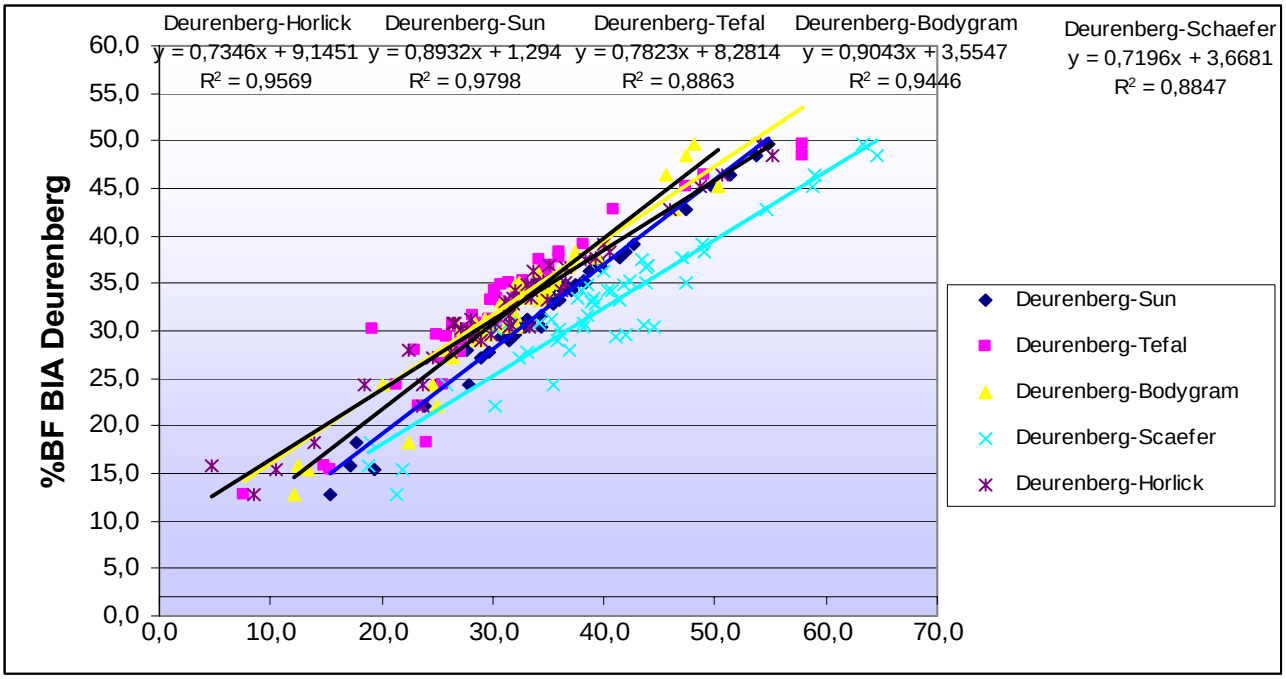

**Διάγραμμα: 1ης μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Horlick με όλες τις υπόλοιπες**

Η εξίσωση του Horlick έχει την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση του Sun αλλά και με μικρότερη διαφορά, με την εξίσωση του Bodygram, με βαθμό συσχέτισης 0,9641 και 0,9625 αντίστοιχα. Τη χειρότερη συσχέτιση είχε με την εξίσωση της Tefal, με βαθμό συσχέτισης 0,8642.



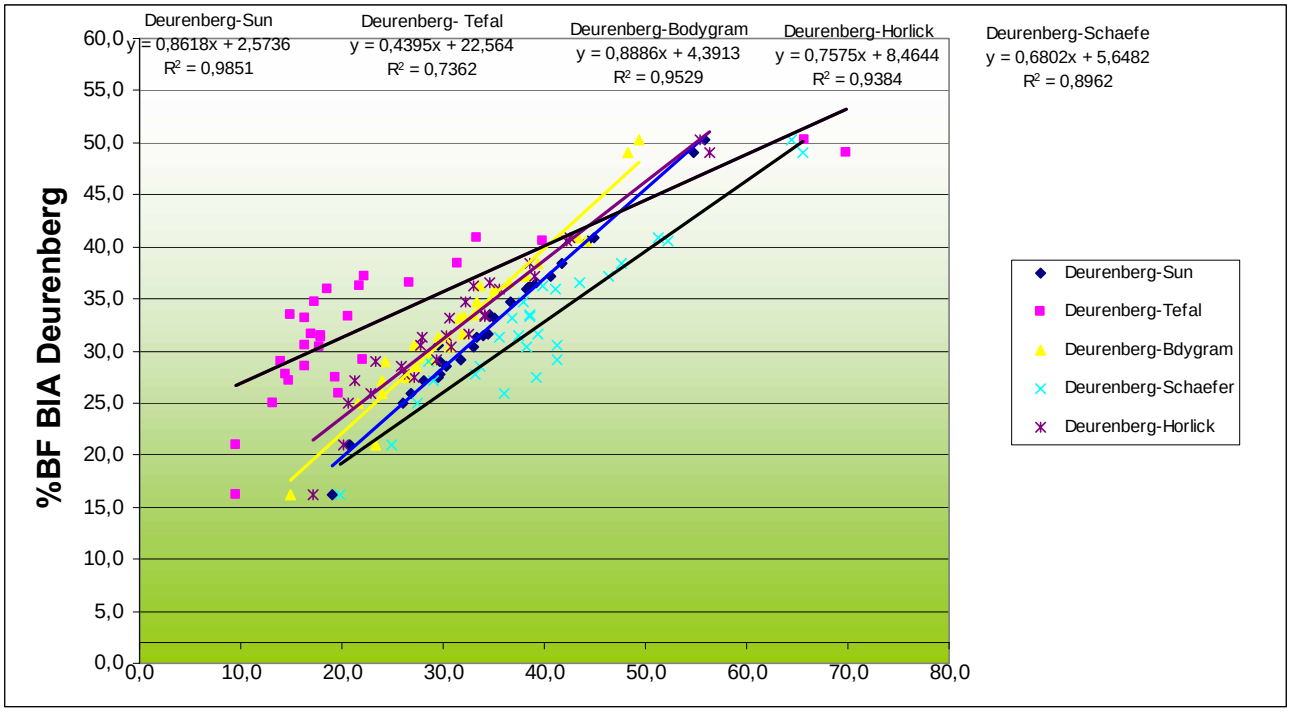

**Διάγραμμα: 2ης μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Horlick με όλες τις υπόλοιπες**

Όπως και στις πρώτες μετρήσεις η εξίσωση του Horlick έχει την καλύτερη συσχέτιση με τις εξισώσεις του Sun και του Bodygram ενώ τη χειρότερη με την εξίσωση της Tefal.



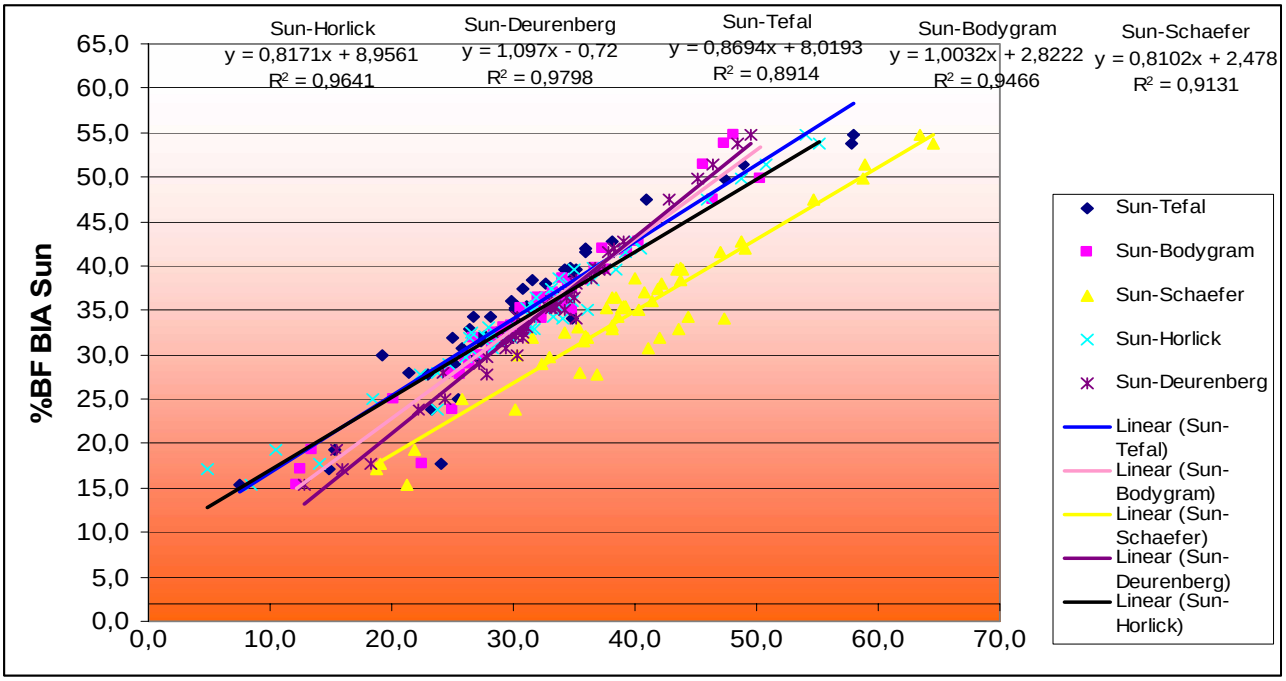

**Διάγραμμα: 1ης μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Deurenberg με όλες τις υπόλοιπες**

Η εξίσωση Deurenberg έχει την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση του Sun ενώ τη χειρότερη με την εξίσωση του Schaefer.



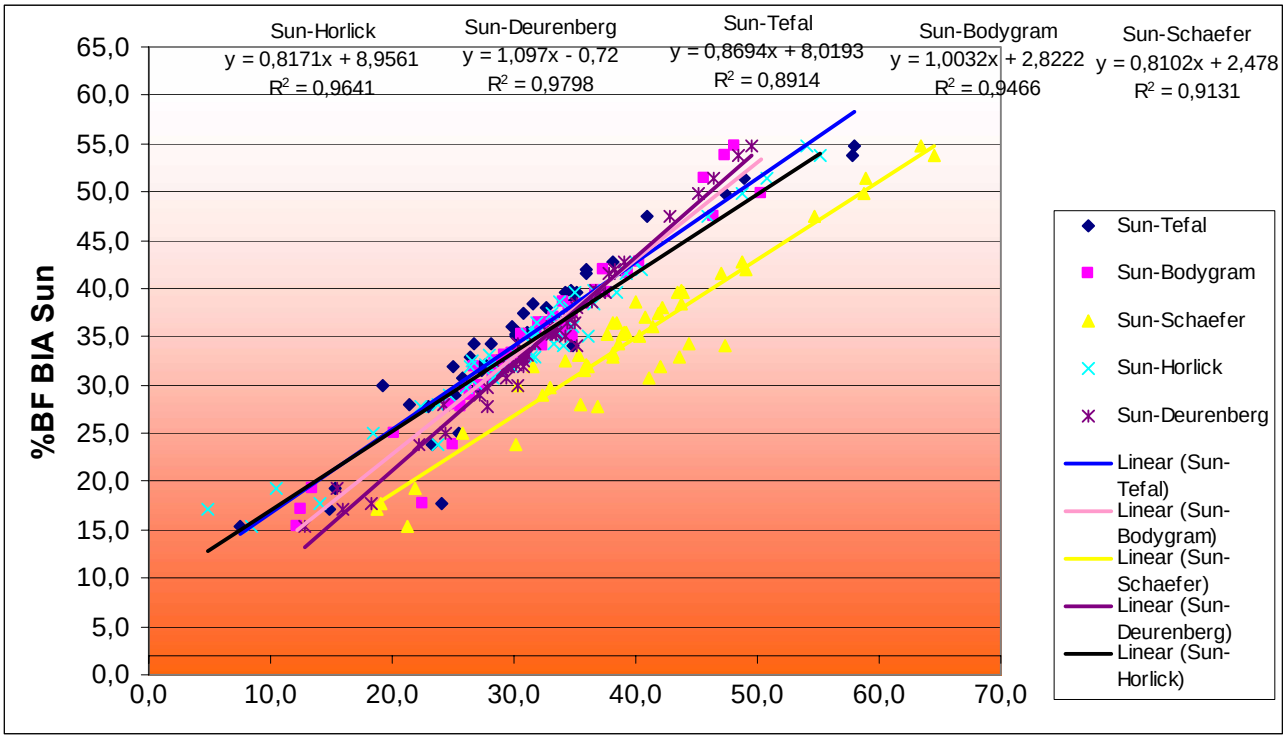

**Διάγραμμα: 2ες μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Deurenberg με όλες τις υπόλοιπες**

Επίσης και εδώ η εξίσωση Deurenberg έχει την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση Sun ενώ τη χειρότερη με αυτήν της Tefal.



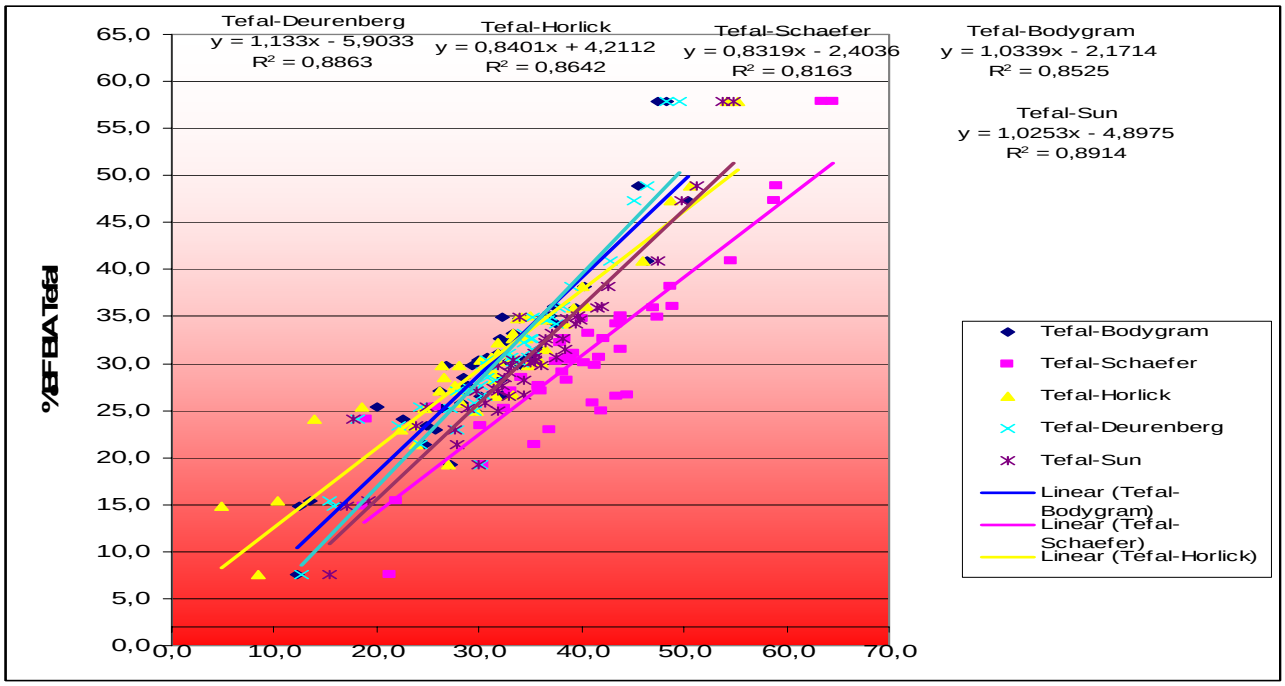

**Διάγραμμα: 1ες μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Sun με όλες τις υπόλοιπες**

Η εξίσωση Sun έχει την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση Deurenberg με βαθμό συσχέτισης 0,9798 και τη χειρότερη με την εξίσωση της Tefal.



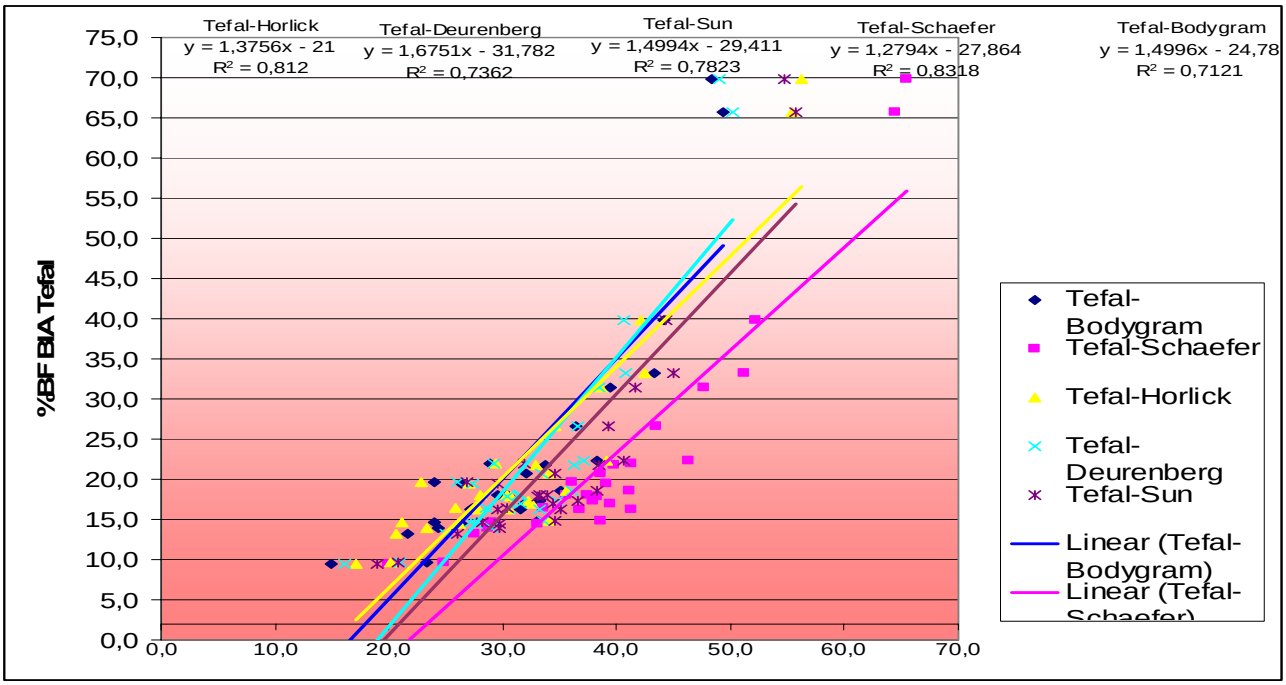

**Διάγραμμα: 2ης μετρήσεις συσχέτισης της εξίσωσης Sun με όλες τις υπόλοιπες**

Και εδώ την καλύτερη συσχέτιση η εξίσωση Sun την έχει με την εξίσωση Deurenberg και τη χειρότερη με αυτήν της Tefal.



**Διάγραμμα: 1ης μετρήσεις συσχέτισης της Tefal με όλες τις υπόλοιπες**

Η εξίσωση της Tefal έχει την καλύτερη συσχέτιση με την εξίσωση Sun και τη χειρότερη με την εξίσωση Schaefer, με βαθμό συσχέτισης 0,8914 και 0,8163 αντίστοιχα.




**Διάγραμμα: 2ης μετρήσεις συσχέτισης της Tefal με όλες τις υπόλοιπες**

Την καλύτερη συσχέτιση, η εξίσωση Tefal, έχει με την εξίσωση Schaefer και τη χειρότερη με την εξίσωση Sun.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας με το συντελεστή συσχέτισης του %BF όλων των μεθόδων που χρησιμοποιήσαμε στις πρώτες μετρήσεις που κάναμε.

| | **Schaefer** | **Horlick** | **Deurenberg** | **Sun** | **Tefal** | **Bodygram** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Schaefer** | **1** | 0,933 | 0,8847 | 0,9131 | *0,8163* | 0,8899 |
| **Horlick** | 0,933 | **1** | 0,9569 | 0,9641 | 0,8642 | 0,9625 |
| **Deurenberg** | 0,8847 | 0,9569 | **1** | *0,9798* | 0,8863 | 0,9446 |
| **Sun** | 0,9131 | 0,9641 | *0,9798* | **1** | 0,8914 | 0,9466 |
| **Tefal** | *0,8163* | 0,8642 | 0,8863 | 0,8914 | **1** | 0,8525 |
| **Bodygram** | 0,8899 | 0,9625 | 0,9446 | 0,9466 | 0,8525 | **1** |

Συγκεντρωτικός πίνακας με το συντελεστή συσχέτισης του %BF όλων των μεθόδων που χρησιμοποιήσαμε στις δεύτερες μετρήσεις που κάναμε.

| | **Schaefer** | **Horlick** | **Deurenberg** | **Sun** | **Tefal** | **Bodygram** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Schaefer** | **1** | 0,9352 | 0,8962 | 0,9078 | 0,8444 | 0,8999 |
| **Horlick** | 0,947 | **1** | 0,9384 | 0,9597 | 0,8107 | 0,9492 |
| **Deurenberg** | 0,8962 | 0,9384 | **1** | *0,9851* | 0,7362 | 0,9529 |
| **Sun** | 0,9078 | 0,9597 | *0,9851* | **1** | 0,7823 | 0,9565 |
| **Tefal** | 0,8318 | 0,812 | 0,7362 | 0,7823 | **1** | *0,7121* |
| **Bodygram** | 0,8999 | 0,9492 | 0,9529 | 0,9565 | *0,7121* | **1** |

## 5.2. Αλληλεπίδραση στο εγγύς Υπέρυθρο (NIR)

| **Κωδ.** | **1ης μετρήσεις %BF NIR** | **1ης μετρήσεις ΗΛΙΚΙΑ** | **1ης μετρήσεις ΦΥΛΟ** | **1ης μετρήσεις ΜΑΖΑ** | **1ης μετρήσεις ΥΨΟΣ** | **2ης μετρήσεις %BF NIR** | **2ης μετρήσεις ΗΛΙΚΙΑ** | **2ης μετρήσεις ΦΥΛΟ** | **2ης μετρήσεις ΜΑΖΑ** | **2ης μετρήσεις ΥΨΟΣ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I1** | **22,1** | 16 | 0 | 51,1 | 1,59 | **22,6** | 17 | 0 | 51,4 | 1,59 |
| **I2** | **29,0** | 17 | 0 | 74,9 | 1,71 | **28,1** | 16 | 0 | 70,5 | 1,71 |
| **I3** | **34,3** | 16 | 0 | 90,6 | 1,71 | **33,3** | 16 | 0 | 86,2 | 1,7 |
| **I4** | **27,2** | 16 | 0 | 66,7 | 1,63 | | | | | |
| **I5** | **24,4** | 15 | 0 | 54 | 1,55 | **24,7** | 15 | 0 | 54,8 | 1,545 |
| **I6** | **23,7** | 16 | 0 | 65,2 | 1,7 | | | | | |
| **I7** | **22,6** | 16 | 0 | 64,5 | 1,72 | | | | | |
| **I8** | **21,9** | 15 | 0 | 59,6 | 1,71 | **23,1** | 15 | 0 | 60,7 | 1,69 |
| **I9** | **25,0** | 15 | 0 | 55,5 | 1,53 | **25,5** | 15 | 0 | 53,8 | 1,51 |
| **I10** | **21,5** | 16 | 0 | 57,4 | 1,69 | **23,0** | 16 | 0 | 59,8 | 1,68 |
| **I11** | **26,5** | 16 | 0 | 63,7 | 1,62 | | | | | |
| **I12** | **22,4** | 17 | 0 | 44,2 | 1,52 | | | | | |
| **I13** | **28,9** | 17 | 0 | 73,1 | 1,69 | | | | | |
| **I14** | **18,0** | 16 | 1 | 82,5 | 1,76 | **19,0** | 16 | 1 | 85 | 1,755 |
| **I15** | **22,8** | 17 | 0 | 62,5 | 1,71 | | | | | |
| **I16** | **33,9** | 16 | 0 | 82,6 | 1,68 | **33,4** | 16 | 0 | 83,6 | 1,685 |
| **I17** | **14,3** | 17 | 1 | 73,8 | 1,75 | | | | | |
| **I18** | **31,4** | 16 | 0 | 78,1 | 1,67 | **31,6** | 17 | 0 | 77,9 | 1,675 |
| **I19** | **24,4** | 16 | 0 | 61,6 | 1,65 | **21,6** | 16 | 0 | 58,8 | 1,67 |
| **I20** | **18,2** | 17 | 1 | 88 | 1,78 | | | | | |
| **I21** | **17,8** | 16 | 1 | 93,1 | 1,8 | **14,4** | 16 | 1 | 87,9 | 1,805 |
| **I22** | **18,8** | 19 | 1 | 96,3 | 1,85 | | | | | |
| **I23** | **10,4** | 18 | 1 | 65,9 | 1,72 | **8,2** | 18 | 1 | 62,1 | 1,7 |
| **I24** | **29,7** | 16 | 1 | 117,8 | 1,78 | **24,9** | 16 | 1 | 103,6 | 1,785 |
| **I25** | **5,8** | 16 | 1 | 66,6 | 1,83 | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I26** | **20,7** | 17 | 1 | 88,4 | 1,74 | **19,0** | 17 | 1 | 83,9 | 1,75 |
| **I27** | **9,2** | 16 | 1 | 58,7 | 1,64 | | | | | |
| **I28** | **20,8** | 16 | 0 | 49,7 | 1,54 | **20,7** | 17 | 0 | 49 | 1,55 |
| **I29** | **40,4** | 16 | 0 | 120,7 | 1,82 | **34,8** | 16 | 0 | 104,5 | 1,83 |
| **I30** | **23,2** | 16 | 0 | 60,5 | 1,65 | **24,7** | 17 | 0 | 61,9 | 1,655 |
| **Σ1** | **26,1** | 16 | 0 | 65,1 | 1,66 | **28,5** | 16 | 0 | 68,1 | 1,65 |
| **Σ2** | **27,7** | 17 | 0 | 66,7 | 1,63 | | | | | |
| **Σ3** | **16,4** | 16 | 0 | 52,7 | 1,64 | **16,8** | 16 | 0 | 51,7 | 1,64 |
| **Σ4** | **19,5** | 16 | 0 | 55,4 | 1,67 | **19,5** | 16 | 0 | 55,7 | 1,675 |
| **Σ5** | **17,4** | 14 | 0 | 48,9 | 1,7 | | | | | |
| **Σ6** | **16,3** | 14 | 0 | 39,1 | 1,56 | **16,4** | 14 | 0 | 40,4 | 1,58 |
| **Σ7** | **23,6** | 16 | 0 | 62,4 | 1,64 | **23,1** | 16 | 0 | 60,1 | 1,646 |
| **Σ8** | **25,2** | 15 | 0 | 63 | 1,675 | **23,9** | 15 | 0 | 60,6 | 1,675 |
| **Σ9** | **27,1** | 16 | 0 | 59,4 | 1,54 | **28,1** | 17 | 0 | 61,6 | 1,545 |
| **Σ10** | **25,1** | 16 | 0 | 55,8 | 1,55 | **25,7** | 16 | 0 | 56,7 | 1,565 |
| **Σ11** | **25,0** | 15 | 0 | 62,2 | 1,59 | | | | | |
| **Σ12** | **45,5** | 15 | 0 | 117,2 | 1,615 | **45,5** | 15 | 0 | 115,7 | 1,605 |
| **Σ13** | **32,0** | 15 | 0 | 80 | 1,69 | | | | | |
| **Σ14** | **25,5** | 15 | 0 | 58,1 | 1,62 | | | | | |
| **Σ15** | **39,8** | 15 | 0 | 90,1 | 1,57 | | | | | |
| **Σ16** | **45,6** | 13 | 0 | 122,4 | 1,68 | **45,2** | 13 | 0 | 120,2 | 1,66 |
| **Σ17** | **23,0** | 14 | 0 | 54,1 | 1,6 | | | | | |
| **Σ18** | **24,7** | 16 | 0 | 53,4 | 1,57 | | | | | |
| **Σ19** | **25,8** | 16 | 0 | 51,1 | 1,5 | | | | | |
| **Σ101** | **33,9** | 14 | 1 | 108 | 1,63 | **32,7** | 15 | 1 | 111,2 | 1,66 |
| **Σ102** | **19,7** | 16 | 0 | 46,8 | 1,59 | **18,2** | 16 | 0 | 46 | 1,6 |

## 5.3. Δερματοπτυχομετρήσεις

Για την εύρεση του επί της εκατό ποσοστού σωματικού λίπους χρησιμοποιήσαμε δύο εξισώσεις. Η 1η ήταν εκείνη του Lohman[104] που είναι:

$$\%BF = 1{,}33\times (\text{tricep}+\text{subscapular})-0{,}013\times (\text{tricep}+\text{subscapular})-2{,}5$$

όπου tricep= πτυχή τρικεφάλου και subscapular= πτυχή υποπλατιαίου μυ. Η 2η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε ήταν της Cachera[105] που είναι:

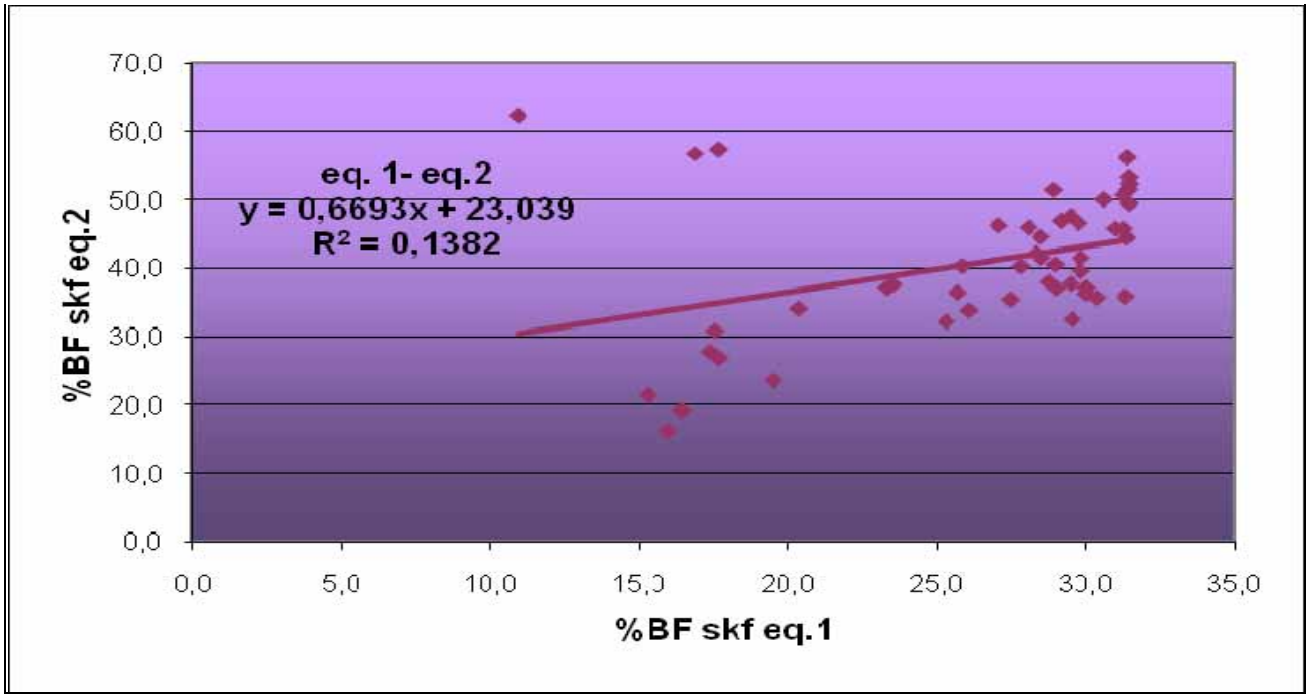
$$\%BF = 100 \times \left(\frac{\mathbf{TS}}{\mathbf{C}\times\mathbf{pi}}\right)\times [2-\left(\frac{\mathbf{TS}}{\mathbf{C}\times\mathbf{pi}}\right)]$$

όπου TS = πτυχή τρικεφάλου, C = περίμετρος βραχίονα και pi = 3,14159.

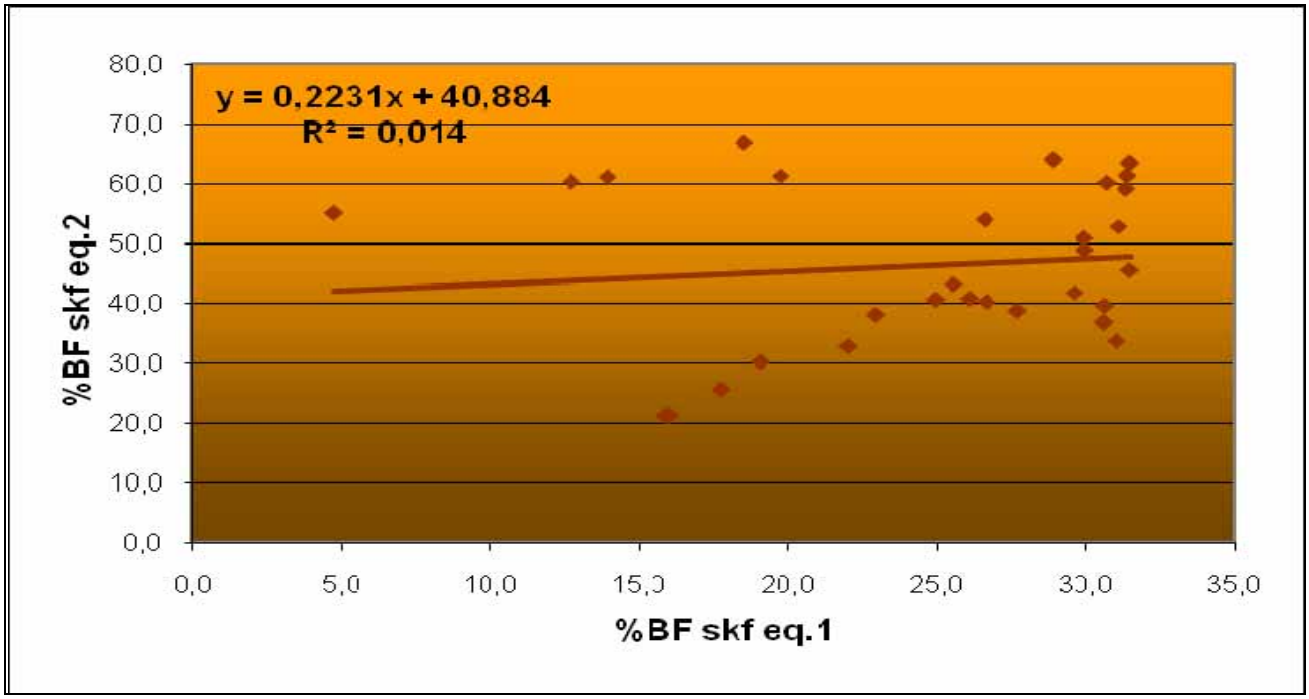
| **Κωδ.** | 1ος μετρήσεις SKF eq.1-Lohman (%BF) | 1ος μετρήσεις SKF eq.2-Rollard Cachera (%BF) | 2ος μετρήσεις SKF eq.1-Lohman (%BF) | 2ος μετρήσεις SKF eq.2-Rollard Cachera (%BF) |
|---|---|---|---|---|
| **I1** | 23,3 | 37,1 | 23,0 | 38,1 |
| **I2** | 30,1 | 37,1 | 31,4 | 61,5 |
| **I3** | 31,4 | 44,4 | 30,7 | 60,2 |
| **I4** | 29,5 | 37,7 | | |
| **I5** | 23,6 | 37,6 | 15,9 | 21,3 |
| **I6** | 29,0 | 37,0 | | |
| **I7** | 29,8 | 46,6 | | |
| **I8** | 25,9 | 40,3 | 26,1 | 40,8 |
| **I9** | 27,1 | 46,2 | 25,0 | 40,6 |
| **I10** | 28,5 | 44,5 | 27,7 | 38,8 |
| **I11** | 31,5 | 51,5 | | |
| **I12** | 28,1 | 45,9 | | |
| **I13** | 31,5 | 53,3 | | |
| **I14** | 31,3 | 45,7 | 18,6 | 66,9 |
| **I15** | 27,8 | 40,2 | | |
| **I16** | 30,4 | 35,6 | 30,0 | 51,0 |
| **I17** | 28,4 | 42,2 | | |
| **I18** | 31,5 | 52,3 | 28,9 | 64,1 |
| **I19** | 26,1 | 33,8 | 22,0 | 32,9 |
| **I20** | 30,1 | 36,2 | | |
| **I21** | 31,4 | 35,8 | 31,1 | 52,9 |
| **I22** | 29,6 | 32,5 | | |
| **I23** | 16,0 | 16,2 | 25,6 | 43,2 |
| **I24** | 29,5 | 47,6 | 30,7 | 39,6 |
| **I25** | 16,4 | 19,2 | | |
| **I26** | 31,0 | 45,7 | 31,1 | 33,8 |
| **I27** | 19,5 | 23,6 | | |
| **I28** | 25,7 | 36,4 | 31,5 | 63,5 |
| **I29** | 17,7 | 57,2 | 19,8 | 61,4 |
| **I30** | 27,5 | 35,4 | 31,4 | 59,2 |
| **Σ1** | 29,9 | 39,6 | 31,5 | 45,6 |
| **Σ2** | 29,2 | 46,9 | | |
| **Σ3** | 15,3 | 21,4 | 16,0 | 21,3 |
| **Σ4** | 17,4 | 27,7 | 17,8 | 25,6 |
| **Σ5** | 20,4 | 34,1 | | |
| **Σ6** | 17,6 | 30,8 | 26,6 | 54,1 |
| **Σ7** | 25,3 | 32,2 | 30,0 | 49,0 |
| **Σ8** | 30,6 | 50,0 | 26,7 | 40,3 |
| **Σ9** | 31,3 | 50,7 | 29,7 | 41,8 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Σ10** | 28,5 | 41,5 | 30,6 | 36,9 |
| **Σ11** | 29,9 | 41,4 | | |
| **Σ12** | 16,9 | 56,6 | 4,8 | 55,3 |
| **Σ13** | 31,5 | 49,4 | | |
| **Σ14** | 31,4 | 56,1 | | |
| **Σ15** | 10,9 | 62,1 | | |
| **Σ16** | | 57,9 | -14,0 | 61,2 |
| **Σ17** | 28,8 | 37,9 | | |
| **Σ18** | 28,9 | 51,4 | | |
| **Σ19** | 29,0 | 40,5 | | |

### 5.3.1. Αποτελέσματα δερματοπτυχομετρήσεων



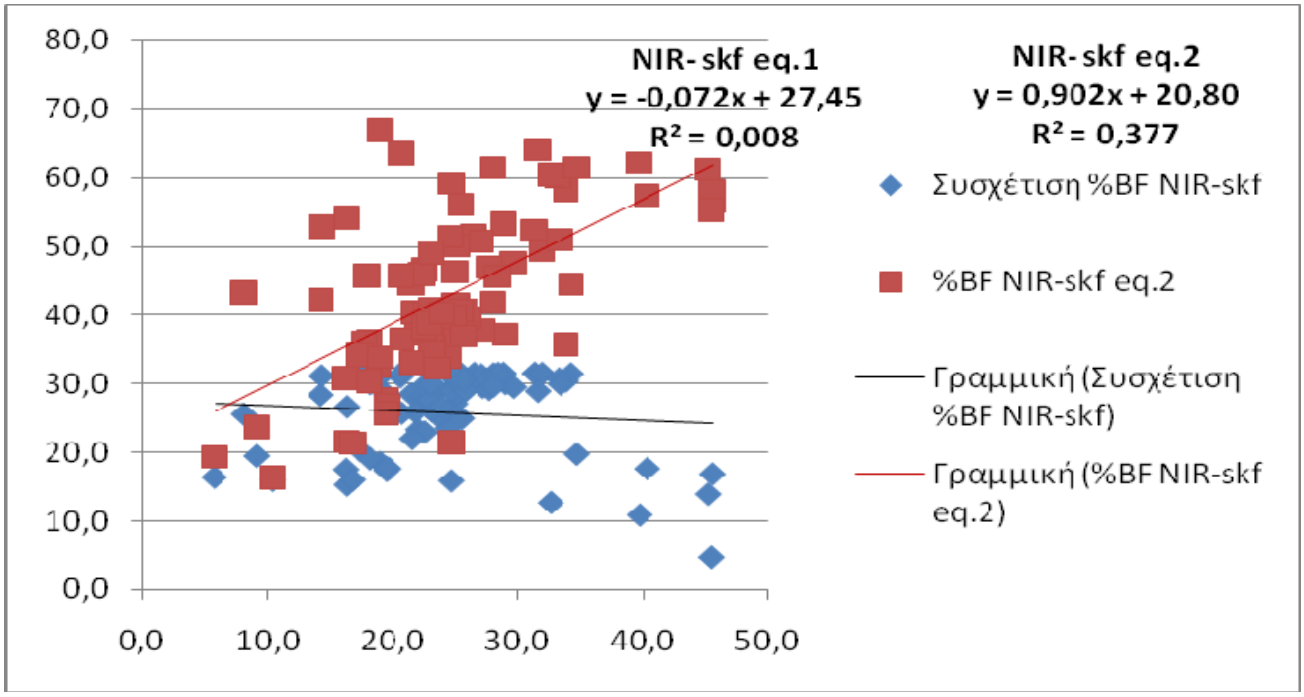

**Διάγραμμα: 1ες μετρήσεις συσχέτιση 1ης εξίσωσης δερματοπτυχομετρήσεων με τη 2η εξίσωση**




**Διάγραμμα: 2ες μετρήσεις συσχέτιση 1ης εξίσωσης δερματοπτυχομετρήσεων με τη 2η εξίσωση**

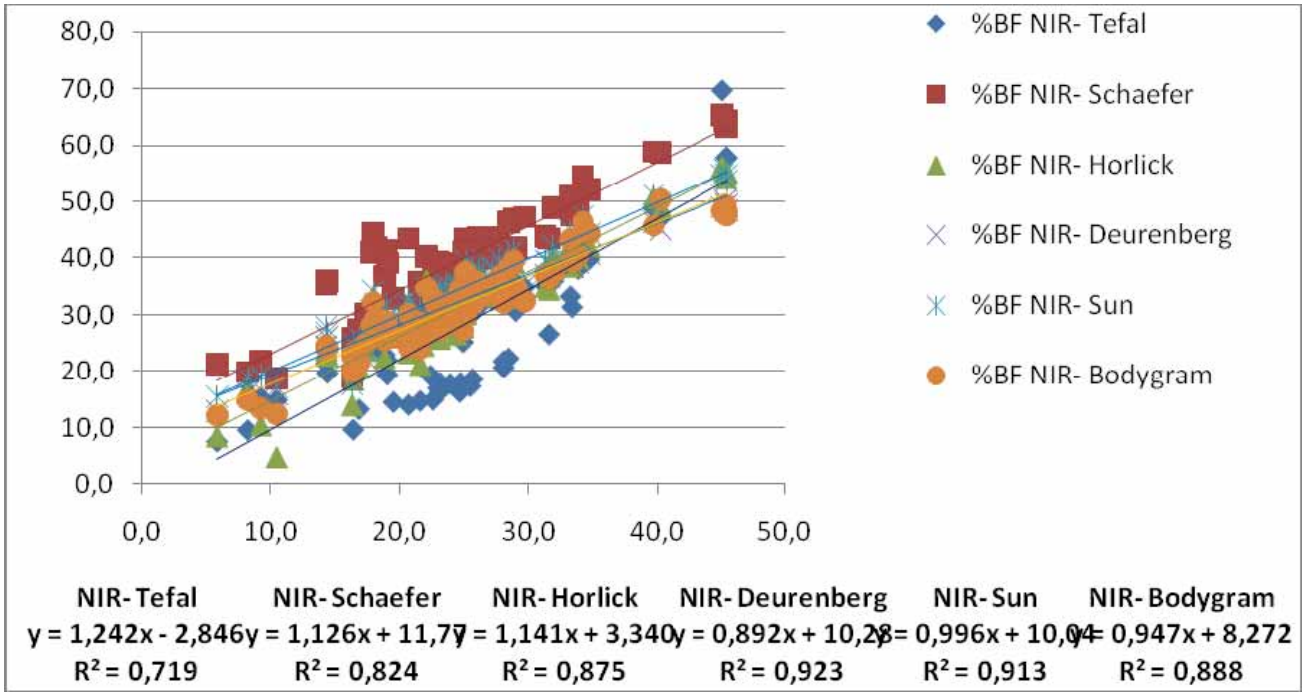
Όπως είναι διακριτό και στις 1ες μετρήσεις αλλά και στις 2ες μετρήσεις ο συσχετισμός της 1ης εξίσωσης με τη 2η είναι σχεδόν μηδαμινός!

## 5.4. Συσχετίσεις μεταξύ μεθόδων



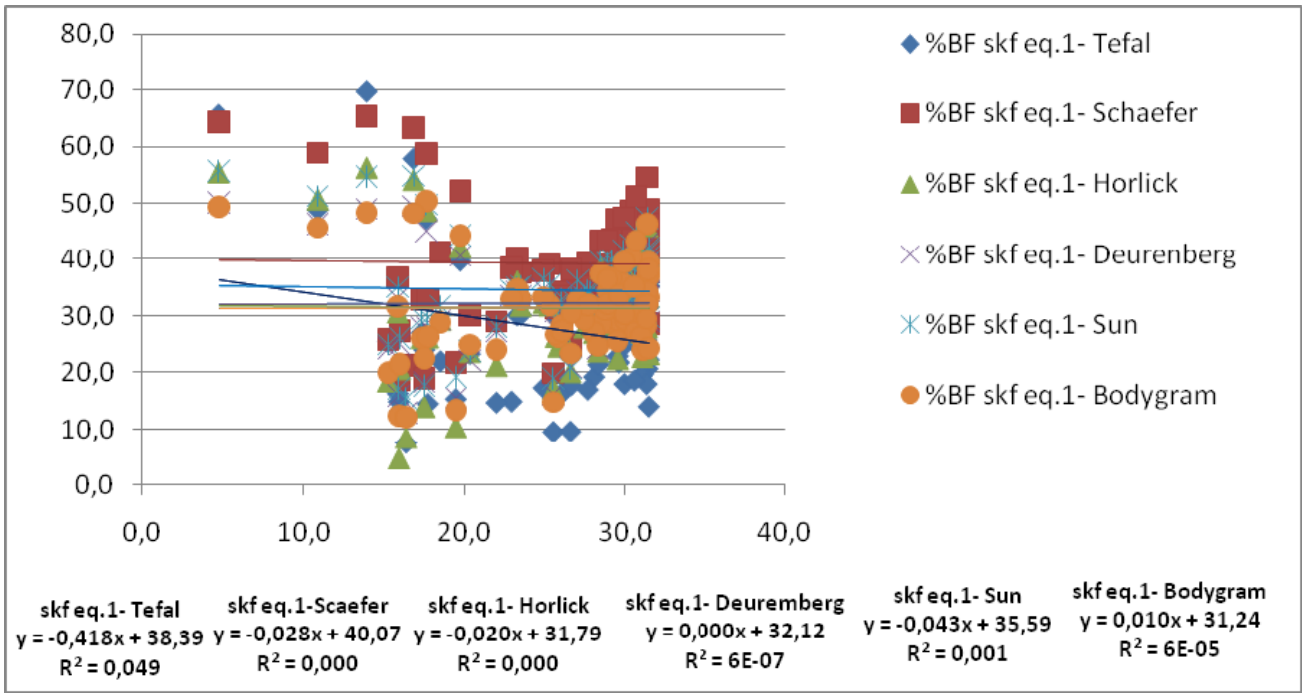
Η εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) δεν σχετίζεται με την πρώτη εξίσωση των δερματοπτυχομετρήσεων. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ο βαθμός συσχέτισή τους είναι σχεδόν μηδαμινός, δηλαδή της τάξεως του 0,008.

Όσον αφορά τη σχέση της NIR με τη δεύτερη εξίσωση των δερματοπτυχομετρήσεων είναι και αυτή με τη σειρά της ανίσχυρη, της τάξεως του 0,3777.

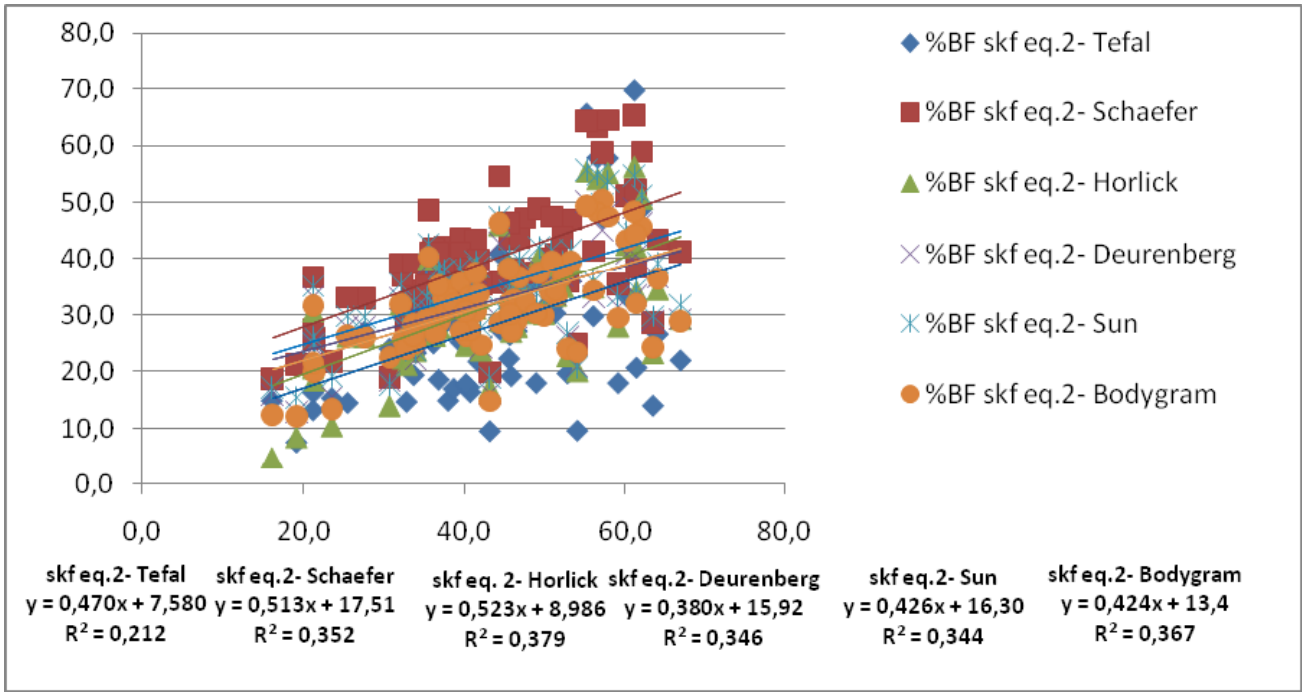



Η σχέση της εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας με τη βιοηλεκτρική εμπέδηση που χρησιμοποιεί η ζυγαριά Tefal είναι η πιο μικρή από της υπόλοιπες, της τάξεως του 0,716.

Η σχέση της NIR με την εξίσωση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης του Schaefer με τα ηλεκτρόδια είναι 0,824 ενώ η σχέση της με την εξίσωση του Horlick είναι ακόμα καλύτερη, της τάξεως του 0,875. Η σχέση της NIR με την εξίσωση του Deurenberg είναι η καλύτερη απ'όλες τις άλλες γιατί προσεγγίζει τη μονάδα (0,923). Η σχέση με την εξίσωση του Sun είναι και αυτή με τη σειρά της αξιόλογη, αφού είναι 0,913, ενώ με την εξίσωση που χρησιμοποιεί το Bodygram είναι 0,888, δηλαδή αρκετά καλή.




Η σχέση της 1ης εξίσωσης των δερματοπτυχομετρήσεων με τη βιοηλεκτρική εμπέδηση της Tefal είναι πολύ χαμηλή, μόλις 0,049. Η σχέση με την εξίσωση του Schaefer είναι μηδενική, όπως και με την εξίσωση του Horlick. Η εξίσωση του Deurenberg και η εξίσωση του Bodygram είναι της τάξεως του $6E^{-0,7}$ και $^{6E-0,5}$ αντίστοιχα. Τέλος, η σχέση της πρώτης εξίσωσης των δερματοπτυχομετρήσεων με την εξίσωση του Sun είναι σχεδόν μηδενική (0,001).



Η δεύτερη εξίσωση των δερματοπτυχομετρήσεων με τις διάφορες εξισώσεις της βιοηλεκτρικής εμπέδησης δεν είναι αξιοσημείωτες αφού ο καλύτερος βαθμός συσχετίσεως είναι με την εξίσωση του Horlick και φτάνει μόλις στο 0,379.

### 5.5. Πριν και μετά αποτελέσματα όλων των μεθόδων

Στη δεύτερη φάση των μετρήσεων δεν συμμετείχαν δυστυχώς, όλα τα άτομα του δείγματός μας. Για το λόγο αυτό παρακάτω παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες μεταβολές (Ε.Μ.), που είναι ίσες με: $100\times \frac{\text{μετά} - \text{πριν}}{\text{πριν}}$, στο δείγμα που συμμετείχε και στις επαναληπτικές μετρήσεις.

| Κωδ | Ε.Μ. Ύψους | Ε.Μ. Μάζας | Ε.Μ. NIR %BF | ΕΜ. SKF eq.1 (%BF) | Ε.Μ. SKF eq.2 (%BF) | Ε.Μ. BIA Ζυγαριά Tefal %BF | Ε.Μ. BIA Schaefer %BF | Ε.Μ. BIA Horlick %BF | Ε.Μ. BIA Deurenberg %BF | Ε.Μ. BIA Sun %BF | Ε.Μ. BIA Bodygram | Ε.Μ. BMI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I1** | 0,0 | 0,6 | 2,3 | -1,5 | 2,6 | -50,6 | -4,3 | -5,5 | -1,9 | -1,4 | -5,1 | **0,6** |
| **I2** | 0,0 | -5,9 | -3,2 | 4,6 | 65,6 | -32,6 | -7,8 | 3,2 | -4,2 | -7,9 | -8,0 | **-5,9** |
| **I3** | 0,0 | -4,9 | -2,9 | -2,2 | 35,6 | -18,7 | -6,3 | -7,6 | -4,5 | -5,3 | -6,6 | **-4,9** |
| **I5** | 0,0 | 1,5 | 1,1 | -32,4 | -43,3 | -46,0 | -2,2 | -3,6 | -0,6 | -0,7 | -4,1 | **1,5** |
| **I8** | 0,0 | 1,8 | 5,9 | 0,9 | 1,3 | -34,8 | 3,8 | 4,8 | 4,9 | 4,7 | 3,6 | **1,8** |
| **I9** | 0,0 | -3,1 | 2,1 | -7,9 | -12,1 | -46,4 | -0,2 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | **-3,1** |
| **I10** | 0,0 | 4,2 | 6,8 | -2,8 | -13,0 | -37,8 | 10,1 | 12,5 | 8,8 | 9,4 | 11,7 | **4,2** |
| **I14** | 0,0 | 3,0 | 5,8 | -40,8 | 46,4 | -17,5 | -7,0 | -12,0 | -3,8 | -7,3 | -10,7 | **3,0** |
| **I16** | 0,3 | 1,2 | -1,4 | -1,4 | 43,0 | -17,7 | -2,4 | -3,5 | -1,6 | -2,3 | -2,3 | **0,6** |
| **I18** | 0,3 | -0,3 | 0,8 | -8,2 | 22,5 | -24,2 | -1,0 | -1,5 | -1,0 | -1,1 | -1,0 | **-0,9** |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I19** | 1,2 | -4,5 | -11,5 | -15,6 | -2,6 | -48,6 | -15,2 | -20,1 | -11,7 | -13,4 | -15,5 | **-6,8** |
| **I21** | 0,3 | -5,6 | -19,1 | -0,8 | 47,6 | -23,6 | -12,3 | -19,2 | -11,8 | -12,7 | -15,0 | **-6,1** |
| **I23** | 0,0 | -5,8 | -21,6 | 60,1 | 167,2 | -36,1 | 6,3 | 258,8 | 1,6 | 10,8 | 19,8 | **-5,8** |
| **I24** | 0,3 | -12,1 | -16,1 | 3,8 | -16,8 | | -12,9 | -18,3 | -13,2 | -13,1 | -15,9 | **-12,5** |
| **I26** | 0,6 | -5,1 | -8,0 | 0,2 | -26,1 | -26,7 | -10,0 | -14,5 | -10,2 | -10,2 | -12,3 | **-6,2** |
| **I28** | 0,6 | -1,4 | -0,3 | 22,4 | 74,4 | -53,0 | -9,1 | -11,5 | -6,1 | -6,7 | -9,2 | **-2,7** |
| **I29** | 0,5 | -13,4 | -13,9 | 11,9 | 7,2 | -15,9 | -11,1 | -13,4 | -10,0 | -10,9 | -12,2 | **-14,4** |
| **I30** | 0,3 | 2,3 | 6,5 | 14,1 | 67,2 | -39,5 | 0,7 | 0,0 | 0,6 | 0,6 | 0,9 | **1,7** |
| **Σ1** | 0,0 | 4,6 | 8,9 | 5,5 | 15,3 | -29,2 | 6,0 | 7,0 | 5,6 | 6,0 | 6,7 | **4,6** |
| **Σ3** | 0,0 | -1,9 | 2,8 | 4,8 | -0,7 | -48,1 | 6,4 | 11,9 | 3,0 | 4,4 | 7,4 | **-1,9** |
| **Σ4** | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 2,1 | -7,6 | -46,4 | 0,2 | 0,4 | -0,1 | 0,1 | 0,5 | **-0,1** |
| **Σ6** | 1,3 | 3,3 | 0,5 | 51,8 | 75,8 | -60,1 | 30,7 | 43,7 | 15,0 | 17,4 | 4,0 | **0,7** |
| **Σ7** | 0,4 | -3,7 | -2,2 | 18,4 | 52,4 | -42,1 | -4,4 | -4,7 | -4,1 | -4,3 | -5,0 | **-4,4** |
| **Σ8** | 0,0 | -3,8 | -4,9 | -12,8 | -19,5 | -41,3 | 0,4 | 1,9 | -0,9 | -0,4 | 2,5 | **-3,8** |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Σ9** | 0,3 | 3,7 | 3,5 | -5,2 | -17,5 | -37,4 | -0,6 | -2,2 | -0,2 | -0,3 | -0,9 | **3,0** |
| **Σ10** | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 7,3 | -11,2 | -45,7 | -5,1 | -7,3 | -4,0 | -3,2 | -6,3 | **-0,3** |
| **Σ12** | 0,0 | -1,3 | -0,2 | -71,8 | -2,4 | 13,4 | 1,7 | 2,4 | 1,3 | 1,8 | 2,3 | **-1,3** |
| **Σ16** | 0,0 | -1,8 | -0,8 | | 5,7 | 20,7 | 1,4 | 2,0 | 1,3 | 1,7 | 1,9 | **-1,8** |
| **Μ.Ο** | **0,3** | **-1,5** | **-2,3** | **0,4** | **19,1** | **-32,8** | **-1,6** | **7,3** | **-1,7** | **-1,6** | **-2,4** | **-2,2** |

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι το δείγμα μας αύξησε το ύψος του κατά 0,3%(προφανές λόγω ανάπτυξης των παιδιών) περίπου και μείωσε κατά 1,5% περίπου το βάρος του μετά τη διατροφική παρέμβαση στην οποία υπεβλήθη. Όσον αφορά τις μετρήσεις σύστασης σώματος οι διάφορες τεχνικές μέτρησης έδειξαν διαφορετικά αποτελέσματα. Επτά από τις δέκα τεχνικές έδειξαν ότι μειώθηκε το ποσοστό του σωματικού λίπους στα άτομα του δείγματος, ενώ τρεις από αυτές, που είναι οι δύο εξισώσεις των δερματοπτυχομετρήσεων και η εξίσωση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης του Horlick έδειξαν ότι αυξήθηκε το ποσοστό του σωματικού λίπους μετά τη διατροφική παρέμβαση!

## 6. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ FUTREX- 6100XL

Ονομάσαμε $OD_1$, $OD_2$, $OD_3$ και $OD_4$ τις οπτικές πυκνότητες στα μήκη κύματος 810nm, 932nm, 944nm και 976nm αντίστοιχα οι οποίες μετρούνται και χρησιμοποιούνται από το FUTREX-6100XL. Προσπαθήσαμε να αποκαλύψουμε τον τύπο της εξίσωσης διατηρώντας σταθερές τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις μετρήσεις (OD1, OD2, OD3, OD4, ύψος, βάρος, ηλικία, φύλο), εκτός από μία κάθε φορά και βλέπαμε πως οι εκτιμήσεις του %BF μεταβάλλονταν με τις διάφορες παραμέτρους. Ο τύπος της εξίσωσης μπορεί να περιγραφεί εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων στις πληροφορίες. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλες τις παραμέτρους για κάθε μία ξεχωριστά. Όμως ακολουθώντας την προηγούμενη μεθοδολογία εμφανίστηκε μία μικρή δυσκολία οφειλόμενη στο γεγονός ότι δεν ήταν πιθανό να διατηρήσουμε σταθερές τις τιμές των οπτικών πυκνοτήτων ξεχωριστά. Για να υπερπηδήσουμε το εμπόδιο αυτό οι μετρήσεις λήφθηκαν στα ίδια

πρόσωπα. Έτσι οι τέσσερις τιμές της οπτικής πυκνότητας ήταν σχεδόν σταθερές με μικρές μη σημαντικές μεταβολές από τη μία μέτρηση στην άλλη οφειλόμενες στο τυχαίο σφάλμα.

Υποθέσαμε αρχικά ότι ο τύπος της εξίσωσης του %BF ήταν:

$$\%BF= f(OD_1, OD_2, OD_3, OD_4) + g(\text{Ύψος, Βάρος, Ηλικία, Φύλο}) \quad (1)$$

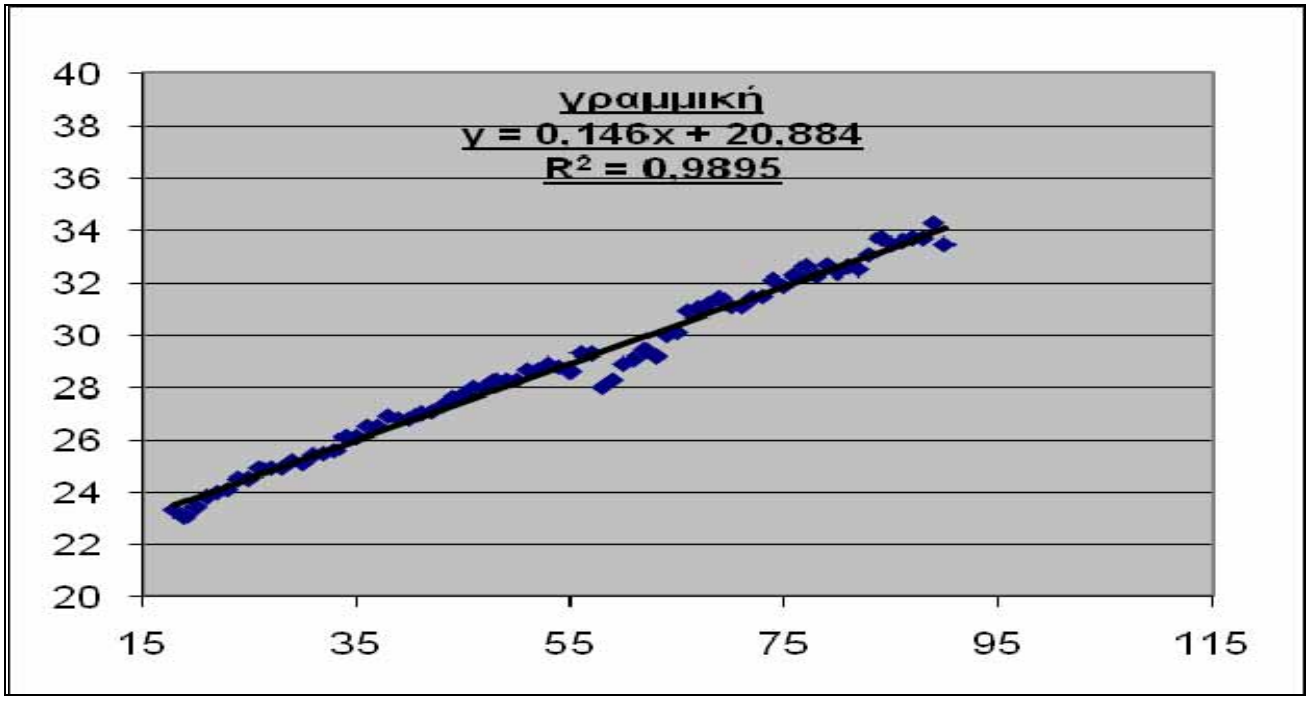
Όπου f είναι η παράγοντας των οπτικών πυκνοτήτων και g ο παράγοντας όλων των άλλων παραμέτρων. Παίρνοντας μετρήσεις με το Futrex- 6100XL στο ίδιο πρόσωπο ο παράγοντας $f(OD_1, OD_2, OD_3, OD_4)$ της παραπάνω εξίσωσης, μπορεί να θεωρηθεί σα μια άγνωστη σταθερά και όχι σαν ένας πολύπλοκος παράγοντας όπως επεξηγήθηκε προηγουμένως. Όμως εάν μιλήσουμε με ακρίβεια οφείλουμε να πούμε ότι κάτω από τις συνθήκες επαναλαμβανόμενης μέτρησης στο ίδιο άτομο οι τιμές του παράγοντα f ποικίλλουν μη σημαντικά λόγω του τυχαίου σφάλματος, το οποίο μπορεί να εξαληφτεί εφαρμόζοντας τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιώντας τον παράγοντα f ως σταθερά μπορούμε να γράψουμε:

$$\%BF= g(\text{Ύψος, Βάρος, Ηλικία, Φύλο}) + \text{σταθερά } f \quad (2)$$

Μέσα σε αυτήν την υπόθεση και σταθεροποιώντας όλες της παραμέτρους που επηρεάζουν τον παράγοντα g (Ύψος, Βάρος, Ηλικία, Φύλο) εκτός από έναν, ο τύπος της εξίσωσης του %BF του Futrex- 6100XL γίνεται:

1. **%BF έναντι της ηλικίας**

Πρώτον, βρήκαμε ως οι τιμές του %BF ποικίλλουν ανάλογα με την ηλικία. Οι υπόλοιποι παράμετροι εκτός από την ηλικία πήραν τις τιμές: Βάρος= 65kg, Ύψος= 1,70m, Φύλο= Θήλυ. Σταδιακά ,μεταβάλαμε τις τιμές του παράγοντα ηλικία από 18 ετών ως 90 ετών. Οι τιμές του %BF που υπολογίστηκαν με το Futrex-6100XL έναντι της ηλικίας φαίνονται στο σχήμα 2.




**Σχήμα 2**

Όπως βλέπουμε η εξίσωση του Futrex- 6100XL δείχνει μία γραμμική εξάρτηση του ποσοστού της %BF από την ηλικία. Η εξίσωση που προκύπτει μέσω της εφαρμογής της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων είναι η εξής:

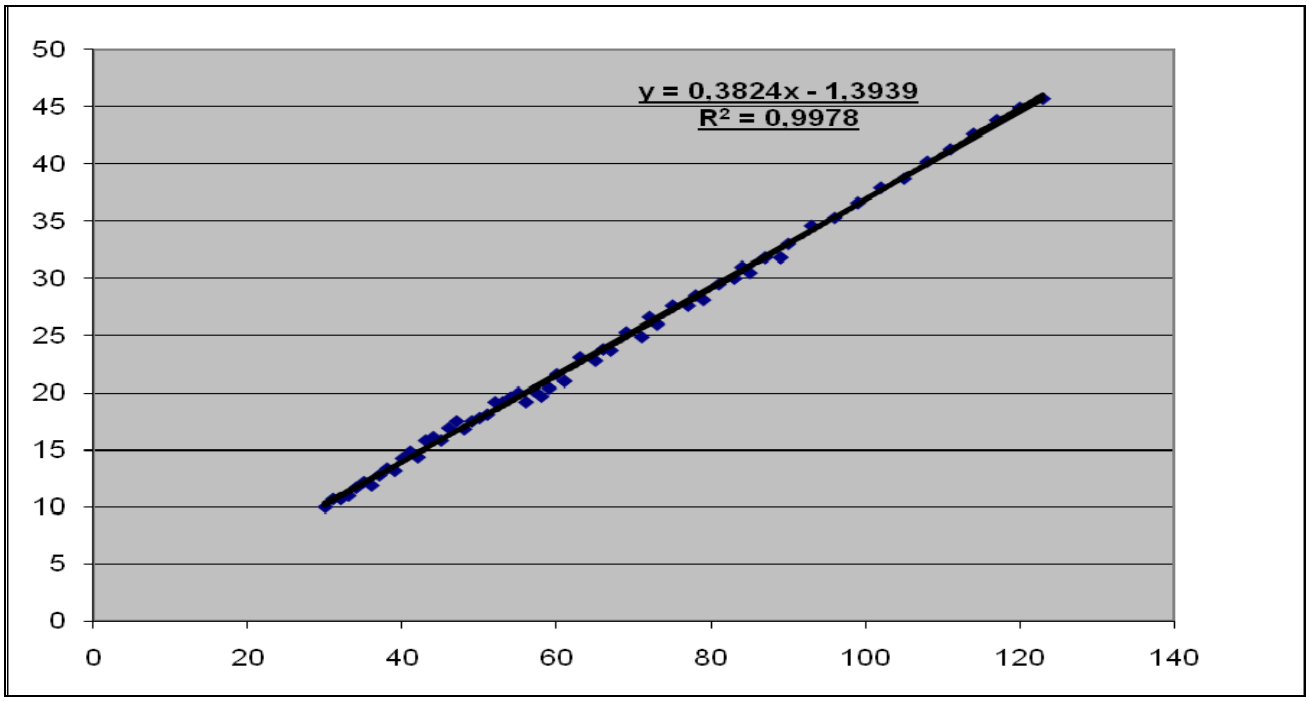
$$\%BF = 0{,}146 \times (\text{Ηλικία}) + 20{,}884 \quad (3)$$

με μια τιμή του $r^2 = 0{,}9895$.

**2. %BF έναντι του βάρους.**

Μετά οι τιμές της ηλικίας του ύψους και του φύλου κρατήθηκαν σταθερές στα 18 έτη, 1,70m, και θήλυ αντίστοιχα και η παράμετρος του βάρους μεταβλήθηκε σταδιακά από τα 30 έως τα 225kg. Η τιμές %BF που μετρήθηκαν με το Futrex- 6100XL φαίνονται στο σχήμα 3. Όπως βλέπουμε η σχέση του %BF είναι επίσης γραμμική σε σχέση με το βάρος στην περιοχή 30 έως

120kg. Όμως αυτό είναι σταθερό πάνω από τα 120kg βάρος.




**Σχήμα 3**

Για το διάστημα 30 έως 120kg η εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων προβλέπει μια εξάρτηση του τύπου:

$$\%BF = 0,384 \times (\text{Βάρος}) - 1,3939 \quad (4)$$

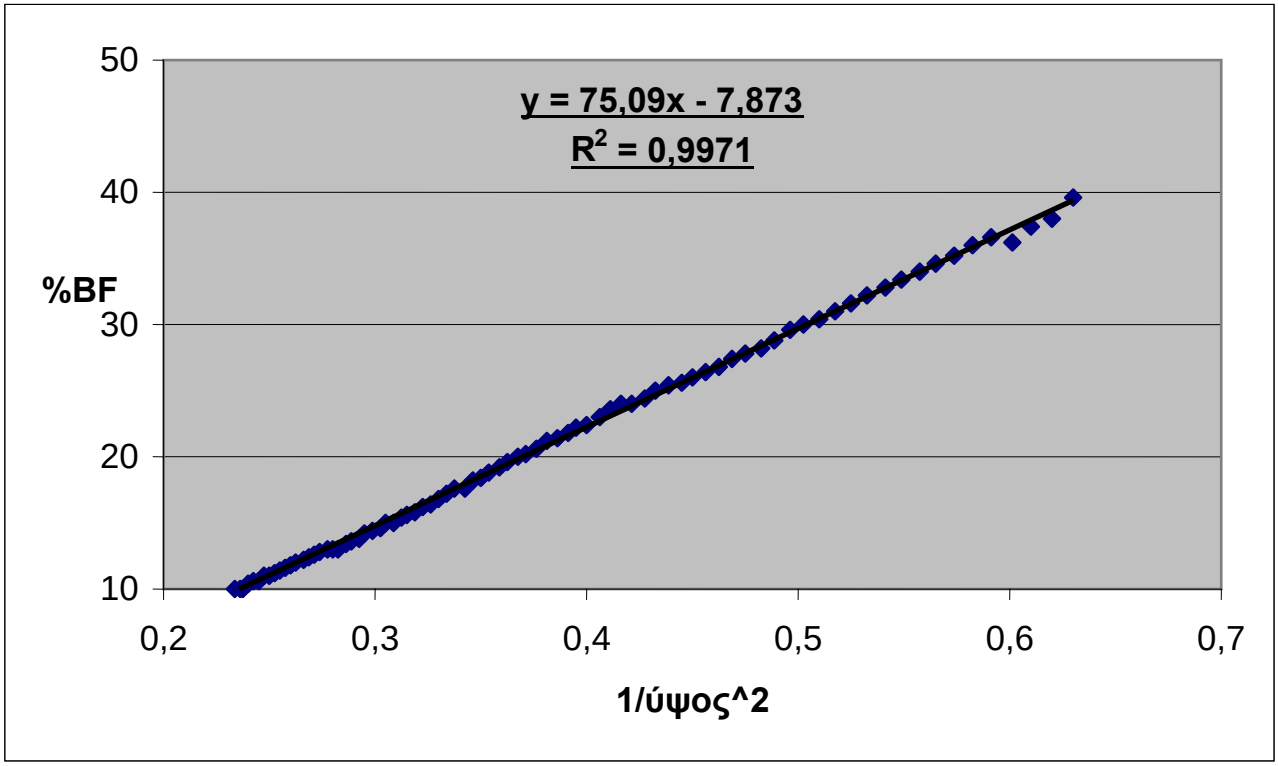
με μια τιμή $r^2 = 0,9978$. Για βάρος πάνω από 120kg η εφαρμογή της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων δίνει μια εξάρτηση του τύπου:

$$\%BF = 0,0023 \times (\text{Βάρος}) + 45,114$$

με $r^2 = 0,1037$. Αυτό δείχνει ότι δεν υπάρχει μία σταθερή σχέση μεταξύ των τιμών του %BF και των τιμών του βάρους και συνεπώς το %Bf είναι ανεξάρτητο του βάρους για τιμές πάνω από 120kg. Οι μετρούμενες τιμές του %BF είναι σχεδόν σταθερές όχι για τις ακραίες τιμές του βάρους αλλά για τις ακραίες τιμές του BMI.

### 3. %BF έναντι του ύψους.

Προσπαθώντας να βρούμε την εξάρτηση του %BF από το ύψος οι παράμετροι του βάρους, της ηλικίας και του φύλου κρατήθηκαν σταθερές σε τιμές 70kg, 18 ετών και θήλυ αντίστοιχα. Οι τιμές του ύψους μεταβλήθηκαν σταδιακά 1,3m έως 2,20m. Το σχήμα 4 δείχνει την εξάρτηση του %BF από το ύψος. Αυτό που μπορούμε να δούμε είναι ότι αυτά τα σημεία τείνουν να μην αντιστοιχούν σε ευθεία γραμμή.




**Σχήμα 4**

Όμως αν σχεδιάσουμε το %BF έναντι του $\frac{1}{\text{ύψος}}$ ή $\frac{1}{\text{ύψος}^2}$ εμφανίζεται το σχήμα μιας ευθείας γραμμής. Δες το εμπεριεχόμενο σχήμα του σχήματος 4. Η εξίσωση που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων είναι:

$$\%BF = 75{,}09 \times \frac{1}{\text{ύψος}^2} - 0{,}7873 \quad (5)$$

με μια τιμή $r^2 = 0{,}9971$. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το $\frac{1}{\text{ύψος}}$ ή $\frac{1}{\text{ύψος}^2}$ είναι μια πιθανή μορφή εξάρτησης από της %BF από το ύψος. Αυτό θέτει την υποψία το BMI (= $\frac{\text{Βάρος}}{\text{Ύψος}^2}$) να εξαρτάται από της %BF παρά από το $\frac{1}{\text{ύψος}^2}$. Αυτή η υποψία έγινε ισχυρότερη όταν βρήκαμε ότι αν διαιρέσουμε την κλίση της ευθείας γραμμής της εμπεριεχόμενης στο σχήμα 4 με τη σταθερή τιμή του βάρους δηλαδή $\frac{75{,}09}{70} = 1{,}072$. Επίσης, εάν πολλαπλασιάσουμε την κλίση της ευθείας γραμμής του σχήματος 3 με το τετράγωνο της σταθερής τιμής του ύψους βρίσκουμε: $0{,}3824 \times 1{,}70^2 = 1{,}105$.

Αυτές οι δύο τιμές (1,072 και 1,105) βρίσκονται πολύ κοντά η μία στην άλλη και θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν την κλίση μιας ευθείας γραμμής του %BF έναντι του BMI.

**4. %BF έναντι του BMI**

Για να είμαστε σίγουροι ότι έχουμε να κάνουμε με το BMI και όχι με το ύψος και το βάρος ξεχωριστά χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα που ήδη είχαμε πάρει από τις προηγούμενες μετρήσεις και άλλο ένα σετ μετρήσεων του %BF για άλλο ένα πρόσωπο το οποίο οι τιμές της ηλικίας και του φύλου ήταν 18 ετών και άρρεν αντίστοιχα, και σχεδιάσαμε το διάγραμμα του %BF έναντι του BMI. Αυτό που είδαμε απεικονίζεται στο σχήμα 5. Όπως μπορεί κάποιος να δει σε αυτό το σχήμα οι τιμές του %BF αυξάνουν γραμμικά με το BMI για τιμές BMI κάτω του 42,5 για τους άντρες και κάτω του 49 για τις γυναίκες, ενώ για τιμές μεγαλύτερες από αυτές το %BF είναι σχεδόν σταθερό κυμαινόμενο μεταξύ 45 και 45,9. Σε μία σειρά μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε άλλο δείγμα διαπιστώθηκε ότι για το %BF >45 τότε φαίνεται να είναι ανεξάρτητες οι μεταβλητές του BMI καθώς και οι τιμές των ODs.

**5. %BF έναντι του φύλου.**

Μια άλλη διαπίστωση που μπορεί κανείς να κάνει στο σχήμα 5 είναι ότι οι μεταβολές του φύλου από το άρρεν στο θήλυ απεικονίζονται στην εξίσωση πρόβλεψης του %BF μόνο σαν έναν επιπρόσθετο όρο. Αυτό το αποτέλεσμα προέκυψε επίσης χρησιμοποιώντας τα προηγούμενα βήματα για το φύλο= άρρεν. Σύμφωνα με τα ευρήματά μας εάν φύλο = 1 για το αρσενικό και φύλο = 0 για το θηλυκό τότε ένας παράγοντας περίπου ίσος με -10,4 × (φύλο) πρέπει να εισαχθεί στην εξίσωση πρόβλεψης.

**6. Η εξάρτηση του %BF από τα ODs.**

Αυτό που έχουμε βρει μέχρι τώρα είναι ότι:

$$\%BF = \int \begin{matrix} \mathbf{f(ODs) + g} \\ 45.4 \pm 0.5 \end{matrix} \quad \text{αν} \quad \begin{matrix} \mathbf{f + g < 45} \\ \mathbf{f + g > 45} \end{matrix}$$

και ότι g(Ύψος, Βάρος, Ηλικία, Φύλο) = A × (BMI) +B × (Ηλικία) + C × (Φύλο) (6)
με φύλο = 1 για άρρεν και 0 για θήλυ και A = 1.1, B = 0.146, C = -10.4 . Στην εξίσωση 6 το BMI μετρούνταν σε $\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m}^2}$ και η ηλικία σε έτη. Αυτό που πραγματικά βρήκαμε για τον παράγοντα g είναι ο γενικός του τύπος με στρογγυλοποιημένες τιμές των συντελεστών A, B και C. Οι ακριβείς τιμές των A, B και C θα υπολογιστούν μαζί με τους συντελεστές του παράγοντα f. Στο επόμενο βήμα, στο οποίο μια πολυπαραγοντική γραμμική αναδρομική ανάλυση εφαρμόστηκε σε ένα δείγμα 978

αντιπροσωπευτικών μετρήσεων σε άτομα με σκοπό να ταιριάξουμε αυτές τις μετρήσεις σε μια εξίσωση του τύπου:

$$\%BF = \alpha_0 + \alpha_1 \times (OD_1) + \alpha_2 \times (OD_2) + \alpha_3 \times (OD_3) + \alpha_4 \times (OD_4) + A \times (BMI) + B \times (\text{Ηλικία}) + C \times (\text{Φύλο}) \quad (7)$$

Για αυτούς τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε το Origin suite οι τιμές των συντελεστών που βρέθηκαν είναι: $\alpha_0 = -8.634 \pm 0.016$, $\alpha_1 = -1.077 \pm 0.057$, $\alpha_2 = 0.2109 \pm 0.081$, $\alpha_3 = -21.22 \pm 0.12$, $\alpha_4 = 0.2440 \pm 0.079$, $A = 1.09414 \pm 0.00061$, $B = 0.145 \pm 0$ και $C = -10.446 \pm 0.007$. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα ODs παίρνουν τιμές στο μεσοδιάστημα (-0.6, 0) μπορούμε να δούμε ότι οι όροι της προηγούμενης εξίσωσης που περιλαμβάνει τις τιμές των $OD_2$ και $OD_4$ συμβάλλουν στην εκτίμηση της τιμής του %BF λιγότερο από 0,2 το οποίο είναι της τάξεως του στρογγυλοποιητικού λάθους. Συνεπώς, η συμβολή τους στο %BF είναι ασήμαντη και μπορούν να παραληφθούν.

Η εφαρμογή του ίδιου δείγματος μετρήσεων σε μια εξίσωση του τύπου:

$$\%BF = \alpha_0 + \alpha_1 \times (OD_1) + \alpha_3 \times (OD_3) + A \times (BMI) + B \times (\text{Ηλικία}) + C \times (\text{Φύλο}) \quad (8)$$

η οποία δεν περιλαμβάνει τα $OD_2$ και $OD_4$, οδηγεί στις ίδιες εκτιμήσεις του %BF με αυτές που ανακτήθηκαν με την εξίσωση 9. Η μέγιστη απόλυτη διαφορά μεταξύ των εκτιμήσεων 7 και 8 είναι μικρότερη από 0,02, το οποίο είναι ασήμαντο. Οι τιμές των συντελεστών της εξίσωσης είναι $\alpha_0 = -8.640 \pm 0.012$, $\alpha_1 = -1,142 \pm 0.062$, $\alpha_3 = -20.77 \pm 0.07$, $A = 1.093 \pm 0$, $B = 0.145 \pm 0$ και $C = -10,426 \pm 0.005$. Εάν το σφάλμα των παραπάνω τιμών είναι 0, αυτό σημαίνει ότι το σφάλμα είναι λιγότερο σημαντικό ψηφίο της αντίστοιχης τιμής. Έτσι λοιπόν καταφέραμε να αποκαλύψουμε την εξίσωση πρόβλεψης του Futrex- 6100XL. Οφείλουμε όμως να σημειώσουμε ότι αυτή η εξίσωση έχει ισχύ μόνο στους ενήλικες και ότι οι εξισώσεις προβλέψεις για εφήβους και παιδιά είναι διαφορετικές.

## 7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στις επτά από τις δέκα μεθόδους μέτρησης του ποσοστού του λιπώδους ιστού τα αποτελέσματα ήταν θετικά, μετά τη διατροφική παρέμβαση, δηλαδή παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού του σωματικού λίπους μετά τη διατροφική παρέμβαση, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των δύο εξισώσεων των δερματοπτυχομετρήσεων και της εξίσωσης της βιοηλεκτρικής εμπέδησης του Horlick τα οποία ήταν αρνητικά.

Παρόλο που τα αποτελέσματα των τριών από τις δέκα μεθόδους μετρήσεως της σύστασης του σώματος έδειξαν αύξηση του ποσοστού του λιπώδους ιστού εντούτοις το τελικό αποτέλεσμα που προέκυψε από το μέσο όρο των αποτελεσμάτων όλων των μεθόδων μετρήσεως της σύστασης του σώματος έδειξε μείωση του ποσοστού του λιπώδους ιστού στα άτομα της ομάδος που έγινε διατροφική παρέμβαση. Το ποσοστό μεταβολής του λιπώδους ιστού στις δέκα μεθόδους μέτρησης

σύστασης σώματος διακυμάνθηκε από -32,8% έως +19,13%. Ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων αυτών ήταν -1,6% και με τυπική απόκλιση 11,2.

Όμως, τα αποτελέσματα της μέτρησης της σύστασης του σώματος του δείγματος δεν θα καταγράφονταν αντικειμενικά εάν χρησιμοποιούσαμε μία και μόνο μέθοδο μέτρησης σύστασης σώματος, αφού το εύρος διακύμανσης του ποσοστού μεταβολής του σωματικού λίπους στις διάφορες μεθόδους μέτρησης ξεπερνά το 50%. Για το λόγο αυτό θα πρέπει στις μετρήσεις σύστασης σώματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται πάντα παραπάνω από μία μέθοδο μέτρησης του σωματικού λίπους.

Ο καθορισμός της ευαισθησίας και της ειδικότητας της κάθε μεθόδου ξεχωριστά αλλά και των διαφόρων συνδυασμό αυτών θα μας καθοδηγήσει στο ποιά ή ποιές μέθοδοι είναι πλέον χρήσιμες για τη μέτρηση του σωματικού λίπους έτσι ώστε να μην απαιτείται κάθε φορά η χρησιμοποίηση και των δέκα διαφορετικών μεθόδων μετρήσεως που εμείς χρησιμοποιήσαμε.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

α/ Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο NIR αποκαλύφθηκε η εξίσωσης πρόβλεψης του %BF του Futrex – 6100XL για μεγάλες τιμές του BMI (>42.5 για τους άντρες και 49 για τις γυναίκες) οι εκτιμήσεις του %BF που δίνει το μηχάνημα Futrex – 6100XL κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 45 και 45.9, ανεξάρτητα από τις τιμές των OD ή τις τιμές των άλλων μεταβλητών. Γι’ αυτό για τόσο μεγάλες τιμές του BMI του Futrex – 6100XL δεν ενδείκνυται για την εκτίμηση του %BF. Οι διαφορές μεταξύ των εκτιμώμενων τιμών του %BF που ανακτώνται από την αποκεκαλυμμένη εξίσωση πρόβλεψης και τις εκτιμώμενες τιμές που δίνει το μηχάνημα μόνο του είναι κυρίως μέσα στο φάσμα [-0.1,01]. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν τόσο μικρές διαφορές που οι απόλυτες τιμές βρίσκονται μεταξύ [0.1, 0.5]. Αυτές οι διαφορές είναι δύσκολο να στρογγυλοποιηθούν. Μια πιθανή πηγή αυτών των διαφορών είναι ο δημιουργός τυχαίων αριθμών ενσωματωμένων στο εργαλείο από τους κατασκευαστές με σκοπό να καταστήσουν την αποκάλυψη της εξίσωσης πρόβλεψης ένα δύσκολο έργο. Επιπλέον αυτό που το Futrex – 6100XL κάνει πραγματικά είναι ότι διορθώνει τις προβλέψεις του BMI. Όμως οι προβλέψεις του είναι πραγματικές και συγκρίσιμες με αυτές των άλλων μεθόδων.

β/ Οι εξισώσεις των δερματοπτυχομετρήσεων δεν είχαν καλή συσχέτιση ούτε μεταξύ τους αλλά ούτε και με τις υπολόιπες εξισώσεις των άλλων μεθόδων και πιθανώς να μην ανταποκρίνονται τα αποτελέσματά στην πραγματική % σύσταση του λιπώδους ιστού.

γ/ Την καλύτερη συσχέτιση μεταξύ των διάφορων εξισώσεων BIA είχαν οι εξισώσεις Sun και Deurenberg με $r^2 \approx 0,98$.

δ/ Επίσης το NIR δίνει πολύ καλές συσχετίσεις με τις εξισώσεις Sun και Deurenberg με $r^2$= 0,92 και $r^2$= 0,91 αντίστοιχα.

ε/ Οι τιμές που δίνει η ζυγαριά Tefal, στις περιοχές περίπου απο 27 εως 37, προσεγγίζουν κατά πολύ τις τιμές που δίνουν οι εξισώσεις που χρησιμοποιήσαμε στο BIA πλην του Schaefer που δείχνει να υποεκτιμά το %BF.

στ/ Οι συσχετίσεις BMI με τις υπόλοιπες μεθόδους έδειξε ότι τα σημεία ομαδοποιούνται κατά φύλο.

ζ/ Αποκαλύφθηκε η εξίσωση που χρησιμοποιεί το Futrex 6100XL για ενήλικες.

η/ Για τιμές BMI μεγαλύτερες των 45kg/m2 το Futrex 6100XL δεν ενδείκνυται.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**Πίνακας Επεξήγησης Συντμήσεων και Όρων**

ECW: εξωκυττάριο νερό

Ht: ύψος

Wt: βάρος

BMI: δείκτης μάζας σώματος

FFM: καθαρή μάζα (ελεύθερη λίπους μάζα)

BIA: ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης

R: αντίσταση

Xc: ένταση

Impendance: εμπέδηση

WHR: λόγος περιφέρειας μέσης γοφών

Reactance: διαπίδυση

Phase angle (φ): γωνία φάσης

Resistance: αντίσταση

V: όγκος

Φ: διατομή αγωγού

ρ: σταθερά συσχέτισης

l: μήκος αγωγού

TBW: ολικό σωματικό νερό

BCM: σωματική κυτταρική μάζα

Db: πυκνότητα σώματος

BM: μάζα σώματος

FM: μάζα λίπους

**ΑΝΑΦΟΡΕΣ:**

[1] Sorof J, Daniels S, Obesity hypertension in children: a problem of epidemic proportions, Hypertension, (2002); **40**(4), 441-447.

[2] Janssen I, Katzmarzyk P.T., Boyce W.F., et al, Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary pattens, Obes Rev, (2005); **6**, 123-132.

[3] Lissau I, Overweight and obesity epidemic among children. Answer from European countries, Int J Obes Relat Metab Disord, (2004); **28**(3), 10-15.

[4] Lobstein T, Frelut M L, Prevalence of overweight among children in Europe, Obes Rev, (2003); **4**, 195-200.

[5] Treuth MS, Butte NF, Sorkin JD, Predictors of body fat gain in nonobese girls with a familial predisposition to obesity, Am J Clin Nutr, (2003); **78**(6), 1212-1218.

[6] Fagot-Campana A, Pettit DJ, Engelgau MM, Type II diabetes among North American children and adolescents: an epidemiologic review and a public health perspective, J Pediatr, (2000); **136**, 664-672.

[7] Deckelbaum RJ, Williams Cl, Childhood obesity: The Health Issue, Obes, Research, (2001); **9**, 239s-243s.

[8] Βασίλης Ζαφειρόπουλος, σημειώσεις μαθήματος: Εφαρμογές Φυσικής- Σύστασης Σώματος, (2006);Σητεία.

[9]L. Kathleen Mahan, Sylvia Escott- Stump, Krause's, Food, Nutrition & Diets Therapy, (2000); Saunders.

[10] Γιάννης Μανιός, Διατροφική Αξιολόγηση: Διατροφικό & Ιατρικό Ιστορικό, Σωματομετρικοί, Κλινικοί & Βιοχημικοί Δείκτες,(2006); Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.

[11] Franklin M F, Comparison of weight and height relations in boys from 4 countries, Am J Clin Nutr, (1999); **70**, 157-162.

[12] Maynard M, W. Wisemandle, et al, Childhood body composition in relation to body mass index, Pediatrics, (2001); **107**, 344-350.

[13] Eto C, S Komiya, et al, Validity of the body mass index and fat mass index as an indicator of obesity in children aged 3-15 year, J Physiol Anthropol Appl Human Sci, (2004); **23**(1), 25-30.

[14] Tienboon P, Wahlqvist ML, A prospective study of weight and height going from infancy to adolescence, Asia Pac J Clin Nutr, (2002); **11**(1), 42-47.

[15] Guo SS, Chumlea W S, Tracking of body mass index in children in relation to overweight in adulthood, Am J Clin Nutr, (1999); **70**, 145s-148s.

[16] Wright MC, Parker L, Lamont D, Craft AW, Implications of childhood obesity for adult health: findings from thousand families cohort study, BMJ, (2001); **323**, 1280-1284.

[17] Togashi K, Masuda H, Rankinen T, Tanaka S, Bouchard C, Kamiya H, A 12-year follow-up study of treated obese children in Japan, Int J Obes Relat Metab Disord, (2002); **26**(6), 770-777.

[18] Lowe MR, Self- regulation of energy intake in the prevention and treatment of obesity: Is it feasible?, Obes Research, (2003); **11**, 44s-59s.

[19] Wang Y, Ge K, Popkin BM, Why do some overweight children remain overweight, whereas other do not? Pub H Nutr, (2003); **6**(6), 549-558.

[20] Guo SS, Chumlea WC, Trackinh of body mass index in children in relation to overweight in adulthood, Am J Clin Nutr, (1999); **70**(1), 145s-148s.

[21] Mo-suwan L, Tongkumchum P, Puetpainboon A, Determinants of overweight tracking from childhood to adolescence: a 5 year follow-up study of Hat Yai school children, Int J Obes Relat Metab Disor, (2000); **24**(12), 1642-1647.

[22] Wang Y, Ge K, Popkin BM, Tracking of body mass index from childhood to adolescent: a 6-y follow-up study in China, Am J Clin Nutr, (2000); **72**, 1018-1024.

[23] Blane D, Hart CL, Davey Smith G, Gillis Cr, Hole DJ, Hawthome VM, Association of cardiovascular disease risk factors socioeconomic position during chilhhood and during adulthood, Br Med J, (1996); **313**, 1434-1438.

[24] Lobstein T, Frelut M L, Prevalence of overweight among children in Europe, Obes Rev, (2003); **4**, 195-200.

[25] Robert Frisancho, triceps skin fold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status, Am J Cl N, (1974); **27**, 1052-58.

[26] Al-Sendi AM, Shetty P, Musaiger AO, Anthropometry and body composition indicators of Bahraini adolescents, Ann Hum Biol, (2003); **30**(4), 367-379.

[27] Yusof HM, Chinq TS, Ibrahim R, Lola S, Anthropometric indices and life style of the indigenous Orang Asli adults in Lembah Belum, Grik of Peninsular Malaysia, Asia Pac J Clin Nutr, (2007); **16**(1), 49-55.

[28] A Mackie, WJ Hannan and P Tothill, An introduction to body composition models used in nutritional studies, Clin Phys Physiol Meas, (1989); **10**(4), 297-310.

[29] Jakson A S & Pollock ML, A practical approach for assessing body composition of men, women, ad athletes, Medicine and Science in Sports and Execise, (1980); **12**, 195-205.

[30] William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, Φυσιολογία της Άσκησης. Τόμος ΙΙ, Δεύτερη έκδοση. Επιστημονική επιμέλεια, Ιατρικές εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης.

[31] Heymsfield SB, Withers RT., Laforgia SB., Historical perspectives on body composition research, critical apprraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four- compartment models, American Journal of Human Biology, (1984); **11**(2), 175-185.

[32] Durin RVGA, Rahaman MM., The assessment of the of the amount of fat in the human body from measurement of skinfold thickness, nutrition, (1967); **21**, 681-688.

[33] Jakson AS & Pollock ML, Generalized equations for predicting body density of men, Br J Nutr, (1978); **40**, 497-504.

[34] Γεωργιαννός ΣΝ., Φυσιολογία της Θρέψης Μεταβολισμός και Τεχνητή Εντερική και Παρεντερική Διατροφή, Επιστημονικές Εκδόσεις Γρ. Παρισιάνος, ISBN 960-340-039-4.

[35] Mary Courtney Moore, Διαιτολογία, 3η έκδοση, Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης Ε. Μαγκλάρα-Κατσιλάμπρου, Α. Τσαρούχη, Θ. Κουρσούμπα, Ε. Λαππά, Εκδόσεις BHTA medical arts, ISBN 960-8071-24-0.

---

[36] William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, Φυσιολογία της Άσκησης, Τόμος ΙΙ, 2η έκδοση, Επιστημονική Επιμέλεια Βασίλης Κλεισούρας, Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, ISBN 960-8122-80-5.

[37] Jakson AS & Pollock ML., A practical approach for assessing body composition of men, women, ad athletes, Medicine and Science in Sports and Execise, (1980); **12**, 195-205.

[38] Γεωργιαννός ΣΝ., Φυσιολογία της Θρέψης Μεταβολισμός και Τεχνητή Εντερική και Παρεντερική Διατροφή, Επιστημονικές Εκδόσεις Γρ. Παρισιάνος, ISBN 960-340-039-4.

[39] Becque DM, Time course of skin- plus- fat compression in males and females, Human Biology, (1986); **58**, 33.

[40] Han TS, Waist circumference relates to intra-abdominal fat mass better than waist: hip ratio in women. Proceedings of the Nutrition Society,(1995); **54**, 152A.

[41] Lean MEJ, Han TS, Deurenberg P., Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements, Am J of Clinical Nutrition, (1996); **63**,4-14.

[42] Han TS., Waist circumference reduction and cardiovascular benefits during weight loss in Women, Int J of Obesity and Related Metabolic Disorders, (1997); **21**,127-134.

[43] Παχυσαρκία. Η πρόληψη και η αντιμετώπιση μιας παγκόσμιας επιδημίας. Επιμέλεια Ν. Λ. Κατσιλάμπρος, Κ. Τ σίγκος. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Γενεύη. Εκδόσεις ΒΗΤ Α medical arts.

[44] Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V and Nixon DW, Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone- free arm muscle mass area, Am J Clin Nutr, (1982); **36**, 680-690.

[45] Nyboer, J., Electrorheometric properties of tissues, Ann. N.Y. Acad. Of Sciences. (1970); **170** (2), 410-420.

[46] Ji-hyeon Gang , Suitable Method to Body Fat Assessment and Follow-up Examination, The 10th Workshop of KOSSO in 2005,( 2005); 261-269.

[47] Nyober J, Polaesk P, & Goliard R, Bioelectrical Impedance Analyser, Proc. Second Int. Conf. Of Bioelectrical Impedance, (1976); 5.

[48] Geddes LA and Baker LE, Principles of applied biomedical instrumentation, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, (1975); 616-618.

[49] Settle R G, Foster KR, Epstein BR & Mullen JL, Nutritional and cancer, **2** (1), (1980); 72-80.

[50] Hoffer EC, Meador CK & Simpson DC, A relationship between whole body impedance and total body water volume, J Appl Physiol, (1969); **27**, 531.

[51] Hoffer EC, Meador CK & Simpson DC, A relationship between whole body impedance and total body water volume, Annlas NY Acad of Sciences, (1970); **97**, 452-469.

[52] Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI, Assessment of fat free masusing Bioelectrical impedance measurements of human body, Am J Clin Nutr, (1985); **41**, 810-817.

[53] Kyle UG, Genton L, Karserd L, Slosman DO, Pichard C, Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 18-94 years, Nutrition, (2001); **17**, 248-53.

[54] Lohman TG, Advances in body composition assessment, Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, (1992).

[55] Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R, Westrate JA, Seidell JC, Sex and age specific preiction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross- validation study, Int J Obesity, (1991); **15**, 17-25.

[56] Stolarczyk LM, Heyward VH, Hicks VL, Baumgartner RN, Predictive accuracy of bioelectrical impedance in estimating body composistion of Native American women, Am J Clin Nutr, (1994); **59**, 964-70.

[57] Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys, Am J Clin Nutr, (2003); **77**, 331-40.

[58] Geddes LA, Baker LE, Principles of applied biomedical instrumentation, 2 edition John Wiley and sons, New York, (1975); 276-300.

[59] Nyboer J, Kornmesser JG, Electrical impedance of the abdomen during maternal labor, Annals of the New York Academy of Science, (1970); **170**, 801-830.

[60] Lukaski HC, Johnson P E, Bolonchuk WW, Theory and validation of the tetrapolar bioelectrical impedance method to access human body composition, Int Symp On In Vivo Body Composition Studies, Sept 28-Ost 1, (1986); Brookheaven National Laboratory.

[61] Schaefer F, Georgi M, Zieger A, Scharer K, Usefylness of bioelectrical impedance and skinfold measurement predicting fat- free mass derived from total body potassium in children, Pediatr Res., (1994); **35**(5), 617-24.

[62] Horlick M, Arpadi SM, Bethe J, Wang J, Moye Jr, Cuff P, Bioelectrical impedance analysis models for prediction of total body water and fat- free mass in healthy and HIV- infected children and adolescents, Am J Clin Nutr, (2002); **76**, 991-9.

[63] Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Westrate JA, Seibell JC, Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a crossvalidation study, Int. J. Obesity, (1991); **15**, 17-25.

[64] Shumei S Sun, W Cameron Chumlea, Steven B Heymsfield, Henry C Lukaski, Dale Schoeller, Karl Friedl, Robert J Kuczmarski, Katherine M Flegal, Clifford L Johnson and Van S Hubbard, Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the

use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys, Am J Clin Nutr, (2003); **77**, 331-40.

[65] Tomas Isaksson, Charles E. Miller, Tormod Naes, Nondestructive NIR and NIT determination of protein, fat and water in plastic- wrapped homogenized meat, Appl. Spectrosc, (1992); **46** (11), 1685-1694.

[66] Conway JM, Norris KH, Bodwell CE, A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance, Am J Clin Nutr, (1984); **40**(6), 1123-30.

[67] Hortobagyi T, Israel RG, Houmard JA, McCammon MR, O'Brien KF, Comparison of body composition assessment by hydrodensitometry, skinfolds, and multiple site near- infrared spectrophotomentry, Eur j Clin Nutr, (1992); **46**(3), 205-11.

[68] Hicks VL, Stolarczyk LM, Heyward VH, Baumgartner RN, Validation of near- infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women, Med Sci Sports Exerc, (2000); **32**(2), 531-9.

[69] Schreiner PJ, Pitkaniemi J, Pekkanen J, Salomaa VV, Reliability of near- infrared interactance body fat assessment relative to standard anthropometric techniques, J Cl Epidemiol, (1995); **48**(11), 1361-7.

[70] Heyward VH, Cook KL, Hicks VL, Jenkins KA, Quatrochi JA, Wilson WL, Predictive accuracy of three field methods for estimating relative body fatness of nonobese and obese women, Int J Sport Nutr, (1992); **2**(1), 75-86.

[71]Pollock ML, Jackson AS, Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition, Med Sci Sports Exerc, (1984); **16**, 606-13.

[72] Elia M, Parkinson SA, Diaz E, Evaluation of near infra-red interactance as a method for oredicting body composition, (1990); **44**(2), 113-21.

[73]Houmard Joseph A, Israel Richard G, McCammon Michael R, O'Brien Kevin F, Omer Jay, Zamora Brenda S, Valibility of a near- infrared device for estimating body composition in a college football team, The Journal of Strenght & Conditioning Research, (1991); **5**(2), 53-107.

[74]Heyward VH, Evaluation of body composition. Current issues, Sports Med, (1996); **22**(3), 146-56.

[75] Heyward VH, Wagner DR, Body composition and athletes. In: Applied body composition assessment, Champaign IL: Human Kinetics, (2004); 159-173.

[76] Heyward VH, Cook KL, Hicks VL, Jenkins KA, Quatrochi JA, Wilson WL, Predictive accuracy of three field methods for estimating relative body fatness of nonobese and obese women, Int J Nutr, (1992); **2**(1), 75-86.

[77] Samprei MA, Nov NF, Juliano Y, Sigulem DM, Comparison of the body mass index to bioelectrical impedance of body fat evaluation in ethnic Japanese and Caucasian adolescent girls, Int J Obesity, (2001); **25**(3), 400-408.

[78] Amani R, Comparison between bioelectrical analysis and body mass index methods in determination of obesity prevalence in Ahvazi women, Eur J Clin Nutr, (2007); **61**(4), 478-482.

[79] Bozkirli E, Ertorer ME, Bakiner O, Tununcu NB, Demirag NG, The validity of the World Health Organisation's obesity body mass index criteria in a Turkish population: a hospital- based study, Asia Pac J Clin Nutr, (2007); **16**(3), 443-447.

[80] Morimoto A, Nishimura R, Sano H, Matsudaira T, Miyashita Y, Shirasawa T, Koide S, Tokahashi E, Tajima N, Gender differences in the relationship between percent body fat (%BF) and body mass index (BMI) in Japanese children, Diabetes Res Clin Pract, (2007); **78**(1), 123-125.

[81] Bandini LG, Vu DM, Must A and Dietz WH, Body and bioelectrical impedance in non- obese pre-menarcheal gils: comparison to anthropometry and evualation of predictive equations, Eur J Clin Nutr, (1997); **51**, 673-677.

[82] Chan D, Overweight and obesity epidemic among children. Answer from European countries, Int J Obes Relat Metab Disord, (2004); **28**(3), 10-15.

[83] Tyrrell VJ, Richards G, Hofman P, Gillies GF, Robinson E and Cutfield WS, Foot-to-foot bioelectrical impedance analysis: a valuable tool for th measurement of body composition in children, Inter J Obes Relat Metab Dis, (2001); **25**, 273-278.

[84] Sardina L, Going S, Teixeira P, Lohman T, Receiver operating characteric analysis of body mass index, triceps skinfold thckness, and arm girth for obesity screening in children and adolescents, Am J Clin Nutr, (1999); **70**, 190-1095.

[85] Reilly J, Dorostry A, Emmett P, Identification of the obese child: adequacy of the body mass index for clinical practice and epidemiology, Int J Obes Relat Metab Dis, (2000); **24**, 1623-1627.

[86] Sardinha L, Going S, Teixeira P, Lohman T, Receiver operating characteristic analysisof body mass index, triceps skinfold thickness, and arm girth for obesity screening in children and adolescents, Am J Clin Nutr, (1999); **70**, 1090-1095.

[87] Sarria A, LA Garcia- Llop, LA Moreno, Fleta J, Morrelon MP, Bueno M, Skinfold thickness measurements are better predictors of body fta percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents, Eur J Clin Nutr, (1998); **52**, 573-576.

[88] Sampei M A, N F Novo, et al, Comparison of the body mass index to other methods of body fat evaluation in ethnic Japanese and Caucasian adolescents girls, Int J Obes Relat Metab Disord, (2001); **25**, 400-408.

[89] Nemeth A, Bodzsar EB, Eiben OG, Comparisons of fatness indicators in Budapest children, Anthropol Anz, (1999); **57**(4), 325-337.

[90] Taqliabue A, Cattaneo P, Silva S, Lanzola E, Application of bioelectrical impedance measurement in the evaluation of body fat, Recenti Prog Med, (1989); **80**(2), 59-62.

[91] Casanova Roman M, Rodriquez Ruiz I, Rico de Cos S, Casanova Bellido M, Body composition analysis using bioelectrical and anthropometric parameters, An Pediatr (Barc), (2004); **61**(1), 23-31.

[92] Kettaneh A, Heude B, Lommez A, Borys JM, Ducimetiere P, Charles MA, Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: the FLVS II Study, Diabetes Metabol, (2005); **31**(6), 534-541.

[93] Clark RR, Kuta JM, Sullivan JC, Bedford WM, Penner JD, Studesville EA, A comparison of methods to predist minimal weight in high school wrestlers, Med Sci Sports Exerc, (1993); **25**(1), 151-158.

[94] Hortobaqyi T, Israel RG, Houmard JA, McCammon MR, O'Brien KF, Comparison of body composition assessment by hydrodensitometry, skinfolds, and multiple site near- infared spectrophotometry, Eur J Clin Nutr, (1992); **46**(3), 205-211.

[95] Nemeth A, Bodzsar EB, Eiben OG, Comparisons of fatness in Budapest children, Anhtropol Anz, (1999); **57**(4), 325-337.

[96] Wardlaw GM, Comtemporary Nutrition: isuues and insights, Iowa: Brown & Benchamark,(1997); 20-25.

[97] Birch LL, Davison KK, Family environmental factors influencing the developing behavioural controls of food intake and childhood overweight, Pediatr Clin N Am, (2001); **48**(4), 893-907.

[98] Deurenberg P, Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. Proccedings of a National Institutes of Health Technology Assessment Conference, (1994); 64(3), 387S-532S.

[99] Schaefer F, Georgi M, Zieger A, Scharer K, Usefylness of bioelectrical impedance and skinfold measurement predicting fat- free mass derived from total body potassium in children, Pediatr Res, (1994); **35**(5), 617-24.

[100] Horlick M, Arpadi SM, Bethe J, Wang J, Moye Jr, Cuff P, Bioelectrical impedance analysis models for prediction of total body water and fat- free mass in healthy and HIV- infected children and adolescents, Am J Clin Nutr, (2002); **76**, 991-9.

[101] Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Westrate JA, Seibell JC, Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a crossvalidation study, Int J Obesity, (1991); **15**, 17-25.

[102] Shumei S Sun, W Cameron Chumlea, Steven B Heymsfield, Henry C Lukaski, Dale Schoeller, Karl Friedl, Robert J Kuczmarski, Katherine M Flegal, Clifford L Johnson and Van S Hubbard, Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the

use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys, Am J Clin Nutr, (2003); **77**, 331-40.

[103] Ζαχαρίας Φθενάκης, σημειώσεις μαθήματος: Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής, Σητεία 2005.

[104] Lohman TG., The use of skinfolds to estimate body fatness on children and youth, J Ph Ed, (1987); **58**(9), 98-102.

[105]Marie- Francoise Rolland Cachera, Paolo Brambilla, Paola Manzoni, Mouna Akrout, Sandro Sironi, Alessandro Del Mashio and Giuseppe Chiumello, Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: a new index valited in children by magnetic resonance imaging, Am J Clin Nutr, (1997); **65**(6), 1709-13.