



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ
ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΥΓΕΙΩΝ ΕΦΗΒΩΝ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Ηλίας Πατενταλάκης
του Νικολάου**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΑΡΑΓΚΙΟΖΟΓΛΟΥ-ΛΑΜΠΟΥΔΗ Θ.,
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 3 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 4 |
| ΙΣΤΟΙ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | 4 |
| <i>Λιπώδης ιστός.....</i> | 4 |
| <i>Μυϊκός ιστός.....</i> | 6 |
| <i>Οστίτης ιστός</i> | 6 |
| ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | 7 |
| <i>Ηλικία και φύλο</i> | 7 |
| <i>Αλλαγές στη λιπώδη μάζα.....</i> | 7 |
| <i>Αλλαγές στην άλιπη μάζα σώματος</i> | 8 |
| <i>Φυσική δραστηριότητα</i> | 9 |
| <i>Επίδραση στην λιπώδη μάζα σώματος.....</i> | 9 |
| <i>Επίδραση στην άλιπη μάζα σώματος.....</i> | 9 |
| Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | 10 |
| <i>Πειραματικές μέθοδοι ανάλυσης της σύστασης του σώματος.....</i> | 13 |
| Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ | 16 |
| <i>Η λειτουργία και οι μετρήσεις της μεθόδου.....</i> | 17 |
| <i>Μέθοδοι ανάλυσης με βιοηλεκτρική εμπέδηση</i> | 20 |
| <i>Μέτρηση με μονής συχνότητας βιοηλεκτρική εμπέδηση.....</i> | 20 |
| <i>Μέτρηση με πολλαπλής συχνότητας βιοηλεκτρική εμπέδηση.....</i> | 21 |
| <i>Τρόπος εφαρμογής της μέτρησης.....</i> | 21 |
| <i>Προϋπόθεσης εφαρμογής της μεθόδου</i> | 23 |
| ΓΩΝΙΑ ΦΑΣΗΣ | 24 |
| <i>Γωνία φάσης ως προγνωστικός δείκτης</i> | 25 |
| <i>Καθοριστικοί παράγοντες της Γωνίας Φάσης.....</i> | 26 |
| <i>Γωνία φάσης στην νόσο.....</i> | 26 |
| <i>Γωνία φάσης σαν δείκτης λειτουργικής κατάστασης</i> | 27 |
| ΔΥΝΑΜΗ ΧΕΙΡΟΛΑΒΗΣ | 28 |
| ΔΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΠΤΥΧΕΣ | 29 |
| ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ..... | 30 |
| ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ..... | 30 |
| ΣΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ..... | 30 |
| <i>Μέτρηση περιμέτρων</i> | 30 |
| <i>Μέτρηση ύψους.....</i> | 30 |
| <i>Μέτρηση βάρους</i> | 31 |
| <i>Μέτρηση δύναμης χειρολαβής.....</i> | 31 |
| <i>Μέτρηση δερματοπτυχών</i> | 31 |
| ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ | 32 |
| ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ | 33 |
| ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ | 33 |
| ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| ΒΑΣΙΚΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΦΗΒΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 34 |
| ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΜΑΤΙΚΟΥ ΛΙΠΟΥΣ | 37 |
| ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ | 38 |
| <i>Γωνία φάσης και δύναμη χειρολαβής</i> | <i>40</i> |
| <i>Γωνία φάσης και λόγος μέσης/ισχίου.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Γωνία φάσης και Δείκτης μάζας σώματος</i> | <i>44</i> |
| <i>Γωνία φάσης και ολική κυτταρική μάζα σώματος.....</i> | <i>45</i> |
| ΕΚΑΤΟΣΤΙΑΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ | 46 |
| ΕΚΑΤΟΣΤΙΑΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ | 48 |
| ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 50 |
| ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... | 51 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 55 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η Γωνία φάσης, που μετράται με την μέθοδο της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης, αν και η βιολογική της έννοια δεν είναι εντελώς ξεκάθαρη, έχει ερμηνευτεί ως δείκτης ακεραιότητας της κυτταρικής μεμβράνης και διανομής του νερού μεταξύ ενδό- και εξωκυττάριου χώρου. Εμφάνιση υψηλών τιμών της συνδέονται άμεσα με την ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης, ενώ χαμηλές τιμές της δηλώνουν δυσλειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών. Σε υγιή πληθυσμό οι τιμές που παρατηρούνται κυμαίνονται μεταξύ 5 και 7 μονάδων, ενώ σε αθλητές μπορεί να μετρηθούν τιμές μεγαλύτερες από 9,5. Έρευνες συγκλίνουν στην παραδοχή ότι μπορεί να προταθεί σαν δείκτης μυϊκής κατάστασης. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετηθεί η σχέση που παρουσιάζει η γωνία φάσης με σωματομετρικά χαρακτηριστικά και δείκτες ανάπτυξης και υγείας σε εφήβους.

Εξεταζόμενοι - Μέθοδοι: Στην παρούσα έρευνα συλλέχθηκαν τα γενικά δημογραφικά στοιχεία(φύλο, ηλικία) συνολικά 138 εφήβων και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των περιμέτρων μέσης και ισχίου, του ύψους, του βάρους, της δύναμης χειρολαβής, των δερματοπτυχών του τρικέφαλου, του δικεφάλου, η υποπλάτια και η υπερλαγώνια, καθώς και η μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Καταγράφηκαν οι τιμές της βιοηλεκτρικής εμπέδησης(BE) για την γωνία φάσης (ΓΦ) και το ποσοστό σωματικού λίπους. Υπολογίστηκε το σωματικό λίπος μέσω των δερματοπτυχών, ο λόγος μέσης/ισχίο, ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) και τα z-score και οι εκατοστιαίες θέσεις για τον δείκτη μάζας σώματος, το ύψος και το βάρος των συμμετεχόντων. Από 72 εφήβους ηλικίας 15-18 ετών συλλέχθηκαν ημερολόγια ημιποσοτικής κατανάλωσης τροφίμων και υπολογίστηκε η ημερήσια πρόσληψη τους σε θερμίδες και μακροθρεπτικά συστατικά.

Αποτελέσματα: Εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση της γωνίας φάσης με την δύναμη χειρολαβής (στα αγόρια: $r=0.458$, $p<0,001$ και στα κορίτσια: $r=0.351$, $p=0,004$), τον λόγο Μέσης/Ισχίο($r=0.265$, $p=0,002$), τον δείκτη μάζας σώματος($r=0.425$, $p<0,001$) και την Κυτταρική μάζα σώματος ($r=0.250$, $p=0,004$). Επίσης υπολογίστηκαν οι εκατοστιαίες θέσεις της γωνίας φάσης και της ολικής κυτταρικής μάζας των εφήβων της έρευνας. Το σύνολο του δείγματος αποτελείται από εφήβους όπου ο δείκτης μάζας σώματος τους κυμαίνεται σε υγιή επίπεδα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστοί του ανθρώπινου σώματος

Οι ιστοί από τους οποίους απαρτίζεται το ανθρώπινο σώμα επιτελούν ζωτικής σημασίας λειτουργίες και όπως είναι ευνόητο η ποσοτική αλλά και ποιοτική τους σύσταση επηρεάζουν την ικανότητα τους να ανταπεξέρχονται στις εκάστοτε απαιτήσεις του κάθε οργανισμού. Αν και ο κάθε ιστός είναι εξειδικευμένος ως προς τις λειτουργίες που επιτελεί, αλλαγές στην σύσταση ενός ιστού μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές και στις λειτουργίες των άλλων ιστών του σώματος, εξαιτίας της εξαιτίας της αλληλεπίδρασης και συνεργασίας μεταξύ των ιστών στους σύνθετους οργανισμούς, όπως είναι ο άνθρωπος.

Η ανάλυση της σύστασης του σώματος γίνεται σε περισσότερα από ένα επίπεδα, ωστόσο ο ποσοτικός και κατά περιπτώσεις ο ποιοτικός προσδιορισμός του μυϊκού ιστού, του λιπώδους και του οστίτη ιστού είναι το κύριο στοιχείο μελέτης στην επιστήμη της διατροφής.

Η σημασία του προσδιορισμού και της μελέτης των τριών αυτών ιστών, οφείλεται στο γεγονός ότι η ποσότητα και η αναλογία τους στο ανθρώπινο σώμα έχουν άμεση σχέση με την διατήρηση της καλής υγείας και την ποιότητα ζωής, ενώ οι ποιοτικές και ποσοτικές αλλαγές της σύστασης τους συνδέονται με την εμφάνιση και την κλινική πορεία ορισμένων νόσων.

Λιπώδης ιστός

Η λιπώδης μάζα του ανθρώπινου σώματος εμφανίζεται σε αυτό με δύο μορφές λίπους, το αποθηκευτικό λίπος και το απαραίτητο λίπος. Το απαραίτητο λίπος είναι εκείνο που όπως το λέει και η ονομασία του είναι απαραίτητο για την λειτουργία ορισμένων δομών του σώματος όπως ο εγκέφαλος, ο μυελός των οστών, ο νευρικός ιστός, ή ως λειτουργικό αλλά και δομικό συστατικό των κυττάρων αφού είναι κύριο υλικό των κυτταρικών μεμβρανών(περιλαμβάνει τα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών αλλά και άλλα λιποειδή όπως η σφιγγομυελίνη). Σύμφωνα μάλιστα με το θεωρητικό μοντέλο του Bahnke (1959) το απαραίτητο λίπος του ενήλικα άντρα αποτελεί περίπου το 3% του σωματικού του βάρους, ενώ για την ενήλικη γυναίκα το 9-12% του βάρους της (Behnke, Guttentag and Brodsk, 1959), το οποίο εμφανίζεται

αυξημένο σε σχέση με αυτό του αρσενικού φύλου, λόγω του ότι σε αυτό συμπεριλαμβάνεται το ειδικό για το φύλο λίπος . Το ειδικό για το φύλο λίπος στις γυναίκες βρίσκεται στην περιοχή του στήθους, του ισχίου και των μηρών και σχετίζεται με ορμονικούς παράγοντες καθώς και με αναπαραγωγικές διαδικασίες (Norgan, 1977) . Το αποθηκευτικό λίπος στον αντίποδα κατανέμεται κυρίως στα υποδόρια, σπλαχνικά και στα εσωτερικά διαμερίσματα ενώ η ποσότητα του αντικατοπτρίζει το πλεόνασμα ενέργειας που διαθέτει ο οργανισμός, ενώ παρέχει θερμική μόνωση στον οργανισμό και μηχανική προστασία των οργάνων του από κραδασμούς και τραυματισμούς.

Ο λιπώδης ιστός είναι η κύρια περιοχή του σώματος για την αποθήκευση λίπους σε υγιής ενήλικες και είναι ο ιστός που περιέχει την μεγαλύτερη ποσότητα αποθηκευτικού και ειδικού για το φύλο λίπους. Αποτελεί επιπλέον και μια μορφή συνδετικού ιστού στον οποίο περιλαμβάνονται τα λιποκύτταρα , οι φλέβες και διάφορα δομικά στοιχεία (κυρίως ίνες συνδετικού ιστού), ενώ η χημική του σύσταση είναι κατά προσέγγιση 83% λίπος, 15% νερό και 2% πρωτεΐνη. Διαχωρίζεται σε δύο τύπους οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τις λειτουργίες και την ποσότητα τους, τον φαιό και τον λευκό λιπώδη ιστό.

Ο φαιός λιπώδης ιστός εμφανίζεται σε μεγαλύτερη ποσότητα στα βρέφη ενώ στους ενήλικες βρίσκεται σε μικρότερες ποσότητες, και οι λειτουργίες του, όπως δείχνουν ερευνητικές προσεγγίσεις, συμβάλουν στην διαδικασίας της θερμογένεσης σε καταστάσεις προσαρμογής στο κρύο, δηλαδή λειτουργεί σαν ομοιοστατικός μηχανισμός του σώματος. Ο λευκός λιπώδης ιστός αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του λιπώδη ιστού σε παιδιά αλλά και στους ενήλικες, και συναντάται σχεδόν σε όλο το ανθρώπινο σώμα. Η κύρια λειτουργία του είναι αποθηκευτική, τόσο ενέργειας με την μορφή τρι-γλυκεριδίων όσο και λιποδιαλυτών βιταμινών.

Ο λιπώδης ιστός, πέραν όλων των παραπάνω λειτουργιών του μπορεί και εκκρίνει βιολογικά ενεργές ουσίες (λεπτίνη, αντιπονεκτίνη, ρεζιστίνη , PAI-1, TNF-α) οι οποίες λειτουργούν και σαν ρυθμιστές πρόσληψης τροφής, επηρεάζουν την δράση κύριων ορμονών, ρυθμίζουν τον μεταβολισμό του λιπώδους ιστού και συμβάλουν στην έκφραση παραγόντων που είναι ενδεικτική για κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων (Kershaw and Flier, 2004).

Μυϊκός ιστός

Ο μυϊκός ιστός είναι ο μεγαλύτερος σε μάζα ιστός στο ανθρώπινο σώμα. Αποτελεί το 45% του ανδρικού βάρους και το 36% στις γυναίκες.

Οι κατηγορίες του μυϊκού ιστού είναι τρεις:

1. Ο σκελετικός
2. Ο λείος και
3. Ο καρδιακός ιστός

Οι σκελετικοί μύες αποτελούνται κυρίως από 75% νερό, 20% πρωτεΐνη και το υπόλοιπο 5% περίπου αποτελείται από ανόργανα άλατα, ιόντα καλίου, νατρίου, χλωρίου, ασβεστίου, μαγνησίου και φωσφόρου, ενδομυϊκά τρι-γλυκερίδια και γλυκογόνο. Τα σκελετικά μυϊκά κύτταρα αποτελούν την βασική δομική μονάδα των σκελετικών μυών και ονομάζονται μυϊκές ίνες οι οποίες με την σειρά τους αποτελούνται από μερικά εκατοντάδες μυοϊνίδια τα οποία μάλιστα ευθύνονται για την λειτουργία της μυϊκής συστολής. Ο λείος μυϊκός ιστός αποτελείται από ίνες με μικρότερη διάμετρο και μήκος από αυτές του σκελετικού. Χαρακτηριστικό τους είναι η έλλειψη των γραμμώσεων που παρατηρείται στις ίνες του σκελετικού και καρδιακού ιστού και ότι νερώνονται από νεύρα αυτόνομης κατηγορίας. Οι μύες του ακτινωτού μύος του ματιού, οι ανορθωτήρες μύες των τριχών και σπλαχνικοί μύες που εμφανίζονται στα περισσότερα όργανα, είναι μερικά παραδείγματα αυτού του τύπου μυϊκού ιστού.

Ο τρίτος τύπος μυϊκού ιστού, ο καρδιακός, αποτελεί μια μορφή γραμμωτού μύος. Τα μυοϊνίδια του είναι σχεδόν ίδια με αυτά των σκελετικών μυών. Ωστόσο η διαφορά τους με τους σκελετικούς μύες είναι ότι δεν βρίσκεται κάτω από τον εκούσιο έλεγχο μας, καθώς η συστολή του ελέγχεται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα ενώ μπορεί να επηρεαστεί και από διάφορες ορμόνες.

Οστίτης ιστός

Τα οστά αποτελούνται από τον στερεότερο τύπο συνδετικού ιστού του ανθρώπινου σώματος που λέγεται οστίτης ιστός. Αποτελεί περίπου το 12-15% του σωματικού βάρους στους ενήλικες άντρες και γυναίκες. Η σύσταση του και η δομή του δεν θα αναλυθεί στην παρούσα εργασία γιατί δεν συμπεριλαμβάνεται στα πλαίσια της έρευνας.

Οι κυριότερες λειτουργίες των οστών είναι:

- Παροχή μηχανικής στήριξης
- Προστασία των ευαίσθητων ανατομικών δομών
- μεταβολική αποθήκη των μεταλλικών αλάτων
- συμμετοχή στην ρύθμιση της ομοιόστασης του ασβεστίου και του φωσφόρου
- συμμετοχή στην ρύθμιση της οστεοβασικής ισορροπίας του οργανισμού.

(Μανιός, 2006)

Παράγοντες που επηρεάζουν την σύσταση του σώματος

Ηλικία και φύλο

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος *αλλάζει έντονα* στα διάφορα ηλικιακά στάδια. Το εύρος βέβαια των αλλαγών αυτών επηρεάζεται σημαντικά από παράγοντες όπως είναι οι διατροφικές συνήθειες και η φυσική δραστηριότητα.

Αλλαγές στη λιπώδη μάζα

Η λιπώδης μάζα την πρώτη περίοδο μετά την γέννηση αποτελεί περίπου το 14,5% του βάρους του νεογνού. Τα πρώτα 2-3 χρόνια της ζωής η λιπώδης μάζα αυξάνεται σταδιακά ενώ ο ρυθμός αύξησης δεν παρουσιάζει έντονες διαφορές ανάμεσα αγόρια και τα κορίτσια, κάτι που αλλάζει όμως στην εφηβεία. Στις ηλικίες από 3 έως 6 ετών δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην ποσότητα της λιπώδης μάζας ενώ στην ηλικία των 6-8 ετών παρατηρείται σημαντική αύξηση της και στα δύο φύλα, και ο ρυθμός είναι μεγαλύτερος στα κορίτσια από ότι στα αγόρια.

Κατά την εφηβεία, παρατηρείται ραγδαία αύξηση του ανθρώπινου σώματος και κατ'επέκταση και των συστατικών του. Οι έντονες ορμονικές αλλαγές στην εφηβεία επιφέρουν αλλαγές και στη λιπώδη μάζα του σώματος. Στα κορίτσια η σωματική αύξηση που είχε

ξεκινήσει στην ηλικία των 6-8 ετών συνεχίζεται μέχρι την ηλικία των 13-15 ετών , με αύξηση από 5,5 κιλά περίπου στην ηλικία των 8 ετών στα περίπου 15 κιλά στην ηλικία των 16 ετών. Στα αγόρια η αύξηση αυτή είναι πιο μικρή και από τα 5 κιλά στην ηλικία των 8 ετών φτάνει τα 11 κιλά στην ηλικία των 16 ετών. Αυτή η διαφορά ανάμεσα στα δύο φύλα, με τα κορίτσια στην εφηβεία να παρουσιάζουν 1,5 φορά περισσότερο λιπώδη ιστό από τα αγόρια, οφείλεται στο ειδικό για το φύλο λίπος. (Siervogel et al., 2003).

Κατά την ενήλικη ζωή η σύσταση του σώματος όσο αφορά την λιπώδη μάζα επιράζεται από διάφορους παράγοντες όπως η φυσική δραστηριότητα, και οι διατροφικές συνήθειες. Παρόλα αυτά μελέτες δείχνουν ότι η λιπώδης μάζα σώματος στους ενήλικες αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας (Elia, 2001) αντικαθιστώντας τον μυϊκό ιστό, με αποτέλεσμα να επέρχεται αύξηση βάρους. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι μαζί με την σύσταση του λίπους που μεταβάλλεται με την πάροδο της ηλικίας, μεταβάλλεται και η κατανομή του , τείνοντας έτσι στους ηλικιωμένους το λίπος να αποθηκεύεται στην κοιλιακή χώρα.

Αλλαγές στην άλιπη μάζα σώματος

Η άλιπη μάζα σώματος στην παιδική και εφηβική ηλικία αυξάνεται ανάλογα με το βάρος και το ύψος. Ο ρυθμός αυτής της αύξησης χάνεται μέχρι την ενηλικίωση και η τελική ποσότητα άλιπης μάζας σώματος που αυξάνεται μέχρι την ενηλικίωση είναι μεγαλύτερη στα αγόρια απ ότι στα κορίτσια. (Siervogel et al., 2003). Στα αγόρια οι τιμές που ισχύουν και κατά την ενήλικη ζωή επιτυγχάνονται μέχρι τα 19-20 έτη, ενώ αντίθετα στα κορίτσια η άλιπη μάζα σώματος αυξάνεται μέχρι την ηλικία των 15-16 ετών.

Η επίδραση της ηλικίας στην άλιπη μάζα σώματος όμως δεν περιορίζεται μόνο στους ανήλικους, αλλά και σε άτομα τρίτης ηλικίας που παρατηρούνται αλλαγές στην ποσότητα αλλά και την σύσταση της σε σχέση με τις τιμές που είχαν επιτευχθεί στην ενηλικίωση.

Πιο συγκεκριμένα μετά την ηλικία των 65 ετών παρατηρείται απώλεια σωματικού βάρους μέχρι και 0,65 κιλά/έτος που οφείλεται κυρίως στην ελάττωση της άλιπης μάζας σώματος (Carmeli, Coleman and Reznick, 2002).

Φυσική δραστηριότητα

Επίδραση στην λιπώδη μάζα σώματος

Η πλειοψηφία των ερευνών δείχνει ότι συνήθως οι αθλητές έχουν μειωμένη λιπώδη μάζα σώματος σε σχέση με μη αθλούμενους. Ωστόσο ο βαθμός διαφοροποίησης της σύστασης του σώματος των αθλητών απο άτομα με χαμηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας εξαρτάται από το είδος του αθλήματος που ειδικεύονται, και απο το είδος της προπόνησης που ακολουθούν.

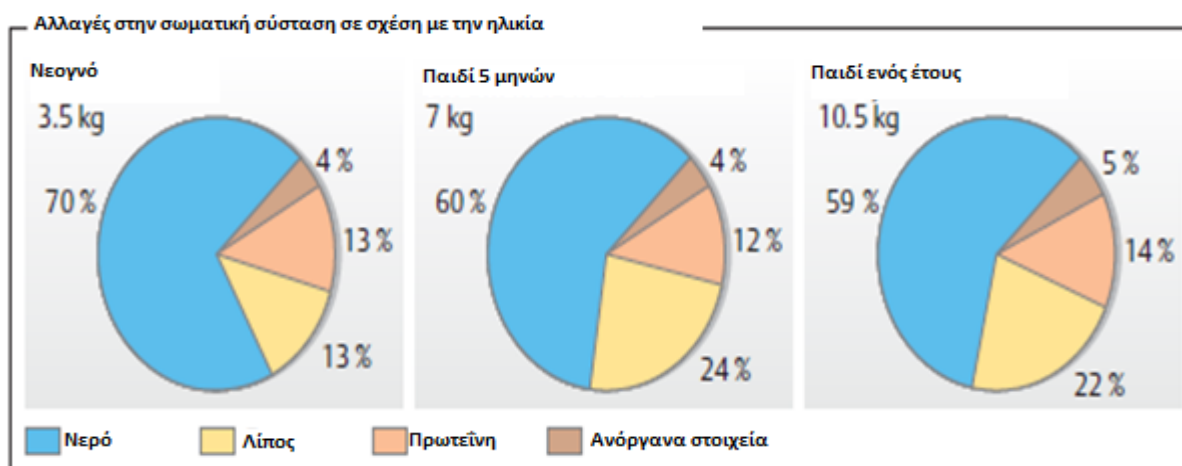
Επίδραση στην άλιπη μάζα σώματος

Η επίδραση της άσκησης στο σκελετικό μυϊκό ιστό εξαρτάται απο τον τύπο της άσκησης, την συχνότητα, την ένταση και την επαρκή διατροφική πρόσληψη. Από μελέτες σε αθλητές και σε άτομα που έχουν συστηματική φυσική δραστηριότητα, η συστηματική άσκηση προκαλεί την υπερτροφία των μυϊκών ινών και την αυξημένη σύνθεση νέων δομικών πρωτεϊνών (Μανιός, 2006)

Η σύσταση του σώματος

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από πολλά διαφορετικά συστατικά, με διαφορετικά χημικά και δομικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Ο εξωκυττάριος χώρος αποτελείται από τις στηρικτικές δομές, όπως τις οστικές δοκίδες, τους τένοντες και τους συνδέσμους, και τα συστήματα του εξωκυττάριου υγρού, το αίμα, το πλάσμα, και τη λέμφο. Τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού, στο σύνολό τους, μπορούν να θεωρηθούν ξεχωριστά από τον λιπώδη ιστό, ο οποίος λειτουργεί είτε ως αποθήκη ενέργειας είτε ως δομικό και στηρικτικό υλικό (π.χ. μάγουλα, πέλματα ποδιών). Στην τελευταία αυτή περίπτωση, ο λιπώδης ιστός καταβολίζεται μόνο σε εξαιρετικά ενεργειακά απαιτητικές περιπτώσεις (διατροφική ανεπάρκεια) ή κατά την διάρκεια παθήσεων που συνοδεύονται από κατανάλωση του.

Η μέση σύσταση ενός άντρα 70 κιλών δείχνει ότι το ~60% είναι νερό και το 16% ή και περισσότερο είναι λίπος. Πέρα από τον άνθρακα (C), το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο (O), υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες τα χημικά στοιχεία άζωτο (N), ασβέστιο (Ca), και φωσφόρος (P). Στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν επίσης, τα περισσότερα από τα φυσικά χημικά στοιχεία η σημασία τους όμως παραμένει στις περισσότερες περιπτώσεις άγνωστη. Η χημική σύσταση του σώματος μεταβάλλεται με την ηλικία. Αυτές οι αλλαγές είναι περισσότερο εντυπωσιακές κατά την διάρκεια του πρώτου χρόνου ζωής (εικόνα 2). Ενώ η περιεκτικότητα σε νερό υποχωρεί ραγδαία, αυτή του λίπους, της πρωτεΐνης στη μυϊκή μάζα και των ανόργανων στοιχείων στα οστά αυξάνεται.



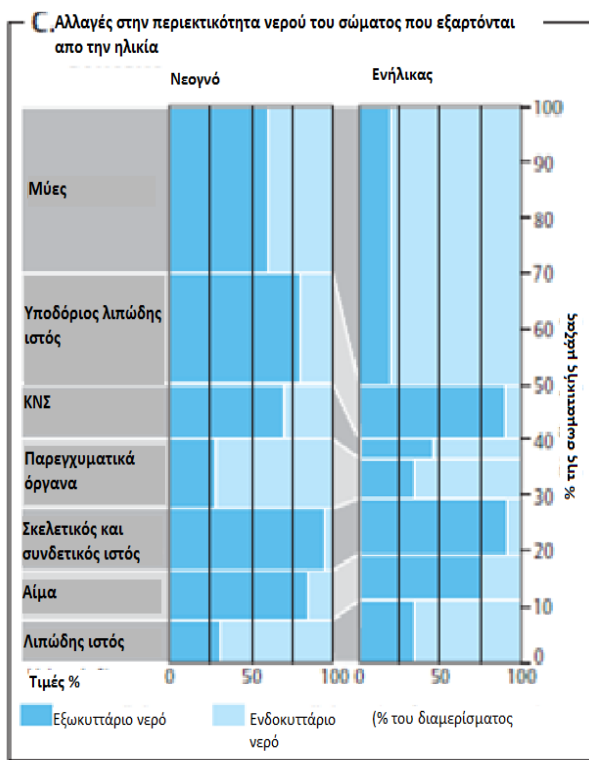
Εικόνα 2 : Αλλαγές στην σωματική σύσταση που εξαρτώνται από την ηλικία (χρώματα, γαλάζιο: Νερό, κίτρινο: Λίπος, πορτοκαλί: Πρωτεΐνη, καφέ: Ανόργανα στοιχεία) (Biesalski and Grimm, 2006)

Η ελάττωση της περιεκτικότητας σε νερό με την ηλικία συνοδεύεται από ανακατανομή του στα διάφορα σωματικά διαμερίσματα (εικόνα 3). Στο κεντρικό νευρικό σύστημα, το δέρμα και τον υποδόριο ιστό, η περιεκτικότητα σε νερό πέφτει ενώ αυξάνεται σημαντικά στους μύες και τον λιπώδη ιστό. Ανακατανομή παρατηρείται επίσης ανάμεσα στα σωματικά διαμερίσματα. Το ενδοκυττάριο νερό αυξάνεται σε όλα τα όργανα εκτός του δέρματος και του υποδόριου λίπους. το σύνολο του σωματικού ύδατος υπάρχει σε δύο διαμερίσματα, ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια (εικόνα 4). Τα εξωκυττάρια υγρά είναι οι διαμεσολαβητές μεταξύ των κυττάρων και του εξωτερικού τους περιβάλλοντος. Η σύσταση τους υπόκειται σε αυστηρό ομοιοστατικό έλεγχο και μοιάζει με αυτή του πρωτογενούς ωκεανού, που αποτελούσε το περιβάλλον των αρχαίων, μονοκύτταρων οργανισμών, από τους οποίους τελικά εξελίχθηκε το ανθρώπινο είδος.

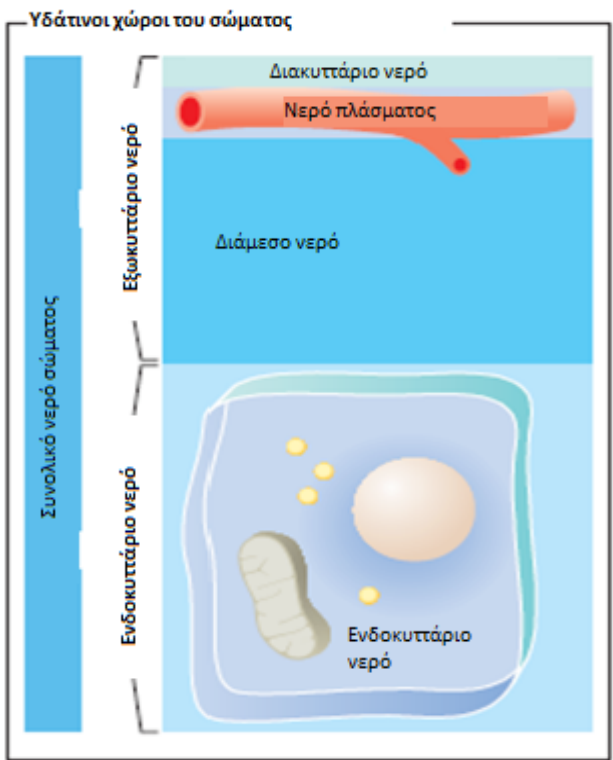
Μεσοκυττάρια υγρά απαντώνται στους κοίλους χώρους του οργανισμού, όπως τον πεπτικό σωλήνα, την ουροδόχο κύστη και τα υγρά των κρανιακών χώρων. Μια απλουστευμένη εκτίμηση του όγκου του πλάσματος προκύπτει χρησιμοποιώντας την εξίσωση: Σωματικό βάρος(Kg) * 0,035 = όγκος πλάσματος (l).

Το διάμεσο υγρό χρησιμεύει ως ένα σύστημα τροφοδοσίας των ιστών του σώματος. Απαντάται ανάμεσα στα κύτταρα και αποτελεί περίπου το 20% της μάζας του σώματος. Η σύσταση του μοιάζει με ένα υπερ-διήθημα του πλάσματος με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Ανάμεσα στα κύτταρα απαντάται περισσότερο από το μισό του συνολικού νερού του σώματος. Ο ενδοκυττάριος χώρος αποτελεί το υπόστρωμα όπου συντελείται ο κυτταρικός μεταβολισμός. Σε αντίθεση με τον εξωκυττάριο χώρο, δεν είναι ομοιογενής και η σύσταση του μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα διαφορετικά είδη κυττάρων (Biesalski and Grimm, 2006).



Εικόνα 3: Αλλαγές στην περιεκτικότητα του νερού που εξαρτώνται από την ηλικία (ECW= εξωκυττάριο νερό, ICW= ενδοκυττάριο νερό) (Biesalski and Grimm, 2006)

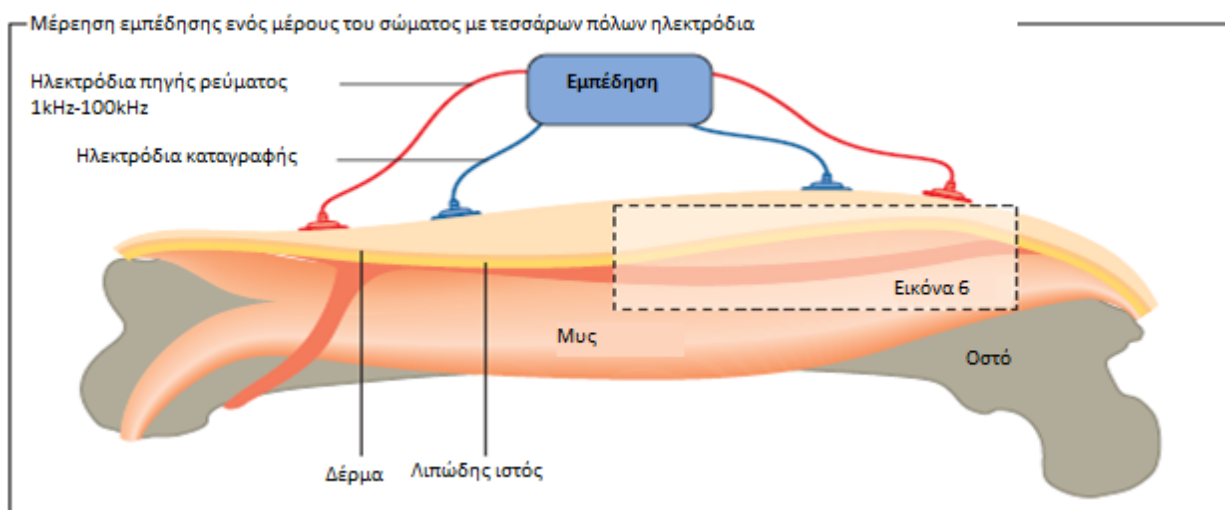


Εικόνα 4 : Οι υδάτινοι χώροι του σώματος

Πειραματικές μέθοδοι ανάλυσης της σύστασης του σώματος

Οι μετρήσεις αγωγιμότητας βασίζονται στις διαφορές αγωγιμότητας που παρουσιάζουν μεταξύ τους οι ιστοί του σώματος. Η πιο χαρακτηριστική και γνωστή σωματομετρική μέθοδος αγωγιμότητας είναι η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης ή BIA, (εικόνα 5). Ιστοί που περιέχουν νερό είναι εξαιρετικά αγωγάιμοι λόγω παρουσίας ηλεκτρολυτών. Οι λιπώδεις ιστοί διαθέτουν μεγαλύτερη αντίσταση και οι κυτταρικές μεμβράνες λειτουργούν ως ηλεκτρικοί πυκνωτές. Αφού διαφορετικών συχνοτήτων ηλεκτρισμός ρέει κατά προτίμηση σε διαφορετικά διαμερίσματα, η μέτρηση της εμπέδησης σε συνδυασμό με την μετατόπιση της φάσης επιτρέπει συμπεράσματα σε σχέση με τα τρία διαμερίσματα: τους λιπώδεις ιστούς, την άλιπη μάζα σώματος και το νερό.

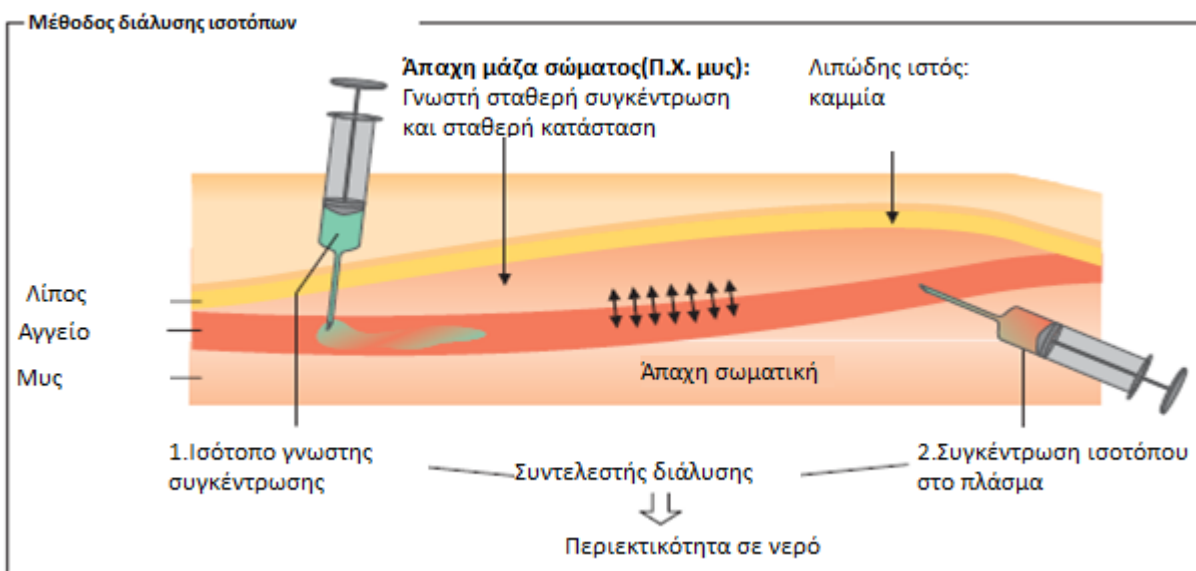
Η BIA θεωρείται ότι οδηγεί σε αξιόπιστες και καλά αναπαραγώγιμες τιμές για την υγεία των ατόμων. Ωστόσο οι μεταβολές των ηλεκτρολυτών του πλάσματος, η χρήση διουρητικών, ή οι οροί δεξτρόζης μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τα αποτελέσματα.



Εικόνα 5: Μέτρηση εμπέδησης ενός μέρους του σώματος με τεσσάρων πόλων ηλεκτροδοσία. (Biesalski and Grimm, 2006)

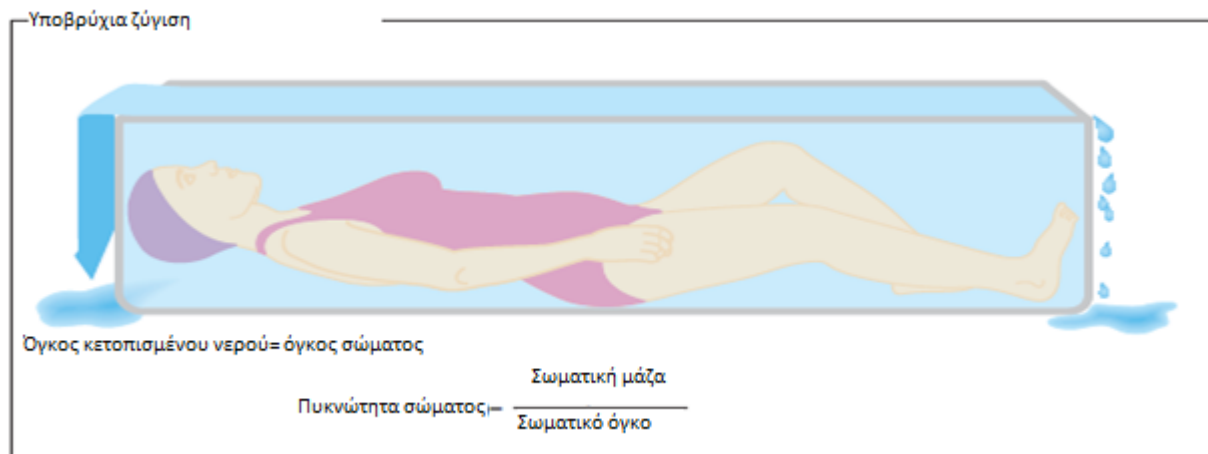
Η σύσταση του σώματος μπορεί επίσης να μετρηθεί με τη χρήση διαφόρων μεθόδων αραίωσης-διάλυσης ισοτόπων (εικόνα 6). Χρησιμοποιείται για να καθοριστεί από ένα μόνο διαμέρισμα, το συνολικό του σωματικού ύδατος. Η μέθοδος βασίζεται στην υπόθεση ότι ο λιπώδης ιστός είναι άνυδρος και επομένως δεν μπορεί να περιλαμβάνει ηλεκτρολύτες. Επιπλέον, ορίζοντας ότι η άπαχη μάζα του σώματος διαθέτει ένα σταθερό ποσοστό 72% ενυδάτωση, μπορεί να γίνει ο προσδιορισμός και των τριών διαμερισμάτων μέσω κατάλληλων υπολογισμών.

Το ισότοπο εγχέεται, μετριούνται οι απώλειες στα ούρα και τα επίπεδα στο αίμα μετριούνται μετά από μια φάση εξισορρόπησης και παράγοντας κατανομής, που προκύπτει χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του συνολικού νερού του σώματος.



Εικόνα 6: Μέθοδοι διάλυσης ισotόπων (Biesalski and Grimm, 2006)

Ως πρότυπη μέθοδος για τον καθορισμό του σωματικού λίπους θεωρείται η υποβρύχια ζύγιση(εικόνα 7). Στη μέθοδο αυτή το άτομο βυθίζεται στο νερό. Το νερό της δεξαμενής που εκτοπίζεται αντιστοιχεί στον συνολικό όγκο του σώματος. Με το σωματικό βάρος εν συνεχεία μπορεί να υπολογιστεί η πυκνότητα του σώματος ($D = \text{βάρος} / \text{όγκο}$). Εφ' όσον η πυκνότητα του νερού του σώματος είναι σταθερή (1 g/m^3) και η πυκνότητα του λίπους και της άπαχης μάζας σώματος είναι σχεδόν σταθερές, η D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αναλογίας των τριών διαμερισμάτων. Οποιαδήποτε μεταβολή της πυκνότητας οφείλεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στην μεταβολή της περιεκτικότητας σε λίπος (Biesalski and Grimm, 2006).



Εικόνα 7: Υποβρύχια ζύγιση (Biesalski and Grimm, 2006)

Άλλες μέθοδοι ανάλυσης της σύστασης του σώματος επιγραμματικά είναι:

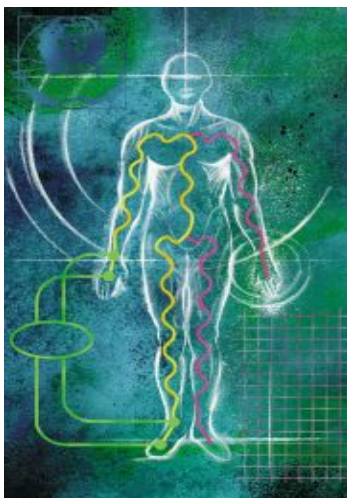
- Αέρια πληθυσμογραφία
- Αξονική τομογραφία
- μαγνητική τομογραφία
- Μετρήσεις υπερήχων
- Μέθοδος ενεργοποίησης νετρονίων
- Μέτρηση ολικού Καλίου

Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπ όψιν για να θεωρηθεί μια μέθοδος ανάλυσης σώματος "ιδανική" (Μανιός, 2006):

1. Ο σκοπός της μελέτης και οι πληροφορίες που απαιτούνται
2. Η ελάχιστη αλλαγή της ποσότητας και της σύστασης του διαμερίσματος ή του συστατικού που μπορεί να ανιχνεύσει η συγκεκριμένη μέθοδος.
3. Η απαιτούμενη αξιοπιστία και ακρίβεια
4. Τι κόστος των αναλώσιμων και τα έξοδα συντήρησης που απαιτεί η κάθε μέθοδος.
5. Η ευκολία χρήσης ή εφαρμογής της μεθόδου
6. Η επιβάρυνση που προκαλείται στον εξεταζόμενο
7. Η απαιτούμενη εκπαίδευση και εμπειρία του εξεταστή

Η Μέθοδος της Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης

Για πάνω από 25 χρόνια η μέθοδος της Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BE) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος. Η συμβολή της στο ερευνητικό σκέλος της επιστήμης της διατροφής, αλλά και άλλων επιστημών υγείας είναι μεγάλη, αφού η συσκευή με την οποία πραγματοποιείται η μέτρηση είναι *φορητή*, κάτι που διευκολύνει τις μετρήσεις εκτός ερευνητικού κέντρου με αποτέλεσμα να δίνεται η δυνατότητα συλλογής μεγαλύτερου δείγματος, που είναι σημαντικό πλεονέκτημα, *εύκολη στην χρήση*, και η εφαρμογή της γίνεται εντός λίγων λεπτών. Αρχικά συλλέγονται τα απαραίτητα δεδομένα ύψους, βάρους, ηλικίας, περιμέτρων και σωματικής δραστηριότητας, εισάγονται στη συσκευή και στην συνέχεια η διαδικασία ολοκληρώνεται εντός λίγων δευτερολέπτων, Επίσης για να γίνει χρήση του μηχανήματος *δεν χρειάζεται κάποια ειδική εκπαίδευση* (παρά μόνο λίγα λεπτά για εξήγηση και ίσως μία παρουσίαση), ένα ακόμη θετικό της είναι το *χαμηλό της κόστος* αφού χρησιμοποιούνται μονάχα τέσσερα ειδικά αυτοκόλλητα για την επαφή του ατόμου με τα ηλεκτρόδια (δύο στα χέρια και δύο στα πόδια) και οι μπαταρίες της μηχανής που κάνει την μέτρηση, και τέλος είναι μία *μη επεμβατική μέθοδος*, που μπορεί να επαναληφθεί συχνά και είναι ανεξάρτητη από την συμβολή του ασθενούς.



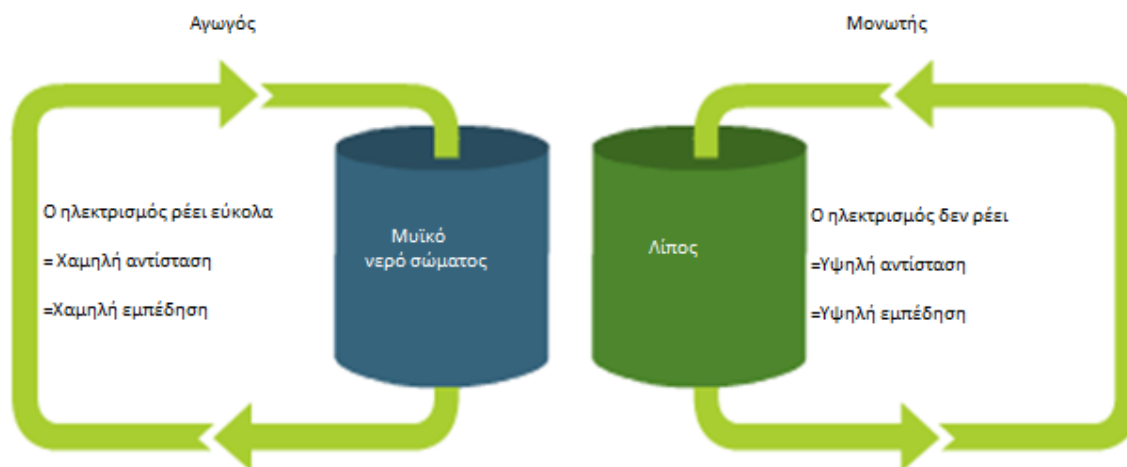
Η λειτουργία και οι μετρήσεις της μεθόδου

Η μέθοδος της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης μετράει, όπως φανερώνεται και από την ονομασία της, την εμπέδηση ολόκληρου του σώματος, δηλαδή την αντίσταση του ανθρώπινου σώματος, σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Η αντίσταση αυτή που δημιουργείται από το σώμα μας αποτελείται από δύο συνιστώσες: την *αντίσταση (Resistance ή R)* και την *μη ωμική αντίσταση (reactance ή Xc)*. Η αντίσταση (R) είναι η μείωση στην τάση που αντικατοπτρίζει την αγωγιμότητα μέσω ιοντικής λύσης, ενώ η *μη ωμική αντίσταση (Xc)* είναι η καθυστέρηση στη ροή του ρεύματος που μετράται ως μετατόπιση φάσης αντιπροσωπεύοντας τις διηλεκτρικές ιδιότητες δηλαδή την χωρητικότητα των κυτταρικών μεμβρανών και τις διεπαφές ιστού.

Ως εκ τούτου, η BE δεν είναι μια άμεση μέθοδος για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος αφού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση των κατάλληλων εξισώσεων. Μέθοδοι αναφοράς για την μέτρηση της σύνθεσης του σώματος, όπως ισότοπο αραιώσεως ή Dual-X απορροφησιομετρία, έχουν χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί η εξαρτημένη μεταβλητή για τα μοντέλα παλινδρόμησης. Πληθώρα εμπειρικών εξισώσεων έχουν αναπτυχθεί για την μέτρηση της σύστασης του σώματος μέσω BE με σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα στα μετρημένα τμήματα του σώματος (Norman et al., 2012).

Κατά την εφαρμογή της BE εφαρμόζεται μικρής έντασης εναλλασσόμενο ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα και μετράται η αγωγιμότητα του. Η BE ως μέθοδος ανάλυσης της σύστασης του σώματος βασίζεται σε νόμους του ηλεκτρισμού. Όταν εφαρμόζεται εναλλασσόμενο ρεύμα σε ένα κύκλωμα η αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος εκφράζεται από την *εμπέδηση (Z)*. Η εμπέδηση υπολογίζεται μέσω της αντίστασης (R) και της μη-ωμικής αντίστασης (Xc) από τον τύπο $Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$. Οι ιστοί του σώματος που είναι πλούσιοι σε νερό και ηλεκτρολύτες, όπως οι μύες, το αίμα, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό είναι εξαιρετικά αγωγά. Αντίθετα ο λιπώδης ιστός έχει μικρή αγωγιμότητα εξαιτίας της μικρής περιεκτικότητας του σε νερό. Επειδή το ρεύμα που εφαρμόζεται σε έναν αγωγό και συνεπώς και στο ανθρώπινο σώμα ακολουθεί την οδό με την μικρότερη αντίσταση, γίνεται σαφές ότι στο ανθρώπινο σώμα η συνολική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την άλιπη μάζα του σώματος και η μετρούμενη αντίσταση σχετίζεται με την λιπώδη μάζα του σώματος. Η μη-ωμική αντίσταση (Xc) στο ανθρώπινο σώμα οφείλεται στην αντίσταση που δημιουργούν οι κυτταρικές μεμβράνες, οι οποίες λειτουργούν ως πυκνωτές (Μανιός, 2006). Ενώ η αντίσταση (R) στον συνολικό όγκο ύδατος που περιέχεται στο σώμα μας,

εντός και εκτός κυτταρικού τοιχώματος, και η εμπέδηση είναι ο όρος που περιγράφει την σχέση μεταξύ αυτών (Kyle et al., 2004).

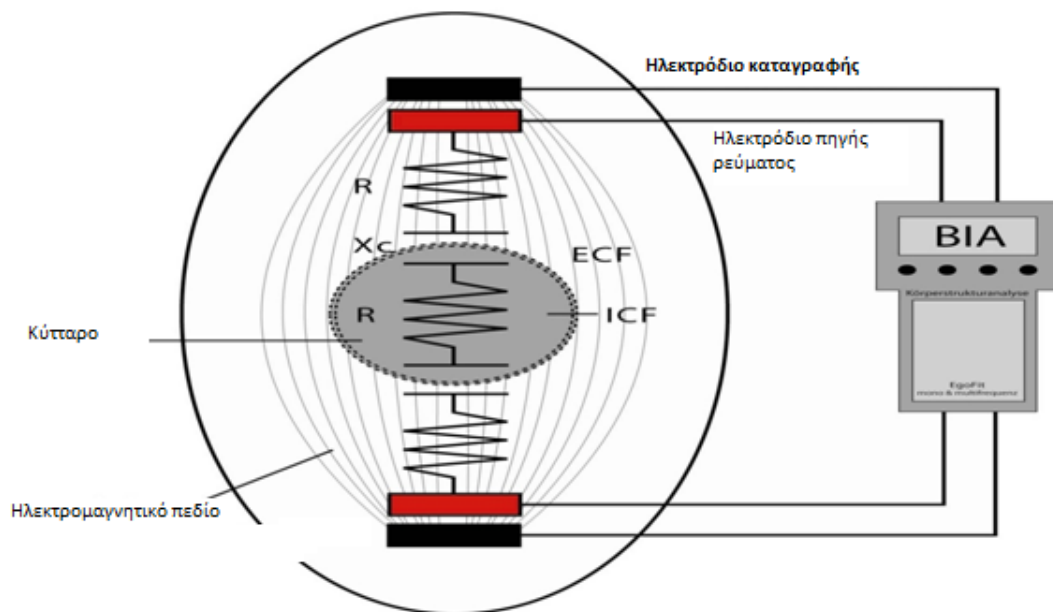


Αγωγός: σωματικό νερό μυών, ο ηλεκτρισμός ρέει εύκολα γιατί η αντίσταση είναι χαμηλή καθώς και η εμπέδηση

Μονωτής: λίπος, ο ηλεκτρισμός δεν ρέει γιατί η αντίσταση και η εμπέδηση είναι υψηλές.

Σε μηδενικές ή πολύ χαμηλές συχνότητες το ρεύμα δεν διαπερνά τις μεμβράνες των κυττάρων που λειτουργούν ως μονωτές, και έτσι περνάει μόνο μέσω των εξωκυττάρια υγρών δίνοντας μας την μέτρηση της αντίστασης (R), και η μέτρηση του σωματικού ύδατος αντιπροσωπεύει μόνο το εξωκυττάρια νερό. Στις υψηλές όμως συχνότητες το ρεύμα μπορεί να διαπεράσει τις κυτταρικές μεμβράνες αυξάνοντας έτσι το διάνυσμα της μη-ωμικής αντίστασης, με αποτέλεσμα η μέτρηση να μας δίνει το σύνολο του σωματικού ύδατος(ενδοκυττάρια+εξωκυττάρια).

Μεγάλης σημασίας είναι η σχέση μεταξύ αντίστασης και μη ωμικής αντίστασης($R-X_c$), αφού αντικατοπτρίζει ηλεκτρικές διαφορές μεταξύ ιστών που επηρεάζονται με πληθώρα τρόπων από ασθένειες, κατάσταση θρέψης και ενυδάτωσης. Ενώ η Γωνία φάσης (που είναι μία μέτρηση αυτών των παραμέτρων) έχει χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει κλινικούς κινδύνους (Kyle et al., 2004) .



ICF=ενδοκυττάριο ύδωρ
 ECF=εξωκυττάριο ύδωρ
 R=Αντίσταση
 Xc=Φυπέδηση

©2012 AG Wissenschaft

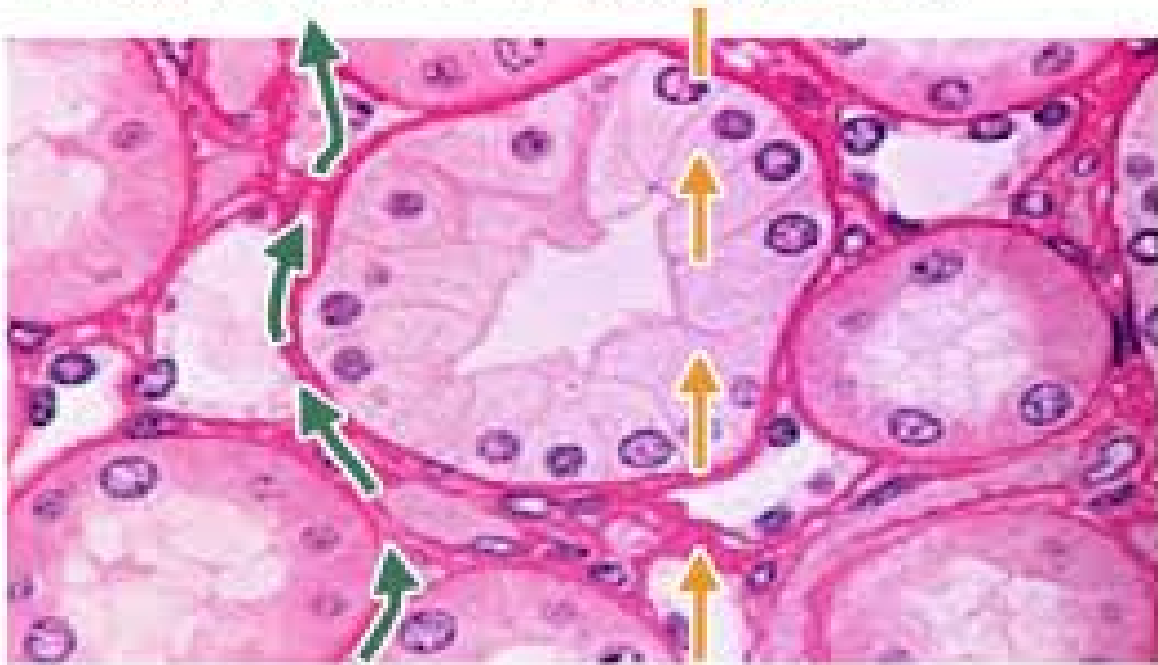
Αν και στους μη υγιείς ασθενείς η μέτρηση με την μέθοδο της ΒΕ μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα, λόγω κακής κατανομής των υγρών του σώματος, αφυδάτωσης ή κατακράτησης υγρών, ανωμαλιών στο σχήμα του σώματος κλπ. Σε υγιή άτομα που δεν έχουν κάποια ανισορροπία υγρών, ούτε ανωμαλίες στο σχήμα του σώματος τους και που βρίσκονται μέσα σε ένα ορισμένο εύρος Δείκτη Μάζας Σώματος ($\Delta\text{Μ}\Sigma=16-34 \text{ κιλά/μετρο}^2$), η ΒΕ προσφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα εφ' όσον παρέχονται οι κατάλληλες παράμετροι (δηλαδή ηλικία, φύλο ύψος κλπ) (Barbosa-Silva et al., 2005) Έτσι η σταθερότητα της υδρικής ισορροπίας αποτελεί προαπαιτούμενο για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της μεθόδου.

Μέθοδοι ανάλυσης με βιοηλεκτρική εμπέδηση

Μέτρηση με μονής συχνότητας βιοηλεκτρική εμπέδηση

Οι περισσότερες μελέτες BE μέχρι σήμερα παρουσιάζουν αποτελέσματα εμπέδησης βασισμένα σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με μονής συχνότητας BE, συνήθως στα 50kHz. Η BE μονής συχνότητας, βασίζεται στην αρχή ότι ο συνολικός αγώγιμος όγκος του σώματος ισούται με αυτό του συνολικού υγρού του σώματος που περιέχεται κυρίως στο μυϊκό ιστό και ότι η ενυδάτωση του λιπώδους ιστού είναι ελάχιστη. Έτσι η μέτρηση αυτή δεν μετράει το σύνολο του σωματικού ύδατος, παρά μόνο το εξωκυττάριο υγρό, και το ενδοκυττάριο το υπολογίζει μαθηματικά. Έτσι επιτρέπει την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος (AMΣ ή FFM) και του ολικού νερού σώματος (ONΣ ή TBW) αλλά δεν μπορεί να μας δώσει διαφορές στα ενδοκυττάρια υγρά. Οι παραπάνω μετρήσεις αναφέρονται σε υγιή άτομα με καλή υδρική ομοιόσταση.

Under 50kHz Over 100kHz



Μέτρηση με πολλαπλής συχνότητας βιοηλεκτρική εμπέδηση

Η βιοηλεκτρική εμπέδηση πολλαπλών συχνοτήτων (ΒΕΠΣ) , προσδιορίζει την αγωγιμότητα με την χρήση πολλαπλών συχνοτήτων. Συνήθως στα 5kHz, στα 50 kHz, στα 100 kHz και στα 200 kHz. Οι παράμετροι που προσδιορίζονται είναι ίδιες με την ΒΕ μονής συχνότητας, δηλαδή η μέτρηση της ελεύθερης λίπους μάζας(ΕΛΠ ή FFM, fat free mass) και το σύνολο του σωματικού ύδατος (ΟΝΣ ή TBW, total body water) μόνο που μπορεί να καθοριστούν με ακρίβεια το ενδοκυττάριο νερό(ICW, intra cell water)και το εξωκυττάριο (ECW, extra cellular water) ξεχωριστά. Όπως διαπιστώνει και ο Cornish et al η ΒΕΠΣ παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια στον προσδιορισμό των επιπέδων ενυδάτωσης (Cornish, Thomas and Ward, 1993) λόγω του γεγονότος ότι το ρεύμα συχνότητας πάνω από τα 100kHz, διαπερνά όλα τα σωματικά υγρά και ιστούς. Έτσι η ΒΕΠΣ μπορεί να περιγράψει λεπτομερέστερα τις πιθανές επιδράσεις των διαφορετικών επιπέδων ενυδάτωσης στον υπολογισμό άλιπης μάζας σώματος, καθώς το περιεχόμενο υγρό στο λιπώδη ιστό δεν είναι συνεχές (Ryde et al., 1993). Η μέτρηση αυτή δεν θεωρείται η καταλληλότερη για την παρατήρηση των αλλαγών στην ανακατανομή ή την κίνηση των υγρών μεταξύ ενδο- και εξωκυτταρίου χώρου σε ηλικιωμένους (Olde Rikkert et al., 1997) .

Τρόπος εφαρμογής της μέτρησης

Κατά την εφαρμογή της βιοηλεκτρικής εμπέδησης εφαρμόζεται μικρής έντασης και ελεγχόμενης συχνότητας, εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο άγεται από το μηχάνημα στο σώμα του ατόμου μέσω ηλεκτροδίων τα οποία εφαρμόζουν σε ειδικά επιθέματα που έχουν εφαρμοστεί πάνω στο χέρι και το πόδι του εξεταζόμενου. Τα άτομα τοποθετούνται σε ύπτια θέση σε μη αγωγήμη επιφάνεια, με ελαφρύ ρουχισμό, χωρίς μεταλλικά αντικείμενα σε επαφή με το δέρμα, και χωρίς υποδήματα , με τα χέρια να σχηματίζουν γωνία 30ο σε σχέση με το σώμα και τα πόδια γωνία 45ο μεταξύ τους. Τα επιθέματα(αυτοκόλλητα) τοποθετούνται, στο χέρι και στο πόδι όπως φαίνεται στις εικόνες 8 και 9, έπειτα από καθαρισμό των σημείων τοποθέτησης με βαμβάκι εμποτισμένο με καθαρό οινόπνευμα ως εξής: στο δεξί χέρι κοντά στην πηγεοκαρπική άρθρωση και στο δεύτερο μετακάρπιο οστό της παλάμης (μαύρο ηλεκτρόδιο), στο δεξί χέρι μεταξύ του 2ου και 3ου μετακάρπιου οστού της παλάμης (κόκκινο ηλεκτρόδιο), στο δεξί πόδι κοντά στην ποδοκνημική άρθρωση δίπλα στον έξω σφυρό (μαύρο ηλεκτρόδιο), στο δεξί πόδι μεταξύ του

2ου και 3ου μετατάρσιου οστού του πέλματος (κόκκινο ηλεκτρόδιο). Η θερμοκρασία δωματίου θα πρέπει να είναι κανονική (περίπου 25oC).

Το ρεύμα διαπερνά το σώμα των ατόμων από τον χέρι έως το πόδι, μετρώντας έτσι την αγωγιμότητα της αριστερής διατομή ολόκληρου το σώματος, η οποία στην συνέχεια αναλύεται ως προς ολόκληρο το σώμα με τους κατάλληλους αλγορίθμους και τύπους. (Μανιός, 2006) Άλλα μηχανήματα BE μετράνε από χέρι σε χέρι, ή από πόδι σε πόδι, τεχνική η οποία στην παρούσα έρευνα θα ήταν λανθασμένη, αφού παραλείπεται μεγάλο μέρος του κορμού κατά την μέτρηση, και όπως φαίνεται από την έρευνα του Baumgartner και των συνεργατών του η γωνία φάσης (που είναι και η παράμετρος που εξετάζει η έρευνα) παρατηρείται μεγαλύτερη στο μέρος του κορμού των ανηλίκων, και μάλιστα σε σχέση με τους ενήλικες, με την οποία, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι έχουν μεταξύ τους αρνητική συσχέτιση (Richard N Baumgartner, Chumlea and Roche, 1988).



Εικόνες 8&9 : Σημεία τοποθέτησης επιθεμάτων στο πόδι και στο χέρι

Προϋπόθεσης εφαρμογής της μεθόδου

Για την εφαρμογή της μέτρησης ο εξεταζόμενος πρέπει να απομακρύνει όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με το σώμα του ξαπλώνει σε μη αγωγίμη επιφάνεια (όχι μεταλλική) σε στάση όπου τα χέρια του να μὴν έρχονται σε επαφή με τον κορμό και οι μηροί να μὴν ακουμπούν μεταξύ τους.

Για την μέτρηση πρέπει επίσης να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- Ο εξεταζόμενος δεν πρέπει να έχει καταναλώσει φαγητό και υγρά για τουλάχιστον 2-3 ώρες πριν την μέτρηση
- τα σημεία επικόλλησης των ηλεκτροδίων πρέπει να έχουν καθαριστεί προηγουμένως με οινόπνευμα
- Ο εξεταζόμενος δεν πρέπει να έχει κάνει εξαντλητική άσκηση τουλάχιστον 12 ώρες πριν την μέτρηση
- Ο εξεταζόμενος δεν πρέπει να έχει καταναλώσει αλκοόλ για τουλάχιστον 24 ώρες πριν την μέτρηση.
- Η μέτρηση δεν πρέπει να γίνεται σε πολύ ζεστό ή κρύο περιβάλλον και η θερμοκρασία του σώματος πρέπει να είναι κανονική (36-37 βαθμούς)
- Η μέτρηση πρέπει να γίνεται μέσα σε 5-10 λεπτά από την στιγμή που ξαπλώνει ο εξεταζόμενος γιατί μετά συμβαίνει ανακατανομή υγρών από τα πόδια στον κορμό
- Η μέτρηση γίνεται συνήθως στην δεξιά πλευρά του ατόμου
- Οι γυναίκες σε αναπαραγωγική ηλικία πρέπει να βρίσκονται στην ίδια φάση του καταμήνιου κύκλου, όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί ξανά η μέτρηση

Γωνία φάσης

Η βιολογική έννοια της Γωνίας Φάσης, που μετράται μέσω της ΒΕ, δεν είναι εντελώς ξεκάθαρη, αλλά έχει ερμηνευτεί ως δείκτης ακεραιότητας της μεμβράνης και διανομής του νερού μεταξύ ενδό- και εξωκυττάριου χώρου (Kyle et al., 2012), αποτελεί δείκτη κυτταρικής ακεραιότητας. Υψηλές τιμές ΓΦ υποδηλώνουν ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης, και είναι άμεσα συσχετισμένος με την ηλικία, αφού παρατηρείται μείωση των τιμών της με την αύξηση της ηλικίας, κάτι που υποδηλώνει ελάττωση της γενικής υγείας με το πέρας του χρόνου(αύξηση ηλικίας) (Achim et al., 2000). Σε υγιή πληθυσμό το εύρος της συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5 και 7 μονάδων μέτρησης αλλά τιμές μεγαλύτερες από 9,5 μπορεί να μετρηθούν σε αθλητές, ενώ τελευταία έχει προταθεί ως δείκτης μυϊκής κατάστασης



Γωνία φάσης ως προγνωστικός δείκτης

Έρευνες έχουν φανερώσει ότι το 20-62% των νοσηλευόμενων ασθενών στις ανεπτυγμένες χώρες βρίσκονται σε κίνδυνο υποθρεψίας, ενώ πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι χαμηλές τιμές Γωνίας Φάσης (ΓΦ), η οποία μετράται με την μέθοδο της Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BE), σχετίζεται με, ύπαρξη διατροφικού κινδύνου, αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα του ασθενούς με νεφρική νόσο, λοιμώξεις από τον ιό της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV), καρκίνο και χειρουργημένους ασθενείς. Φαίνεται επίσης να είναι δείκτης κακής λειτουργικής κατάστασης, καθώς και προγνωστικός δείκτης σε ασθενείς με καρκίνο.

Η επικράτηση των χαμηλών τιμών ΓΦ σε ασθενείς με μέτριο και σοβαρό ρίσκο από τα NRS-2002, SGA ή χαμηλών τιμών αλβουμίνης ορού υποστηρίζει ότι η ΓΦ σχετίζεται με ύπαρξη διατροφικού κινδύνου, ενώ η υψηλή ευαισθησία και προσδιοριστικότητα μεταξύ NRS-2002, SGA και γωνίας φάσης οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ΓΦ μπορεί να εντοπίσει διατροφικό ρίσκο σε ασθενείς που έχουν εισαχθεί στο νοσοκομείο (Kyle et al., 2012). Συμπληρωματικά, και πιο ειδικά, η Nagano και οι συνεργάτες της αναφέρουν ότι η γωνία φάσης που μετράται με την μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης είναι χρήσιμη παράμετρος για την διατροφική αξιολόγηση σε παιδιά (Nagano, Suita and Fukuoka, 2000).



Καθοριστικοί παράγοντες της Γωνίας Φάσης

Σε υγιείς ενήλικες η ηλικία, το φύλο και ο δείκτης μάζας σώματος είναι οι παράμετροι που κυρίως σχετίζονται με τη γωνία φάσης. Η γωνία φάσης μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας, μετά την ενηλικίωση και αυτό σχετίζεται τόσο με την μείωση της μυϊκής μάζας (που εκφράζεται με μείωση της μη-ωμικής αντίστασης X_c) όσο και την αύξηση της λιπώδους μάζας που αποτυπώνεται ως αύξηση του ποσοστού σωματικού ύδατος (αύξηση στην αντίσταση) σε μεγαλύτερες ηλικίες. (Bosy-Westphal et al., 2006).

Μείωση στις τιμές της γωνίας φάσης με την αύξηση της ηλικίας, μελετώντας ηλικίες από 18-94 παρατηρήθηκε και από την Barbosa-Silva.

Οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές ΓΦ σε σύγκριση με τις γυναίκες (Barbosa-Silva et al., 2005) λόγω της αυξημένης τους μυϊκής μάζας (Norman et al., 2012). Όμοια παρατήρηση έγινε επίσης από έρευνα των Richard et al, όπου συμπεριλήφθηκαν πληθυσμοί από δύο ηλικιακές ομάδες, ενήλικες και ανήλικες, καθώς και διαφορετικού φύλου. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν ήταν ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ΓΦ μεταξύ των ηλικιακών ομάδων ούτε μεταξύ ανδρών και γυναικών, παρ' όλα αυτά ανέφεραν ότι οι γωνίες φάσης των ανδρών τείνουν να είναι μεγαλύτερες από αυτές των γυναικών, ενώ με τμηματικές μετρήσεις στον βραχίονα, το πόδι και τον κορμό παρατηρούν ότι η ΓΦ στον κορμό των ανηλίκων είναι μεγαλύτερη από ότι των ενηλίκων και μάλιστα με αρνητική συσχέτιση με την ηλικία σε κάθε φύλο (Richard N Baumgartner, Chumlea and Roche, 1988)

Παρουσιάζεται επίσης αύξηση της ΓΦ με την αύξηση του δείκτη μάζας σώματος, λόγω αύξησης του κυτταρικού αριθμού. Αυτό παρατηρείται σε τιμές $\Delta M\Sigma < 30$, ενώ σε τιμές μεγαλύτερες του σαράντα ($\Delta M\Sigma > 40$) παρατηρείται αντίστροφη σχέση.

Γωνία φάσης στην νόσο

Από την βιβλιογραφική επισκόπηση που έκαναν η Kristina Norman et al (2012), καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η γωνία φάσης είναι συχνά μικρότερη του φυσιολογικού σε ασθένειες αφού επιρροές όπως η μόλυνση, η φλεγμονή ή ειδικές παράμετροι μίας ασθένειας ενδέχεται να προκαλούν κυτταρική καταστροφή και άρα μείωση της γωνίας φάσης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την σημαντική μείωση της σε ασθενείς που πάσχουν από HIV και

επιμολύνθηκαν από φυματίωση. Χαρακτηριστικό σε αυτή την έρευνα είναι ότι οι ασθενείς με φυματίωση δεν παρουσίαζαν καμία σημαντική διαφορά στον δείκτη μάζας σώματος, ή στις ανθρωπομετρικές αξιολογήσεις της ελεύθερης λίπους μάζας και του ποσοστού λίπους σώματος σε σχέση με οροθετικούς ασθενείς και άτομα που δεν έχουν προσβληθεί από τον ιό HIV (Shah et al., 2001).

Χαμηλές τιμές της γωνίας φάσης παρατηρήθηκαν στις περιπτώσεις οιδήματος και αναιμίας σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια, και οίδημα και ανουρία σε ασθενείς που υποβάλλονται σε περιτοναϊκή κάθαρση, ανεξάρτητα από μεταβολές βάρους, ανθρωπομετρικών μετρήσεων και εργαστηριακών μεταβλητών

Σε παχύσαρκους ασθενείς, οι χαμηλές τιμές της γωνίας φάσης στις γυναίκες συνδέονται με σοβαρό καρδιαγγειακό κίνδυνο. (Norman et al., 2012)

Ο υποσιτισμός και η φλεγμονή έχουν ήδη προσδιοριστεί ως προγνωστικοί παράγοντες της γωνίας φάσης (Stobaüs et al., 2012)

Γωνία φάσης σαν δείκτης λειτουργικής κατάστασης

Η γωνία φάσης συσχετίζεται θετικά με τη συνολική πρωτεΐνη του σώματος, την μυϊκή μάζα καθώς και την δύναμη χειρολαβής και έχει προταθεί να είναι ένας χρήσιμος δείκτης μυϊκής κατάστασης προσφέροντας έτσι επίσης μια ποιοτική δυναμική πτυχή της λειτουργικής κατάστασης του οργανισμού (Norman et al., 2010).

Έρευνες έχουν δείξει ότι υγιής πληθυσμός, ανεξαρτήτου φύλου, που παρουσιάζουν υψηλότερη φυσική δραστηριότητα, εμφάνισαν σημαντικά αυξημένες τιμές γωνίας φάσης, ενώ μετρήσεις σε ηλικιωμένους κατοίκους γηροκομείου παρατηρήθηκε σημαντική σχέση μεταξύ γωνίας φάσης και λειτουργικότητας μεμονωμένων μυών όπως δύναμη χειρός και έκτασης του γονάτου.

Το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας σε ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση εμφάνισε θετική συσχέτιση με την γωνία φάσης (Zamojska et al., 2006).

Τέλος πρέπει να αναφερθεί το συμπέρασμα των Emilee και et al ότι οι χαμηλές τιμές γωνίας φάσης σχετίζονται με αδυναμία και θνησιμότητα, ανεξάρτητα από την ηλικία και την συννοσηρότητα (Wilhelm-Leen et al., 2013) .

ΔΥΝΑΜΗ ΧΕΙΡΟΛΑΒΗΣ

Η μέτρηση της δύναμης χειρολαβής είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης για την λειτουργία των μυών σε κλινικές καταστάσεις, δεδομένου ότι θεωρείται ισχυρός δείκτης λειτουργικής ικανότητας του μυός του ασθενή καθώς και ενδεικτικό σημάδι διατροφικής κατάστασης. Η συσχέτιση μεταξύ διατροφικής κατάστασης και δύναμης χειρός είναι καλά τεκμηριωμένη από την Kristina Norman και τους συνεργάτες της (Norman et al., 2011). Η δύναμη χειρός αντικατοπτρίζει υποθρεψία από τα σε πρώιμα στάδια, πριν την ικανότητα ανίχνευσης αλλαγών στη σύσταση του σώματος. Αυτό την καθιστά σημαντική σαν μέτρηση αφού παρέχει έγκαιρη αναγνώριση των ασθενών σε κίνδυνο υποθρεψίας και δίνει την δυνατότητα διατροφικής παρέμβασης πριν εμφανιστούν παρενέργειες από την κακή θρέψη.

Μελέτες που έχουν προηγηθεί έχουν δείξει ότι οι τιμές της δύναμης χειρολαβής συσχετίζεται με δείκτες διατροφικής κατάστασης, ενώ έχει διαπιστωθεί ότι το φύλο, η ηλικία και το ύψος καθώς και η σοβαρότητα της νόσου επηρεάζουν τις τιμές της μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα η δύναμη χειρολαβής έχει αρνητική συσχέτιση με την ηλικία και για τα δύο φύλα ενώ όσον αφορά το σωματικό βάρος εμφάνισε θετική συσχέτιση για τις γυναίκες ενώ αρνητική για τους άνδρες (Guerra et al., 2015). Ο δείκτης μάζας σώματος, παρόλο που είναι ένας καλός δείκτης για το σωματικό λίπος, μειονεκτεί στο ότι δεν διαχωρίζει τα συστατικά του σώματος (σύνθεση σώματος ανά διαμέρισμα) και δεν αντανακλά τα μέρη του σώματος που μπορεί να επηρεάσουν την λειτουργική κατάσταση του οργανισμού. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ποσότητα της λιπώδους μάζας παίζει σημαντικό ρόλο στην φυσική λειτουργία, ενώ η άλιπη μάζα σώματος συνδέεται με την μυϊκή δύναμη, ενώ η μείωση της μυϊκής δύναμης που οφείλεται σε χρόνια νοσηρότητα και χαμηλά επίπεδα σωματικής δραστηριότητας εμφανίζεται ως σημαντικός δείκτης σωματικής ανικανότητας (Dong et al., 2015).

ΔΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΠΤΥΧΕΣ

Μία από τις πιο συχνά μεθόδους έμμεσης εκτίμησης του ποσοστού λίπους του ανθρώπινου σώματος είναι η μέτρηση των δερματικών πτυχών (Skinfold thickness). Η παραδοχή ότι η μεγαλύτερη αποθήκη λίπους στον ανθρώπινο οργανισμό βρίσκεται στον λιπώδη ιστό που εμφανίζεται υποδόρια, είναι αυτό που καθορίζει την αρχή της μεθόδου στην οποία βασίζεται. Η μέτρηση των δερματοπτυχών χωρίζει το σωματικό βάρος σε δύο υπό-διαμερίσματα, το σωματικό λίπος και την άλιπη μάζα. Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι οι μετρήσεις που γίνονται στα διάφορα ανατομικά σημεία του σώματος για την εκτίμηση της λιπώδους μάζας, είναι ότι μπορεί να γίνει εμφανή η κατανομή του υποδόριου λίπους στο σώμα. Η μέτρηση γίνεται από εκπαιδευμένο προσωπικό το οποίο αφού καθορίσει τα σημεία του σώματος στα οποία θα γίνει η μέτρηση, απομονώνεται με το χέρι ο υποκείμενος μυς από τον λιπώδη ιστό και το δέρμα και στην συνέχεια με ειδικό μηχάνημα, το οποίο ονομάζεται δερματοπτυχόμετρο, μετράται το πάχος της δερματικής πτυχής το οποίο είναι το άθροισμα του υποδόριου λίπους και του πάχους του δέρματος. Τα σημεία στα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η μέτρηση της δερματικής πτυχής είναι: η υπό-ωμοπλάτεια, στον τρικέφαλο, στον δικέφαλο, η υπερλαγόνια, η κοιλιακή, η θωρακική, η μηριαία και η γαστροκνημιαία (Μανιός, 2006).

Αν και η μέθοδος της υποβρύχιας ζύγισης έχει χαρακτηριστεί ως πρότυπη μέθοδος καθορισμού της μάζας του σώματος, έρευνες έχουν δείξει ότι δείκτες παχυσαρκίας όπως η ολική μάζα του σώματος και οι περιμέτροι του σώματος, εμφανίζουν μεγαλύτερη συσχέτιση με τις μετρήσεις των δερματοπτυχών απ' ό τι με το ποσοστό σωματικού λίπους που μετράται με την μέθοδο της υποβρύχιας ζύγισης (Murray and Shephard, 1988).

Σε προηγούμενες μελέτες δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση της γωνίας φάσης με την μέτρηση των δερματοπτυχών όμως όπως έχει ήδη αναλυθεί η μείωση της μη-ωμικής αντίστασης η οποία επηρεάζει τις τιμές της γωνίας φάσης, επηρεάζεται από την ποσότητα της μυϊκής μάζας του σώματος, δηλαδή της περιεκτικότητας του σε πρωτεΐνη. Γι αυτό τον λόγο ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η έρευνα της Arrowsmith και των συνεργατών της που διαπίστωσαν ότι η μέτρηση των δερματοπτυχών παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στον υπολογισμό της ολικής πρωτεΐνης του σώματος σε σχέση με την μέθοδο ανάλυσης ενεργοποίησης νετρονίων, σε παιδιά με σπαστική τετραπληγία και εγκεφαλική παράλυση (Arrowsmith et al., 2006)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Πληθυσμός μελέτης

Οι συμμετέχοντες της μελέτης στους οποίους πραγματοποιήθηκαν οι απαιτούμενες μετρήσεις είναι έφηβοι(αγόρια και κορίτσια) ηλικίας 12 έως 18 ετών, οι οποίοι μαθητεύουν σε δημόσια σχολεία της Θεσσαλονίκης, σε ενιαίο γυμνάσιο και επαγγελματικό λύκειο. Οι άδειες για την διεξαγωγή των μετρήσεων δόθηκαν μετά από κατάλληλες αιτήσεις στο Υπουργείο Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων του Ελληνικού δημοσίου.

Σωματικές μετρήσεις

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των περιμέτρων μέσης και ισχίου, του ύψους, του βάρους, της δύναμης χειρός, των δερματοπτυχών του τρικέφαλου, του δικεφάλου, η υποπλάτια και η υπερλαγόνια, καθώς και η μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, ενώ καταγράφηκε η ηλικία και το φύλο των συμμετεχόντων

Μέτρηση περιμέτρων

Οι περίμετροι των συμμετεχόντων μετρήθηκαν με την χρήση απλής, μη ελαστικής, μεζούρας.

Η περίμετρος του ισχίου μετρήθηκε σε όρθια θέση με τα χέρια σε ανάταση και τον εξεταζόμενο σε πλάγια θέση από τον εξεταστή. Η μέτρηση έγινε γύρο από την περιοχή των γλουτών, στο επίπεδο που εξασφαλίστηκε ότι μετρήθηκε η μέγιστη περιφέρεια του ισχίου. Η μέτρηση καταγράφηκε στο πλησιέστερο 0,1 cm.

Η μέτρηση της περιμέτρου της μέσης μετρήθηκε με τους συμμετέχοντες όρθιους και με την κοιλιά τους χαλαρή, τα πόδια ενωμένα και τα χέρια στο πλάι. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με την μεζούρα να τοποθετείται στην πιο στενή περιοχή της μέσης, δηλαδή μεταξύ του τελευταίου πλευρού και πάνω απ το επίπεδο του ομφαλού. Η μεζούρα τοποθετήθηκε σε παράλληλο επίπεδο και η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο τέλος της κανονικής εκπνοής του ατόμου. Η τιμή της μέτρησης καταγράφηκε στο πλησιέστερο 0,1 cm

Μέτρηση ύψους

Το ύψος των συμμετεχόντων μετρήθηκε με μη ελαστική μεζούρα η οποία εφαρμόστηκε σε κάθετη επιφάνεια.

Οι εξεταζόμενοι κατά την διαδικασία της μέτρησης βρίσκονταν σε όρθια θέση, χωρίς υποδήματα και με το κεφάλι να τοποθετείται στη θέση Frankfort horizontal plane. Οι πτέρνες

τους ήταν ενωμένες μεταξύ τους, τα γόνατα ήταν ευθεία, οι ώμοι τους ζητήθηκε να είναι χαλαροί, οι παλάμες τους έβλεπαν προς τους μηρούς και το κεφάλι ενώ οι γλουτοί και η ωμοπλάτη εφάπτονταν με τον τοίχο.

Πριν την μέτρηση ζητήθηκε από τους εξεταζόμενους να πάρουν μια βαθιά ανάσα, για την έκταση της σπονδυλικής στήλης, και να την κρατήσουν μέχρι να ολοκληρωθεί η μέτρηση. Η μέτρηση του ύψους καταγράφηκε με ακρίβεια 0,1 cm.

Μέτρηση βάρους

Το βάρος των συμμετεχόντων μετρήθηκε με ζυγαριά ακριβείας Tanita Digital bathroom scale HD-329 .

Κατά την διαδικασία της μέτρησης του βάρους ο ζυγός τοποθετήθηκε σε σταθερή και επίπεδη επιφάνεια (πάτωμα αίθουσας). Η μέτρηση έγινε πρωινή ώρα σε κατάσταση νηστείας χωρίς υποδήματα και κατά την διάρκειά της ο εξεταζόμενος στεκόταν ακίνητος στο κέντρο της πλατφόρμας του ζυγού χωρίς να στηρίζεται κάπου και κοιτούσε μπροστά.

Μέτρηση δύναμης χειρολαβής

Η μέτρηση της δύναμης χειρολαβής πραγματοποιήθηκε με δυναμόμετρο grip strength dynamometer T.K.K. 5001 GRIP-A.

Κατά την διαδικασία της μέτρησης ο εξεταζόμενος ήταν σε όρθια θέση με τα χέρια του παράλληλα με το σώμα του. Η μέτρηση επιλέχθηκε να γίνει στο χέρι με το οποίο έγραφε ο κάθε εξεταζόμενος. Αφού έγινε επίδειξη της διαδικασίας της μέτρησης στον κάθε εξεταζόμενο του ζητήθηκε να εφαρμόσει απότομη δύναμη στην λαβή και να την διατηρήσει μέχρι το πέρας της χρονικής διάρκειας της δοκιμασίας. Η διαδικασία έγινε 2 φορές σε κάθε εξεταζόμενο και καταγράφηκε η μεγαλύτερη μέτρηση , ενώ κατά την διάρκεια της δοκιμασίας υπήρξε ενθάρρυνση του εξεταζόμενου.

Μέτρηση δερματοπτυχών

Οι μετρήσεις των δερματοπτυχών έγιναν στα σημεία του δικεφάλου, του τρικέφαλου, στο υπερλαγώνιο και το υποπλάτειο σημείο, με την χρήση δερματοπτυχόμετρου Harpendter skinfold caliper HSB-B1 by Baty International.

Για την μέτρηση της δερματικής πτυχής του δικεφάλου υπολογίστηκε η μέση της απόστασης από την ακρόμια απόφυση της ωμοπλάτης ως την απόφυση του ωλέκranου της ωλένης. Στην φάση αυτή της μέτρησης ο εξεταζόμενος λύγισε τον αγκώνα του σε γωνία 90 μοιρών. Στην συνέχεια άφησε το χέρι του χαλαρό και η μέτρηση γίνεται πάνω από τον δικέφαλο

μυ. Η δερματοπτυχή του τρικέφαλου μετράται ακριβώς στο ίδιο ύψος με αυτή του δικεφάλου, δηλαδή στο μέσω της απόστασης από την ακρόμια απόφυση της ωμοπλάτης ως την απόφυση του ωλέκranου απλά αυτή την φορά πάνω από τον τρικέφαλο μυ.

Η υποπλάτεια δερματική πτυχή μετρήθηκε περίπου ένα εκατοστό κάτω από την κατώτερη γωνία της ωμοπλάτης. Η δερματική πτυχή μετρήθηκε διαγώνια με κλίση περίπου 45 μοιρών προς το οριζόντιο επίπεδο του σώματος. Το σημείο της μέτρησης βρέθηκε με την ψηλάφηση της κατώτερης γωνίας της ωμοπλάτης .

Η υπερλαγόνια δερματική πτυχή μετρήθηκε ακριβώς πάνω στην νοητή ευθεία που περνά από την περιοχή της μασχάλης και καταλήγει στην λαγόνια ακρολοφία. Η μέτρηση έγινε ακριβώς πάνω από την λαγόνια ακρολοφία με κλίση 45 μοιρών με το οριζόντιο επίπεδο του σώματος. Ο εξεταζόμενος στεκόταν όρθιος με τα πόδια ενωμένα και τα χέρια πλάι στο σώμα. Όλες οι μετρήσεις των δερματικών πτυχών καταγράφηκαν στο πλησιέστερο χιλιοστό.

Στην συνέχεια με την χρήση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τις μετρήσεις των δερματικών πτυχών υπολογίστηκε το ποσοστό σωματικού λίπους των παιδιών, υπολογίζοντας την σωματική πυκνότητα των ατόμων με τους τύπους των Durnin and Womersley (Durnin and Womersley, 1974) για έφηβους <17 ετών, και στην συνέχεια ο υπολογισμός του ποσοστού λίπους έγινε με την χρήση του τύπου του Siri, (Siri, 1961) :

$$\% \text{Σωματικό λίπος} = (495 / \text{Σωματική πυκνότητα}) - 450$$

Μέτρηση με την μέθοδο της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ΒΕ με συσκευή ΒΕΠΣ Quadscan 4000(Bodystat, Beakonsfield, Ηνωμένο Βασίλειο). Ο έλεγχος βαθμονόμησης της συσκευής πραγματοποιούνταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα σύμφωνα με τις υποδείξεις της κατασκευαστικής εταιρίας. Οι εξεταζόμενοι μετρήθηκαν πρωινές ώρες, κατά την διάρκεια των σχολικών τους μαθημάτων, και χωρίς να έχουν αθληθεί για τουλάχιστον 12 ώρες. Όπως υποδεικνύουν οι οδηγίες της κατασκευαστικής εταιρίας οι ασθενείς δεν είχαν καταναλώσει υγρά και τροφή το τελευταίο τετράωρο πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης, ενώ η μέτρηση δεν πραγματοποιήθηκε σε κορίτσια που διένυαν περίοδο εμμηνορρυσίας. Η διαδικασία πραγματοποίησης της μέτρησης

περιγράφεται στο κεφάλαιο "Η Μέθοδος της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης" στο υποκεφάλαιο "Τρόπος εφαρμογής της μέτρησης".

Καταγραφή της διαιτητικής πρόσληψης

Για τον προσδιορισμό της διαιτητικής πρόσληψης των μακροθρεπτικών συστατικών αλλά και της πρόσληψης θερμίδων χρησιμοποιήθηκε το "Ημιποσοτικό ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων" (Willet et al., 1985) και αφού έγινε κατάλληλη κωδικοποίηση των απαντήσεων αναλύθηκε η ημερήσια κατανάλωση μακροθρεπτικών και θερμίδων σύμφωνα με την σύσταση των τροφίμων και ελληνικών φαγητών όπως αναγράφονται στους πίνακες της Τριχοπούλου (Τριχοπούλου, 1992). Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε αφού πρώτα παρουσιάστηκε ο τρόπος ο οποίος συμπληρώνονται τα έντυπα, και απαντήθηκαν ερωτήσεις, ενώ το κοινό στο οποίο απευθυνόταν αυτό το κομμάτι της έρευνας ήταν έφηβοι 15-18 ετών διότι θεωρήθηκε μη κατάλληλο για την συμπλήρωση από νεαρότερης ηλικίας άτομα.

Στατιστική ανάλυση

Όλοι οι στατιστικοί έλεγχοι σε αυτή την έρευνα πραγματοποιήθηκαν με την χρήση του στατιστικού λογισμικού IBM SPSS statistics 20.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά των εφήβων της έρευνας

Η παρούσα μελέτη συμπεριέλαβε μετρήσεις από 138 εφήβους, 72 αγόρια και 66 κορίτσια, ηλικίας 12-18 ετών. Στον πίνακα 1 και 2 εμφανίζονται οι μέσες τιμές και η τυπική απόκλιση των δημογραφικών και ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των εφήβων του δείγματος

Πίνακας 1. Δημογραφικά και γενικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά του συνόλου των εφήβων

| Χαρακτηριστικά | Σύνολο των 138 εφήβων |
|---|-----------------------|
| Ηλικία (έτη) | 14,54±1,785 |
| Βάρος (Kg) | 59.29±13.78 |
| Ύψος (cm) | 165,5±9,41 |
| Δείκτης μάζας σώματος(Kg/m ²) | 21.5±3.88 |

Πίνακας 2. Ειδικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά και δείκτες υγείας των συμμετεχόντων σε σχέση με το φύλο τους

| Χαρακτηριστικά | Αγόρια | Κορίτσια |
|---|---------------|---------------|
| Δερματοπτυχή δικεφάλου (cm) | 0,5706±0,31 | 0,7563±0,32 |
| Δερματοπτυχή τρικέφαλου (cm) | 1,0872±0,53 | 1,4295±0,64 |
| Δερματοπτυχή υποπλάτειου (cm) | 1,019±0,59 | 1,2536±0,63 |
| Δερματοπτυχή υπερλαγώνειου (cm) | 0,9964±0,67 | 1,3907±0,71 |
| Άθροισμα των 4 δερματοπτυχών | 45,7833±26,23 | 37,4030±13,45 |
| Περίμετρος μέσης(cm) | 73,5556±8,49 | 71,0076±9,54 |
| Περίμετρος Ισχίου(cm) | 90,0278±11,56 | 92,8788±10,44 |
| Λόγος περιμέτρων Μέση/Ισχίο | 0,8265±0,13 | 0,7692±0,11 |
| Ποσοστό ολικού λίπους (BE) % | 24,73±7,7 | 17,74±6,374 |
| Ποσοστό ολικού λίπους (δερματοπτυχές) % | 23,87±7,035 | 22,61±5,4 |
| Δύναμη χειρολαβής | 31,6875±11,18 | 24,2231±7,37 |
| Γωνία φάσης | 6,303±0,70 | 5,550±0,53 |
| Κυτταρική μάζα σώματος | 24,4±6,6 | 16,25±5,73 |

Στον *πίνακα 3* που ακολουθεί παρουσιάζονται οι *ποσοστιαίες θέσεις* και τα *z-score* του δείκτη *μάζας σώματος*, της σχέσης του *Ύψους-Ηλικίας* και της σχέσης του *Βάρους-Ηλικίας*, του δείγματος. Παρατηρώντας τις τιμές των εκατοστιαίων θέσεων για τον ΔΜΣ οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 35,9 - 87,7 εκατοστιαίας θέσης (61,8±25,90) γίνεται αντιληπτό ότι το σύνολο του δείγματος αποτελείται από εφήβους όπου ο δείκτης *μάζας σώματος* τους κυμαίνεται σε υγιή επίπεδα. Επιπρόσθετα καλύπτεται η ανάγκη της έρευνας να μελετήσει τον τρόπο με τον οποίο συσχετίζεται η ΓΦ με τα υπόλοιπα σωματομετρικά χαρακτηριστικά σε υγιούς εφήβους που βρίσκονται μεταξύ υγιών επιπέδων βάρους.

Από τις τιμές των εκατοστιαίων θέσεων της σχέσης *Ύψους-Ηλικία* 32,3 - 90,1 (61,22±28,90) και της σχέσης *Βάρους-Ηλικία* 40,9 - 90,9 (65,87±25,02) διαπιστώνεται ότι το σύνολο των εφήβων του δείγματος έχει φυσιολογική ανάπτυξη του ύψους και του βάρους τους σε σχέση με την ηλικία.

Πίνακας 3. Εκατοστιαίες θέσεις και z-score του δείγματος

| | Δείκτες | 138 Εφήβων | Αγόρια | Κορίτσια |
|---------------------|------------------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| Εκατοστιαίες θέσεις | Δείκτης <i>μάζας σώματος</i> | 61,8±25,90 | 61,2±27,65 | 62,4±24,1 |
| | Βάρους ως προς την Ηλικία | 65,87±25,02 | 64,63±26,5 | 67,22±23,42 |
| | Ύψους ως προς την Ηλικία | 61,22±28,90 | 57,84±28,9 | 64,9±28,6 |
| z-scores | Δείκτης <i>μάζας σώματος</i> | -0,0057±4,962 | -0,41±6,82731 | 0,44±0,8 |
| | Βάρους ως προς την Ηλικία | 0,5345±0,874 | 0,48±0,9 | 0,6±0,85 |
| | Ύψους ως προς την Ηλικία | 0,4313±1,127 | 0,28±1,03 | 0,59±1,21 |

Στον *πίνακα 4* φαίνεται η μέση κατανάλωση των μακροθρεπτικών συστατικών και των θερμίδων των 72 εφήβων, αγόρια και κορίτσια, ηλικίας 15-18 ετών μετά από ανάλυση των ημιποσοτικών ημερολογίων κατανάλωσης τροφίμων που συμπλήρωσαν οι ίδιοι.

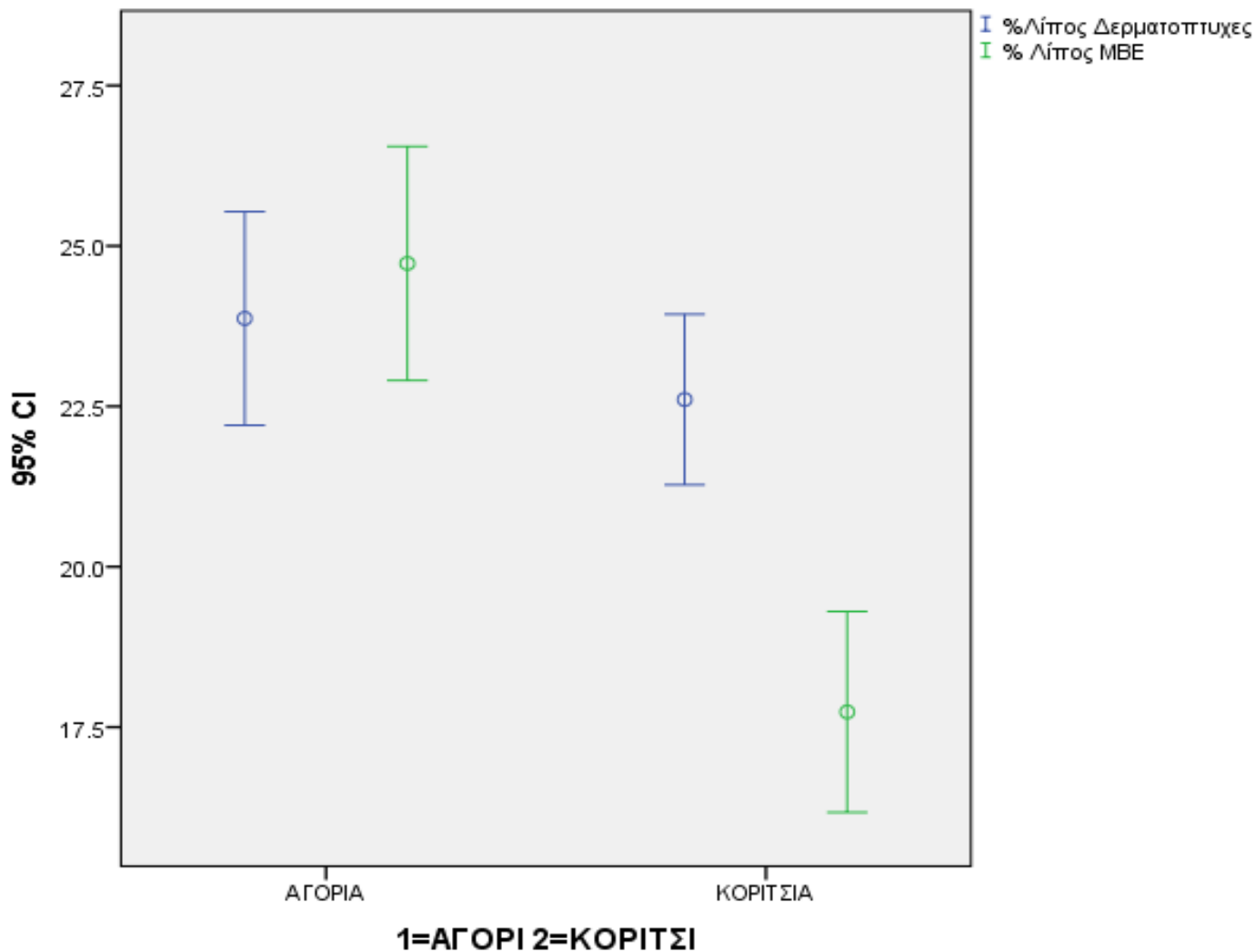
Πίνακας 4. Μέση ημερήσια κατανάλωση μακροθρεπτικών συστατικών και θερμίδων του δείγματος εφήβων ηλικίας 15-18 ετών, και η % κάλυψη των μακροθρεπτικών συστατικών σε σχέση με τις θερμίδες.

| Κατανάλωση μακροθρεπτικών και θερμίδων | Δείγμα εφήβων 15-18 ετών | % Κάλυψη |
|--|--------------------------|----------|
| Θερμίδες (Kcal) | 3362±2114 | - |
| Υδατάνθρακες (gr) | 325,54±198,7 | ~39% |
| Πρωτεΐνες (gr) | 140,89±84,2 | ~17% |
| Λίπος (gr) | 164,7±110,15 | ~44% |

Δείκτης μάζας σώματος και ποσοστό σωματικού λίπους

Για την αποφυγή σφαλμάτων και παρανοήσεων των αποτελεσμάτων της έρευνας πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την ύπαρξη ή όχι διαφορών μεταξύ του ποσοστού λίπους που μετρήθηκε με την μέθοδο των δερματοπτυχών, και του ποσοστού που υπολογίστηκε μέσω της βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Τα αποτελέσματα του ελέγχου δείχνουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα αποτελέσματα των δύο μεθόδων για τα αγόρια, ενώ για τα κορίτσια υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Κάτι που μας επιτρέπει να εμπιστευτούμε την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων και των δύο μεθόδων για τα αγόρια, ενώ για τα κορίτσια όχι.

Γράφημα 1: Ιστογράμματα μετρήσεων % λίπους με τις δύο μεθόδους



Σύμφωνα με υποδείξεις της κατασκευαστικής εταιρείας (Bodystat, Quadscan 4000) , ο υπολογισμός του λίπους μέσω αυτής της μεθόδου, σε ανηλίκους πιθανόν πιθανόν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με επιφύλαξη. Όσο για τις υψηλές τιμές λίπους στα αγόρια οφείλονται στις αλλαγές της σύστασης του σώματος τους λόγω της εφηβείας όπως αναφέρεται στην εισαγωγή.

Συσχετίσεις σωματομετρικών

Πραγματοποιήθηκαν συσχετίσεις του δείκτη γωνία φάσης με την δύναμη χειρολαβής, το ποσοστό λίπους των εφήβων, τον ΔΜΣ τους, του λόγου Μέσης/Ισχίου, το ύψος, την κυτταρική μάζα σώματος καθώς και με τα z-score και τις εκατοστιαίες θέσεις του ΔΜΣ, της σχέσης ύψους προς ηλικία και βάρους προς ηλικία.

Στους εφήβους ηλικίας 15-18 ετών έγιναν επιπλέον οι συσχετίσεις της γωνίας φάσης με τις προσληφθέντες θερμίδες, καθώς και με τα προσληφθέντα μακροθρεπτικά.

Για την επιλογή της εξίσωσης (Pearson ή Spearman) που χρησιμοποιήθηκε για την συσχέτιση ελέγχθηκαν οι κανονικότητες των δειγμάτων και πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης των δύο παραμέτρων με Pearson, αν οι παράμετροι εμφάνιζαν κανονική κατανομή στο δείγμα, ενώ ο έλεγχος Spearman εφαρμόστηκε για μη κανονική κατανομή της παραμέτρου στο δείγμα των εφήβων. Στον Πίνακα 5 παρατίθεται ο έλεγχος της κανονικότητας των μετρήσεων.

Συσχέτιση της γωνίας φάσης δεν υπήρξε ($P\text{-Value}>0.05$) με το z-score του Βάρους-Ηλικίας ($P\text{-value}=0.46$), το z-score του Ύψους-Ηλικία ($P\text{-value}=0.053$) και το z-score του ΔΜΣ ($P\text{-value}=0.993$), καθώς και οι εκατοστιαίες θέσεις του βάρους-ηλικία ($P\text{-value}=0.405$), και η εκατοστιαία θέση του ΔΜΣ($P\text{-value}=0.0,995$)

Επίσης, για τους 72 εφήβους από 15-18 ετών, συσχέτιση της γωνίας φάσης δεν εμφανίστηκε σε σχέση με την κατανάλωση κανενός από τα μακροθρεπτικά συστατικά, υδατάνθρακες ($P\text{-value}=0,649$), πρωτεΐνες($P\text{-value}=0,930$) και λίπος($P\text{-value}=0,929$)

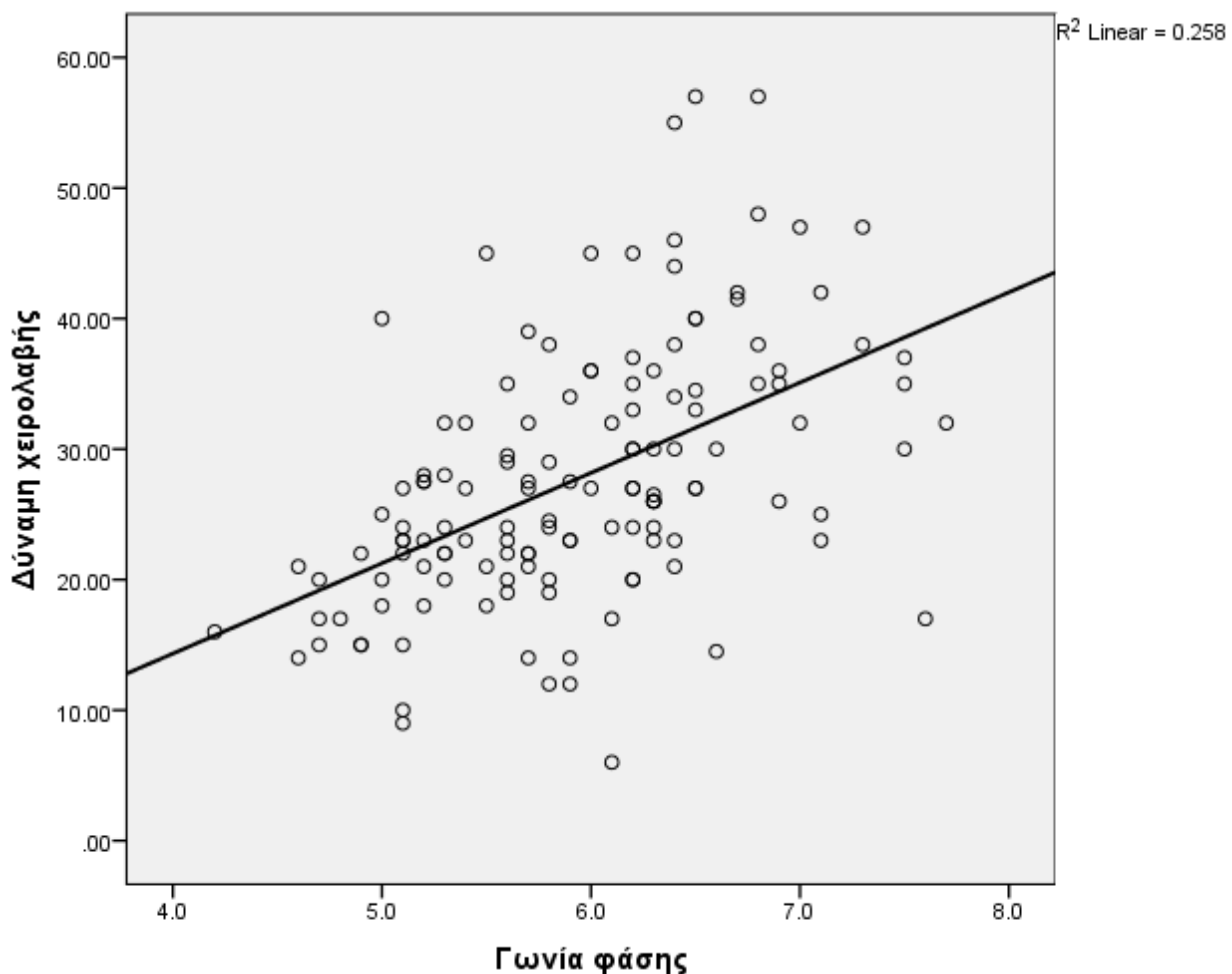
Πίνακας 5 Έλεγχοι κανονικότητας των μετρημένων δεδομένων

| Χαρακτηριστικό | P-Value | | Αποτέλεσμα | |
|---|---------|----------|-------------|-------------|
| | Αγόρια | Κορίτσια | Αγόρια | Κορίτσια |
| Δύναμη χειρολαβής | 0,608 | 0,015 | Κανονικό | Μη κανονικό |
| Ποσοστό λίπους | 0,01 | | Μη κανονικό | |
| ΔΜΣ | <0,001 | <0,001 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Λόγος Μέσης/Ισχύο | <0,001 | | Μη κανονικό | |
| Κυτταρική μάζα σώματος | 0,007 | 0,004 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| z-score ΔΜΣ | 0,000 | 0,804 | Μη κανονικό | Κανονικό |
| z-score σχέσης ύψους προς ηλικία | 0,574 | 0,406 | Κανονικό | Κανονικό |
| z-score σχέσης βάρους προς ηλικία | 0,223 | 0,105 | Κανονικό | Κανονικό |
| Εκατοστιαία θέση ΔΜΣ | 0,001 | 0,028 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Εκατοστιαία θέση σχέσης ύψους προς ηλικία | 0,002 | 0,001 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Εκατοστιαία θέση σχέσης βάρους προς ηλικία | <0,001 | 0,002 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Επιπλέον για τους εφήβους 15-18 ετών | | | | |
| Κατανάλωση θερμίδων | <0,001 | <0,001 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Κατανάλωση υδατανθράκων (σε γραμμάρια) | 0,001 | 0,025 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Κατανάλωση πρωτεϊνών (σε γραμμάρια) | <0,001 | <0,001 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |
| Κατανάλωση Λίπους (σε γραμμάρια) | <0,001 | <0,001 | Μη κανονικό | Μη κανονικό |

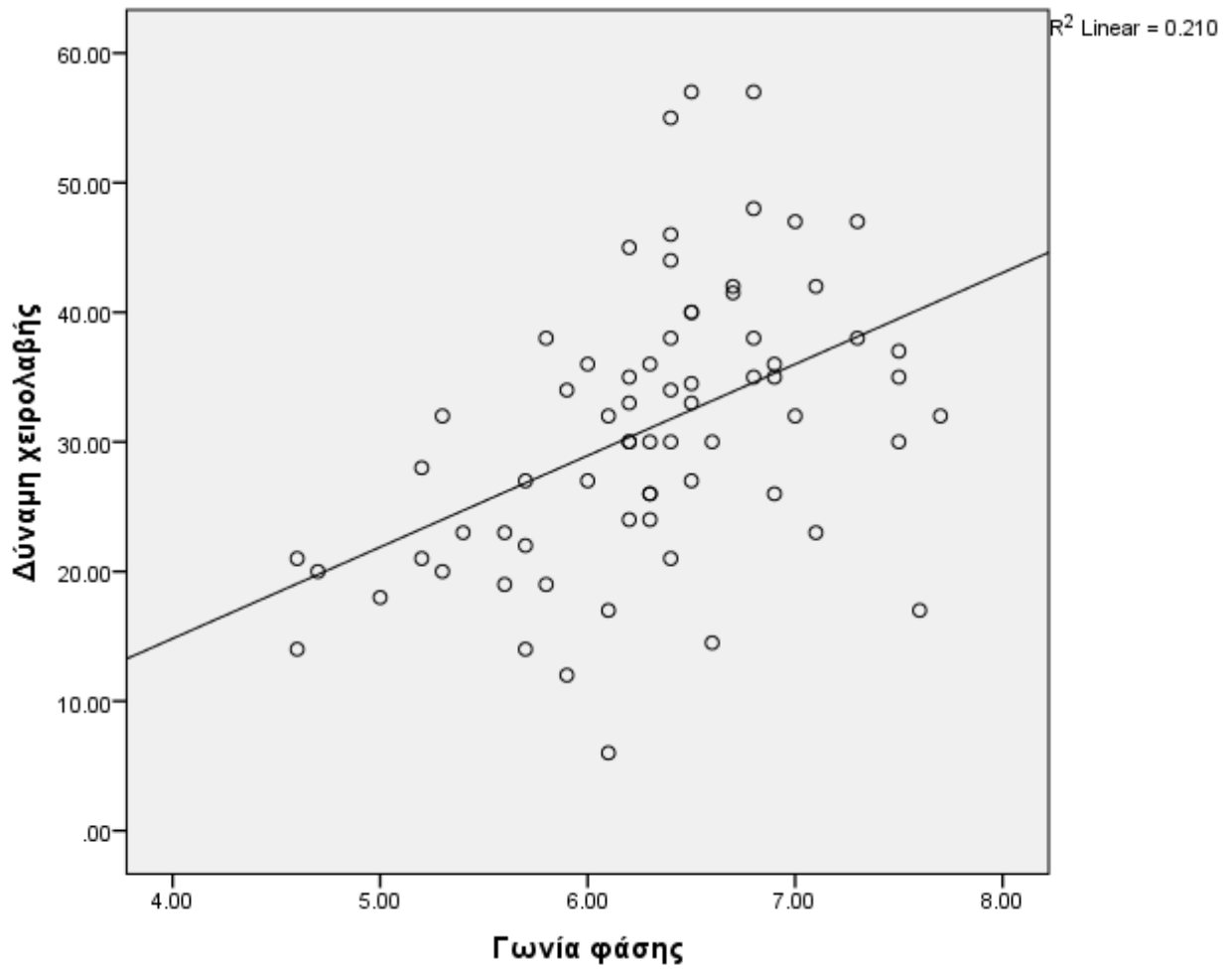
Γωνία φάσης και δύναμη χειρολαβής

Λόγο της εμφάνισης κανονικότητας της μέτρησης για τα αγόρια και μη κανονικότητας για τα κορίτσια, εφαρμόστηκε έλεγχος κανονικότητας Pearson και Spearman αντίστοιχα, για τα δύο διαφορετικά φύλα. *Ισχυρή θετική συσχέτιση της γωνίας φάσης με την δύναμη χειρολαβής* εμφάνισαν και τα δύο φύλα, με $r=+0.458$ και $P\text{-value}<0.001$ για τα αγόρια και $r=+0,351$ και $P\text{-value}=0,004$ για τα κορίτσια, και οι συσχετίσεις είναι ισχυρες σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01

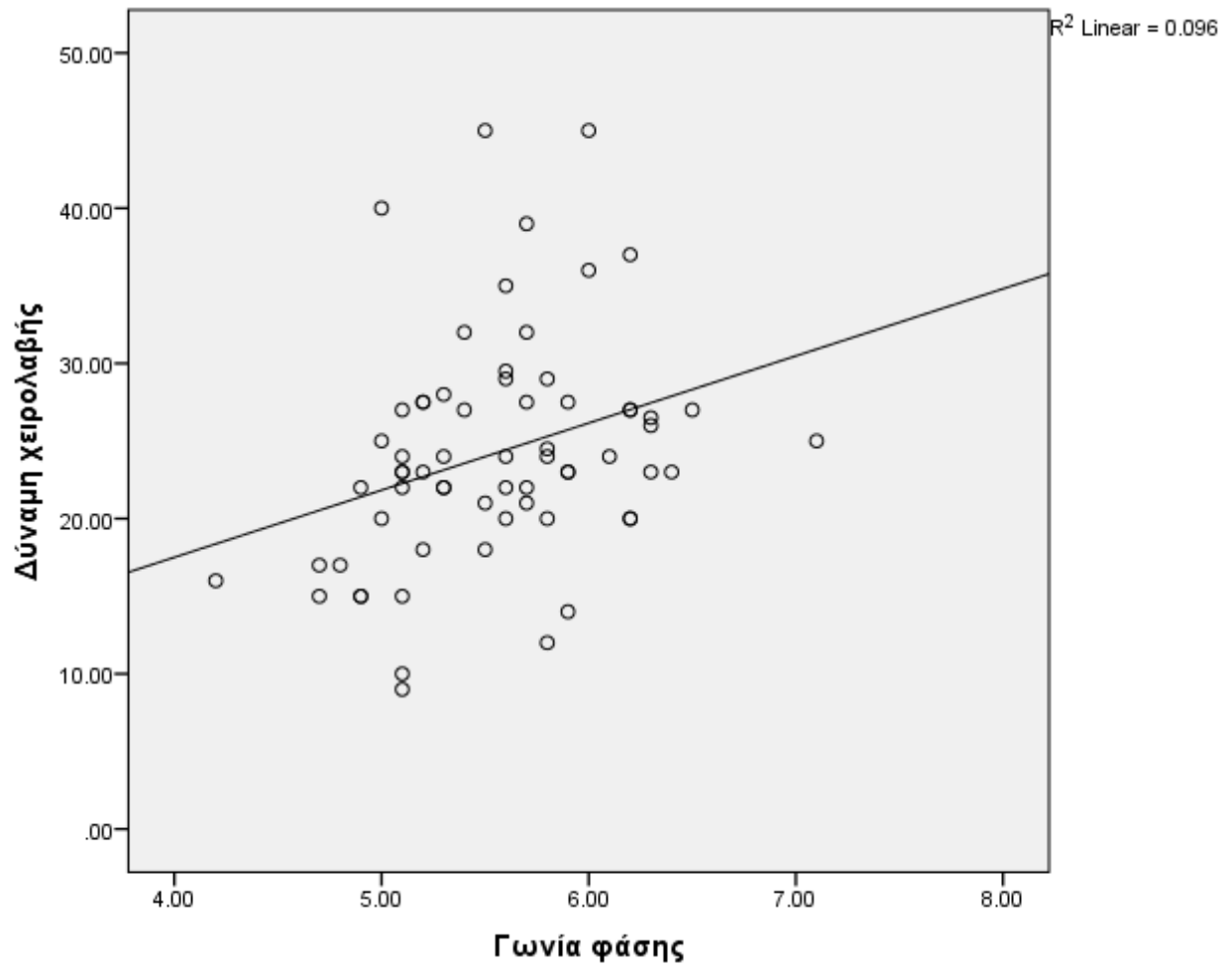
Γράφημα 2: Γραμμική σχέση Γωνίας φάσης και δύναμης χειρολαβής για το σύνολο του δείγματος των εφήβων



Γράφημα 3: Γραμική σχέση γωνίας φάσης και δύναμης χειρολαβής για τα αγόρια της έρευνας.



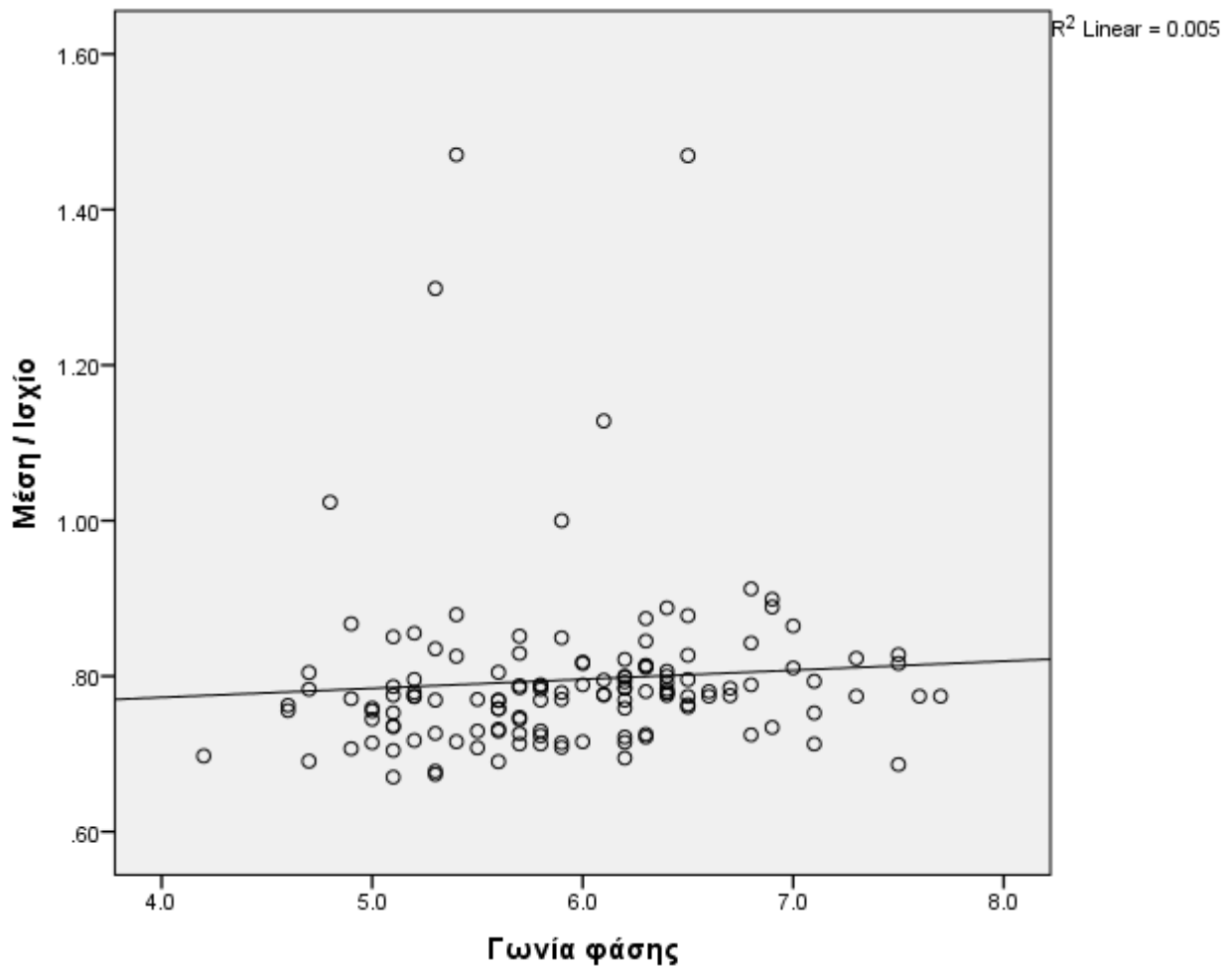
Γράφημα 4: Γραμμική σχέση γωνίας φάσης και δύναμης χειρολαβής για τα κορίτσια της έρευνας.



Γωνία φάσης και λόγος μέσης/ισχίου

Ισχυρή θετική συσχέτιση εμφάνισε η γωνία φάσης με τον λόγο μέσης/ισχίου με $r=.0256$ και $P\text{-value}=0,002$, ενώ η συσχέτιση είναι ισχυρή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01

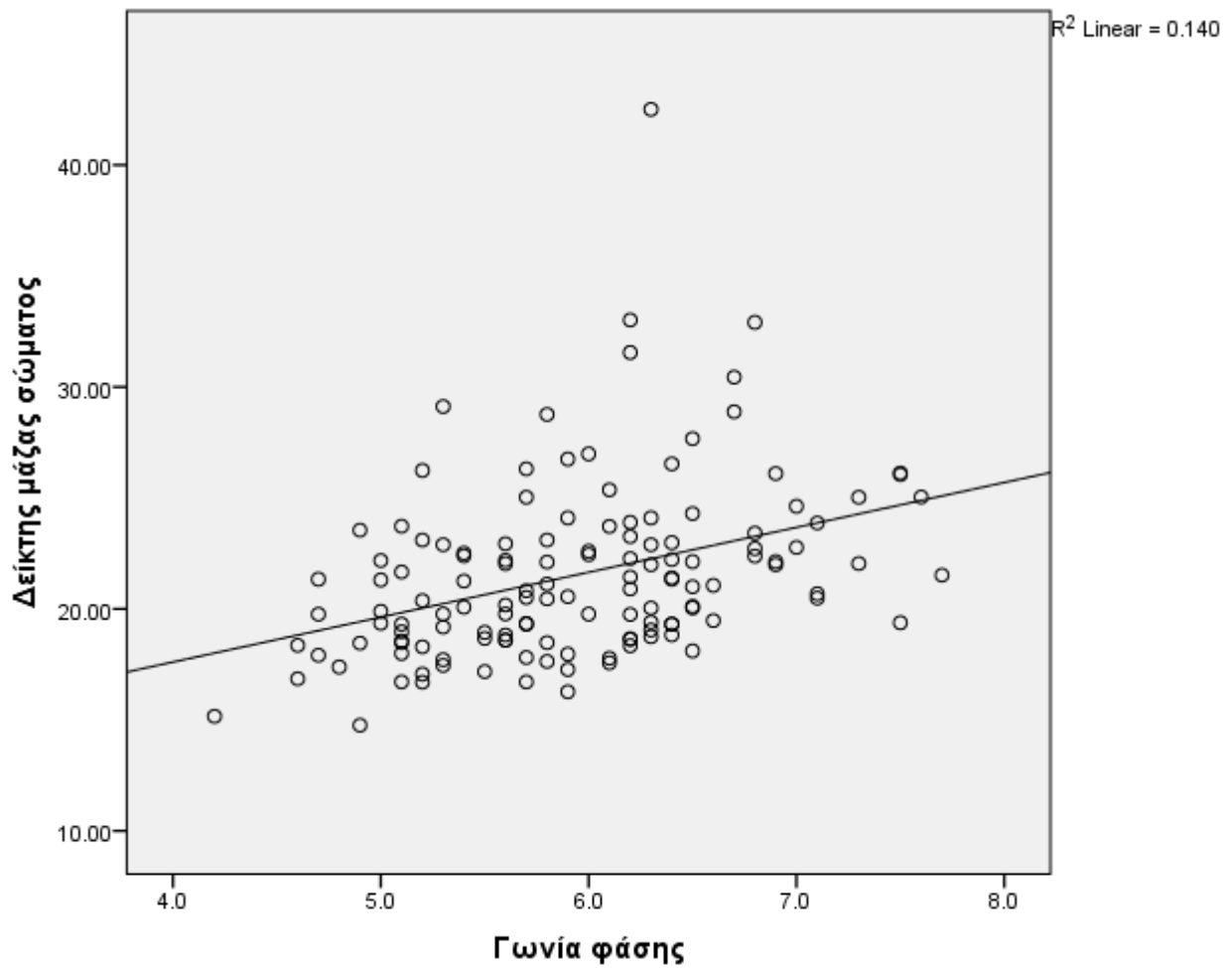
Γράφημα 5: Γραμμική σχέση του λόγου Μέση/Ισχίο και της γωνίας φάσης για το σύνολο των εφήβων της έρευνας



Γωνία φάσης και Δείκτης μάζας σώματος

Ισχυρή θετική συσχέτιση εμφάνισε η γωνία φάσης με τον ΔΜΣ με $r=0.425$ και $P\text{-value}<0,001$, ενώ η συσχέτιση είναι ισχυρή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01

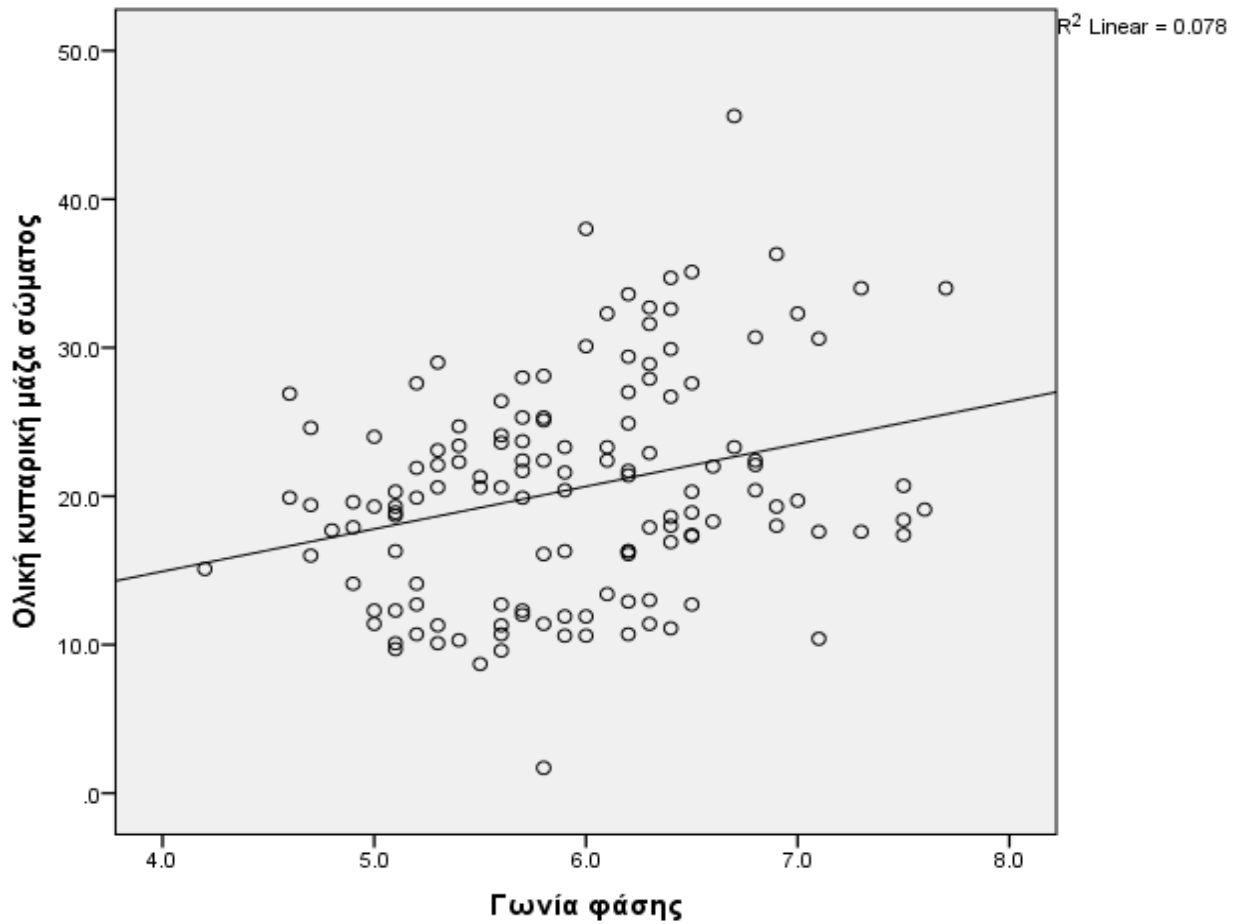
Γράφημα 6: Γραμμική σχέση του δείκτη μάζας σώματος και της γωνίας φάσης των εφήβων.



Γωνία φάσης και ολική κυτταρική μάζα σώματος

Ισχυρή θετική συσχέτιση εμφάνισε η γωνία φάσης με την ολική κυτταρική μάζα σώματος με $r=0.250$ και $P\text{-value}=0,004$ ενώ η συσχέτιση είναι ισχυρή σε επίπεδο σημαντικότητας $0,01$

Γράφημα 7: Γραμμική σχέση της ολικής κυτταρική μάζα σώματος και της γωνίας φάσης των εφήβων.



Εκατοστιαίες θέσεις της Γωνίας φάσης που προέκυψαν από την παρούσα εργασία

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες θέσεις της γωνίας φάσης των εφήβων όπως υπολογίστηκαν από το δείγμα της έρευνας για το σύνολο του πληθυσμού (Πίνακας 6) , και ξεχωριστά για το σύνολο των αγοριών που συμμετείχαν στην έρευνα (Πίνακας 7) και για το σύνολο των κοριτσιών της έρευνας (Πίνακας 8)

Πίνακας 6: Εκατοστιαίες θέσεις για την γωνία φάσης του συνόλου των εφήβων της έρευνας

| | Εκατοστιαίες θέσεις | | | | | | |
|-------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
| Γωνία φάσης | 4.780 | 5.000 | 5.300 | 5.900 | 6.400 | 6.900 | 7.300 |

Πίνακας 7: Εκατοστιαίες θέσεις για την γωνία φάσης των αγοριών της έρευνας

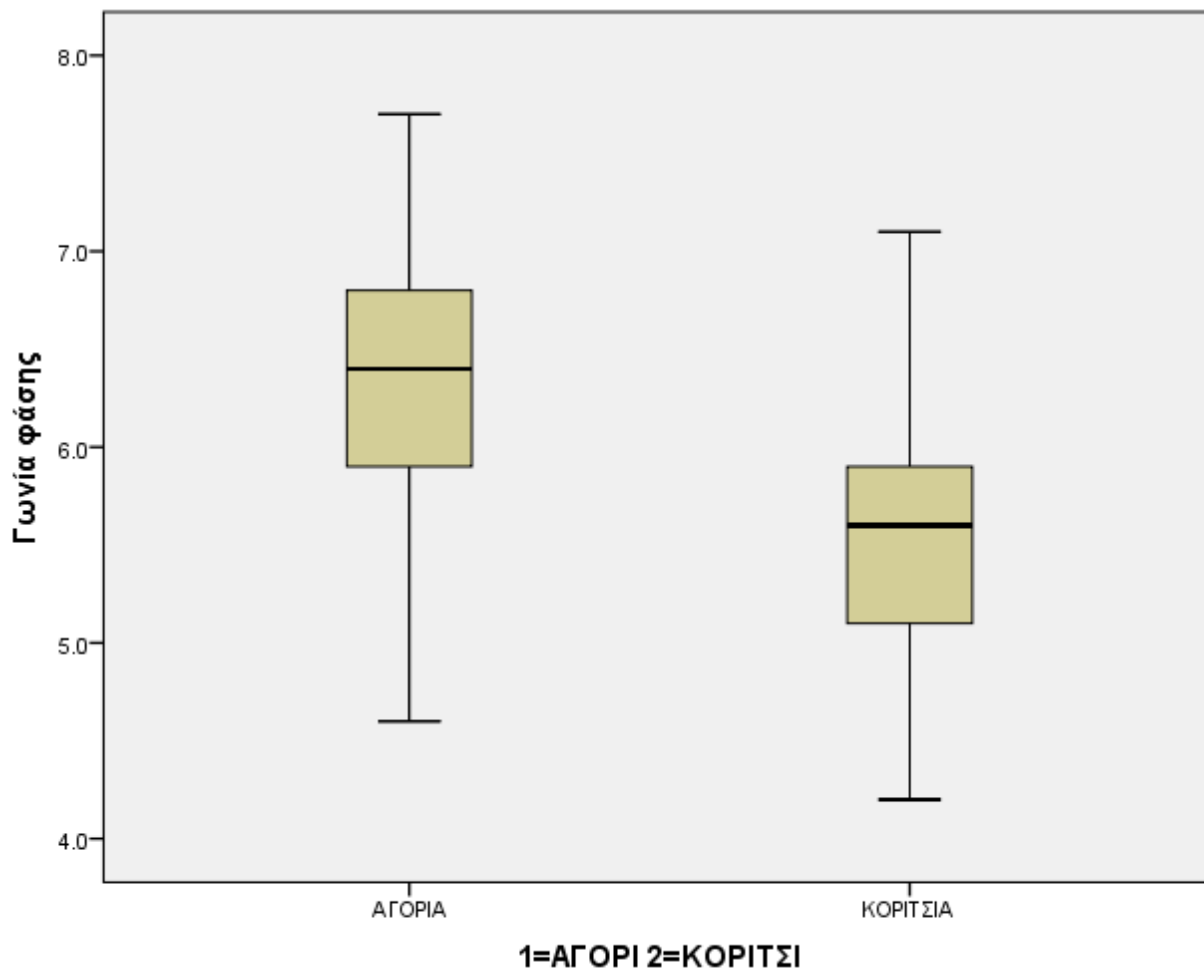
| | Εκατοστιαίες θέσεις | | | | | | |
|-------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
| Γωνία φάσης | 4,8500 | 5,3000 | 5,9000 | 6,4000 | 6,8000 | 7,3000 | 7,5000 |

Πίνακας 8: Εκατοστιαίες θέσεις για την γωνία φάσης των κοριτσιών της έρευνας

| | Εκατοστιαίες θέσεις | | | | | | |
|-------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
| Γωνία φάσης | 4,7350 | 4,9000 | 5,1000 | 5,6000 | 5,9000 | 6,2300 | 6,3650 |

Στους παραπάνω πίνακες φαίνονται οι τιμές της γωνίας φάσης αντιστοιχούν στις εκατοστιαίες θέσεις 5,10,25,50,75,90,95 για εφήβους από 12-18 ετών και ξεχωριστά για τα αγόρια και τα κορίτσια.

Γράφημα 8: Βοχπλοτ εκατοστιαίων θέσεων γωνίας φάσης στα δύο φύλα



Όπως φαίνεται στο boxplot των εκατοστιαίων θέσεων στα δύο φύλα, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές γωνίας φάσης που παρουσιάζουν.

Εκατοστιαίες θέσεις της Ολικής κυτταρικής μάζας σώματος που προέκυψαν από την παρούσα εργασία

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες θέσεις της ολικής κυτταρικής μάζας σώματος των εφήβων όπως υπολογίστηκαν από το δείγμα της έρευνας για τα αγόρια της έρευνας (Πίνακας 9) και για τα κορίτσια (Πίνακας 10)

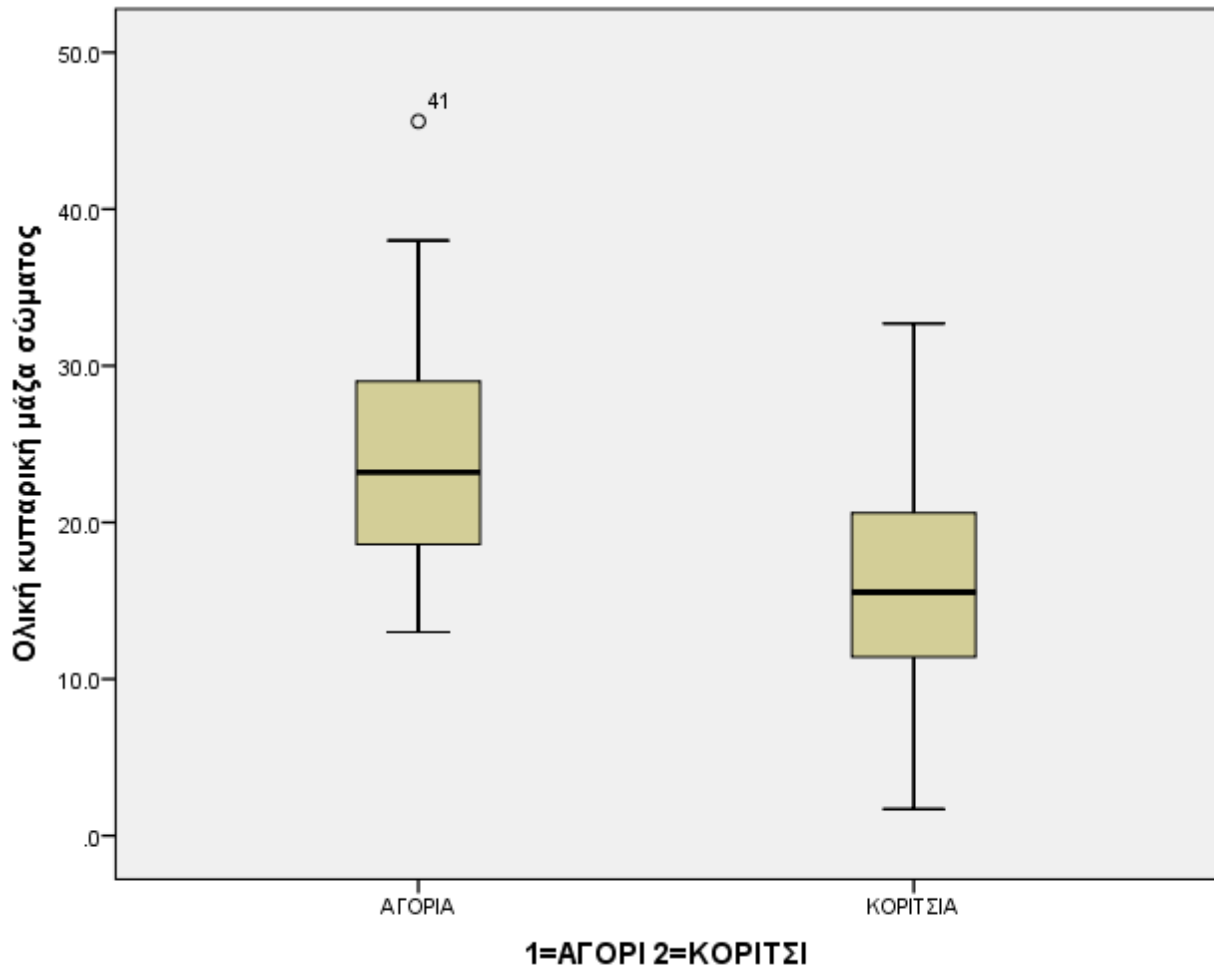
Πίνακας 9: Εκατοστιαίες θέσεις για την Ολική κυτταρική μάζα σώματος των αγοριών της έρευνας

| | Εκατοστιαίες θέσεις | | | | | | |
|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
| Ολική κυτταρική μάζα | 16.2100 | 16.9400 | 18.5500 | 23.2000 | 29.1000 | 33.9600 | 35.6400 |

Πίνακας 10: Εκατοστιαίες θέσεις για την Ολική κυτταρική μάζα σώματος των κοριτσιών της έρευνας

| | Εκατοστιαίες θέσεις | | | | | | |
|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
| Ολική κυτταρική μάζα | 9.6350 | 10.2400 | 11.3750 | 15.5500 | 20.6000 | 23.4600 | 25.2300 |

Γράφημα 9: Βοχplot εκατοστιαίων θέσεων της Ολικής κυτταρικής μάζας σώματος στα δύο φύλα



Όπως φαίνεται στο boxplot των εκατοστιαίων θέσεων στα δύο φύλα, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές της ολικής κυτταρικής μάζας σώματος που παρουσιάζουν.

Περιορισμοί των μεθόδων της έρευνας

Ο πληθυσμός στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις της έρευνας, είναι περιορισμένος σε αριθμό αλλά και σε ηλικιακές ομάδες όσον αφορά τους σκοπούς της, δηλαδή την συσχέτιση των ανθρωπομετρικών δεδομένων με την γωνία φάσης και ειδικά για την δημιουργία εκατοστιαίων θέσεων, παρόλα αυτά είναι αρκετά ετερογενής ο πληθυσμός και ο αριθμός των αγοριών ξεπερνά αυτόν των κοριτσιών μόνο κατά 6 άτομα, και έτσι μπορεί να θεωρηθεί ως έναν βαθμό αντιπροσωπευτικός πληθυσμός των εφήβων στα σχολεία. Επίσης η χρήση ερωτηματολογίου για τον καθορισμό της κατανάλωσης τροφίμων σε εφήβους δεν ενδείκνυται αφού δεν είναι εξοικειωμένοι με την συμπλήρωση τους, αλλά ούτε και με τις ποσότητες των τροφίμων τα οποία καταγράφουν.

Τέλος η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης δεν είναι η καταλληλότερη για την μέτρηση του % λίπους για ανηλίκους, και έτσι η αξιοπιστία των ποσοστών λίπους μπορεί να αμφισβητηθεί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε η σχέση της γωνίας φάσης των εφήβων σε σχέση με την ύπαρξη ή όχι μιας δυναμικής σχέσης μεταξύ αυτής και σωματομετρικών δεδομένων και δεικτών ανάπτυξης και υγείας. Ο πληθυσμός που επιλέχθηκε είναι έφηβοι, μη επαγγελματίες αθλητές. Οι τιμές του δείκτη μάζας σώματος που μετρήθηκαν ($21.5 \pm 3.88 \text{ Kg/m}^2$), τις τιμές του λόγου περιμέτρων Μέσης/Ισχίο ($0,82 \pm 0,13$ για τα αγόρια και $0,76 \pm 0,11$ για τα κορίτσια) καθώς και από τις τιμές της γωνίας φάσης που μετρήθηκαν ($6,303 \pm 0,70$ για τα αγόρια και $5,550 \pm 0,53$ για τα κορίτσια) όπου κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 5-7 και για τα δύο φύλα, τιμές που σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι μέσα στα όρια του φυσιολογικού για παιδιά. Ενώ η αύξηση των παιδιών καθορίστηκε από δείκτες όπως τα z-score και οι εκατοστιαίες θέσεις του δείκτη μάζας σώματος, του ύψους και του βάρους. Τα παραπάνω δεδομένα δείχνουν ότι δεν χρειάζεται το δείγμα να χωριστεί σε ομάδες ανάλογα με την ανάπτυξη ή το επίπεδο υγείας (παχύσαρκος, λιποβαρής).

Όσον αφορά την κατάσταση υγείας των εφήβων, εμφανίστηκε στα ποσοστά σωματικού λίπους τους τα οποία σύμφωνα με της μετρήσεις που διαθέτω δείχνουν αυξημένα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην μη καταλληλότητα της μεθόδου της βιοηλεκτρικής εμπέδησης για τον υπολογισμό του % λίπους σε ανήλικες όπως μάλιστα αναφέρεται και από την κατασκευαστική εταιρεία του εξοπλισμού με τον οποίο έγινε η μέτρηση (Bodystat). Πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός του λίπους και με τη μέθοδο των δερματοπτυχών. Η ύπαρξη υψηλών τιμών, όπως αναφέρεται και από βιβλιογραφικές πηγές, οφείλεται στην ηλικία της εφηβείας που διανύει ο πληθυσμός της έρευνας, αφού η ραγδαία αύξηση του σώματος την περίοδο αυτή, άρα και των συστατικών του, καθώς και οι έντονες ορμονικές αλλαγές, προκαλούν αύξηση και στην λιπώδη μάζα των ατόμων .

Ακόμα παρατηρείται ότι η τιμή της γωνίας φάσης στα αγόρια παρουσιάζεται μεγαλύτερη από αυτή των κοριτσιών, αποτέλεσμα που συμφωνεί με μελέτες που έχουν γίνει σε μεγαλύτερο πληθυσμό ατόμων. Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται στην διαφορετική σύσταση του σώματος των δύο φύλων, την διαφορετική φυσική δραστηριότητα τους όσον αφορά την συχνότητα, και το είδος της (αντοχή, μυϊκή αύξηση κλπ), ενώ αυτή η διαφορά συμφωνεί με βιβλιογραφικά ευρήματα που συμφωνούν με τις αυξημένες τιμές της παραμέτρου στα αγόρια σε

σχέση με τα κορίτσια . Η γωνία φάσης επηρεάζεται έντονα, εκτός του φύλου, από την ηλικία και τον δείκτη μάζας σώματος. Στην παρούσα έρευνα ο έλεγχος της επίδρασης της ηλικίας στην γωνία φάσης δεν ήταν εφικτός αφού το δείγμα των ατόμων που συμμετείχαν δεν μας δίνει την ελευθερία διαχωρισμού του σε ηλικιακές ομάδες, αφού αποτελείται εξ ολοκλήρου από εφήβους (12-18 ετών). Το γεγονός όμως ότι η γωνία φάσης συσχετίζεται θετικά με τον δείκτη μάζας σώματος των εφήβων της έρευνας, είναι ένα αποτέλεσμα που υποστηρίζεται και από άλλες έρευνες. Τα δεδομένα που αφορούν τους εξ ορισμού παράγοντες που επηρεάζουν έντονα την τιμή της γωνίας φάσης (φύλο, δείκτης μάζας σώματος), δεν έρχονται σε αντίθεση με δεδομένα που έχουν γίνει από μεγαλύτερες έρευνες, κάτι που όμως θα πρέπει αν επικυρωθεί και από άλλες μελέτες σε πληθυσμό με κοινά στοιχεία (ηλικιακά αλλά και τοπικά, στην βόρεια Ελλάδα).

Η μέθοδος με την οποία μετρήθηκε η γωνία φάσης είναι η πολλαπλών συχνοτήτων βιοηλεκτρική εμπέδηση. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την εφαρμογή της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, όσον αφορά τον τρόπο εφαρμογής της μεθόδου, δηλαδή στα διαφορετικά σημεία που μπορούν να εφαρμοστούν τα ηλεκτρόδια για να γίνει η μέτρηση, η μέθοδος η οποία επιλέχθηκε ήταν αυτή που το κύκλωμα δημιουργείται μεταξύ χεριού και ποδιού, και αυτό γιατί από μελέτες έχει παρατηρηθεί ότι η γωνία φάσης στον κορμό των ανηλίκων παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτή των ενηλίκων, και θα ήταν σοβαρή παράβλεψη για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων εάν για πρακτικούς λόγους επιλεγόταν διαφορετικός τρόπος, δηλαδή μέτρηση από χέρι σε χέρι που είναι η πιο εύκολα εφαρμόσιμη, για να γίνει η μέτρηση, δεδομένου του γεγονότος ότι λόγω του πληθυσμού στον οποίο έγινε η έρευνα (ανήλικες) και του τύπου διεξαγωγής των μετρήσεων (στο σχολείο κατά την διάρκεια των σχολικών μαθημάτων), θα ήταν ευκολότερο και λιγότερο χρονοβόρο, και για τον εξεταστή αλλά κυρίως για τον εξεταζόμενο.

Στους εφήβους ηλικίας 15-18 ετών, από τους οποίους συλλέχθηκαν ερωτηματολόγια ημιποσοτικής κατανάλωσης τροφίμων υπολογίστηκε η μέση ενεργειακή κάλυψη των αναγκών τους από κάθε μακροθρεπτικό στοιχείο και παρατηρήθηκε ότι σύμφωνα με τα πρότυπα της μεσογειακής διατροφής έχουν μικρότερη ενεργειακή κάλυψη μέσω υδατανθράκων μόλις 39%, από το ποσοστό του 50-55% που ορίζει η μεσογειακή διατροφή, στον αντίποδα της αυξημένης κατανάλωσης λίπους 44%, σε σχέση με το ποσοστό των 30-35% που ορίζουν τα μεσογειακά πρότυπα. Η κατανάλωση πρωτεϊνών, 17%, δεν παρουσίασε κάποια διαφορά σε σχέση με την πρότυπη 15-18%. Βέβαια χρειάζεται καλύτερη μέθοδος για τον ακριβέστερο καθορισμό αυτών

των στοιχείων, αφού η παρούσα εργασία δεν εστιάζει στην έρευνα των διατροφικών συνηθειών των εφήβων.

Από τον υπολογισμό κατανάλωσης μακροθρεπτικών στοιχείων ελέγχθηκε αν η κατανάλωση πρωτεϊνών επηρεάζει τις τιμές της γωνίας φάσης, κάτι που η βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι ισχύει, αλλά δεν μπόρεσε να αποδειχθεί μέσω αυτής της εργασίας. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στην ακαταλληλότητα της μεθόδου που επιλέχθηκε για τον υπολογισμό της κατανάλωσης των μακροθρεπτικών, αφού η συλλογή δεδομένων έγινε μέσω ερωτηματολογίων, μεθόδου δύσκολη για την εφαρμογή της από εφήβους, τόσο στην συμμεόρφωση και συμπλήρωση των ερωτηματολογίων με ακρίβεια και υπευθυνότητα, όσο και στην ελλιπή εξοικείωση τους με τις ποσότητες των μερίδων στις οποίες αναφέρονται τα ερωτηματολόγια. Συσχέτιση της γωνίας φάσης δεν εμφανίστηκε ούτε με την κατανάλωση υδατανθράκων και λίπους.

Η γωνία φάσης παρουσίασε ισχυρή θετική συσχέτιση με την μέτρηση της δύναμης χειρολαβής. Όπως φαίνεται από τα γραφήματα της συσχέτισης της δύναμης χειρολαβής με την γωνία φάσης στα δύο φύλα (γραφήματα 3 & 4), η αναλογική αύξηση της μίας παραμέτρου σε σχέση με την άλλη, στα αγόρια είναι μεγαλύτερη ($R^2=0,210$) από τα κορίτσια ($R^2=0,096$), κάτι που εξηγείται μέσω της διαφορετικής σύστασης του σώματος των δύο φύλων, δηλαδή της υπεροχής της μυϊκής αύξησης στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια. Το γεγονός αυτό συμπληρώνει τα δεδομένα που υπάρχουν σε έρευνες που αναφέρουν ότι η δύναμη χειρολαβής σχετίζεται θετικά με την γωνία φάσης σε ασθενείς. Δεν βρέθηκε βιβλιογραφία που να στηρίζει ότι η γωνία φάσης ανηλίκων σχετίζεται ισχυρά και θετικά με την δύναμη χειρολαβής τους και έτσι αυτό το εύρημα δημιουργεί την ανάγκη περαιτέρω μελέτης της σχέσης τους σε υγιή πληθυσμό. Η σχέση βέβαια αυτή φαίνεται λογική αφού τόσο η γωνία φάσης όσο και η μέτρηση της δύναμης χειρολαβής, θεωρούνται δείκτες της θρεπτικής κατάστασης του ατόμου, και μάλιστα και οι δύο σχετίζονται με την λειτουργική κατάσταση του μυϊκού ιστού, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται στην κλινική μελέτη σαν δείκτες υποθρεψίας. Μάλιστα η δύναμη χειρολαβής, σύμφωνα με την βιβλιογραφία αντικατοπτρίζει υποθρεψία πριν την εμφάνιση αλλαγών στην σύσταση του σώματος καθιστώντας έτσι την δυνατότητα έγκαιρης αναγνώρισης ασθενών σε κίνδυνο υποθρεψίας και δίνοντας την δυνατότητα παρέμβασης πριν την εμφάνιση παρενεργειών από την κακή θρέψη. Περαιτέρω τεκμηρίωση αυτής της σχέσης μεταξύ γωνίας φάσης και δύναμης χειρολαβής, θα μπορούσε να αναδείξει την γωνία φάσης όπως και την

δύναμη χειρολαβής, σε δείκτες αναγνώρισης της υποθρεψίας πριν εμφανιστούν αλλαγές στην σύσταση του σώματος, αφού η μέχρι τώρα βιβλιογραφία αναφέρεται στην γωνία φάσης ως δείκτης υποθρεψίας ασθενών που έχουν εισαχθεί στο νοσοκομείο, και εμφανίζει ισχυρή προσδιοριστικότητα με το NRS-2002, SGA και χαμηλές τιμές αλβουμίνης ορού, δηλαδή με μεθόδους που στηρίζονται στην εμφάνιση συμπτωμάτων για την διάγνωση υποθρεψίας. Τον ισχυρισμό αυτόν, για τον ανήλικο πληθυσμό, τον ισχυροποιεί η έρευνα της Nagato et al, που αναφέρουν ότι η γωνία φάσης είναι χρήσιμη παράμετρος για την διατροφική αξιολόγηση σε παιδιά.

Η θετική συσχέτιση που εμφανίζει η γωνία φάσης με τον λόγο μέσης/ισχίο δεν μπόρεσε να βρεθεί στην βιβλιογραφία, σε τμηματικές μετρήσεις του σώματος τις μεγαλύτερες τιμές, η γωνία φάσης τις πήρε στον κορμό.

Η θετική συσχέτιση της γωνίας φάσης με τον δείκτη μάζας σώματος και την ολική κυτταρική μάζα σώματος συμφωνεί με την βιβλιογραφία ότι η γωνία φάσης επηρεάζεται από την λειτουργική κατάσταση των κυττάρων του οργανισμού. Ενώ οι αυξημένες τιμές της ολικής κυτταρικής μάζας των αγοριών σε σχέση με αυτές των κοριτσιών εξηγεί, ως έναν βαθμό, και την εμφάνιση υψηλότερων τιμών γωνίας φάσης στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια.

Υπολογίστηκαν οι εκατοστιαίες θέσεις για την γωνία φάσης του πληθυσμού της έρευνας με τιμές γωνίας φάσης 4,780 και 7,3 στην 5η και την 95η εκατοστιαία θέση αντίστοιχα, για τα αγόρια, και τιμές 4,85 και 7,5 στην 5η και την 95η εκατοστιαία θέση αντίστοιχα για τα κορίτσια. Περαιτέρω έρευνες χρειάζονται για την θέσπιση των ορίων των τιμών που εμφανίζουν οι τιμές της γωνίας φάσης σε υγιείς ανηλίκους. Τιμές μικρότερες από την 5η εκατοστιαία θέση και μεγαλύτερες από την 95η θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή, αφού οι λόγοι εμφάνισης τους δεν είναι ακόμα εντελώς ξεκάθαροι.

Βιβλιογραφία

Achim, S., Beizenherz, A., Römer, K., Kremer, G., Salzberger, B., Elia and Elia, M. (2000) 'Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment', *AM J Clin Nutrition*, vol. 72, pp. 496-501.

Arrowsmith, F.E., Allen, J.R., J Gaskin, K., Gruca, M.A., Clarke, S.L., Briody, J.N., Howman-Giles, R.B., Somerville, H. and V O'Loughlin, E. (2006) 'Reduced body protein in children with spastic quadriplegic cerebral palsy', *American Journal of Clinic Nutrition*, vol. 83, pp. 613-618.

Barbosa-Silva, M.c.G., Barros, A.J., Wang, J., Heymsfield, S.B. and Pierson Jr, R.N. (2005) 'Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex', *Am J Clin Nutr*, vol. 82, pp. 49-52.

Behnke, A.R. (1942) 'Physiologic Studies Pertaining to Deep Sea Diving and Aviation, Especially in Relation to the Fat Content and Composition of the Body: The Harvey Lecture', *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, vol. 18, no. 9, March, pp. 561-585.

Behnke, A.R., Guttentag, O.E. and Brodsk, C. (1959) 'Quantification of body weight and configuration from anthropometric measurements.', *Human biology; an international record of research*, vol. 31, September, pp. 213-234.

Biesalski, H.K. and Grimm, P. (2006) *Pocket Atlas of Nutrition*, 1st edition, New York: Thieme.

Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R., Later, W., Wiese, S. and Müller, M. (2006) 'Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index', *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, vol. 30, no. 4, Jul-Aug, pp. 309-16.

Carmeli, E., Coleman, R. and Reznick, A.Z. (2002) 'The biochemistry of aging muscle', *Experimental Gerontology*, vol. 37, no. 4, April, pp. 477-489.

Cornish, B., Thomas, B. and Ward, L. (1993) 'Improved prediction of extracellular and total body water using impedance loci generated by multiple frequency bioelectrical impedance analysis', *Phys Med Biol*, vol. 38, march, pp. 337-346.

Dong, H.-J., Marcusson, J., Wressle, E. and Unosson, M. (2015) 'OBESE VERY OLD WOMEN HAVE LOW RELATIVE HANDGRIP STRENGTH, POOR PHYSICAL FUNCTION, AND DIFFICULTIES IN DAILY LIVING', *Journal Nutr Health Aging*, vol. 19, no. 1.

Durnin, J.V.G.A. and Womersley, J. (1974) 'Body fat assessed from the total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years.', *British Journal of Nutrition*, vol. 32, June, pp. 77-97.

Elia, M. (2001) 'Obesity in the elderly', *Obesity Research*, vol. 9, no. 4, November, pp. 244S-248S.

Guerra, R.S., Fonseca, I., Pichel, F., Restivo, M.T. and Amaral, T.F. (2015) 'Handgrip Strength and Associated Factors in Hospitalized Patients', *Journal of Parenteral and Enteral*, vol. 39, no. 3, March, pp. 322-330.

Kershaw, E.E. and Flier, J.S. (2004) 'Adipose Tissue as an Endocrine Organ', *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, vol. 89, no. 6, pp. 2548-2556.

Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J.M., Heitmann, B.L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A.M.W.J., Pichard, C. and Group, C.o.t.E.W. (2004) 'Bioelectrical impedance analysis- part 1: review of principles and methods', *Clinical Nutrition*, vol. 23, pp. 1226-1243.

Kyle, U.G., Soundar, e.P., Genton, L. and Pichard, C. (2012) 'Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects', *Clinical Nutrition*, vol. 31, April, pp. 875-881.

Murray, S.J. and Shephard, R.J. (1988) 'Possible anthropometric alternatives to skinfold measurements', *Human biology*, vol. 60, no. 2, April, pp. 273-282.

Nagano, M., Suita, S. and Fukuoka, T.Y. (2000) 'The Validity of Bioelectrical Impedance Phase Angle for Nutritional Assessment in Children', *Journal of Pediatric Surgery*, vol. 35, pp. 1035-1039.

Norgan, N. (1977) 'The beneficial effects of body fat and adipose tissue in humans', *International Journal of Obesity (1997)*, vol. 21, pp. 738-746.

Norman, K., Stobäus, N., Gonzalez, C.M., Schulzke, J.-D. and Pirlich, M. (2011) 'Hand grip strength: Outcome predictor and marker of nutritional status', *Clinical Nutrition*, vol. 30, no. 2, October, pp. 135-142.

Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M. and Bosy-Westphal, A. (2012) 'Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters', *Clinical Nutrition*, vol. 31, May, pp. 854-861.

Norman, K., Stobäus, N., Zocher, D., Bosy-Westphal, A., Szramek, A., Scheufele, R., Smoliner, C. and Pirlich, M. (2010) 'Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer', *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 92, pp. 612-619.

Olde Rikkert, M., Deurenberg, P., Jansen, R., van't Hof, M. and Hoefnagels, W. (1997) 'Validation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in detecting changes in geriatric patients', *J Am Geriatr Soc*, vol. 45, pp. 1345-1351.

Richard N Baumgartner, P., Chumlea, C. and Roche, A.F. (1988) 'Bioelectric impedance phase angle and body composition', *Am J Clin Nutr*, vol. 48, pp. 16-23.

Ryde, S., Thomas, D., Birks, J., Ali, P., Saunders, N., Al-Zeibak and Morgan, W. (1993) 'Assessment of body fat: a comparison of techniques', *Basic Life Sci*, vol. 60, pp. 59-62.

Shah, S., Whalen, C., Kotler P., D., Mayanja, H., Alice, N., Melikian, G., Mugerwa, R. and Semba, R.D. (2001) 'Severity of Human Immunodeficiency Virus Infection Is Associated with Decreased Phase Angle, Fat Mass and Body Cell Mass in Adults with Pulmonary Tuberculosis Infection in Uganda', *The Journal of Nutrition*, vol. 131, pp. 2843–2847.

Siervogel, R.M., Demerath, E.W., Schubert, C., Remsberg, K.E., Chumlea, W.C., Sun, S., Czerwinski, S.A. and Towne, B. (2003) 'Puberty and Body Composition', *Hormone research*, vol. 60, no. 1, pp. 36-45.

Siri, W.E. (1961) 'Body composition from fluid space and density.', *National Academy of Science*, pp. 223-244.

Stobaüs, N., Pirlich, M., Valentini, L., Schulzke, J.D. and Norman, K. (2012) 'Determinants of bioelectrical phase angle in disease', *British Journal of Nutrition*, vol. 107, pp. 1217-1220.

Wilhelm-Leen, E.R., Hall, Y.N., Horwitz, R.I. and Chertow, G.M. (2013) 'Phase Angle, Frailty and Mortality in Older Adults', *General Internal Medicine*, vol. 29, no. 1, pp. 147-154.

Willet, W.C., Sampson, L., Stampfer, M.J., Rosner, B., Bain, C., Witshi, J., Hennekens, C.H. and Speizer, F.E. (1985) 'Reproducibility and validity of a semiquantitative food frequency questionnaire.', *American Journal of Epidemiology*, vol. 122, no. 1, pp. 51-65.

Zamojska, S., Szklarek, M., Niewodniczy, M. and Nowicki, M. (2006) 'Correlates of habitual physical activity in chronic haemodialysis patients', *Nephrol Dial Transplant*, vol. 21, pp. 1323–1327.

Zoico, E., Di Francesco, V., Guralnik, J.M., Mazzali, G., Bortolani, A., Guariento, S., Sergi, G., Bosello, O. and Zamboni, M.M. (2004) 'Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women ', *International Journal of Obesity*, vol. 28, no. 2, February, pp. 234-241.

Μανιός, Γ. (2006) *Διατροφική Αξιολόγηση: Διαιτολογικό & Ιατρικό Ιστορικό, Σωματομετρικοί, κλινικοί & Βιοχημικοί Δείκτες*, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.

Τριχοπούλου, Α. (1992) *Πίνακες συνθέσεως τροφίμων και ελληνικών φαγητών*, 4th edition, Ιδιωτική Έκδοση.