



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 ΠΑΙΔΙΩΝ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΕΣ : Σοφία. Κεραμιδοπούλου

του Χρήστου

&

Μαρία Τριπολιτσιώτη

του Γεωργίου

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

~Θ Ε Σ Σ Α Λ Ο Ν Ι Κ Η 2018~

*Στους γονείς μου, Χρυσούλα &
Χρήστο Κεραμιδόπουλο*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

2

2

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΙΣΤΟΙ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥΣ.....	7
<i>Λιπώδης μάζα σώματος – λιπώδης ιστός.....</i>	<i>7</i>
<i>Μυϊκός Ιστός.....</i>	<i>9</i>
<i>Οστίτης ιστός.....</i>	<i>9</i>
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	10
Ηλικία και φύλο.....	10
<i>Αλλαγές στη λιπώδη μάζα.....</i>	<i>10</i>
<i>Αλλαγές στην άλιπη μάζα σώματος.....</i>	<i>11</i>
<i>Ολικό νερό σώματος.....</i>	<i>12</i>
<i>Μυϊκός ιστός.....</i>	<i>12</i>
<i>Οστίτης ιστός.....</i>	<i>12</i>
Φυσική δραστηριότητα.....	12
<i>Επίδραση στη λιπώδη μάζα σώματος.....</i>	<i>13</i>
<i>Επίδραση στην άλιπη μάζα σώματος.....</i>	<i>13</i>
Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	13
ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	16
<i>Μοντέλα σύστασης σώματος.....</i>	<i>16</i>
<i>Το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων.....</i>	<i>16</i>
<i>Πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα εκτίμησης σύστασης σώματος.....</i>	<i>17</i>
<i>Σωματομετρικές μέθοδοι.....</i>	<i>18</i>
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	20
Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ.....	23
<i>Ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης: χρήση στην κλινική πρακτική.....</i>	<i>24</i>
<i>Η λειτουργία και οι μετρήσεις της μεθόδου.....</i>	<i>25</i>

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΜΠΕΔΗΣΗ.....	28
<i>Μέτρηση με μονής & πολλαπλής συχνότητας βιοηλεκτρική εμπέδηση.....</i>	28
<i>Τρόποι εφαρμογής της μέτρησης.....</i>	29
<i>Προϋποθέσεις εφαρμογής της μέτρησης.....</i>	30
ΓΩΝΙΑ ΦΑΣΗΣ.....	31
Προσδιορισμός της γωνίας φάσης.....	31
Καθοριστικοί παράγοντες της γωνίας φάσης.....	32
Γωνία φάση σαν δείκτης λειτουργικής κατάστασης.....	34
Φυσιολογικές και ανατομικές αλλαγές κατά τη παιδική ηλικία.....	35
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	36
Πληθυσμός μελέτης.....	36
Σωματικές μετρήσεις.....	36
Μέτρηση βάρους.....	36
Μέτρηση ύψους.....	36
Μέτρηση περιμέτρων.....	36
Μέτρηση με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης.....	37
Στατιστική ανάλυση.....	37
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	38
Βασικά Περιγραφικά Χαρακτηριστικά των παιδιών της έρευνας	38
Συσχετίσεις σωματομετρικών χαρακτηριστικών.....	44
Γωνία φάσης (Μέτρηση 5Hz).....	45
Γωνία φάσης (Μέτρηση 50Hz).....	46
Γωνία φάσης (Μέτρηση 100Hz).....	47
Γωνία φάσης (Μέτρηση 200Hz).....	48
Εκατοστιαίες θέσεις (Μέτρηση 5Hz).....	49
Εκατοστιαίες θέσεις (Μέτρηση 50Hz).....	51

Εκατοστιαίες θέσεις (Μέτρηση 100Hz).....	53
Εκατοστιαίες θέσεις (Μέτρηση 200Hz).....	55
Εκατοστιαίες θέσεις κυτταρικής μάζας σώματος.....	57
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Το κύτταρο είναι η δομική και λειτουργική μονάδα της ζωής. Αποτελεί τη βάση της δομικής και λειτουργικής οργάνωσης ενός οργανισμού. Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία του κυττάρου, αποτελεί η κυτταρική μεμβράνη. 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. Μέσω της μεθόδου της **βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA)**, βάση της οποίας πραγματοποιείτε και η λιπομέτρηση, μπορούμε να μετρήσουμε το δείκτη κυτταρικής υγείας, δηλαδή τη γωνία φάσης, η οποία αντικατοπτρίζει τη συνολική υγεία του σώματός μας. Η **γωνία φάσης** είναι ένας προγνωστικός παράγοντας της εμφάνισης και της έκβασης μιας νόσου και αυξάνεται ως αποτέλεσμα της συνολικής υγείας του σώματος. Οι βασικοί παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η ισορροπημένη διατροφή και η συστηματική άσκηση. Η μέση γωνία φάσης για ένα υγιές άτομο είναι περίπου 6 με 9 μοίρες ανάλογα με το φύλο. Συνήθως, μια τιμή γωνίας φάσης ≥ 6 είναι επιθυμητή για τους άνδρες και ≥ 5 επιθυμητή για τις γυναίκες. Καθώς γερνάμε, παρατηρείται μια σημαντική μείωση της τιμής της γωνίας φάσης η οποία μπορεί να είναι ≥ 4 . Έφηβοι οι οποίοι αθλούνται συστηματικά ή κάνουν πρωταθλητισμό είναι πιθανό να πλησιάζουν τιμή ≥ 10 . Αυτή η δράση είναι αποτέλεσμα της ακεραιότητας των κυττάρων λόγω ηλικίας. Χαμηλές τιμές γωνίας φάσης φαίνεται να είναι συνυφασμένες είτε με κυτταρικό θάνατο είτε με βλάβη της κυτταρικής μεμβράνης ενώ οι υψηλές τιμές γωνίας φάσης είναι συνυφασμένες με μεγάλες ποσότητες άθικτων κυτταρικών μεμβρανών και συνολικά ακεραία κυτταρική μάζα σώματος. 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 127 μαθητών δημοτικού εκ των οποίων τα αγόρια ήταν 67 και τα κορίτσια 59 με εύρος ηλικίας από 9 έως 12 ετών. και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των περιμέτρων μέσης και ισχίου, του ύψους, του βάρους, καθώς και η μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Καταγράφηκαν οι τιμές της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BE) για την γωνία φάσης (ΓΦ) και το ποσοστό σωματικού λίπους. *π ρ α γ μ α τ ο π ο ι ή θ η κ α ν ο ι*
μ ε τ ρ ή σ ε ι ς τ ω ν π ε ρ ι μ έ τ ρ ω ν μ έ σ η ς κ α ι ι σ χ ί ο υ, 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.

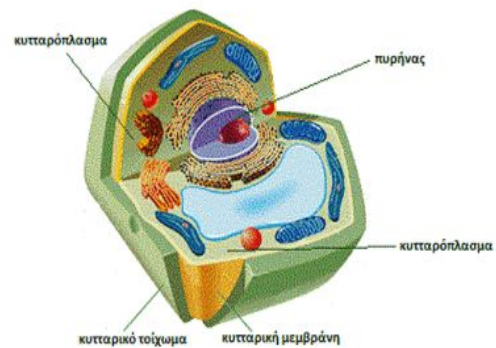
Αποτελέσματα: Παρατηρήθηκε ότι ενώ η μέση περίμετρος μέσης δεν έχει σημαντική διαφορά στα δύο φύλα, η μέση περίμετρος ισχίου έχει σημαντική διαφορά με αυτή των κοριτσιών να είναι μεγαλύτερη. Επίσης, ο μέσος δείκτης κυτταρικής υγείας είναι περίπου ίδιος και στα δύο φύλα, όπως και το μέσο σωματικό λίπος. Αντίθετα, ο μέσος δείκτης μάζας σώματος είναι υψηλότερος στα αγόρια, όπως και το μέσο βάρος της άλιπης σωματικής μάζας. Για όλες τις μετρήσεις της γωνίας φάσης παρατηρήθηκε ότι η κυτταρική μάζα σώματος και το z-score βάρος προς ηλικία παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με τη γωνία φάσης στους πληθυσμούς αγοριών

και κοριτσιών, ενώ η εκατοστιαία θέση βάρους προς ηλικία παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση μόνο για τα αγόρια. Τέλος, παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες θέσεις για τις γωνίες φάσης των τεσσάρων μετρήσεων και της κυτταρικής μάζας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστοί του ανθρώπινου σώματος και οι ιδιότητες τους

Το κύτταρο είναι η δομική και λειτουργική μονάδα της ζωής. Αποτελεί τη βάση της δομικής και λειτουργικής οργάνωσης ενός οργανισμού. Συγκεκριμένα, όμοια κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν ιστό, διαφορετικοί ιστοί συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα όργανο, διαφορετικά όργανα συνεργάζονται για να αποτελέσουν ένα σύστημα που επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία του οργανισμού, και τέλος όλα τα συστήματα μαζί δημιουργούν έναν οργανισμό. Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία του κυττάρου, αποτελεί η κυτταρική μεμβράνη.



Οι διάφοροι ιστοί αποτελούν σημαντικές λειτουργίες και η ικανότητάς τους να ανταπεξέρχονται στις απαιτήσεις του οργανισμού εξαρτάται από την ποσοτική και ποιοτική τους σύσταση. Αν και οι διαφορετικοί ιστοί είναι εξειδικευμένοι για μια ορισμένη σειρά λειτουργιών, μεμονωμένες αλλαγές στη σύσταση του ενός μπορούν να έχουν επιπτώσεις στη λειτουργία και άλλων εξαιτίας της λειτουργικής σύνδεσης και συνεργασίας των διαφόρων ιστών μεταξύ τους.

Η ανάλυση της σύστασης του σώματος μπορεί να γίνει σε πολλά επίπεδα. Ωστόσο αυτό το οποίο μας ενδιαφέρει είναι ο ποσοτικός και σε ορισμένες περιπτώσεις ο ποιοτικός προσδιορισμός του μυϊκού ιστού του λιπώδους και του οστίτη ιστού.

Η σημασία του προσδιορισμού και της μελέτης των τριών αυτών ιστών έγκειται στο ότι η ποσότητα και η αναλογία των ιστών αυτών στο ανθρώπινο σώμα σχετίζονται με τη διατήρηση καλής υγείας και τη ποιότητα ζωής ενώ οι ποιοτικές και ποσοτικές διαταραχές τη σύστασης τους σχετίζονται με την εμφάνιση και την κλινική πορεία κάποιων νόσων.

Λιπώδης μάζα σώματος – λιπώδης ιστός

Η λιπώδης μάζα του σώματος περιλαμβάνει το απαραίτητο και το αποθηκευτικό λίπος. Το απαραίτητο λίπος είναι αναγκαίο για τη λειτουργία ορισμένων δομών του σώματος όπως:

- A) ο εγκέφαλος
- B) ο μυελός των οστών
- Γ) ο νευρικός ιστός
- Δ) και οι κυτταρικές μεμβράνες.

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 υγιείς 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 διαδικασία 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. Ποιο συγκεκριμένα η κατανομή του λευκού λιπώδους ιστού γίνεται στα υποδόρια ή σπλαχνικά διαμερίσματα του σώματος, όπου αυτή υπόκειται σε ορμονικό και γενετικό έλεγχο.

Συγκροτείται από τα λευκά λιποκύτταρα τα οποία χρησιμεύουν στον οργανισμό ως αποθήκες τριγλυκεριδίων. 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, αντιγονεκτίνη, 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. Συγκεκριμένα αποτελεί το 45% του ανδρικού βάρους και το 36% στις γυναίκες. Οι κατηγορίες του μυϊκού ιστού είναι τρεις:

- Ο σκελετικός
- Ο λείος και
- Ο καρδιακός ιστός

Η σύσταση του σκελετικού μυός αποτελείται 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 ή ακόμη και χιλιάδες μυοϊνίδια, που διατάσσονται παράλληλα με τον επιμήκη άξονά της και είναι συσταλτά στοιχεία των σκελετικών μυών, 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 νευρώνονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και επομένως δεν βρίσκονται υπό τον εκούσιο έλεγχο μας. Οι μύες του ακτινωτού μυός 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 μυός. Τα μυοϊνίδια του είναι σχεδόν ίδια με αυτά των σκελετικών μυών και περιέχουν νήματα ακτίνης και μυοσίνης, που ολισθαίνουν μεταξύ τους κατά την συστολή. Ωστόσο η διαφορά τους με τους σκελετικούς μύες είναι ότι δεν βρίσκεται κάτω από τον εκούσιο

έλεγχος 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 15% και το 12% του σωματικού βάρους στους ενήλικες άντρες και γυναίκες αντίστοιχα και η σύσταση τους κατά προσέγγιση είναι: 70% μεταλλικά άλατα, 22% πρωτεΐνη και περίπου 8% νερό. Όσον αφορά τη περιεκτικότητα των οστών σε μικροστοιχεία, ο σκελετικός περιέχει το 99% του συνολικού ασβεστίου του σώματος, το 35% του νατρίου και περίπου το 60% του μαγνησίου.

Οι κυριότερες λειτουργίες των οστών είναι:

- Παροχή μηχανικής στήριξης
- Προστασία των ευαίσθητων ανατομικών δομών
- Μεταβολική αποθήκη για τα μεταλλικά άλατα
- Συμμετοχή στην ρύθμιση της ομοιόστασης του ασβεστίου και του φωσφόρου
- Συμμετοχή στην ρύθμιση της οστεοβασικής ισορροπίας του οργανισμού.

Παράγοντες που επηρεάζουν την σύσταση του σώματος

Ηλικία και φύλο

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος αλλάζει έντονα στα διάφορα ηλικιακά στάδια. Ωστόσο, η σύνθεση των κυριότερων ιστών και διαμερισμάτων σε κάθε ηλικία καθώς και οι μεταξύ τους αναλογίες αντικατοπτρίζουν την αλληλοεπίδραση του γενετικού υλικού με περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως είναι οι διατροφικές συνήθειες και η φυσική δραστηριότητα.

i. Αλλαγές στη λιπώδη μάζα

Η λιπώδης μάζα την πρώτη περίοδο μετά την γέννηση είναι περίπου 0,5 kg και αποτελεί περίπου το 14,5% του βάρους του νεογνού. Κατά τα 2-3 πρώτα 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 των επιμέρους συστατικών του. Οι έντονες ορμονικές αλλαγές στην εφηβεία επιφέρουν αλλαγές και στη λιπώδη μάζα του σώματος. Αναλυτικότερα, στα κορίτσια, η σωματική αύξηση που είχε ξεκινήσει στην ηλικία των 6-8 ετών συνεχίζεται μέχρι την ηλικία των 13-15 ετών, μετά την οποία παρατηρείται μια σταθεροποίηση. Συγκεκριμένα η λιπώδης μάζα στις γυναίκες αυξάνεται από τα 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). Φαίνεται λοιπόν ότι ήδη από την περίοδο της εφηβείας γίνεται έντονος ο φυλετικός διμορφισμός ως προς την ποσότητα αλλά και την καινοτομία του λίπους στο σώμα.

Κατά την ενήλικη ζωή η σύσταση του σώματος σε ότι αφορά την λιπώδη μάζα επηρεάζεται 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 αντικαθιστώντας τον μυϊκό ιστό, με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται ανάλογη αύξηση του σωματικού βάρους. Έτσι φαίνεται ότι οι ηλικιωμένοι τείνουν να έχουν μεγαλύτερο ποσοστό σωματικού λίπους από τους νέους για δεδομένο σωματικό βάρος ή δείκτη μάζας σώματος. 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 είναι αποθηκευμένο στην κοιλιακή χώρα παρά υποδόρια σε σχέση με τους νέους.

ii. *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 μετά την ενηλικίωση και η τελική ποσότητα άλιπης μάζας σώματος που αυξάνεται μέχρι την ενηλικίωση είναι μεγαλύτερη στα αγόρια από ότι στα κορίτσια. 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. Επίδραση της ηλικίας στην άλιπη μάζα παρατηρείται, επίσης, σε άτομα τρίτης ηλικίας. Μετά την ηλικία των 65 ετών παρατηρείται απώλεια σωματικού βάρους μέχρι και 0,65 κιλά/έτος που οφείλεται κυρίως στην ελάττωση της άλυπης μάζας σώματος (Carmeli, Coleman and Reznick, 2002).

iii. *Ολικό νερό σώματος*

Το ολικό νερό σώματος αυξάνεται κατά την παιδική και εφηβική ηλικία ανάλογα με την αύξηση του ύψους και του βάρους. Αν και η αναλογία του νερού στην άλιπη μάζα

σώματος του νεογέννητου είναι υψηλότερη από ότι στους ενήλικες σταδιακά η ποσοστιαία συμμετοχή του νερού μειώνεται και κατά την παιδική ηλικία και περίπου στο τέλος της εφηβικής ηλικίας επιτυγχάνονται οι τιμές και οι αναλογίες εκείνες που ισχύουν κατά την ενήλικη ζωή.

iv. *Μυϊκός ιστός*

Η αύξηση της άλιπης μάζας σώματος κατά την παιδική ηλικία, συνοδεύεται από ταυτόχρονη αύξηση της μάζας του μυϊκού ιστού και φυσικά και της ποσότητας των πρωτεϊνών στο σώμα.

v. *Οστίτης ιστός*

Η περιεκτικότητα της άλιπης μάζας σώματος σε μέταλλα αυξάνεται κατά την παιδική και εφηβική ηλικία. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση των μεταλλικών αλάτων του οστίτη ιστού. Υπολογίζεται ότι η αναλογία των μετάλλων στην άλιπη μάζα σώματος στους άντρες αυξάνεται από 5,4% σε περίπου 6,8% μεταξύ των ηλικιών 10-19, ενώ στις γυναίκες η αντίστοιχη αύξηση κυμαίνεται από 5,2% σε 6,1% περίπου. Χαρακτηριστικό της ραγδαίας σκελετικής ανάπτυξης σε αυτές τις ηλικίες είναι ότι το 45% της οστικής μάζας ενός ενήλικα αποκτάται στην περίοδο της εφηβείας. Αν και η εναπόθεση μετάλλων στον οστίτη ιστό είναι ιδιαίτερα έντονη στην παιδική και εφηβική ηλικία, η αύξηση της οστικής μάζας με πολύ χαμηλότερο όμως ρυθμό, μπορεί να συνεχιστεί και κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων της ενήλικης ζωής καταλήγοντας στην κορυφαία οστική μάζα που επιτυγχάνεται κατά την πλήρη ωρίμανση του σκελετού στην ηλικία των 25 και 30 ετών στις γυναίκες και στους άντρες αντίστοιχα.

Φυσική δραστηριότητα

η συστηματική άσκηση καθώς και οι αλλαγές στα συνήθη επίπεδα φυσικής δραστηριότητας μπορούν να επιφέρουν αλλαγές στη σύσταση του ανθρώπινου σώματος. Οι αλλαγές εντοπίζονται τόσο στη λιπώδη μάζα σώματος όσο και στην άλιπη μάζα σώματος και εξαρτώνται από τον τύπο, τη συχνότητα και την ένταση της άσκησης και την επαρκή διατροφική πρόσληψη.

Επίδραση στη λιπώδη μάζα σώματος

Σε ότι αφορά την επίδραση της άσκησης στη λιπώδη μάζα σώματος, έχουν γίνει μελέτες σύγκρισης της σύστασης σώματος των αθλητών με μη αθλητές και η πλειοψηφία αυτών δείχνει ότι συνήθως οι αθλητές έχουν μειωμένη λιπώδη μάζα σώματος συγκρινόμενοι με μη αθλητές. Ωστόσο, ο βαθμός διαφοροποίησης της σύστασης του σώματος των αθλητών από άτομα με χαμηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας εξαρτάται από τον τύπο του αθλήματος στο οποίο εξειδικεύονται. μελέτες και έρευνες έχουν δείξει ότι η φυσική δραστηριότητα ευνοεί την προσπάθεια απώλειας λίπους διότι αυξάνει τη

δαπανώμενη ενέργεια, που είναι απαραίτητη για τη συστολή των μυών. Επειδή ένα σημαντικό μέρος της απαιτούμενης ενέργειας προέρχεται από την κινητοποίηση των αποθεμάτων του σωματικού λίπους, η συστηματική άσκηση μπορεί να μειώσει τελικά τη λιπώδη μάζα σώματος.

Επίδραση στην άλιπη μάζα σώματος

i. Μυϊκός ιστός

Η επίδραση της άσκησης στο σκελετικό μυϊκό ιστό εξαρτάται από τον τύπο (άσκηση αντίστασης, ή αντοχής) τη συχνότητα, την ένταση της άσκησης, καθώς και από την επαρκή διατηρητική πρόσληψη θρεπτικών συστατικών. Η μυϊκή μάζα έχει μεγάλη σημασία για την αθλητική απόδοση και σχετίζεται με τις επιδόσεις των αθλητών. Μελέτες που έχουν γίνει σε αθλητές, αλλά και σε άτομα τα οποία ακολούθησαν προγράμματα συστηματικής φυσικής δραστηριότητας, η συστηματική άσκηση προκαλεί υπερτροφία¹ των μυϊκών ινών, και την αυξημένη σύνθεση νέων δομικών πρωτεϊνών κυρίως ακτίνης και μυοσίνης. (Μανιός, 2006)

ii. Οστίτης ιστός

Η φυσική δραστηριότητα στον οστίτη ιστό και τη σκελετική υγεία, έχει θετική επίδραση. Αυτό αποδίδεται στην ενεργοποίηση της δράσης των οστεοβλαστών² ως αποτέλεσμα των μηχανικών πιέσεων και των παραμορφώσεων που ασκούνται στον οστίτη ιστό. Οι ασκήσεις που προκαλούν ανάπτυξη ισχυρών μηχανικών πιέσεων στα οστά, με υψηλή συχνότητα είναι αποτελεσματικές ως προς την αύξηση ή τη διατήρηση της οστικής μάζας. (Μανιός, 2006)

Σύσταση του ανθρώπινου σώματος

Το ανθρώπινο σώμα σε μοριακό επίπεδο αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους συστατικά: το νερό, οι πρωτεΐνες, τα άλατα, το γλυκογόνο και το λίπος . Οι κύριοι ιστοί που συνθέτουν το ανθρώπινο σώμα και εκτιμούνται συχνά στην κλινική πράξη είναι: Ο λιπώδης ιστός (Fat Mass, FM ή Body fat, BF) , οι σκελετικοί μύες, τα οστά και τα

¹ Η υπερτροφία χρησιμοποιείται για να δηλώσει την αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών.

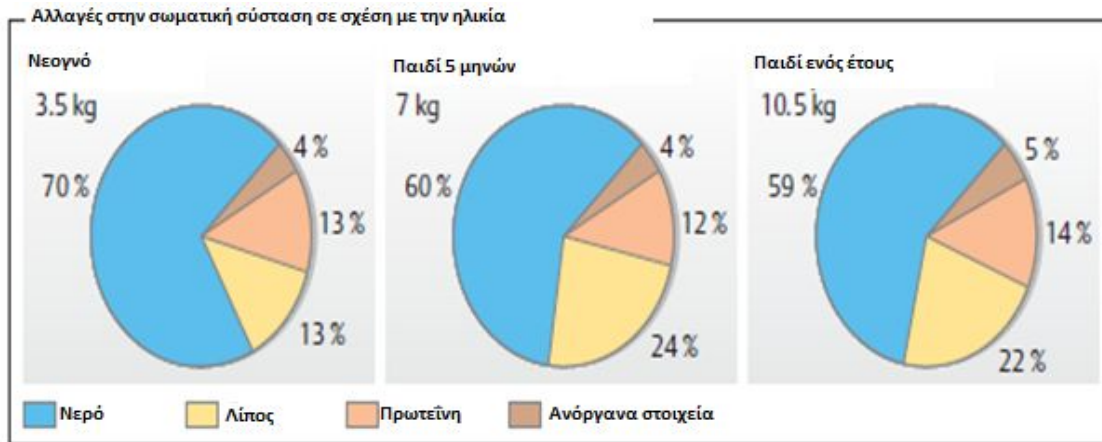
² Οι οστεοβλάστες είναι κύτταρα ευαίσθητα σε μηχανικές τάσεις, διαθέτουν ειδικούς υποδοχείς οι οποίοι όταν διεγείρονται μηχανικά προκαλούν αλλαγές στο κύτταρο.

σπλάγχνα. Το νερό αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του βάρους του σώματος. Το συνολικό νερό του σώματος (total body water) αποτελεί το 75% του σώματος και διακρίνεται στο εξωκυττάριο (Extracellular Water (ECW) και στο ενδοκυττάριο (Intracellular Water (ICW)). Βρίσκεται κυρίως ενδοκυττάρια αλλά και στους διάμεσους ιστούς, συνδέεται με πρωτεΐνες, γλυκογόνο, οστικά άλατα και άλλα χημικά συστατικά. Οι πρωτεΐνες καταλαμβάνουν 4-5 kg σε υγιείς ενήλικες και βρίσκονται ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια. Οι κύριες πρωτεΐνες είναι το δομικό κολλαγόνο του συνδετικού ιστού και η ακτινομουσίνη των μυών. Τα άλατα, συνολικής ποσότητας πάνω από 1,5 γρ. για ένα ενήλικα, βρίσκονται κυρίως στα οστά και τους μαλακούς ιστούς. Τα κυριότερα άλατα είναι τα: ασβέστιο (Ca), φώσφορος (P), κάλιο (K), νάτριο (Na), χλώριο (Cl), μαγνήσιο (Mg), σίδηρος (Fe), ψευδάργυρος (Zn). Το ολοσωματικό νερό, οι πρωτεΐνες και τα άλατα συνθέτουν το 98% της άλιπης μάζας του σώματος. Ένα μεγάλο μέρος του υπόλοιπου 2% είναι το γλυκογόνο. Ένας ενήλικας έχει 300-700 g γλυκογόνο, το οποίο εντοπίζεται στο ήπαρ και στους σκελετικούς μύες. Τέλος, το λίπος βρίσκεται αποθηκευμένο σε όλο το σώμα υπό μορφή τριγλυκεριδίων. Η αποθήκευσή του λίπους γίνεται κυρίως υποδόρια και ενδοσπλαχνικά, αλλά σημαντική ποσότητα λίπους μπορεί να συσσωρευτεί γύρω και μέσα στους μύες, ιδιαίτερα στην 3η ηλικία.

Το ανθρώπινο σώμα απαρτίζεται από αρκετά διαφορετικά συστατικά που διαφέρουν στα χημικά και δομικά χαρακτηριστικά τους. Ο εξωκυττάριος χώρος αποτελείται από στηρικτικές δομές όπως τις οστικές δοκιμές, τους τένοντες και τους συνδέσμους και τα συστήματα του εξωκυττάριου υγρού το πλάσμα του αίματος και τη λέμφο. Τα κύτταρα μπορούν να θεωρηθούν ξεχωριστά από το λιπώδη ιστό ο οποίος χρησιμεύει είτε ως αποθήκη ενέργειας (εναπόθεση λίπους) είτε ως δομικό και στηρικτικό υλικό όπως στα μάγουλα και τα πέλματα των ποδιών. Στη δεύτερη περίπτωση καταβολίζεται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις διατροφικής ανεπάρκειας ή κατά τη διάρκεια παθήσεων.

Η βασική σύσταση ενός άντρα 70kg δείχνει ότι το -60% είναι νερό και το 16% ή περισσότερο λίπος. Εκτός του άνθρακα (C), του υδρογόνου (H) και του οξυγόνου (O), αφθονούν με βάση τη μάζα τα χημικά στοιχεία άζωτο (N), ασβέστιο (Ca) και φώσφορος (P). Στο ανθρώπινο σώμα απαντώνται, επίσης, τα περισσότερα από τα φυσικά-χημικά στοιχεία. Η χημική σύσταση μεταβάλλεται με την ηλικία. Αυτές οι αλλαγές είναι περισσότερο εντυπωσιακές κατά τη διάρκεια του πρώτου χρόνου ζωής (εικόνα 1)

Ενώ η περιεκτικότητα σε νερό υποχωρεί ραγδαία, αυτή του λίπους, της πρωτεΐνης στη μυϊκή μάζα και των ανόργανων στοιχείων στα οστά αυξάνεται .



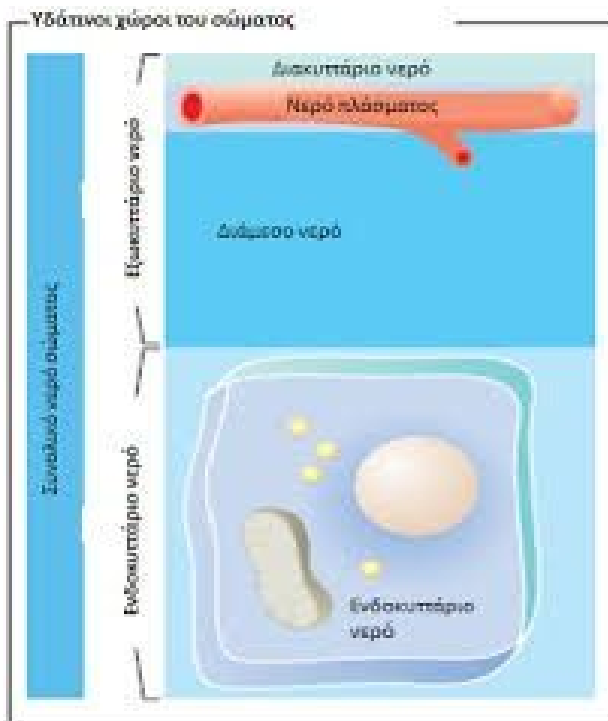
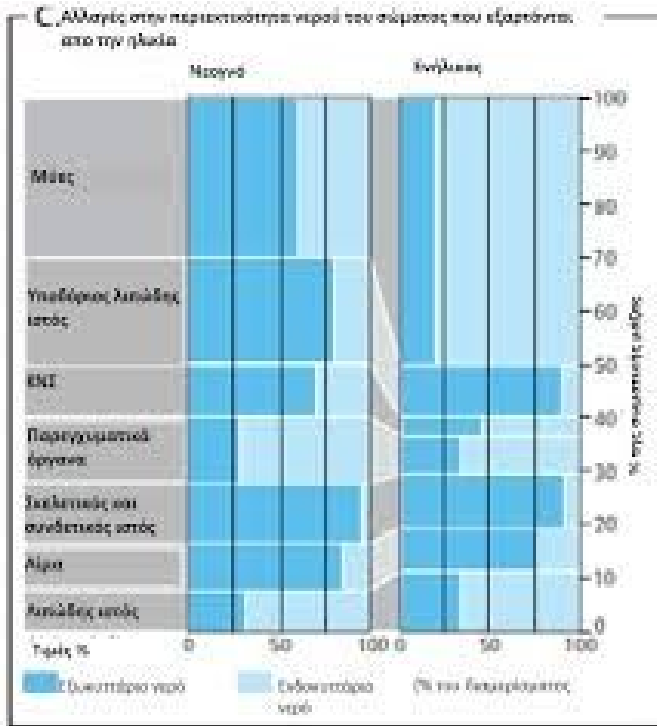
Εικόνα 1 : Αλλαγές στην σωματική σύσταση που εξαρτώνται από την ηλικία (χρώματα, γαλάζιο: Νερό, κίτρινο: Λίπος, πορτοκαλί: Πρωτεΐνη, καφέ: Ανόργανα στοιχεία) (Biesalski and Grimm, 2006)

Η ελάττωση της περιεκτικότητας σε νερό με την ηλικία συνοδεύεται από ανακατανομή τους στα διάφορα σωματικά διαμερίσματα (εικόνα 2). Στο κεντρικό νευρικό σύστημα το δέρμα και τον υποδόριο ιστό η περιεκτικότητα σε νερό πέφτει ενώ αυξάνεται σημαντικά στους μύες και το λιπώδη ιστό. Ανακατανομή παρατηρείται επίσης ανάμεσα στα σωματικά διαμερίσματα. Το ενδοκυττάριο νερό αυξάνεται σε όλα τα όργανα εκτός του δέρματος και του υποδόριου λίπους. Αναφορικά με το συνολικό νερό του σώματος διακρίνονται ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια διαμερίσματα (εικόνα 3). Τα εξωκυττάρια υγρά αποτελούν τους διαμεσολαβητές ανάμεσα στα κύτταρα και το εξωτερικό τους περιβάλλον. Η σύστασή τους υπόκειται σε αυστηρό ομοιοστατικό έλεγχο και μοιάζει με αυτή του πρωτογενούς ωκεανού, που αποτελούσε το περιβάλλον των αρχαίων, μονοκύτταρων οργανισμών, από τους οποίους εξελίχθηκε το ανθρώπινο είδος.

Μεσοκυττάρια υγρά απαντώνται στους κοίλους χώρους του οργανισμού, όπως τον πεπτικό σωλήνα, την ουροδόχο κύστη και τα υγρά των κρανιακών χωρών. 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 το 20% της μάζας του σώματος. Η σύσταση του μοιάζει με ένα υπερ-διήθημα του πλάσματος με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Ανάμεσα στο κύτταρο απαντάται περισσότερο από το μισό του συνολικού νερού του σώματος. Ο ενδοκυττάριος χώρος είναι η θέση του κυτταρικού μεταβολισμού. Ε αντίθεση με τους υπόλοιπους υδάτινους χώρους, δεν είναι ομοιογενής και η σύσταση του

μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα διαφορετικά είδη κυττάρων. (Biesalski & Grimm, 2006).



Εικόνα 2: Αλλαγές στην περιεκτικότητα του νερού που εξαρτώνται από την ηλικία

Εικόνα 3 : Οι υδάτινοι χώροι του σώματος από την ηλικία (ECW= εξωκυττάριο νερό, ICW= ενδοκυττάριο νερό) (Biesalski and Grimm, 2006)

Μοντέλα και μέθοδοι αξιολόγησης σύστασης σώματος

Μοντέλα σύστασης σώματος

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος αντανακλά το επίπεδο υγείας του οργανισμού και η παρακολούθηση των αλλαγών αυτής έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την επιστήμη της υγείας. Η σύσταση δεν παραμένει σταθερή σε όλη την διάρκεια της ζωής, καθώς το ανθρώπινο σώμα και κατ' επέκταση οι επιμέρους ιστοί του υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι αποτέλεσμα φυσιολογικών διεργασιών, όπως για παράδειγμα η γήρανση, αλλά μπορεί να είναι και αποτέλεσμα παθολογικών καταστάσεων και νόσων, η τελική έκφραση των οποίων επηρεάζεται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος χρησιμοποιούνται διάφορες άμεσες και έμμεσες μέθοδοι μέτρησης. Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή των κυριότερων μεθόδων ανάλυσης σύστασης του σώματος, είναι απαραίτητο να αναφερθούμε σε ορισμένα συστήματα κατηγοριοποίησης του ανθρώπινου σώματος που ονομάζονται μοντέλα σύστασης σώματος.

Με βάση τα μοντέλα σύστασης σώματος το σώμα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης όπως το ατομικό, το μοριακό, το κυτταρικό, το επίπεδο ιστών ή και το επίπεδο ανάλυσης ολόκληρου του σώματος με τη χρήση των κατάλληλων κατά περίπτωση μεθόδων και τεχνικών ανάλυσης. Η ανάλυση σε επίπεδο ολόκληρου του σώματος συχνά αναφέρεται και ως "ανθρωπομετρία" στα οποία θα αναφερθούμε παρακάτω. Όλες οι διαθέσιμες μέθοδοι ανθρωπομετρίας εξετάζουν ολόκληρο το σώμα. Οι μέθοδοι αξιολόγησης της σωματοδομής το εξετάζουν ως ένα σύνολο διαφορετικών διαμερισμάτων (compartments). Ανάλογα με τη μέθοδο το σώμα μπορεί να διαχωριστεί σε πολλά διαμερίσματα τα οποία περιλαμβάνουν ομάδες διαφορετικών συστατικών:

- i. Το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων (2C ή Two Component Model)

Ένα παράδειγμα αποτελεί το κλασσικό μοριακό μοντέλο των δύο διαμερισμάτων που διαχωρίζει το σωματικό βάρος στα διαμερίσματα της λιπώδους μάζας σώματος (*ΛΜΣ* ή *FM*) και της άλιπης μάζας σώματος (*ΑΜΣ* ή *FMM*) με την τελευταία να θεωρείται ότι έχει σταθερή σύσταση στα ενήλικα άτομα. Η *ΛΜΣ* συνιστάται από όλες τις υποομάδες λίπους του σώματος, ενώ η *ΑΜΣ* περιλαμβάνει το νερό, τις πρωτεΐνες, το γλυκογόνο και τα μεταλλικά στοιχεία. Το μοντέλο αυτό βασίζεται σε μια σειρά παραδοχών, οι οποίες θεωρούνται σταθερές μεταξύ διαφορετικών ατόμων. Πιο αναλυτικά, οι παραδοχές του συγκεκριμένου μοντέλου είναι οι ακόλουθες:

1. Η πυκνότητα της *ΛΜΣ* είναι $0,901\text{g/cm}^3$ και της *ΑΜΣ* είναι $1,10\text{g/cm}^3$
2. Οι πυκνότητες της *ΛΜΣ* και των επιμέρους συστατικών της *ΑΜΣ* (νερό πρωτεΐνες, μέταλλα) είναι ίδιες για όλους τους ανθρώπους.
3. Η ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους συστατικών της *ΑΜΣ* παραμένει σταθερή ανάμεσα σε διαφορετικά άτομα και ανεξάρτητα από το φύλο, την ηλικία και τη φυλή του εξεταζόμενου ατόμου.
4. Το άτομο που υπόκειται σε μέτρηση διαφέρει από "το σώμα αναφοράς" μόνο ως προς τη ποσότητα της *ΛΜΣ* και της *ΑΜΣ*, επομένως και ως προς το ποσοστό κάθε διαμερίσματος.

Η άμεση μέτρηση του σωματικού λίπους δεν ήταν εύκολη μέχρι και σήμερα. Ωστόσο, εάν με κάποια μέθοδο εκτίμησης σύστασης σώματος υπολογιστεί η άλιπη μάζα σώματος, τότε η λιπώδης μάζα μπορεί να εκτιμηθεί έμμεσα αφαιρώντας την άλιπη μάζα από το σωματικό βάρος. Γενικά οι εξισώσεις υπολογισμού του ποσοστού λίπους που έχουν βασιστεί στο μοντέλο των δυο διαμερισμάτων παρέχουν ακριβείς εκτιμήσεις του ποσοστού λίπους του σώματος. Διάφοροι ερευνητές αναφέρουν ότι η πυκνότητα της *ΑΜΣ* ποικίλει ανάλογα με την ηλικία, το φύλο, την εθνικότητα και το επίπεδο σωματικής άσκησης, εξαρτώμενη κυρίως από το σχετικό ποσοστό του νερού και των μετάλλων που τη συνιστούν.

ii. Πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα εκτίμησης σύστασης σώματος (3C, 4C, 5C ή Multi-Component Models)

Όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω η άλιπη μάζα σώματος δεν αποτελεί ένα ομοιογενές σύνολο αλλά αποτελείται από πολλά επιμέρους στοιχεία και διαμερίσματα όπως το νερό, η πρωτεΐνη, η μεταλλική μάζα των οστών και η μη οστική μεταλλική μάζα. Τα πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα σύστασης σώματος, όπου τα επιμέρους συστατικά και η χρήση τους επιτρέπουν την εκτίμηση των ατομικών διαφορών στη σύσταση της *ΑΜΣ* κάτι που δεν μας επιτρέπει το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων.

Τα κυριότερα πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα σύστασης είναι:

1. Μοντέλο τριών διαμερισμάτων: το σωματικό βάρος = ΛΜΣ+ ολικό νερό σώματος+ άλιπη ξηρή μάζα (δηλαδή το άθροισμα των μεταλλικών στοιχείων και των πρωτεϊνών)
2. Μοντέλο τεσσάρων διαμερισμάτων: το σωματικό βάρος = ΛΜΣ+ νερό +οστικά μέταλλα +υπολείμματα
3. Μοντέλο πέντε διαμερισμάτων: το σωματικό βάρος = ΛΜΣ +ολικό νερό σώματος +οστικά μέταλλα +μη οστικά μέταλλα + ολική πρωτεΐνη σώματος.

Το μοντέλο των τεσσάρων διαμερισμάτων προσθέτει την αξιολόγηση της οστικής μάζας, που είναι ιδιαίτερης σημασίας σε πολλές ασθένειες αλλά και σε άτομα τρίτης ηλικίας και σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

Σωματομετρικές μέθοδοι (Δείκτης μάζας σώματος, δερματικές πτυχές, περιφέρειες σώματος)

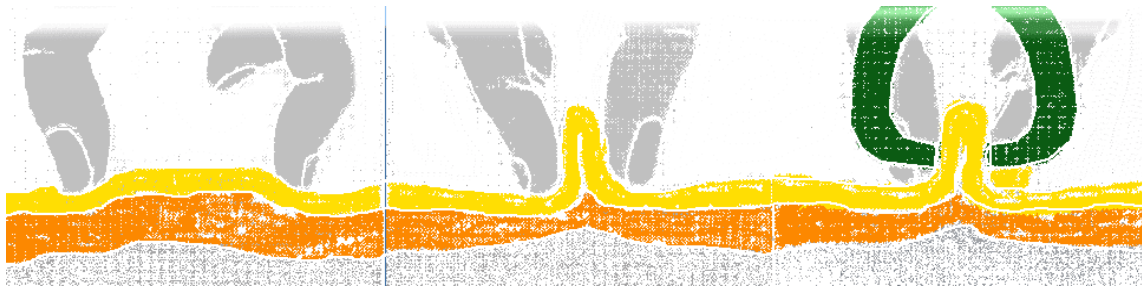
Οι σωματομετρικές μέθοδοι βασίζονται στο μοντέλο των δύο διαμερισμάτων. Η ανθρωπομετρία χρησιμοποιεί σωματικές μετρήσεις για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος και περιλαμβάνει τη μέτρηση του βάρους, του ύψους, των περιφερειών του σώματος, τα μήκη και τα πλάτη σε διάφορα ανατομικά σημεία και τέλος τις μετρήσεις δερματικών πτυχών.

Ο πιο συχνός χρησιμοποιούμενος δείκτης είναι ο δείκτης Body Mass Index ή αλλιώς ονομάζεται *Δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ ή BMI)*. Προσφέρει μια ακριβέστερη ανθρωπομετρική μέτρηση. Προκύπτει όταν το σωματικό βάρος (kg) διαιρεθεί με το τετράγωνο του ύψους (m²), επομένως η μονάδα του ΔΜΣ είναι kg/m². Ο επιθυμητός ΔΜΣ εξαρτάται από την ηλικία Τα δύο όργανα που απαιτούνται (ζυγαριά και μεζούρα) είναι φθηνά, έχουν μηδενικό κόστος συντήρησης, απαιτούν ελάχιστη εκπαίδευση και οι τιμές που δίνουν μπορούν να ληφθούν με μεγάλη ακρίβεια σε πολλές διαδοχικές μετρήσεις.

Ο BMI αποτελεί το τρέχον πρότυπο για την εκτίμηση του σωματικού βάρους αφού συσχετίζεται αρκετά καλά με το συνολικό σωματικό λίπος. Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και άλλους διεθνείς οργανισμούς, ο ΔΜΣ αποτελεί τον θεμέλιο λίθο για το σύστημα κατηγοριοποίησης της παχυσαρκίας. Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει τη θετική συσχέτιση μεταξύ του ΔΜΣ και νόσων όπως διαβήτη τύπου 2, υπέρταση, καρδιαγγειακές παθήσεις, υπερλιπιδαιμίες, περιστατικά εγκεφαλικών επεισοδίων και ορισμένους τύπους καρκίνου. (Walker et al., 1996, Lamarcher et al., 1999). Στο υψηλό σωματικό βάρος μπορεί να συνεισφέρουν, εκτός του λίπους, η μυϊκή μάζα, το

εξωκυττάριο νερό και η οστική μάζα. Για την εκτίμηση του σωματικού λίπους έχει φανεί πολύ χρήσιμη η μέτρηση του υποδόριου λίπους μέσω της μέτρησης των δερματικών πτυχών σε διάφορα σημεία του σώματος.

Η μέτρηση των *δερματικών πτυχών* είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος έμμεσης εκτίμησης της λιπώδους μάζας και κατ' επέκταση του ποσοστού λίπους σώματος. Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιούνται φθηνά μηχανικά δερματοπτυχόμετρα. Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση του πάχους της μεγαλύτερης "αποθήκης λίπους" τον οργανισμό δηλαδή του υποδόριου λίπους και τελικά στην έμμεση εκτίμηση της λιπώδους μάζας. Εκτός από την εκτίμηση της λιπώδους μάζας σώματος γίνονται μετρήσεις σε διάφορα σημεία του σώματος που βοηθούν στην εκτίμηση του υποδόριου λίπους αλλά στο να αξιολογηθούν οι αλλαγές που μπορεί να εμφανίζονται στο πάχος του υποδόριου λίπους σε διάφορες χρονικές περιόδους.



Εικόνα 4: τεχνική μέτρησης δερματικών πτυχών (Πηγή: Μανιός 2006)

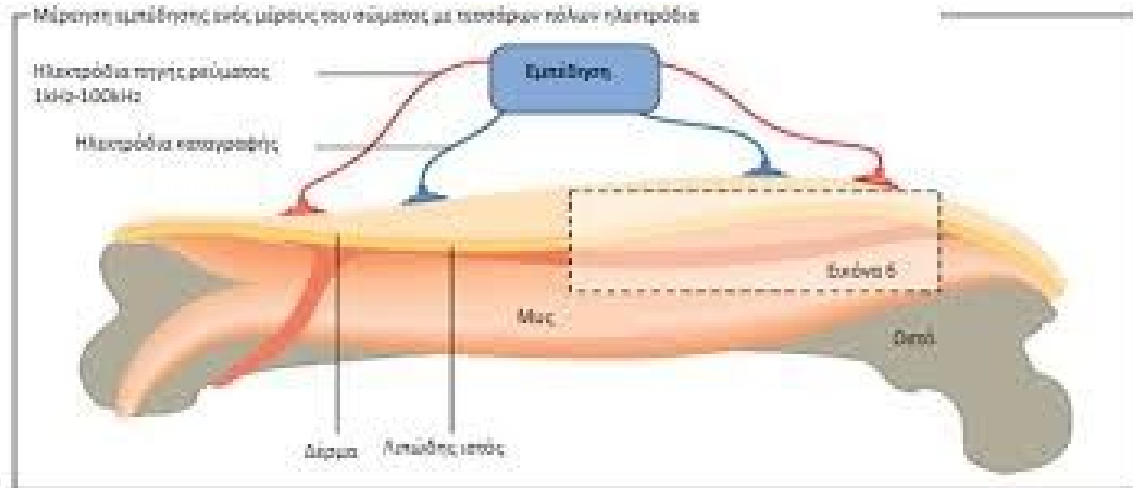
Περίμετροι σώματος (Circumferences) αποτελούν απλές και εύκολες μετρήσεις για την εκτίμηση της κατανομής του σωματικού λίπους. Η *περίμετρος της μέσης*, συμβάλλει στον υπολογισμό του ενδοκοιλιακού και ολικού σωματικού λίπους, αλλά λειτουργεί και ως προγνωστικός δείκτης καρδιαγγειακών παθήσεων. Άνδρες με ΠΜ>102 cm και γυναίκες με ΠΜ>88 cm παρουσιάζουν πολύ αυξημένο ΚΑΚ ενώ άνδρες με ΠΜ>94 cm και γυναίκες με ΠΜ>80 cm, παρουσιάζουν αυξημένο ΚΑΚ. Τα όρια των 102 cm στους άνδρες και 88 cm στις γυναίκες είναι αυτά που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για τον καθορισμό του μεταβολικού συνδρόμου. Η μέτρηση γίνεται στο μέσον της απόστασης μεταξύ της τελευταίας πλευράς και της λαγόνιας ακρολοφίας. Η μέτρηση της πρέπει να είναι εξέταση ρουτίνας σε κάθε παχύσαρκο άτομο πριν και κατά την απώλεια βάρους. Όταν ο ΔΜΣ είναι πάνω από 35, η συσχέτιση της ΠΜ με τους αγγειακούς παράγοντες κινδύνου γίνεται ασθενέστερη.

Ο *λόγος περιμέτρων μέσης/ισχίων*, ΠΜΙ (Waist to hip ratio). 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. Η αύξηση του άνω του 1,00 σε

άνδρες και άνω του 0,85 σε γυναίκες, υποδηλώνουν ανδρικού τύπου παχυσαρκία . Η μέτρηση της περιμέτρου ισχίων πρέπει να γίνεται στο ύψος των μεγάλων τροχαντήρων στο πιο προεξέχον σημείο των γλουτών. Η σημασία της ΠΜΙ είναι μικρότερη από αυτήν της ΠΜ διότι επηρεάζεται από το μέγεθος της λεκάνης και τα μαλακά μόρια.

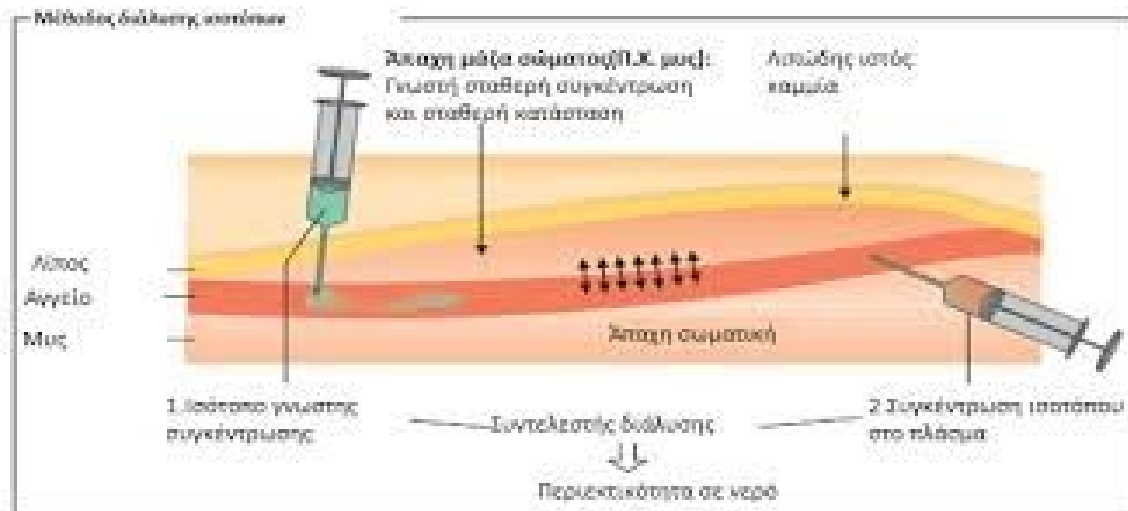
Πειραματικοί μέθοδοι ανάλυσης της σύστασης σώματος

Η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης ή BIA είναι η πιο χαρακτηριστική και πιο γνωστή σωματομετρική μέθοδος αγωγιμότητας. Βασίζεται σε διαφορές της αγωγιμότητας ανάμεσα στους σωματικούς ιστούς. Ιστοί που περιέχουν νερό, διαθέτουν χαμηλή εμπέδηση καθώς είναι αγώγιμοι λόγω της παρουσίας ηλεκτρολυτών. Οι λιπώδεις ιστοί διαθέτουν μεγαλύτερη αντίσταση και οι κυτταρικές μεμβράνες λειτουργούν ως ηλεκτρικοί πυκνωτές. Αφού διαφορετικών συχνοτήτων ηλεκτρισμός ρέει σε διαφορετικά διαμερίσματα, η μέτρηση της εμπέδησης, σε συνδυασμό με τη μετατόπιση της φάσης, επιτρέπει συμπεράσματα σε σχέση με τα τρία διαμερίσματα: τους λιπώδεις ιστούς, την άλυπη μάζα σώματος και το νερό. Οι μετρήσεις της αγωγιμότητας, όπως της BIA, βασίζονται στη διαφορετική αγωγιμότητα διαφορετικών ιστών. Η BIA θεωρείται πως οδηγεί σε αξιόπιστες και καλά αναπαραγώγιμες τιμές για την υγεία των ατόμων. Η ευκολία χρήσης της μεθόδου έχει πλεονεκτήματα καθώς τα 4 αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια δεν ενοχλούν τον ασθενή. Παρ' όλα αυτά οι μεταβολές των ηλεκτρολυτών του πλάσματος, η χρήση διουρητικών ή οι οροί δεξτρόζης μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τα αποτελέσματα.



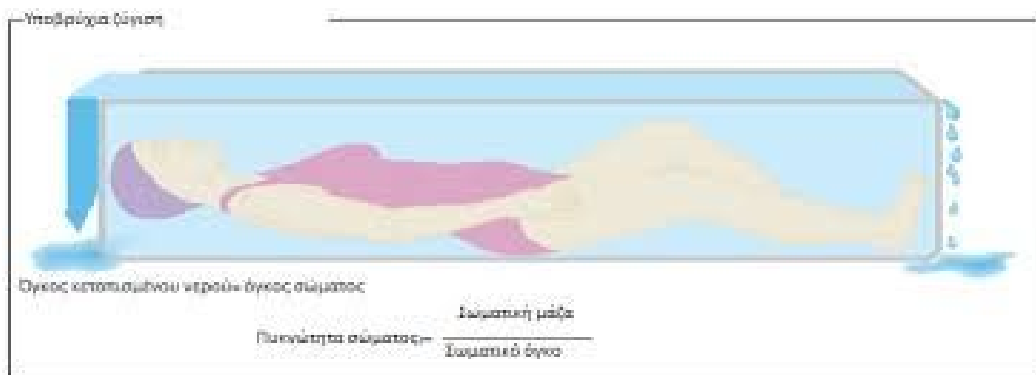
Εικόνα 6: μέτρηση εμπέδησης ενός μορίου του σώματος με τεσσάρων πόλων ηλεκτρόδια. (Biesalski & Grimm, 2006)

Η σύσταση του σώματος μπορεί επίσης να καθοριστεί μέσω διαφόρων μεθόδων αραίωσης-διάλυσης ισότοπων. Χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν ένα μόνο διαμέρισμα- το συνολικό νερό του σώματος. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι ο λιπώδης ιστός είναι άνυδρος και επομένως δε μπορεί να προσλάβει ηλεκτρολύτες. Επιπλέον ορίζοντας ότι η άπαχη μάζα του σώματος διαθέτει ένα σταθερό ποσοστό 72% ενυδάτωσης, μπορεί να γίνει ο προσδιορισμός και των τριών διαμερισμάτων μέσω των κατάλληλων υπολογισμών. Τα ισότοπα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι το δευτέριο (^2H), το τρίτιο (^3H), και το σταθερό ισότοπο του οξυγόνου (^{18}O). οι μετρήσεις γίνονται κάτω από αυστηρά καθορισμένες συνθήκες επειδή οι μετρήσεις ολικού νερού σώματος επηρεάζονται από την κατανάλωση φαγητού και υγρών αλλά και από φυσική δραστηριότητα. Πριν από την χορήγηση του ισότοπου συλλέγονται από τον εξεταζόμενο δείγματα σωματικών υγρών (σάλιου, ούρων ή αίματος) και ο παράγοντας κατανομής που προκύπτει, χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του συνολικού νερού του σώματος.



Εικόνα 7: μέθοδοι διάλυσης ισότοπων (Biesalski & Grimm, 2006)

Ως πρότυπη μέθοδος για τον καθορισμό του σωματικού λίπους θεωρείται η υποβρύχια ζύγιση ή Υδροπυκνομετρία. Είναι ουσιαστικά μια μέθοδος μέτρησης του όγκου του σώματος του εξεταζόμενου για τον υπολογισμό της ολικής πυκνότητας του σώματος του. η μέθοδος απαιτεί τη πλήρη βύθιση του εξεταζόμενου σε μια διαμορφωμένη δεξαμενή ή σε μια πισίνα. Ο εξεταζόμενος κάθεται σε μια καρέκλα ή σε ένα πλαίσιο, αναρτημένο σε μια ζυγαριά και εκπνέει πλήρως πριν βυθίσει και το κεφάλι του. ο εξεταζόμενος πρέπει να κρατήσει την αναπνοή του για αρκετά δευτερόλεπτα μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξη της ζυγαριάς και να καταγραφεί το βάρος του στο νερό. Αν το σωματικό βάρος είναι γνωστό μπορεί να υπολογιστεί η πυκνότητα του D (σε g/cm^3). Αφού η πυκνότητα του νερού του σώματος διαθέτει σταθερή πυκνότητα $1,0$ (g/cm^3) και η πυκνότητα της άπαχης σωματικής μάζας και του λίπους είναι επίσης σταθερές, η D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αντίστοιχης αναλογίας των τριών διαμερισμάτων. Οποιαδήποτε μεταβολή της πυκνότητας ερμηνεύεται κυρίως ως μια μεταβολή της περιεκτικότητας σε λίπος. (Biesalski & Grimm, 2006).



Εικόνα 8: υποβρύχια ζύγιση (Biesalski & 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
- Διπλή ενεργειακή απορρόφηση ακτινών X (Dual Energy X-ray Absorption, DEXA),

Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να οριστεί μια μέθοδος ανάλυσης σύστασης σώματος "ιδανική" (Μάνιος, 2006) :

- ο Ο σκοπός της μελέτης και οι πληροφορίες που απαιτούνται
- ο Η ελάχιστη αλλαγή της ποσότητας και της σύστασης του διαμερίσματος ή του συστατικού που μπορεί να ανιχνεύσει η συγκεκριμένη μέθοδος.
- ο Η απαιτούμενη αξιοπιστία και ακρίβεια.
- ο Η ευκολία χρήσης της εφαρμογής της μεθόδου.
- ο Η επιβάρυνση που προκαλείται στον εξεταζόμενο.
- ο Η απαιτούμενη εκπαίδευση και εμπειρία του εξεταστή-ερευνητή.
- ο Το κόστος των αναλώσιμων και τα έξοδα συντήρησης που απαιτεί η κάθε μέθοδος.

Η Μέθοδος της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης

Η μέθοδος της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης (στη διεθνή βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ο όρος Bioelectrical Impedance Analysis ή συντομογραφικά BIA), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές κλινικές εφαρμογές, καλείται και μέθοδος Βιοηλεκτρικής Αντίστασης καθότι η εμπέδηση οφείλεται στην ωμική αντίσταση και στη χωρητική αντίσταση. Σπάνια, χρησιμοποιείται και ως βιοηλεκτρική αγωγιμότητα. Η χρήση της ανάλυσης βιοηλεκτρικής αντίστασης (BIA) είναι ευρέως διαδεδομένη τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε ασθενείς, αλλά πάσχει από έλλειψη τυποποιημένης μεθόδου και διαδικασιών ελέγχου ποιότητας. (Kyle et al., 2004)

Η ΒΙΑ αφενός μεν λόγω της εύκολης εφαρμογής της και αφετέρου, διότι είναι μη παρεμβατική μέθοδος δηλαδή ακίνδυνη και αβλαβής, χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές κλινικές εφαρμογές. Στην ουσία δεν αλλάζει τίποτα στη φυσιολογία του εξεταζόμενου, ήτοι μετά τη μέτρηση ο εξεταζόμενος βρίσκεται ακριβώς στην ίδια κατάσταση με αυτή που ήταν πριν τη μέτρηση, χωρίς να έχει επιβαρυνθεί με κάποια δόση επιβλαβούς ακτινοβολίας και χωρίς να έχει επιβαρυνθεί με οποιοδήποτε άλλο τρόπο. 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.

Υπάρχουν διάφορων ειδών βιοηλεκτρικοί αναλυτές ανάλογα με το μετρούμενο τμήμα του σώματος, τους χρησιμοποιούμενους από το όργανο αλγόριθμους, καθώς και τη συχνότητα ή τις συχνότητες ρεύματος που χρησιμοποιούνται. Οι βιοηλεκτρικοί αναλυτές με το μικρότερο κόστος και, ως εκ τούτου, προσιτοί στο ευρύ κοινό είναι αυτοί που μετρούν τη βιοηλεκτρική αντίσταση (μόνο το R) των κάτω ή των άνω άκρων. Η ακρίβεια των μετρήσεων αυτών είναι περιορισμένη, διότι, αφενός δε λαμβάνεται υπ' όψη όλο το ανθρώπινο σώμα και αφετέρου, σε όρθια στάση δεν έχουμε σταθερή κατανομή των υγρών στο προς εξέταση μέρος του σώματος.



Εικόνα 9: Όργανα μέτρησης της βιοηλεκτρικής αντίστασης μόνο των κάτω άκρων (αριστερά) και της βιοηλεκτρικής εμπέδησης άνω-κάτω άκρων και ολόκληρου του σώματος (δεξιά)

Το BIA επιτρέπει τον προσδιορισμό της μάζας χωρίς λίπος (FFM) και του συνολικού νερού του σώματος (TBW) σε άτομα χωρίς σημαντικές ανωμαλίες υγρών και ηλεκτρολυτών, όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλες εξισώσεις BIA για πληθυσμό, ηλικία ή παθολογία και καθιερωμένες διαδικασίες. Οι δημοσιευμένες εξισώσεις BIA που επικυρώνονται βάσει μιας μεθόδου αναφοράς σε αρκετά μεγάλο αριθμό αντικειμένων παρουσιάζονται και ταξινομούνται σύμφωνα με το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης. Ο προσδιορισμός των μεταβολών στη μάζα κυττάρων του σώματος (BCM), το εξωκυτταρικό (ECW) και το ενδοκυτταρικό νερό (ICW) απαιτεί περαιτέρω έρευνα χρησιμοποιώντας ένα έγκυρο μοντέλο που εγγυάται ότι οι αλλαγές του ECW δεν καταστρέφουν το ICW. Η χρήση τμηματικών-BIA, BIA πολλαπλών συχνοτήτων, ή βιοηλεκτρικής φασματοσκοπίας σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις ενυδάτωσης απαιτεί επίσης περαιτέρω έρευνα (Kyle et al., 2004)

Ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης: χρήση στην κλινική πρακτική

Το BIA είναι εύκολο, μη επεμβατικό, σχετικά φθινό και μπορεί να εκτελεστεί σχεδόν σε οποιοδήποτε θέμα, επειδή είναι φορητό. Στην έρευνα των Kyle et al., αναφέρονται αποτελέσματα για μάζα χωρίς λίπος (FFM), σωματικό λίπος (BF), κυτταρική μάζα σώματος (BCM), συνολικό νερό σώματος (TBW), εξωκυτταρικό νερό (ECW) και ενδοκυτταρικό νερό (ICW) μελέτες σε θέματα με υγιή και ασθενείς άτομα. Τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η BIA λειτουργεί καλά σε υγιή άτομα και σε ασθενείς με σταθερή ισορροπία νερού και ηλεκτρολυτών με μια επικυρωμένη εξίσωση BIA που είναι κατάλληλη σε σχέση με την ηλικία, το φύλο και τη φυλή. Η κλινική χρήση του BIA σε άτομα σε ακραίες περιοχές BMI ή με μη φυσιολογική ενυδάτωση δεν μπορεί να συνιστάται για την ρουτίνα αξιολόγησης των ασθενών μέχρι να αποδειχθεί περαιτέρω επικύρωση για τον ακριβή προσδιορισμό του αλγορίθμου BIA σε τέτοιες συνθήκες. Το BIA πολλαπλών συχνοτήτων και των τμημάτων μπορεί να έχει πλεονεκτήματα έναντι του BIA μιας συχνότητας στις συνθήκες αυτές, αλλά απαιτείται περαιτέρω επικύρωση. Η διαχρονική παρακολούθηση της σύστασης του σώματος με τη BIA είναι δυνατή σε άτομα με ΔΜΣ 16-34 kg / m² χωρίς ανώμαλη ενυδάτωση, αλλά πρέπει να ερμηνεύεται με προσοχή. Η περαιτέρω επικύρωση της BIA είναι απαραίτητη για την κατανόηση των μηχανισμών για τις μεταβολές που παρατηρούνται στις οξείες ασθένειες, τις μεταβολές των αναλογιών λίπους / άπαχου μάζας, τα ακραία υψόμετρα και τις ανωμαλίες του σχήματος του σώματος. (Kyle et al.,2004)

Η λειτουργία και οι μετρήσεις της μεθόδου

Κατά τη μέθοδο της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης εφαρμόζεται μικρής έντασης εναλλασσόμενο ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα και μετράται η αγωγιμότητα του. Η αρχή στην οποία βασίζεται η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης σχετίζεται με την ιδιότητα κυρίως των εξωκυττάρων υγρών του σώματος, αλλά και του άπαχου εν γένει ιστού να έχουν μικρότερη αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος από ό,τι ο λιπώδης ιστός. Αυτό συμβαίνει, αφενός μεν, λόγω των ηλεκτρολυτών (Na⁺, K⁺, Cl⁻ κ.ά.) που εμπεριέχονται στα εξωκυττάρια και ενδοκυττάρια υγρά και οι οποίοι, ως γνωστόν, άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και αφετέρου, διότι ο «άπαχος ιστός» περιέχει περισσότερο νερό (~73%) απ' ό,τι ο λιπώδης ιστός (~10-15%). Ως εκ τούτου, οι διαλυμένοι στον άπαχο ιστό ηλεκτρολύτες διευκολύνουν τη δίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος. Συνεπώς, η ωμική αντίσταση του σώματος συσχετίζεται αρνητικά με το ποσοστό ενυδάτωσης των ιστών και επομένως, με την ποσότητα μυϊκής μάζας. Έμμεσα λοιπόν, η ωμική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος συσχετίζεται θετικά με την ποσότητα του σωματικού λίπους. Η βιοηλεκτρική εμπέδηση ως μέθοδος ανάλυσης της σύστασης του σώματος βασίζεται σε κάποιους βασικού τύπου του ηλεκτρισμού. όταν εφαρμοστεί εναλλασσόμενο ρεύμα σε ένα κύκλωμα, η αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος εκφράζεται από τη σύνθετη αντίσταση ή όπως ονομάζεται αλλιώς εμπέδηση Z. Η αντίσταση αυτή αποτελείται από δύο συνιστώσες: την αντίσταση (Resistance ή R) που αποτελεί την πραγματική αντίσταση του αγωγού στη ροή ρεύματος και την μη ωμική αντίσταση (reactance ή Xc) που οφείλεται στην ύπαρξη πυκνωτών στο κύκλωμα με συνέπεια τη δημιουργία χωρητικών αντιστάσεων. Η σχέση που συνδέει τη Z με την R και Xc είναι: $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$. 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.

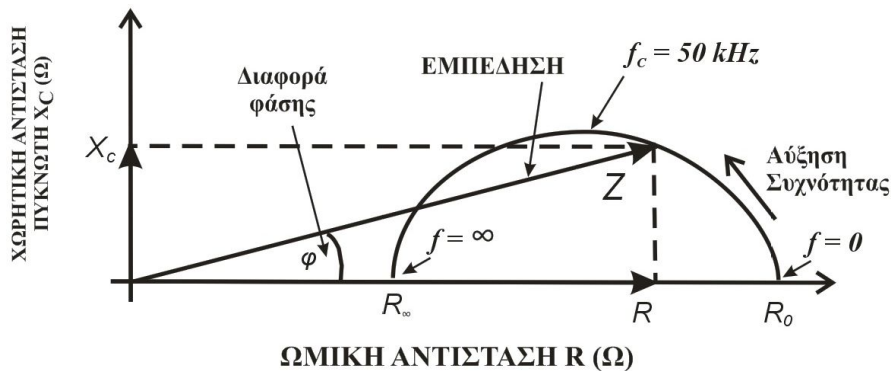
<p style="text-align: center;">Μυϊκό νερό σώματος</p> <p>Αγωγός</p> <p>ο ηλεκτρισμός ρέει εύκολα</p>	<p style="text-align: center;">Λίπος</p> <p>Μονωτής</p> <p>ο ηλεκτρισμός δε ρέει</p> <p>= υψηλή αντίσταση</p>
--	---

=χαμηλή αντίσταση =χαμηλή εμπέδηση Μονωτής	= υψηλή εμπέδηση
--	------------------

Αγωγός: σωματικό νερό μυών, ο ηλεκτρισμός ρέει εύκολα γιατί η αντίσταση είναι χαμηλή καθώς και η εμπέδηση
 Μονωτής: ο ηλεκτρισμός δε 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 εξωκυττάρων υγρών δίνοντας μας την μέτρηση της αντίστασης R και η μέτρηση του σωματικού ύδατος αντιπροσωπεύει μόνο το εξωκυττάριο 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 νερού (ενδοκυττάριο + εξωκυττάριο).

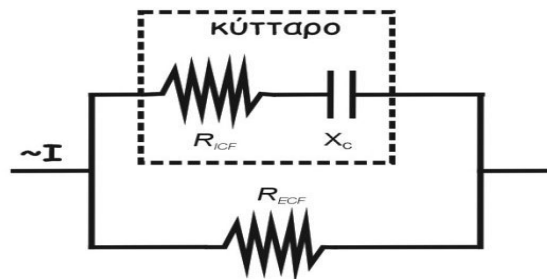
Μεγάλης σημασίας είναι η σχέση μεταξύ αντίστασης και μη ωμικής αντίστασης (ή χωρητικής αντίστασης) $R-X_c$. Η μη-ωμική αντίσταση (X_c) στο ανθρώπινο σώμα οφείλεται στην αντίσταση που δημιουργούν οι κυτταρικές μεμβράνες, οι οποίες λειτουργούν ως πυκνωτές/ μονωτές. (Μάνιος, 2006) Ενώ η αντίσταση (R) στον 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). Όπως 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 .



Σχήμα 1: Γραφική απεικόνιση του διανύσματος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (Z), το

οποίο αναλύεται στις δυο επιμέρους συνιστώσες: αντίσταση (R) και χωρητική αντίσταση (XC). Καθώς η συχνότητα του εφαρμοζόμενου ρεύματος (f) αυξάνεται, το Z αλλάζει κατεύθυνση και μέτρο (το μήκος του μειώνεται), όπως περιγράφεται στο κείμενο. Η XC παίρνει τη μέγιστη τιμή της, όταν η συχνότητα φθάσει σε μια τιμή που καλείται χαρακτηριστική συχνότητα (fc). Η γωνία φάσης (φ) υπακούει στη σχέση: $\tan \phi = XC / R$.

Μοντέλα διαφορετικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί, για να περιγράψουν τη βιοηλεκτρική συμπεριφορά των βιολογικών ιστών. τα R και Xc βρίσκονται σε σειρά, ενώ περιλαμβάνεται επιπλέον μια παράλληλη σ' αυτά αντίσταση. Το επάνω σκέλος του κυκλώματος αυτού περιέχει έναν πυκνωτή, ο οποίος αντιστοιχεί στη χωρητική αντίσταση Xc του σώματος (λόγω των κυτταρικών μεμβρανών) και μια ωμική αντίσταση που σχετίζεται με την κανονική ηλεκτρική αντίσταση R_{ICF} των ενδοκυττάρων υγρών. Το κάτω σκέλος περιέχει μόνο μια ωμική αντίσταση R_{ECF} που αντιστοιχεί στην ηλεκτρική αντίσταση που ασκούν τα εξωκυττάρια υγρά. Σε αυτήν την περίπτωση δεν έχουμε πυκνωτή, καθόσον το ρεύμα που περνά από τα εξωκυττάρια υγρά, δε διέρχεται μέσα από κύτταρα. Τα R και XC μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας, είτε μια προεπιλεγμένη συχνότητα εναλλασσομένου ρεύματος (συνήθως 50 kHz, καθότι στους ενήλικες το μέγιστο XC καταγράφεται σ' αυτήν περίπου τη συχνότητα), είτε μια σειρά συχνοτήτων.



Σχήμα 2: Μοντέλο ηλεκτρικού κυκλώματος που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση της ηλεκτρικής συμπεριφοράς των βιολογικών ιστών του ανθρώπινου σώματος

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. Αν και στους μη υγιείς ασθενείς η μέτρηση με την μέθοδο της BE 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 (ΔΜΣ=16-34 κιλά/ m²), η ΒΕ προσφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα εφ' όσον παρέχονται οι κατάλληλες παράμετροι (δηλαδή ηλικία, φύλο ύψος κλπ) Έτσι η σταθερότητα της υδρικής ισορροπίας αποτελεί προαπαιτούμενο για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της μεθόδου.

Μέθοδοι ανάλυσης με βιοηλεκτρική εμπέδηση

Μέτρηση με μονής και πολλαπλής συχνότητας βιοηλεκτρική εμπέδηση

Οι περισσότερες μελέτες ΒΕ μέχρι σήμερα παρουσιάζουν αποτελέσματα εμπέδησης βασισμένα σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με μονής συχνότητας ΒΕ, συνήθως στα 50 kHz. Η ΒΕ μονής συχνότητας, βασίζεται στην αρχή ότι ο συνολικός αγωγιμος 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 δε μετράει το σύνολο του σωματικού ύδατος, παρά μόνο το εξωκυττάριο υγρό. Επιτρέπει την εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος (ΑΜΣ ή FFM) και του ολικού νερού σώματος (ΟΝΣ ή TBW) αλλά δε μπορεί να μας δώσει διαφορές στα ενδοκυττάρια υγρά. Έχει βρεθεί ότι η χαρακτηριστική συχνότητα κατά την οποία το X_c γίνεται μέγιστο κυμαίνεται στους ενήλικες περίπου από 35 kHz έως 70 kHz, ενώ ο μέσος όρος είναι περίπου 50 kHz. Στα παιδιά η αντίστοιχη τιμή είναι λίγο μεγαλύτερη. Στην ενδιάμεση συχνότητα των 50 kHz το ρεύμα περνά, τόσο μέσα από τα κύτταρα (μεμβράνες και ενδοκυττάρια υγρά), όσο και μέσα από τα εξωκυττάρια υγρά και η μετρούμενη αντίσταση αντιστοιχεί στη συνισταμένη όλων των εμπλεκόμενων αντιστάσεων.

Η βιοηλεκτρική εμπέδηση πολλαπλών συχνοτήτων (ΒΕΠΣ) προσδιορίζει την αγωγιμότητα με την χρήση πολλαπλών συχνοτήτων. Συνήθως στα 5 kHz, 50 kHz, 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) και σύνολο του σωματικού ύδατος (ΟΝΣ ή TBW), μόνο που μπορούν να καθοριστούν με ακρίβεια το ενδοκυττάριο νερό (ICW) και το εξωκυττάριο (ECW) ξεχωριστά.

Τρόποι 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 στο πόδι του εξεταζόμενου. Με ελαφρύ ρουχισμό

και χωρίς υποδήματα απομακρύνοντας τα μεταλλικά αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με το δέρμα ο εξεταζόμενος ξαπλώνει σε μη αγωγίμη επιφάνεια σε τέτοια στάση ώστε τα χέρια να μην έρχονται σε επαφή με τον κορμό και οι μηροί να μην ακουμπάνε μεταξύ τους. Δύο ηλεκτρόδια εισαγωγής ρεύματος επικολλώνται στις κάτω επιφάνειες του χεριού και του ποδιού, και δύο ηλεκτρόδια ανίχνευσης στο μέσο της νοητής γραμμής μεταξύ των άκρων της κερκίδας και της ωλένης σο καρπό και στο μέσο της νοητής γραμμής μεταξύ του έξω και του έσω σφυρού στον αστράγαλο .



Εικόνες 10 & 11 : Σημεία τοποθέτησης επιθεμάτων στο πόδι και στο χέρι



Εικόνα 12: τοποθέτηση των τεσσάρων ηλεκτροδίων

Προϋποθέσεις εφαρμογής της μέτρησης

Για τη μέτρηση θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- ❖ Ο εξεταζόμενος θα πρέπει να βρίσκεται σε στάδιο νηστείας (να μην έχει

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

Γωνία φάσης

Προσδιορισμός της γωνίας φάσης

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.

Η διαπίδυση είναι ένα μέτρο του όγκου της χωρητικότητας της κυτταρικής μεμβράνης και μια έμμεση ένδειξη του ενδοκυτταρικού όγκου ή της σωματικής κυτταρικής μάζας.

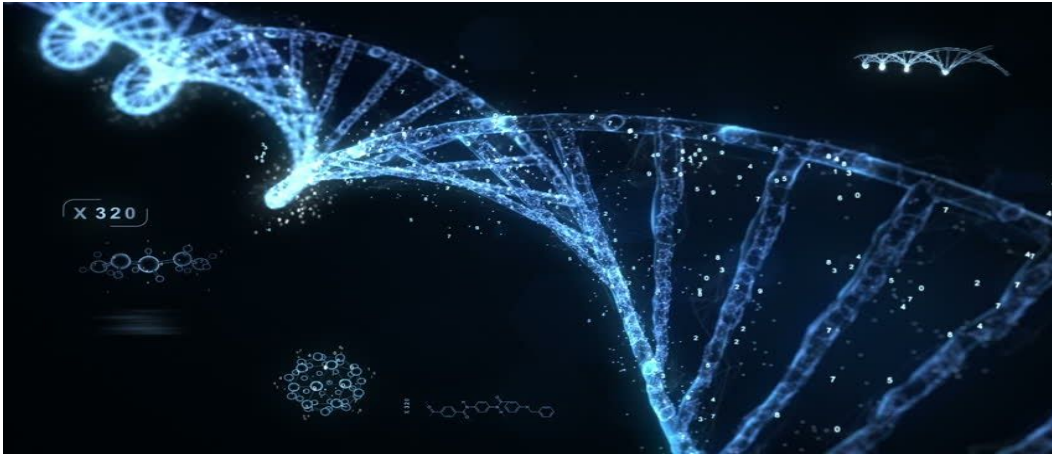
Ενώ το σωματικό λίπος, το ολικό σωματικό νερό και το εξωκυτταρικό υγρό παρουσιάζουν αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα, μόνο οι κυτταρικές μεμβράνες παρουσιάζουν πυκνωτική διαπίδυση. Αφού τα λιποκύτταρα δεν περιβάλλονται από κυτταρικές μεμβράνες, η διαπίδυση αυτή δεν επηρεάζεται από την ποσότητα του σωματικού λίπους.

Με τη γωνία φάσης μετράται η σχέση μεταξύ αντίστασης και διαπίδυσης.

Η γωνία φάσης είναι ένας προγνωστικός παράγοντας της εμφάνισης και της έκβασης μιας νόσου και αυξάνεται ως αποτέλεσμα της συνολικής υγείας του σώματος. Οι βασικοί παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η ισορροπημένη διατροφή και η συστηματική άσκηση. Η βιολογική έννοια της Γωνίας Φάσης, που μετράται μέσω της BE, 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. Η μέση γωνία φάσης για ένα υγιές άτομο είναι περίπου 6 με 9 μοίρες ανάλογα με το φύλο. Συνήθως, μια τιμή γωνίας φάσης ≥ 6 είναι επιθυμητή για τους άνδρες και ≥ 5 επιθυμητή για τις γυναίκες. Καθώς γερνάμε, παρατηρείται μια σημαντική μείωση της τιμής της γωνίας φάσης η οποία μπορεί να είναι ≥ 4 . Έφηβοι οι οποίοι αθλούνται συστηματικά ή κάνουν πρωταθλητισμό είναι πιθανό να πλησιάζουν τιμή ≥ 10 . Αυτή η δράση είναι αποτέλεσμα της ακεραιότητας των κυττάρων λόγω ηλικίας. Τα υγιή κύτταρα έχουν την ικανότητα να συγκρατούν πολύ περισσότερη ενέργεια από εκείνα που δεν είναι υγιή. Χαμηλές τιμές γωνίας φάσης φαίνεται να είναι συνυφασμένες είτε με κυτταρικό θάνατο είτε με βλάβη της κυτταρικής μεμβράνης ενώ οι υψηλές τιμές γωνίας φάσης είναι συνυφασμένες με μεγάλες ποσότητες άθικτων κυτταρικών μεμβρανών και συνολικά ακέρατη κυτταρική μάζα σώματος.

Χαμηλή γωνία φάσης παρατηρούμε συνήθως σε καταστάσεις όπως:

Υποσιτισμός
Ιογενείς λοιμώξεις (HIV/AIDS, βακτηριαίμια)
Χρόνιες νόσοι (κίρρωση του ήπατος, νεφρικές νόσοι, κ.α)
Καρκίνος (οι περισσότερες μορφές του)
Τρόπος ζωής (καταχρήσεις)
Χρόνιος αλκοολισμός
Γήρας



Καθοριστικοί παράγοντες της Γωνίας Φάσης

Η χρήση γωνίας φάσης βιοηλεκτρικής αντίστασης συνιστάται ως προγνωστικό εργαλείο στο κλινικό περιβάλλον, αλλά οι δημοσιευμένες βάσεις δεδομένων αναφοράς είναι διακριτικές και ελλιπείς. Περιγράφεται ως προγνωστικό εργαλείο σε πολλές κλινικές καταστάσεις. (Barbarosa Silva et al., 2005). Το φύλο η ηλικία, ο ΔΜΣ και το ποσοστό λίπους είναι οι κύριοι καθοριστικοί παράγοντες καθώς η γωνία φάσης διαφέρει μεταξύ των κατηγοριών αυτών. Αυτό παρατηρήθηκε και από έρευνα που έγινε και έδειξε ότι οι άνδρες και τα νεότερα άτομα έχουν υψηλότερες γωνίες φάσης (Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF, 1988). Μείωση στις τιμές της γωνίας φάσης με την αύξηση της ηλικίας, μελετώντας ηλικίες από 18-94 παρατηρήθηκε και απο την Barbosa-Silva καθώς και σε ηλικίες από 9-62 από άλλους ερευνητές. Η βιοηλεκτρική αντίσταση (R) και η αντίδραση (Xc) προσδιορίστηκαν για ολόκληρο το σώμα και ξεχωριστά για το βραχίονα, το πόδι και τον κορμό όπου παρατηρήθηκε 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)

Η γωνία φάσης αλλάζει με το φύλο και την ηλικία. Περιγράφεται ως προγνωστικό

εργαλείο σε πολλές κλινικές καταστάσεις. Υπάρχουν κάποιες αμφιβολίες όσον αφορά την εξέταση ως δείκτη διατροφής. Μελέτες σε θύματα εγκαύματος και δρεπανοκυτταρική νόσο επιβεβαιώνουν την ικανότητά τους να αξιολογούν τη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης. Η ανάλυση βιοηλεκτρικής αντοχής επιτρέπει μια ημι-ποσοτική εκτίμηση της σύστασης του σώματος από πληροφορίες από την ενυδάτωση των ιστών και τη μάζα των μαλακών μορίων σε μια γραφική παράσταση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υγιή άτομα ή ασθενείς, για εκτίμηση πληθυσμού ή ατομικής ανισορροπίας υγρού ή για αξιολόγηση μάζας μαλακών μορίων. Έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως προγνωστικό εργαλείο σε ασθενείς με αιμοκάθαρση και καρκίνο. (Barbosa-Silva et al., 2005)

Οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές ΓΦ σε σύγκριση με τις γυναίκες λόγω της αυξημένης τους μυϊκής μάζας (Anja Bosy - Westphal et al., 2006). Ομοίως στα παιδιά και τους εφήβους, η ηλικία και ο ΔΜΣ ήταν οι βασικοί καθοριστικοί παράγοντες της γωνίας φάσης. Οι καθοριστικοί παράγοντες της γωνίας φάσης διαφέρουν μεταξύ των ενηλίκων και των παιδιών. Παρουσιάζεται επίσης αύξηση της ΓΦ με την αύξηση του δείκτη μάζας σώματος. Αυτό παρατηρείται σε φυσιολογικούς και υπέρβαρους ενήλικες τιμές ΔΜΣ < 30, η γωνία φάσης αυξήθηκε με την αύξηση του ΔΜΣ, αλλά υπήρξε αντίστροφη συσχέτιση σε ΔΜΣ > 40 kg / m². (Anja Bosy - Westphal et al., 2006).

Στη μελέτη τους οι Ilia Beberashvili et al., ανέπτυξαν και χαρακτήρισαν Σε αυτή τη μελέτη αναπτύξαμε και χαρακτηρίσαμε μια βαθμολογία για την αξιολόγηση της διατροφικής κατάστασης σε ασθενείς με αιμοκάθαρση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περισσότεροι από τους μισούς ασθενείς (54,3%) είχαν σακχαρώδη διαβήτη (DM) και σχεδόν το ίδιο ποσοστό είχε ιστορικό καρδιαγγειακή νόσο (51,9%), Χαμηλές τιμές της γωνίας φάσης παρατηρήθηκαν σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια, και οίδημα σε ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση, ανεξάρτητα από μεταβολές βάρους, ανθρωπομετρικών μετρήσεων και εργαστηριακών μεταβλητών. Το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας σε ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση εμφάνισε θετική συσχέτιση με την γωνία φάσης (Ilia Beberashvili et al., 2010).

ο Vincenzo Bellizzi et al., έκανε έρευνα στην οποία συγκρίθηκαν ασθενείς με χρόνια νεφρική ανεπάρκεια (XNA) και υγιή άτομα. Εφαρμόστηκε ανθρωπομετρία και βιοηλεκτρική εμπέδηση σε όλους τους συμμετέχοντες, ενώ η νεφρική λειτουργία, οι εργαστηριακές εξετάσεις για τη διατροφική κατάσταση και η πρόσληψη θρεπτικών ουσιών αξιολογήθηκε μόνο στην ομάδα των ατόμων που είχαν XNA. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κανένας από τους ασθενείς με ΔΜΣ < 20kg/m² δεν εμφάνισε περιφερικό οίδημα και υποσιτισμό. Χαμηλές τιμές της γωνίας φάσης παρατηρήθηκαν επίσης σε ασθενείς με διαβήτη. Κατά την εφαρμογή της BIA παρατηρήθηκε ότι το σύνολο του

νερού στο σώμα ήταν ελαφρώς υψηλότερο στους άντρες (4,3%) σε σύγκριση με τις γυναίκες (3,5%) ενώ η μάζα των σωματικών κυττάρων ήταν χαμηλότερη στους άντρες (6,7%) απ αυτή των γυναικών 7,7% στους ασθενείς με ΧΝΑ. (Vincenzo Bellizzi et al., 2006)

μελέτες δείχνουν ότι χαμηλές τιμές Γωνίας Φάσης (ΓΦ) , η οποία μετράται με την μέθοδο της Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BE), σχετίζεται με, ύπαρξη διατροφικού κινδύνου και φαίνεται ότι αποτελεί δείκτη κακής λειτουργικής κατάστασης.

Αναφέρει σε έρευνα του ο Liviu Segall et al., η σπατάλη πρωτεϊνικής ενέργειας είναι μια κοινή επιπλοκή και ένας σημαντικός παράγοντας πρόβλεψης για τη θνησιμότητα ασθενείς με χρόνια αιμοκάθαρση. Ως εκ τούτου, η διατροφική κατάσταση χρειάζεται να αξιολογείται τακτικά σε αυτούς τους ασθενείς, χρησιμοποιώντας αρκετές μεθόδους και, αν υπάρχει υποσιτισμός, οι πιθανές αιτίες του θα πρέπει να αναζητηθεί διεξοδικά και να αντιμετωπιστεί σωστά. Σε ασθενείς με αιμοκάθαρση, που βρίσκονταν σε προχωρημένη ηλικία, ο διαβήτης και η καρδιακή ανεπάρκεια σχετίζονταν με κακή θρεπτική κατάσταση όπως εκτιμάται από τους δείκτες της ανθρωπομετρία, τους βιοχημικούς δείκτες και τη μέθοδο ΒΙΑ.

Αρκετές μελέτες έχουν επισημάνει την επιρροή των διατροφικών παραμέτρων και / ή των δεικτών φλεγμονής νοσηρότητας και θνησιμότητας. Συχνά, αυτές οι συνθήκες συνυπάρχουν, και δεν έχει αποσαφηνιστεί η σημασία της κακής διατροφικής κατάστασης και χρόνιας φλεγμονή όσον αφορά την πρόβλεψη των κλινικών αποτελεσμάτων στη χρόνια ασθενείς με αιμοκάθαρση (CHD). Πραγματοποιήθηκε μια αναλυτική μελέτη κατά την οποία έγιναν συριακές μετρήσεις σε συγκεντρώσεις λβουμίνης στον ορό, προαλβουμίνη, κρεατινίνη, τρανσφερίνη, χοληστερόλη και C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP). τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν ταυτόχρονα με τη χρήση δεικτών θνησιμότητας. Η λευκωματίνη ορού, η προαλβουμίνη ορού, η κρεατινίνη ορού και η γωνία φάσης ήταν σημαντικοί παράγοντες πρόβλεψης της θνησιμότητας. Διαπιστώθηκε επίσης ότι Οι συγκεντρώσεις της αντιδρώσας πρωτεΐνης (CRP) δεν σχετίζονταν σημαντικά με τη θνησιμότητα. Οι συγκεντρώσεις αλβουμίνης ορού και η γωνία φάσης ήταν επίσης προγνωστικοί παράγοντες των καρδιαγγειακών θανάτων. Στα αποτελέσματα φάνηκαν χαμηλές τιμές Γωνίας Φάσης (ΓΦ) , η οποία σχετίζεται με ύπαρξη διατροφικού κινδύνου, αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα ασθενούς με νεφρική νόσο. (Pumic L.B. et al., 2004).

Γωνία φάση σαν δείκτης λειτουργικής κατάστασης

Η γωνία φάσης συσχετίζεται θετικά με τη συνολική πρωτεΐνη του σώματος, την μυϊκή

μάζα καθώς και τη 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.

Φυσιολογικές και ανατομικές αλλαγές κατά τη παιδική ηλικία

Η χρονική περίοδος από τη βρεφική ηλικία μέχρι την εφηβεία, δηλαδή μέχρι τη στιγμή που αρχίζουν να διαφοροποιούνται τα δύο φύλα, ονομάζεται παιδική ηλικία, και μπορεί να χωρισθεί σε τρεις υποπεριόδους: τη νηπιακή ηλικία (1-3 ετών), τη προσχολική ηλικία (4-6 ετών) και τη σχολική περίοδο (7-10 ετών).

Ρυθμός ανάπτυξης

Συγκριτικά με τον γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης που παρατηρείται στη βρεφική ηλικία, ο ρυθμός ανάπτυξης κατά την παιδική ηλικία είναι αρκετά βραδύτερος. Η αύξηση του βάρους και του ύψους είναι σχετικά γρήγορη συμβαίνει όμως με πιο αργούς ρυθμούς απ αυτούς που παρατηρούνται κατά το πρώτο χρόνο της ζωής. Το βάρος του παιδιού αυξάνεται κατά 2-2,5kg το χρόνο ενώ το ύψος περίπου κατά 7,5 εκ. μέχρι την ηλικία των 7 ετών και 5 εκ. μέχρι την αρχή της εφηβείας. Γενικά, ο ρυθμός ανάπτυξης είναι σταθερός και αργός κατά τη προσχολική και τη σχολική περίοδο τη ζωής, αλλά μπορεί να είναι ακανόνιστος σε συγκεκριμένα παιδιά. Κάποια παιδιά μπορεί να βρίσκονται σε περίοδο στασιμότητας για αρκετούς μήνες, μετά από την οποία εμφανίζουν μια απότομη ώθηση του ύψους και του βάρους προς ανώτερες τιμές. Επίσης παρατηρούνται διαφορές στην ανάπτυξη μεταξύ των δύο φύλων. Χαρακτηριστικά, η περίμετρος μέσης των αγοριών, αν και πολύ κοντά σε αυτή των κοριτσιών, ήδη έχει αρχίσει να φαίνεται πως θα εξελιχθεί σε σχετικά αυξημένη, δίνοντας τη χαρακτηριστική εικόνα της κεντρικής παχυσαρκίας, η οποία αρχίζει να γίνεται εμφανής από την εφηβική ηλικία.

Σύσταση σώματος

Η αύξηση στο βάρος και το ύψος είναι μόνο δύο από τις αλλαγές στο σώμα των παιδιών και αντικατοπτρίζουν την επιμήκυνση των οστών και την ανάπτυξη του μυϊκού συστήματος. Όλοι οι ιστοί, τα όργανα και τα συστήματα του σώματος, αναπτύσσονται, όπως ο συνδετικός ιστός, τα δόντια και το νευρικό σύστημα. Η σύσταση του σώματος μεταβάλλεται κατά την παιδική ηλικία. Το ποσοστό λίπους, το οποίο είναι υψηλό μετά τη γέννηση και κατά τη βρεφική ηλικία, αρχίζει να μειώνεται σημαντικά μέχρι την ηλικία

των 6 ετών, οπότε φτάνει στην ελάχιστη τιμή του. η αναλογία των υγρών του σώματος είναι παρόμοια με αυτή ενός ενήλικα μετά την ηλικία των 2-3 ετών. Επίσης δεν είναι συχνές οι μεγάλες αλλαγές στην αναλογία ενδοκυττάριου και εξωκυττάριου υγρού. Επομένως το παιδί είναι λιγότερο επιδεκτικό στην αφυδάτωση απ' ότι το βρέφος. Το εξωκυττάριο υγρό μειώνεται, ενώ αυξάνεται το ενδοκυττάριο λόγω της παραγωγής νέων κυττάρων. (Ζαμπέλας Α., 2003)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Πληθυσμός μελέτης

Οι συμμετέχοντες της μελέτης στους οποίους πραγματοποιήθηκαν οι απαιτούμενες μετρήσεις είναι παιδιά (αγόρια και κορίτσια) ηλικίας 9 έως 12 ετών, οι οποίοι μαθητεύουν σε δημοτικά σχολεία στο δήμο Θεσσαλονίκης καθώς και σε άλλους δήμους της Πόλης. 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 του βάρους, του ύψους, των περιμέτρων μέσης και ισχίου, καθώς και η μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, ενώ καταγράφηκε η ηλικία και το φύλο των συμμετεχόντων.

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 ύψους

Το ύψος των συμμετεχόντων μετρήθηκε με μη ελαστική μεζούρα η οποία εφαρμόστηκε σε κάθετη επιφάνεια. Ο εξεταζόμενος κατά την διαδικασία της μέτρησης βρίσκεται σε όρθια θέση, χωρίς υποδήματα και πρέπει να κρατάει το κεφάλι του στο οριζόντιο κογχοακουστικό επίπεδο. Η θέση αυτή εξασφαλίζεται όταν ο εξεταζόμενος βλέπει ευθεία μπροστά και μακριά. 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 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 με την μέθοδο της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις BE με συσκευή 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 τρίωρο πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης.

Στατιστική ανάλυση

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

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Περιγραφικά Χαρακτηριστικά

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε δείγμα 127 μαθητών δημοτικού, 67 αγοριών και 59 κοριτσιών, ηλικίας 9-12 ετών. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα στοιχεία που αφορούν τις μέσες τιμές των δημογραφικών και σωματικών χαρακτηριστικών των ατόμων του δείγματος. Στον Πίνακα 1, παρατηρείται ότι το ελάχιστο παρατηρηθέν βάρος είναι τα 23 κιλά, το μέγιστο τα 63 και το μέσο βάρος του δείγματος βρίσκεται στα 39.8 κιλά. Όσον αφορά το ύψος, το ελάχιστο κυμαίνεται στα 124 εκατοστά ενώ το μέγιστο στα 162, με τη μέση τιμή να βρίσκεται στα 144.9 εκατοστά. Τέλος, ο μέσος δείκτης μάζας σώματος του δείγματος κυμαίνεται σε φυσιολογικές τιμές.

Πίνακας 1 Περιγραφικά Στατιστικά

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ηλικία	127	9.0000	12.0000	10.433071	.8506818
Βάρος	127	23.0000	63.2000	39.843307	9.2746933
Ύψος	127	124.0000	162.0000	144.913386	8.2423833
ΔΜΣ	127	13.90000	27.10000	18.7587402	2.91007200

Στον Πίνακα 2 έχουν συμπεριληφθεί όλα τα ειδικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά και δείκτες υγείας του δείγματος με βάση το φύλο. Παρατηρείται ότι ενώ η μέση περίμετρος μέσης δεν έχει σημαντική διαφορά στα δύο φύλα, η μέση περίμετρος ισχύου έχει σημαντική διαφορά με αυτή των κοριτσιών να είναι μεγαλύτερη. Επίσης, ο μέσος δείκτης κυτταρικής υγείας είναι περίπου ίδιος και στα δύο φύλα, όπως και το μέσο σωματικό λίπος. Αντίθετα, ο μέσος δείκτης μάζας σώματος είναι υψηλότερος στα αγόρια, όπως και το μέσο βάρος της άλιπης σωματικής μάζας. Τέλος, οι δείκτες που αφορούν στον μεταβολισμό διαφέρουν στα δύο φύλα, με αυτούς που αναφέρονται στα κορίτσια να είναι υψηλότεροι.

Πίνακας 2 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

Φύλο	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο Πληθυσμού	
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation
Περίμετρος μέσης	57.58	2.41	57.33	1.69	57.45	2.09
Περίμετρος ισχύου	63.89	1.91	64.08	1.96	63.99	1.92
Δείκτης κυτταρικής υγείας	5.66	.51	5.57	.62	5.62	.56
Μυϊκή - οστική μάζα σώματος	7.62	1.44	6.89	1.34	7.27	1.44
Κυτταρική μάζα σώματος	21.32	4.78	15.93	4.40	18.80	5.30
Βασικός μεταβολισμός	1052.88	204.31	1145.20	137.09	1087.48	205.18
Βασικός μεταβολισμός βάρους	26.63	2.73	30.16	3.95	28.28	3.77
Μεταβολισμός δραστηριότητας	1546.38	363.55	1872.84	1347.28	1695.92	965.78
Δείκτης μάζας σώματος (kg/m ²)	19.20	2.98	18.30	2.75	18.75	2.91

Δείκτης μάζας σωματικού λίπους	4.37	1.79	4.28	1.86	4.32	1.81
Δείκτης μάζας χωρίς λίπος	14.95	1.73	14.01	1.34	14.49	1.63
Πηλίκιο Μέσης-Ισχύων	.92	0.00	.92	0.00	.92	0.00
Σωματικό λίπος kg	9.18	4.54	9.19	4.38	9.16	4.44
Βάρος Άλιπης Σωματικής Μάζας kg	31.62	5.79	29.73	5.62	30.68	5.78

Παράλληλα, στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες θέσεις και τα z-scores του δείγματος για τους δείκτες βάρος προς ηλικία, ύψος προς ηλικία και ΔΜΣ προς ηλικία όπως ορίζονται από τον WHO και της αντίστοιχες καμπύλες σωματικής ανάπτυξης των παιδιών. Για τον υπολογισμό των τιμών αυτών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό WHO Anthro. Παρατηρούμε ότι όλοι οι δείκτες κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα και το δείγμα μας είναι υγιές.

Πίνακας 3 Εκατοστιαίες θέσεις και z-score του δείγματος

Δείκτες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο Πληθυσμού	
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation
Zscore Βάρος προς ηλικία	1.0358	1.4094	0.5415	1.0884	0.7957	1.2791
Zscore Υψος προς ηλικία	0.6969	1.1513	0.5941	1.0012	0.6491	1.0812
Zscore ΔΜΣ προς ηλικία	0.8965	1.1303	0.4290	1.0088	0.6793	1.0966
Percentile Βάρος προς ηλικία	72.0441	30.81743	62.6225	29.4969	67.403	30.3188
Percentile Υψος προς ηλικία	67.2773	26.4569	65.4642	25.9279	66.4215	26.1187

Percentile ηλικία	ΔΜΣ προς	71.3909	27.7564	62.4530	29.0650	67.1722	28.6191
----------------------	----------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

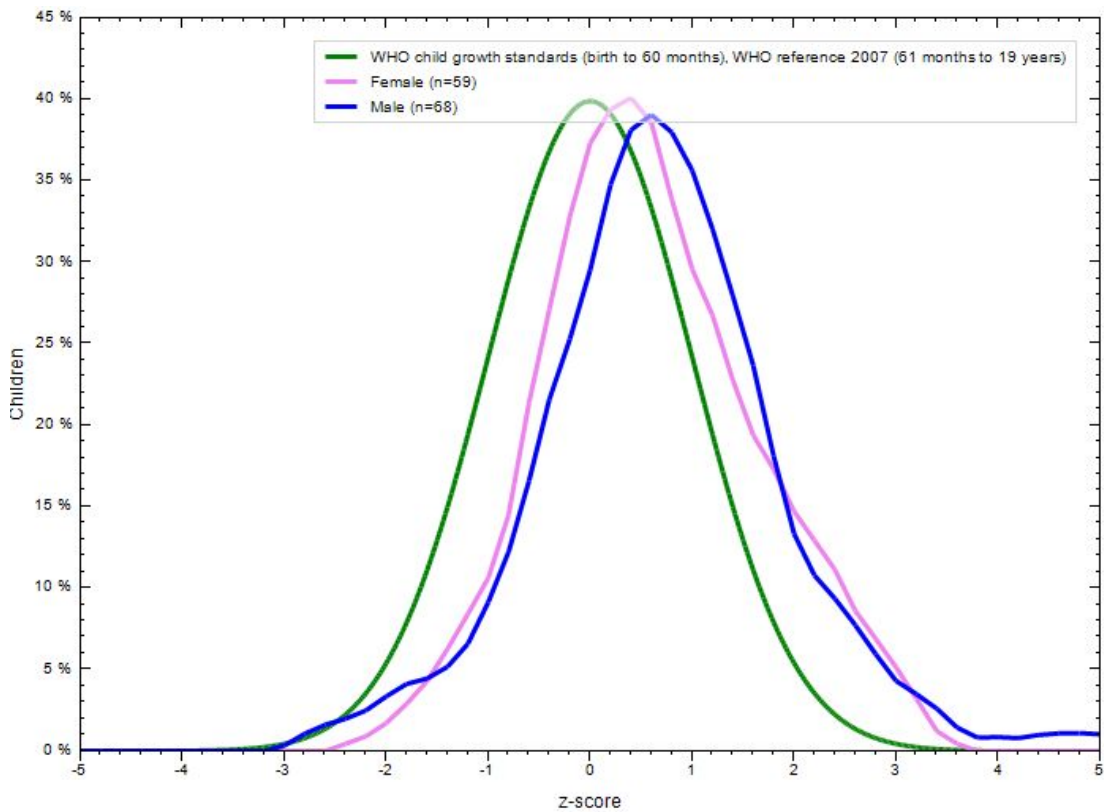


Figure 1 Zscore Ύψος προς ηλικία

Στο Figure 1 παρατηρούμε την καμπύλη zscore ύψος προς ηλικία με ροζ χρώμα για τα κορίτσια και μπλε για τα αγόρια, ενώ με πράσινο αποτυπώνεται η καμπύλη κανονικής ανάπτυξης του WHO για παιδιά ηλικίας 61 μηνών έως 19 χρόνων. Είναι εμφανές ότι και οι δύο καμπύλες – κατανομές βρίσκονται πολύ κοντά στη φυσιολογική, με το δείγμα των κοριτσιών να βρίσκεται πιο κοντά στα πλαίσια φυσιολογικής ανάπτυξης σε σχέση με τα αγόρια.

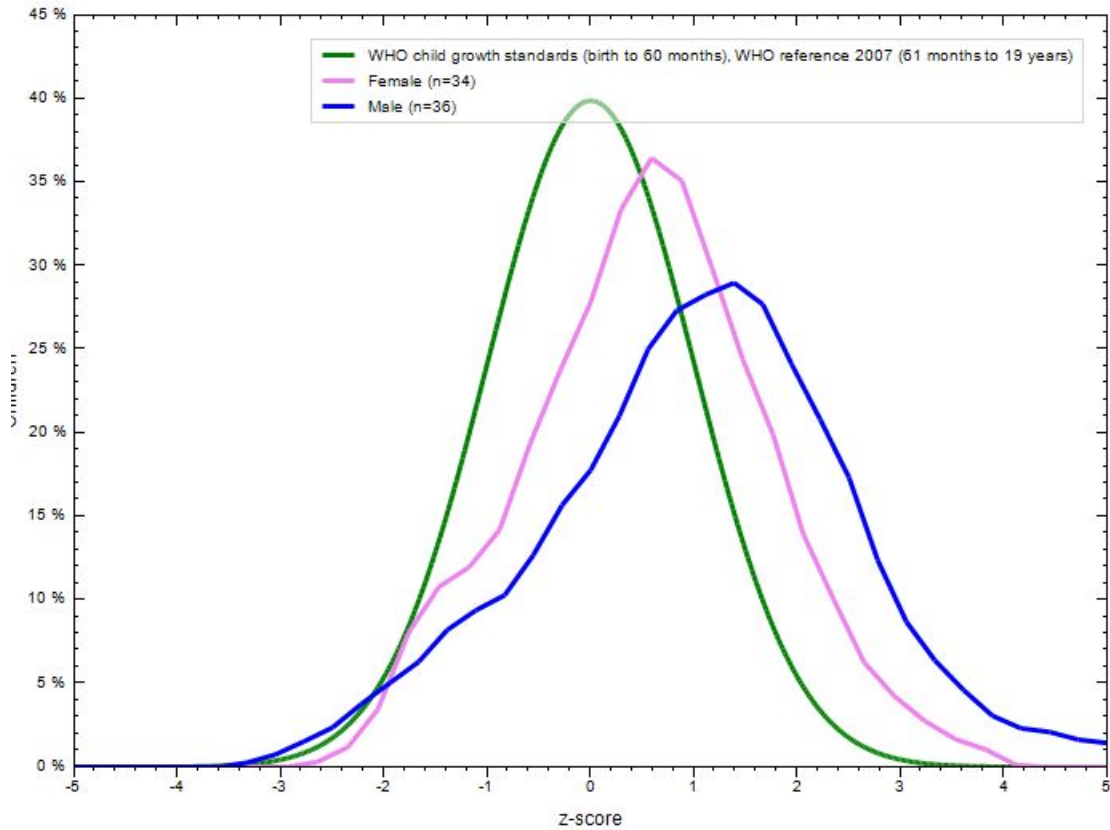


Figure 2 Zscore Βάρους προς ηλικία

Στο Figure 2 παρατηρούμε την καμπύλη zscore βάρους προς ηλικία με ροζ χρώμα για τα κορίτσια και μπλε για τα αγόρια, ενώ με πράσινο αποτυπώνεται η καμπύλη κανονικής ανάπτυξης του WHO για παιδιά ηλικίας 61 μηνών έως 19 χρόνων. Είναι εμφανές ότι και η δύο καμπύλες – κατανομές αποκλείουν λίγο από τη φυσιολογική, με το δείγμα των αγοριών να αποκλείουν περισσότερο και να βρίσκεται πιο δεξιά.

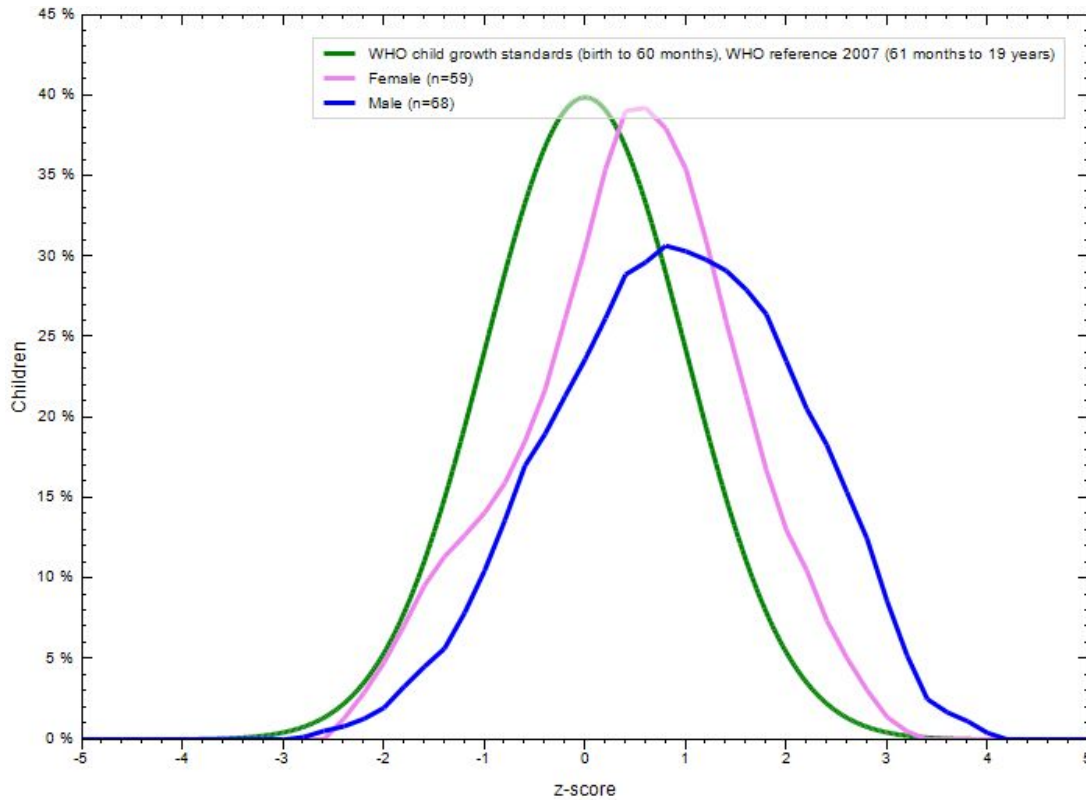


Figure 3 Zscore ΔΜΣ προς ηλικία

Στο Figure 3 παρατηρούμε την καμπύλη zscore ΔΜΣ προς ηλικία με ροζ χρώμα για τα κορίτσια και μπλε για τα αγόρια, ενώ με πράσινο αποτυπώνεται η καμπύλη κανονικής ανάπτυξης του WHO για παιδιά ηλικίας 61 μηνών έως 19 χρόνων. Είναι εμφανές ότι και η δύο καμπύλες – κατανομές βρίσκονται πολύ κοντά στη φυσιολογική, με το δείγμα των κοριτσιών να βρίσκεται πιο κοντά στα πλαίσια φυσιολογικής ανάπτυξης σε σχέση με τα αγόρια.

Παρατηρείται ότι το μέγεθος του δείγματος είναι μικρότερο για τις μετρήσεις που αφορούν τα z-score βάρος προς ηλικία και ύψος προς ηλικία και για τις αντίστοιχες εκατοστιαίες θέσεις, γιατί για κάποιες από τις περιπτώσεις των παιδιών δεν έχουν υπολογιστεί οι αντίστοιχες τιμές λόγω κάποιων περιορισμών που αναφέρει ο WHO. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα z-scores εμφανίζονται ως μη διαθέσιμα (NA) όταν:

- Η ηλικία του παιδιού είναι πάνω από 60 ολοκληρωμένους μήνες
- Η ηλικία του παιδιού είναι άγνωστη, συνεπώς WAZ, HAZ, BAZ, HCZ, MUACZ, TSFZ και SSFZ είναι NA

- Το μήκος του παιδιού είναι <45 cm ή > 110 cm και η ηλικία του είναι μικρότερη των 24 μηνών, συνεπώς όλα οι δείκτες βάσει μήκους είναι NA
- Το ύψος του παιδιού είναι <65 cm ή > 120 cm και η ηλικία του είναι 24 μηνών ή μεγαλύτερα, συνεπώς όλα οι δείκτες βάσει ύψους είναι NA
- Η ηλικία του παιδιού είναι μικρότερη των 3 μηνών, συνεπώς τα MUACZ, TSFZ και SSFZ είναι NA

Συσχετίσεις σωματομετρικών

Έπειτα, ακολούθησε ανάλυση συσχετίσεων μεταξύ των σωματομετρικών και συγκεκριμένα των τεσσάρων γωνιών φάσης που προέκυψαν από τις τέσσερις μετρήσεις βιοηλεκτρικής εμπέδωσης με συχνότητα 5, 50, 100 και 200 kHz σε σχέση με το ποσοστό λίπους, την κυτταρική μάζα σώματος, το λόγο μέσης ισχύου, και z-score και τις εκατοστιαίες θέσεις της σχέσης ύψους προς ηλικία και βάρους προς ηλικία. Ο στατιστικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε με το συντελεστή συσχέτισης του Pearson σε επίπεδο σημαντικότητας 99% και 95% για τους πληθυσμούς των αγοριών και κοριτσιών. Τα αποτελέσματα αναλύονται στους παρακάτω πίνακες.

A) Γωνία φάσης (Μέτρηση 5Hz)

Μέτρια αρνητική συσχέτιση στατιστικά σημαντική παρουσιάστηκε μεταξύ της κυτταρικής μάζας σώματος των αγοριών παρουσιάζει μέτρια αρνητική συσχέτιση ($r=-.417$ και $p\text{-value}=.000$) με τη γωνία φάσης, ενώ των κοριτσιών μέτρια θετική ($r = .352$ και $p\text{-value}= .006$) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01. Τέλος, για τα αγόρια παρουσιάστηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της γωνίας φάσης και του z score και της εκατοστιαίας θέσης βάρους προς ηλικία ($r=-.709$ και $r=-.652$ αντίστοιχα) σε επίπεδο σημαντικότητας 99%

Πίνακας 4 Συσχετίσεις σωματομετρικών (α)

Χαρακτηριστικό	r / P – value		Αποτέλεσμα	
	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια
Ποσοστό λίπους	-.024 / .846	-.147 / .266	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Κυτταρική Μάζα Σώματος	-.417 / .000	.352 / .006	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Λόγος Μέσης Ισχύου	-.094 / .449	-.065 / .622	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Z-score ύψος προς ηλικία	-.195/.110	-.089/.500	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Z-score βάρος προς ηλικία	-.709/.000	.086/.627	Στατιστικά σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Εκατ. Θέση ύψος προς ηλικία	-.120/335	.141/.288	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Εκατ. Θέση βάρους προς ηλικία	-.652/.000	.158/.381	Στατιστικά σημαντική	Μη στατ. σημαντική

B) Γωνία φάσης (Μέτρηση 50Hz)

Σημαντικό εύρημα αποτελεί το γεγονός ότι σε αυτή τη μέτρηση η κυτταρική μάζα σώματος των αγοριών παρουσιάζει μέτρια αρνητική συσχέτιση ($r=-.422$ και $p\text{-value}=.000$) με τη γωνία φάσης και των κοριτσιών μέτρια αρνητική επίσης ($r = -.499$ και $p\text{-value}= .006$) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01. Αρνητική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ της γωνίας φάσης και του z-score ύψους προς ηλικία, ισχυρή για τα κορίτσια ($r=-.280$). Παράλληλα, αρνητική συσχέτιση βρέθηκε και για τη γωνία φάσης με το z-score βάρος προς ηλικία για τον πληθυσμό των κοριτσιών ($r=-.408$ σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05), ενώ αντίστοιχα για τον πληθυσμό των αγοριών βρέθηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση της γωνίας φάσης και του z-score βάρος προς ηλικία ($r=-.690$) και της εκατοστιαίας θέσης βάρους προς ηλικία ($r=-.625$).

Πίνακας 5 Συσχετίσεις σωματομετρικών (β)

Χαρακτηριστικό	r / P – value		Αποτέλεσμα	
	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια
Ποσοστό λίπους	-.019 / .876	-.026 / .844	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Κυτταρική Μάζα Σώματος	-.422 / .000	-.499 / .000	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Λόγος Μέσης Ισχύου	-.107 / .390	.087 / .512	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Z-score ύψος προς ηλικία	-.175 / .155	-.280 / .032	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική

Z-score βάρους προς ηλικία	- .690 / .000	- .408 / .017	Μη στατ. σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Εκατ. Θέση ύψους προς ηλικία	- .120 / .335	- .244 / .062	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Εκατ. Θέση βάρους προς ηλικία	- .625 / .000	- .291 / .100	Στατιστικά σημαντική	Μη στατ. σημαντική

Γ) Γωνία φάσης (Μέτρηση 100Hz)

Η κυτταρική μάζα σώματος των αγοριών παρουσιάζει μέτρια αρνητική συσχέτιση ($r = -.428$ και $p\text{-value} = .000$) με τη γωνία φάσης και των κοριτσιών μέτρια αρνητική επίσης ($r = -.498$ και $p\text{-value} = .000$) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01. Παράλληλα, ισχυρή αρνητική συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ της γωνίας φάσης και του z-score βάρους προς ηλικία στον πληθυσμό των αγοριών ($r = -.708$), ενώ για τον αντίστοιχο πληθυσμό των κοριτσιών εμφανίστηκε μέτρια αρνητική συσχέτιση ($r = -.355$). Τέλος, για τον πληθυσμό των αγοριών παρατηρήθηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της γωνίας φάσης και της εκατοστιαίας θέσης βάρους προς ηλικία.

Πίνακας 6 Συσχετίσεις σωματομετρικών (γ)

Χαρακτηριστικό	r / P – value		Αποτέλεσμα	
	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια
Ποσοστό λίπους	- .025 / .843	- .021 / .876	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Κυτταρική Μάζα Σώματος	- .428 / .000	- .498 / .000	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Λόγος Μέσης Ισχύου	- .104 / .401	.088 / .508	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Z-score ύψους προς ηλικία	- .187 / .126	- .240 / .067	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική

Z-score βάρος προς ηλικία	-.708 / .000	-.355 / .039	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Εκατ. Θέση ύψος προς ηλικία	-.129 / .303	-.216 / .100	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Εκατ. Θέση βάρος προς ηλικία	-.657 / .000	-.255 / .152	Στατιστικά σημαντική	Μη στατ. σημαντική

Δ) Γωνία φάσης (Μέτρηση 200Hz)

Η κυτταρική μάζα σώματος των αγοριών παρουσιάζει μέτρια αρνητική συσχέτιση ($r=-.432$ και $p\text{-value}=.000$) με τη γωνία φάσης και των κοριτσιών μέτρια αρνητική επίσης ($r = -.495$ και $p\text{-value}= .000$) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01. Παράλληλα, και σε αυτή τη μέτρηση η γωνία φάσης παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με το z-score βάρος προς ηλικία, ισχυρή για τον πληθυσμό των αγοριών ($r=-.728$) και μέτρια για τον πληθυσμό των κοριτσιών ($r=-.356$). Τέλος, μέτρια αρνητική συσχέτιση σημειώθηκε μεταξύ της γωνίας φάσης και της εκατοστιαίας θέσης βάρους προς ηλικία για τον πληθυσμό των αγοριών ($r=-.682$).

Πίνακας 7 Συσχετίσεις σωματομετρικών (δ)

Χαρακτηριστικό	r / P – value		Αποτέλεσμα	
	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια
Ποσοστό λίπους	-.028 / .821	-.023 / .862	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Κυτταρική Μάζα Σώματος	-.432 / .000	-.495 / .000	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Λόγος Μέσης Ισχύου	-.079 / .526	.085 / .520	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Z-score ύψος προς ηλικία	-.202 / .099	-.215 / .102	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική

Z-score βάρος προς ηλικία	-.728 / .000	-.356 / .039	Στατιστικά σημαντική	Στατιστικά σημαντική
Εκατ. Θέση ύψος προς ηλικία	-146 / .244	-.187 / .157	Μη στατ. σημαντική	Μη στατ. σημαντική
Εκατ. βάρος προς ηλικία	-.682 / .000	-.257 / .148	Στατιστικά σημαντική	Μη στατ. σημαντική

Για όλες τις μετρήσεις της γωνίας φάσης παρατηρήθηκε ότι η κυτταρική μάζα σώματος και το z-score βάρος προς ηλικία παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με τη γωνία φάσης στους πληθυσμούς αγοριών και κοριτσιών, ενώ η εκατοστιαία θέση βάρος προς ηλικία παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση μόνο για τα αγόρια. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που δεν μας επιτρέπουν να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα με το γενικό πληθυσμό, όπως το μικρό μέγεθος του δείγματος για τις μετρήσεις που αφορούν τα z-score βάρος προς ηλικία και ύψος προς ηλικία και για τις αντίστοιχες εκατοστιαίες θέσεις, καθώς για κάποιες από τις περιπτώσεις των παιδιών.

Τέλος, παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες θέσεις για τις γωνίες φάσης των τεσσάρων μετρήσεων και της κυτταρικής μάζας, όπως προέκυψαν από την παρούσα εργασία στο σύνολο του πληθυσμού και στους πληθυσμούς των αγοριών και των κοριτσιών.

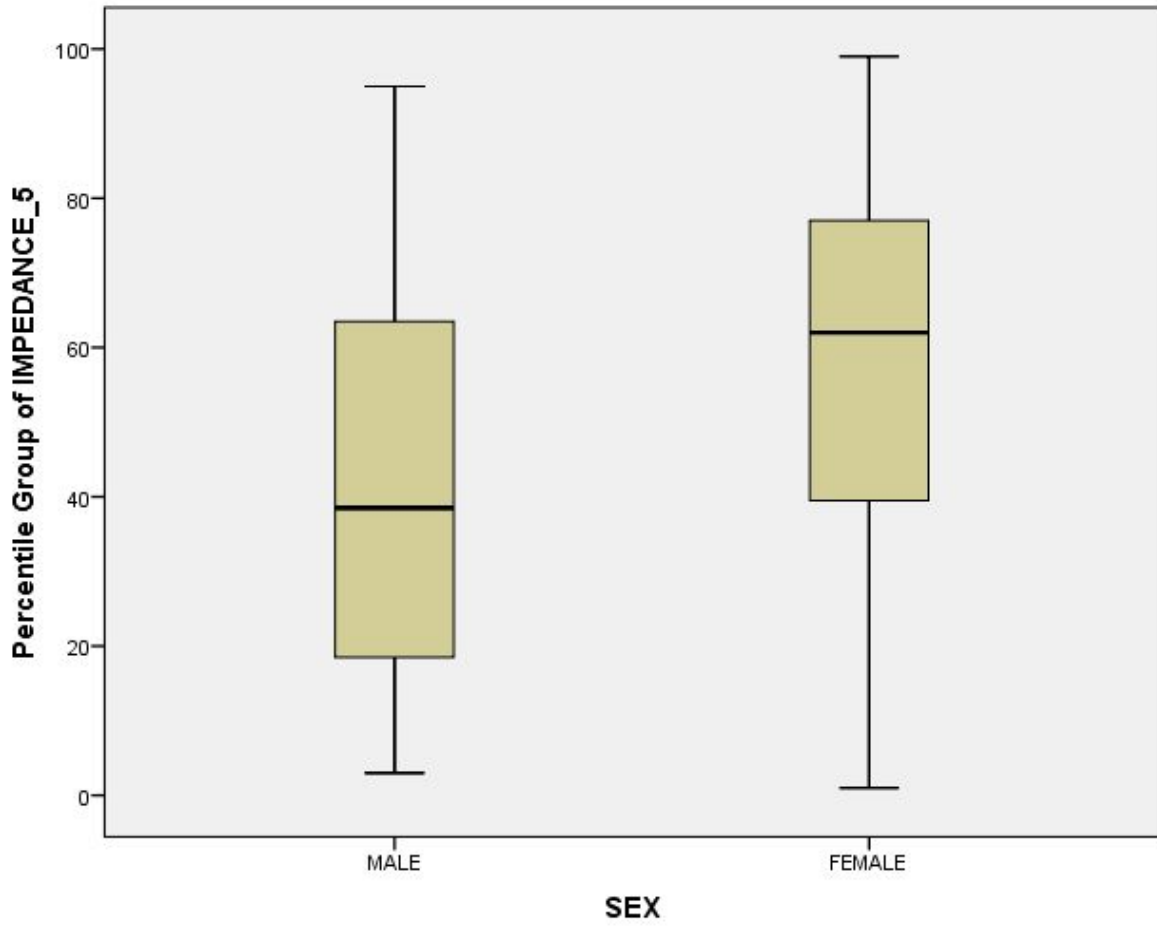
Εκατοστιαίες θέσεις γωνίας φάσης (5kHz)

	Εκατοστιαίες Θέσεις						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (5kHz)	600.4	637	689	723	781	841	876.6

	Εκατοστιαίες Θέσεις (αγοριών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (5kHz)	580.6	611.8	672.25	709.5	760	827.1	862.65

	Εκατοστιαίες Θέσεις (κοριτσιών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (5kHz)	620	673	710	754	787	847	896

Από το boxplot διάγραμμα για τους πληθυσμούς των δύο φύλων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές γωνίας φάσης που παρουσιάζουν, καθώς υπάρχει μεγάλη αλληλοεπικάλυψη στα δύο σχήματα.



Εκατοστιαίες θέσεις γωνίας φάσης (50kHz)

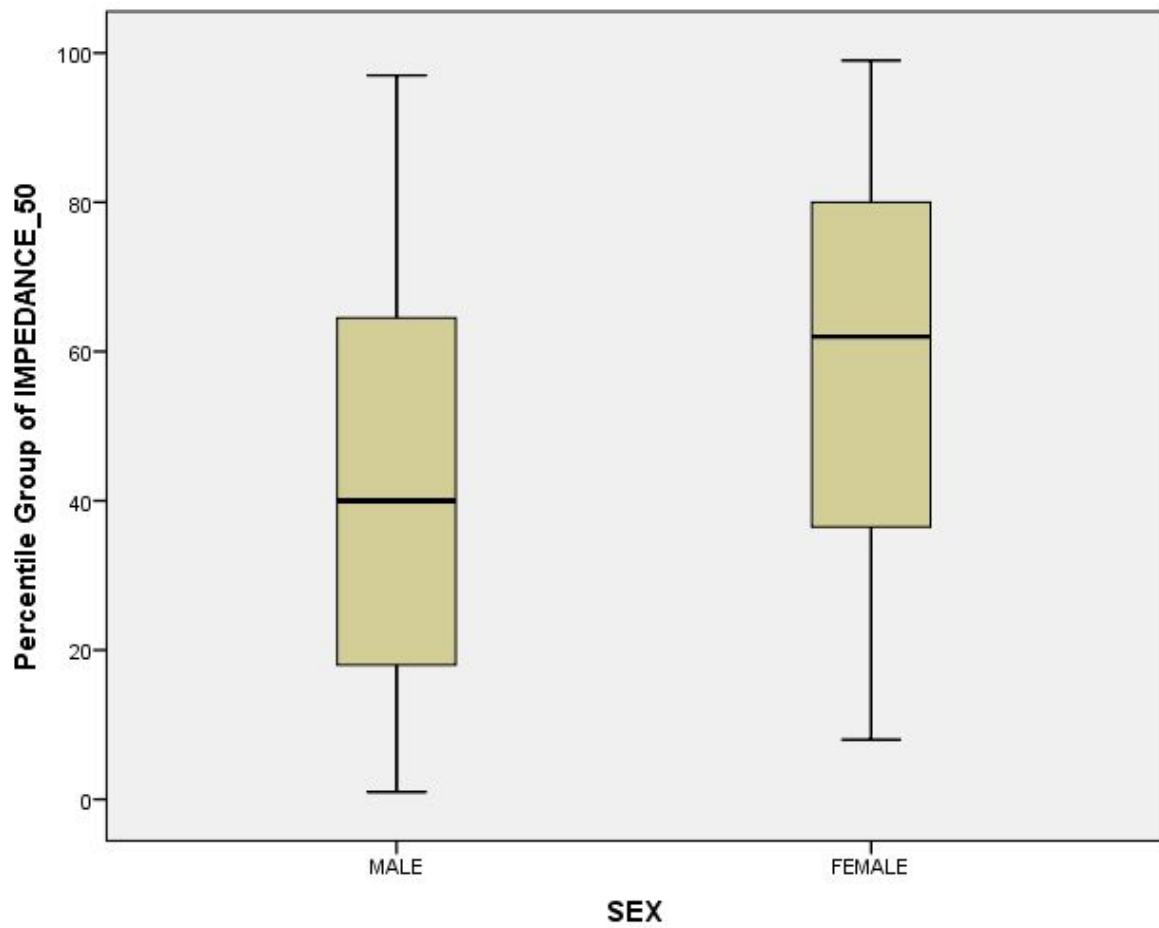
	Εκατοστιαίες Θέσεις
--	---------------------

	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (50kHz)	545.4	567	623	659	707	755.2	773.2

	Εκατοστιαίες Θέσεις (αγοριών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (50kHz)	519.6	548.4	604	640	687.25	734.8	757.6

	Εκατοστιαίες Θέσεις (κοριτσιών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (50kHz)	580	605	634	682	725	766	803

Από το boxplot διάγραμμα για τους πληθυσμούς των δύο φύλων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές γωνίας φάσης που παρουσιάζουν, καθώς υπάρχει μεγάλη αλληλοεπικάλυψη στα δύο σχήματα.



Εκατοστιαίες θέσεις γωνίας φάσης (100kHz)

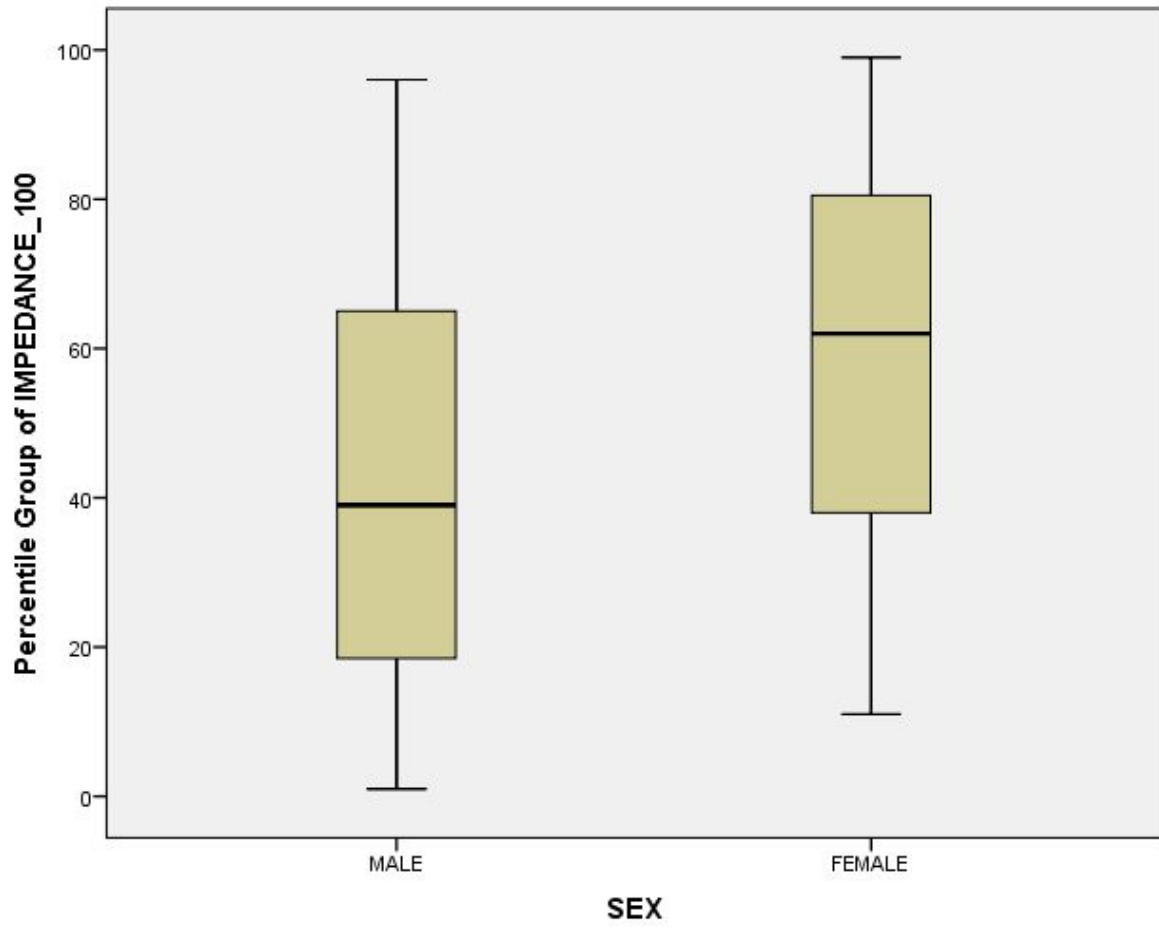
	Εκατοστιαίες Θέσεις
--	---------------------

	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (100kHz)	516.4	536.6	590	628	674	716.6	745.2

	Εκατοστιαίες Θέσεις (αγοριών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (100kHz)	487.7	516.9	570.25	609	660.5	704.2	732.15

	Εκατοστιαίες Θέσεις (κοριτσιών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (100kHz)	548	571	606	654	695	729	777

Από το boxplot διάγραμμα για τους πληθυσμούς των δύο φύλων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές γωνίας φάσης που παρουσιάζουν, καθώς υπάρχει μεγάλη αλληλοεπικάλυψη στα δύο σχήματα.



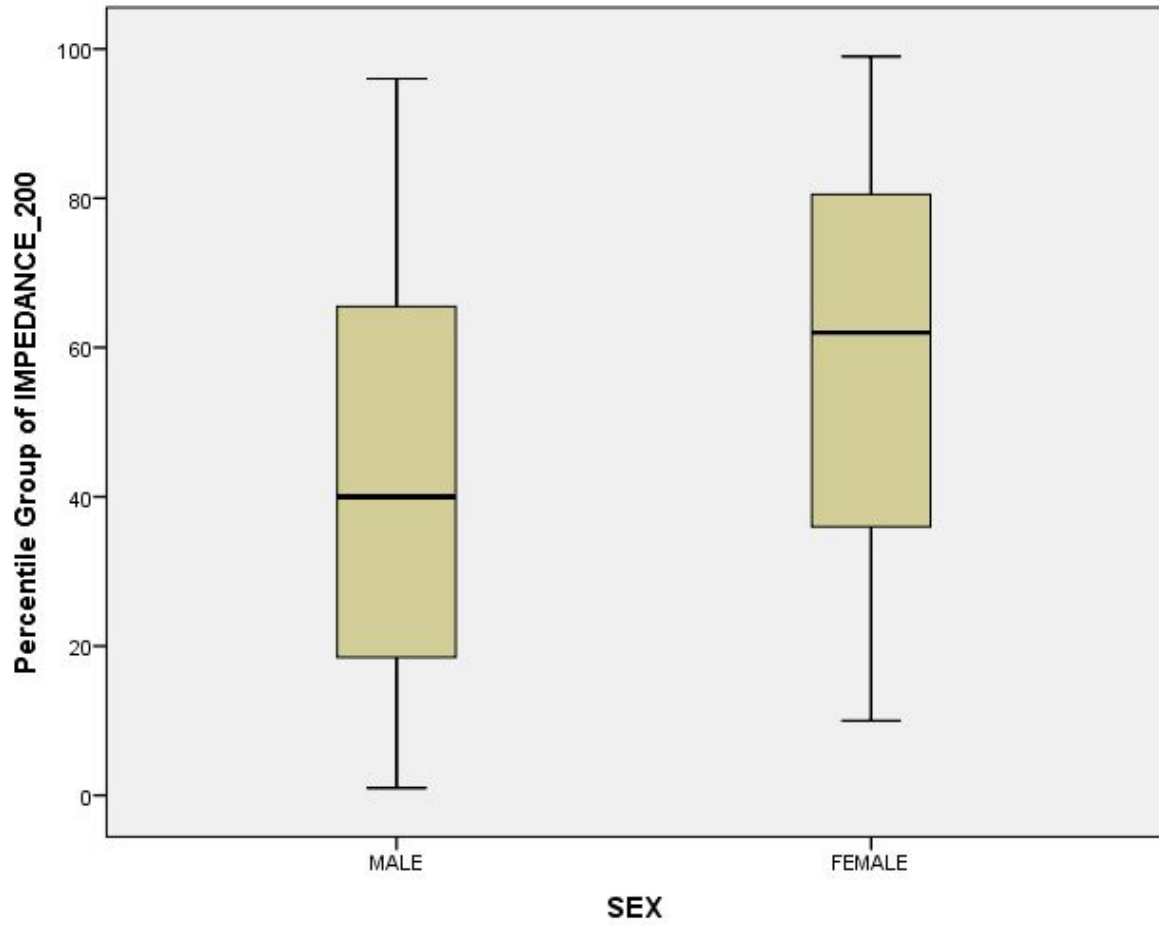
Εκατοστιαίες θέσεις γωνίας φάσης (200kHz)

	Εκατοστιαίες Θέσεις						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (200kHz)	494.6	515.6	562	599	644	684.4	708.6

	Εκατοστιαίες Θέσεις (αγοριών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (200kHz)	469	496.6	546.5	581.5	628.75	674	697.05

	Εκατοστιαίες Θέσεις (κοριτσιών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Γωνία φάσης (200kHz)	517	542	577	618	666	698	747

Από το boxplot διάγραμμα για τους πληθυσμούς των δύο φύλων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές γωνίας φάσης που παρουσιάζουν, καθώς υπάρχει μεγάλη αλληλοεπικάλυψη στα δύο σχήματα.



Εκατοστιαίες θέσεις κυτταρικής μάζας σώματος

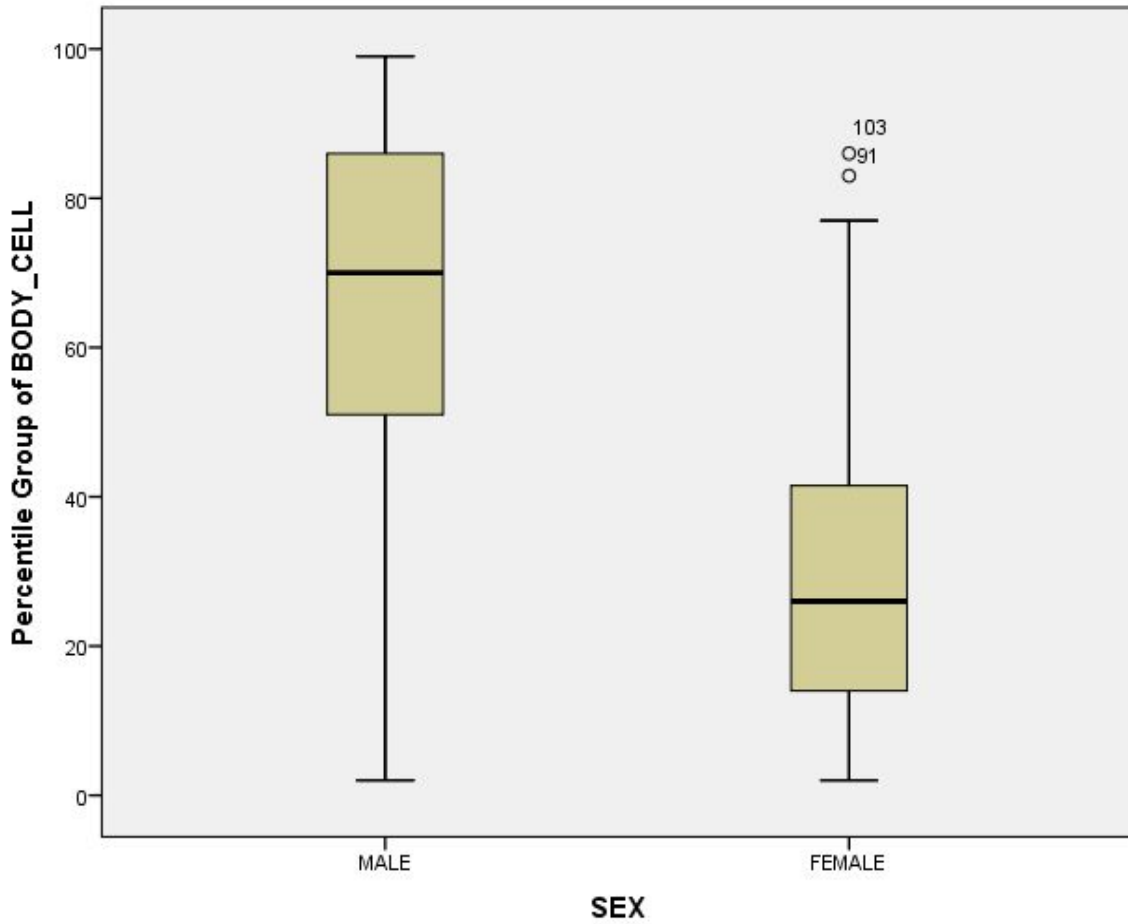
	Εκατοστιαίες Θέσεις
--	---------------------

	5	10	25	50	75	90	95
Κυτταρική Μάζα Σώματος	12.18	13.56	15.70	19.70	22.00	24.46	26.06

	Εκατοστιαίες Θέσεις (αγοριών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Κυτταρική Μάζα Σώματος	15.98	17.26	20.00	21.70	23.90	26.02	27.66

	Εκατοστιαίες Θέσεις (κοριτσιών)						
	5	10	25	50	75	90	95
Κυτταρική Μάζα Σώματος	4.40	12.70	14.30	15.70	18.10	21.40	22.60

Από το boxplot διάγραμμα για τους πληθυσμούς των δύο φύλων υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά την κυτταρική μάζα που παρουσιάζουν, καθώς η κατανομή των αγοριών είναι υψηλότερα σε σχέση με αυτή των κοριτσιών στο μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην έρευνα μας αναπτύξαμε αναλύσαμε τη γωνία φάση των παιδιών σε σχέση με τα συμμετρικά χαρακτηριστικά και τους δείκτες ανάπτυξης και υγείας. Ο πληθυσμός που επιλέχτηκε είναι παιδιά ηλικίας 9-12 ετών μη επαγγελματίες αθλητές. Οι τιμές του ΔΜΣ που μετρήθηκαν ($18,75 \pm 2,91 \text{ kg/m}^2$), οι τιμές της περιμέτρου μέσης ($57,58 \pm 2,41$ για τα αγόρια και $57,33 \pm 1,69$ για τα κορίτσια) καθώς και από τις τιμές της γωνίας φάσης ($5,66 \pm 0,51$ για τα αγόρια και $5,57 \pm 0,62$ για τα κορίτσια), τιμές όπου κυμαίνονται μεταξύ 5-6 και για τα δύο φύλα, τιμές οι οποίες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι μέσα στα όρια του φυσιολογικού για τα παιδιά.

Όσον αφορά την κατάσταση υγείας των παιδιών, παρατηρήσαμε ότι το μέσο σωματικό λίπος και στα δύο φύλα είναι ίδιο ($9,18$ για τα αγόρια και $9,19$ για τα κορίτσια). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία μέχρι τα 2 πρώτα χρόνια της ζωής η λιπώδης μάζα αυξάνεται σταδιακά και ο ρυθμός αύξησης της δε διαφέρει μεταξύ των δύο φύλων. Αν και από την ηλικία των 3 ετών μέχρι την ηλικία των 6 ετών δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στη ποσότητα της λιπώδους μάζας, κατά την ηλικία των 6-8 ετών αυξάνεται σημαντικά και στα δύο φύλα. Παρ αυτά στην εφηβεία παρατηρείται ταχεία αύξηση του μεγέθους του ανθρωπίνου σώματος κάτι που μπορεί να οφείλεται σε ορμονικές αλλαγές. Αναλυτικότερα στα κορίτσια, η σωματική αύξηση που έχει ξεκινήσει από την ηλικία των 6-8 ετών συνεχίζει μέχρι και την εφηβεία. Το γεγονός ότι η συνολική λιπώδη μάζα στις γυναίκες είναι σημαντικά μεγαλύτερη απ ότι στους άντρες οφείλεται αποκλειστικά στο φύλο, κάτι που μας επιτρέπει να καταλάβουμε ότι από την εφηβεία ακόμη γίνεται έντονος ο φυλετικός διαχωρισμός.

Ακόμα παρατηρείται ότι η περίμετρος μέσης δεν έχει διαφορά στα δύο φύλα. Σε επιδημιολογικές μελέτες παιδιών και εφήβων έχει βρεθεί ότι η συσσώρευση λίπους στη κοιλιακή περιοχή, όπως αυτή αξιολογήθηκε με μετρήσεις της περιφέρειας μέσης έχει συνδεθεί στενά με τη ποσότητα υποδόριου λίπους. Ο εντοπισμός παιδιών και εφήβων με αυξημένη περιφέρεια μέσης εξακολουθούν να βρίσκονται σε κίνδυνο και στη μετέπειτα ζωή τους. Ωστόσο αν και σε αρκετές χώρες έχουν διαμορφωθεί εκατοστιαίες καμπύλες περιφέρειας μέσης σε παιδιά, δεν υπάρχουν προς το παρών διεθνή αποδεκτά όρια που να κατηγοριοποιούν τα παιδιά ανάλογα με το κίνδυνο που διατρέχουν εξαιτίας της αυξημένης περιφέρειας μέσης.

Παράλληλα παρατηρήθηκε ότι η μέση περίμετρος ισχίου έχει διαφορά ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια με τα κορίτσια να έχουν λίγο μεγαλύτερη. Δεν βρέθηκε βιβλιογραφία για τη συσχέτιση μεταξύ γωνίας φάσης και λόγο μέσης/ισχίου.

Επίσης, ο μέσος δείκτης κυτταρικής υγείας είναι περίπου ίδιος και στα δύο φύλα. 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 έφηβους (9-12 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.

Ακολούθησε ανάλυση συσχετίσεων μεταξύ των σωματομετρικών και συγκεκριμένα των τεσσάρων γωνιών φάσης που προέκυψαν από τις τέσσερις μετρήσεις βιοηλεκτρικής εμπέδωσης με συχνότητα 5, 50, 100 και 200 kHz σε σχέση με το ποσοστό λίπους, την κυτταρική μάζα σώματος, το λόγο μέσης ισχύου, και z-score και τις εκατοστιαίες θέσεις της σχέσης ύψους προς ηλικία και βάρους προς ηλικία. Για όλες τις μετρήσεις της γωνίας φάσης παρατηρήθηκε ότι η κυτταρική μάζα σώματος και το z-score βάρους προς ηλικία παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με τη γωνία φάσης στους πληθυσμούς αγοριών και κοριτσιών, ενώ η εκατοστιαία θέση βάρους προς ηλικία παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση μόνο για τα αγόρια. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που δεν μας επιτρέπουν να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα με το γενικό πληθυσμό, όπως το μικρό μέγεθος του δείγματος για τις μετρήσεις που αφορούν τα z-score βάρους προς ηλικία και ύψους προς ηλικία και για τις αντίστοιχες εκατοστιαίες θέσεις, καθώς για κάποιες από τις περιπτώσεις των παιδιών.

Τέλος, παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες θέσεις για τις γωνίες φάσης των τεσσάρων μετρήσεων και της ολικής κυτταρικής μάζας. Παρατηρούμε ότι στις τέσσερις συχνότητες για τους πληθυσμούς των δύο φύλων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις τιμές γωνίας φάσης που παρουσιάζουν, καθώς υπάρχει μεγάλη αλληλοεπικάλυψη στα σχήματα.

Παρ όλα αυτά παρατηρούμε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ γωνία φάσης και ολικής κυτταρικής μάζας καθώς τα σχήματα στο διάγραμμα boxplot δεν επικαλύπτονται και έτσι θα υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις κατανομές.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Barbosa-Silva MC, Barros AJ. (2005) Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8(3):311-7.

Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr. (2005) Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(1):49-52.

Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. (1988) Bioelectric impedance phase angle and body composition, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 48(1):16–23.

Beberashvili I., Azar A., Sinuani I., Yasur H., Feldman L., Averbukh Z., Weissgarten J. (2010) Objective Score of Nutrition on Dialysis (OSND) as an alternative for the malnutrition–inflammation score in assessment of nutritional risk of haemodialysis patients, *Nephrology Dialysis Transplantation*, 25(8):2662–71.

Biesalski H.K. – Grimm, P. (2005) *Pocket Atlas of Nutrition*, 1st edition, New York: Thieme.

Bosy - Westphal A., Danielzik S., Dörhöfer RP., Later W., Wiese S., Müller MJ. (2006) Phase Angle From Bioelectrical Impedance Analysis: Population Reference Values by Age, Sex, and Body Mass Index, *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 30(4):309-316.

Kyle UG., Bosaeus , Antonio D., Lorenzo D., Deurenberg P., Elia M., Gómez JM., Heitmann BL., Kent-Smith L., Melchior JD., Pirlich M., Scharfetter H., Annemie M.W.J. Schols, Pichard C., (Oct. 2004) Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods, *Clinical Nutrition*, 23(5):1226-1243.

Kyle UG., Bosaeus , Antonio D., Lorenzo D., Deurenberg P., Elia M., Gómez JM., Heitmann BL., Kent-Smith L., Melchior JD., Pirlich M., Scharfetter H., Annemie M.W.J. Schols, Pichard C., (Dec. 2004), Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice, *Clinical Nutrition*, 23(6): 1430-53.

Kyle UG., Soundar EP., Genton L., Pichard C. (2012) Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects, *Clinical Nutrition*, 31(6):875-881.

Norman K., Stobaüs N., Pirlich M., Bosy-Westphal A. (2012) Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis – Clinical relevance and applicability of impedance parameters, *Clinical Nutrition*, 31(6):854-861.

Norman K., Stobaüs N., Zocher D., Bosy-Westphal A., Szramek A., Scheufele R., Smoliner C., 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*, 92(3):612-9.

Pupim I.B., Caglar K., Hakim RM., Shyr YU., and Ikizler T.I. (2004), Uremic malnutrition is a predictor of death independent of inflammatory status, *Kidney International*, 66, 2054-2060

Segall L., Mardare N.G., Ungureanu S., Busuioc M., Nistor I., Enache R., Marian S., and Covic A., (2007), Nutritional status evaluation and survival in haemodialysis patients in one centre from Romania, *Nephrol Dial Transplant*, 24: 2536–2540

Vincenzo Bellizzi, Luca Scalfi, Vincenzo Terracciano, Luca De Nicola, Roberto Minutolo, Maurizio Marra, Bruna Guida, Bruno Cianciaruso, Giuseppe Conte, and Biagio R. Di Iorio. (2006) Early Changes in Bioelectrical Estimates of Body Composition in Chronic Kidney Disease, *Journal of the American Society of Nephrology*, 17(5):1481–1487.

Αντωνιάδης Ο.Γ., Δούδα Ε.Θ., Παπάζογλου Δ.Α., Τοκμακίδης Σ.Π. (2014) Παράγοντες που επηρεάζουν την καρδιαγγειακή λειτουργία υπέρβαρων/ παχύσαρκων παιδιών ηλικίας

9–14 ετών, Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής, 31(3):316-326.

Ζαμπέλας Α., Ρίσβας Γρ., Καφάτος Α. (2003) Η Διατροφή στην Παιδική Ηλικία, στο Η Διατροφή στα Στάδια της Ζωής, σ.171-226.

Καραμανώλης Ι., Κατσαρέλα Ε. (2010) Επιπολασμός λιποβαρούς, υπέρβαρου και παχυσαρκίας στα παιδιά των δημοτικών σχολείων του δήμου Δίου Πιερίας, Ελληνική Επιθεώρηση Διαιτολογίας –Διατροφής, 1(2), 106-114.

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