



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων
Τμήμα Διατροφής & Διαιτολογίας

Πτυχιακή εργασία με θέμα:

«Αξιολόγηση της σύστασης σώματος και σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών ενηλίκων αθλητών ερασιτεχνικού ποδοσφαίρου.»

Επιμέλεια: Βαΐτσης Ιωάννης

Ντόσας Νικόλαος

Ταταράκης Εμμανουήλ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Χατζή Βασιλική

Σητεία, 2014



Technological Educational Institute of Crete
School of Agricultural and Food Technology
Department of Nutrition and Dietetics

Thesis title:

“Assessment of body composition and comparison between different methods calculating estimates of energy needs of adult amateur soccer players”

Edited by: Vaitsis Ioannis

Ntosas Nikolaos

Tatarakis Emmanouil

Supervised by: Chatzi Vasiliki

Sitia 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή

Η σωστή λειτουργία του οργανισμού, η αγωνιστική και προπονητική απόδοση, αλλά και η ανάκαμψη από αυτές, καθώς και από τις περιόδους αποχής σχετίζονται άμεσα με τη ποιότητα διατροφής των ερασιτεχνών ποδοσφαιριστών. Πιθανές ελλείψεις σε ενέργεια και θρεπτικά συστατικά μπορεί να επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα στον αθλητή, όπως αυξημένη κόπωση, μειωμένη απόδοση σε αγώνα και προπόνηση, ηλεκτρολυτικές διαταραχές, εμφάνιση οστεοπόρωσης και αυξημένη πιθανότητα τραυματισμών.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση της σύστασης σώματος και της διατροφικής πρόσληψης ερασιτεχνών ποδοσφαιριστών και σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών εξισώσεων εκτίμησης RMR συγκριτικά με την πρότυπη (gold standard) μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας.

Μέθοδος

Στην έρευνα συμμετείχαν 19 ποδοσφαιριστές, στους οποίους πραγματοποιήθηκε σπειρομέτρηση και βιοηλεκτρική εμπέδηση. Η διατροφική πρόσληψη εκτιμήθηκε με δύο 24ωρες ανακλήσεις.

Αποτελέσματα

Παρατηρήθηκε μικρότερη από τη συνιστώμενη μέση πρόσληψη υδατανθράκων (2,3gr/kg) και ενέργειας (1954,9kcal/d). Η μέση πρόσληψη λίπους ήταν εντός του συνιστώμενου εύρους (1,3gr/kg), ενώ η μέση πρόσληψη πρωτεϊνών εκτιμήθηκε ελαφρώς μεγαλύτερη (1,1gr/kg). Αυξημένη βρέθηκε και η μέση πρόσληψη σιδήρου (16,6 mg) και βιταμίνης C (106,8mg), ενώ μειωμένη ήταν η μέση πρόσληψη ασβεστίου (856,2 mg), ψευδαργύρου (5,3 mg) και βιταμίνης E (2,7mg). Τέλος, όλες οι εξισώσεις φαίνεται κατά μέσο όρο να υποεκτιμούν τον μετρούμενο RMR.

Συμπέρασμα: Ελλιπής διατροφική συμμόρφωση παρατηρήθηκε στο παρόν δείγμα αθλητών. Έρευνες με μεγαλύτερο αριθμό δείγματος και ανακλήσεων χρειάζονται για να επιβεβαιωθούν οι τάσεις που παρατηρήθηκαν στην παρούσα προσπάθεια.

Λέξεις – Κλειδιά : Ερασιτεχνικό ποδόσφαιρο, Έμμεση Θερμιδομετρία, Εξισώσεις Ενεργειακών Αναγκών

SUMMARY

Introduction

Proper body function, appropriate athletic performance in training and matches, and also the recovery from these and abstinence periods are directly related to the nutritional quality of amateur players. Possible shortages of energy and nutrients may cause adverse effects to the athlete, such as increased fatigue, reduced performance in match and training, electrolyte disorders, osteoporosis and an increased chance of injury.

Purpose

The purpose of this study was to assess body composition and dietary intake of amateur players and comparison of different predictive equations for RMR in comparison with standard (gold standard) method of indirect calorimetry.

Method

The survey involved 19 players, to whom spirometry and bioelectrical impedance was performed. Dietary intake was assessed with two 24-hour dietary recalls.

Results

Lower than the recommended was found the average intake of carbohydrate (2,3gr / kg) and energy (1954,9 kcal/d). The mean fat intake was within the recommended range (1,3gr / kg), while the mean protein intake estimated slightly larger (1,1gr / kg). Iron (16,6 mg) average intake and vitamin C (106,8mg) were found increased, while the average of calcium intake (856,2 mg), zinc (5,3 mg) and vitamin E (2,7mg) was lower than recommendations. Finally, all the equations shown on average to underestimate the measured RMR.

Conclusion

Inadequate dietary compliance with the recommendations was observed in this sample of athletes. Studies with larger sample size and recalls are needed to confirm the trends observed in this effort.

Keywords

Amateur football, Indirect Calorimetry, Energy Needs, Predictive Equations

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή.....	8
1. Ενεργειακές Ανάγκες Ενηλίκων.....	10
1.1 Τρόπος υπολογισμού Ενεργειακών Αναγκών.....	10
1.2 Υπολογισμός Ενεργειακών Αναγκών σε Υγιείς Ενήλικες.....	23
1.3 Υπολογισμός Ενεργειακών Αναγκών σε Αθλητές Ενήλικες.....	24
2. Σύσταση Σώματος.....	26
2.1 Μέθοδοι Αξιολόγησης Σύστασης Σώματος.....	28
2.2 Μοντέλα Σύστασης Σώματος.....	35
2.3 Ανθρωπομετρία.....	39
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την Σύσταση Σώματος.....	42
3. Διατροφική Συμβουλευτική και Ανάγκες Αθλητών Ποδοσφαίρου.....	44
3.1 Ορισμός Διατροφικής Συμβουλευτικής και Ιστορικό της.....	45
3.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις στο Ποδόσφαιρο.....	49
3.3 Απαιτήσεις Θερμιδογόνων Θρεπτικών Συστατικών στο Ποδόσφαιρο.....	52
3.3.1 Υδατανθρακικές Απαιτήσεις Ποδοσφαιριστών.....	53
3.3.2 Πρωτεϊνικές Απαιτήσεις Ποδοσφαιριστών.....	55
3.3.3 Λιπιδικές Απαιτήσεις Ποδοσφαιριστών.....	57
3.4 Ρόλος της υγρής πρόσληψης στο Ποδόσφαιρο.....	60

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή.....	66
2. Σκοπός.....	67
3. Μεθοδολογία.....	68
4. Αποτελέσματα.....	71

5. Συζήτηση.....74

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....78

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αθλητισμός είναι η συστηματική σωματική καλλιέργεια και δράση με συγκεκριμένο τρόπο της οποίας σκοπός είναι η ύψιστη σωματική απόδοση. Παράλληλα ο αθλητισμός αποτελεί κοινωνικό θεσμό που αντανακλά τον πολιτισμό της κάθε κοινωνίας (Ζέρβας, 1993). Ο αθλητισμός μπορεί να πάρει πέντε μορφές, είτε ως ερασιτεχνικός, είτε ως επαγγελματικός, είτε ως μαζικός αθλητισμός, είτε ως φυσικές δραστηριότητες, είτε με την μορφή των παιχνιδιών.

Πιο συγκεκριμένα θα λέγαμε ότι η φυσική δραστηριότητα είναι ο ευρύτερος όρος στον οποίο περιλαμβάνονται όλες οι μορφές της κίνησης του ανθρώπινου σώματος, κάθε σωματική άσκηση και σπορ, που ενεργοποιούν τους μυς του σώματος και απαιτούν αυξημένη κατανάλωση ενέργειας (Berger *et al.*, 2007). Τα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας αλλάζουν για κάθε άτομο από μέρα σε μέρα, ανάλογα τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τη μυϊκή συστολή που συντελείται (Matthews *et al.*, 2002). Τα άτομα τα οποία αθλούνται συστηματικά έχουν αυξημένο συντελεστή φυσικής δραστηριότητας διότι έχουν αυξημένη μυϊκή συστολή κατά τη διάρκεια της ημέρας με βάση τη σωματική τους δραστηριότητα.

Έτσι λοιπόν προκύπτει ότι οι ενεργειακές ανάγκες των αθλητών είναι αυξημένες διότι έχουν αυξημένες ενεργειακές δαπάνες λόγω της αυξημένης φυσικής τους δραστηριότητας σε σχέση με τα υγιή φυσιολογικά άτομα. (αθλητική διατροφή). Η ενεργειακή ανάγκη ορίζεται ως η πρόσληψη ενέργειας από την τροφή, που απαιτείται για να συντηρήσει ένα άτομο με καθορισμένο ύψος, βάρος, ηλικία, φύλο και φυσική δραστηριότητα στη ζωή (Mahan *et al.*, 2000). Το σώμα έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τους υδατάνθρακες, τα λίπη και τις πρωτεΐνες που του δίνονται από την τροφή για τις καθημερινές του ενεργειακές ανάγκες. Η ενέργεια που εκλύεται κατά το μεταβολισμό αυτών των μακροθρεπτικών χρησιμοποιείται από τον ανθρώπινο οργανισμό για να πραγματοποιήσει τις βασικές του λειτουργίες, οι οποίες είναι: διατήρηση του ατόμου στη ζωή, ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος, μυϊκές συσπάσεις (Mahan *et al.*, 2000). Δεδομένου ότι οι συνολικές ημερήσιες ενεργειακές δαπάνες ενός ατόμου προκύπτουν από το άθροισμα τριών συστατικών στοιχείων: του βασικού μεταβολισμού, της ενεργειακής δαπάνης μετά την κατανάλωση τροφής και της ενεργειακής δαπάνης κατά τη φυσική δραστηριότητα, η ακριβής μέτρηση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης στην κλινική πράξη είναι

δύσκολη, απαιτεί ειδικό εξοπλισμό, έχει αυξημένο κόστος και παρεμβαίνει στη καθημερινή ζωή του εξεταζόμενου. Έτσι για τον υπολογισμό της συνολικής ημερήσιας δαπάνης οι επιστήμονες οδηγήθηκαν σε ειδικές εξισώσεις, ώστε να πετύχουν χαμηλό κόστος και μικρότερη παρέμβαση στην καθημερινή ζωή του εξεταζόμενου (Μανιός, 2006).

1.Ενεργειακές Ανάγκες Ενηλίκων –1.1Τρόποι υπολογισμού Ενεργειακών Αναγκών

Βασικός Μεταβολισμός Ηρεμίας (BMR)

Ο Βασικός Μεταβολισμός Ηρεμίας είναι η ελάχιστη ενέργεια που δαπανάται από έναν οργανισμό, για την διατήρηση των βασικών λειτουργιών του σώματος. Αποτελεί την ενέργεια εκείνη που χρησιμοποιεί ο ανθρώπινος οργανισμός για να επιτελέσει βασικές του ανάγκες όπως η αναπνοή, ο μεταβολισμός των κυττάρων, η κυκλοφορία του αίματος στο σώμα, η δραστηριότητα του γαστρεντερικού συστήματος και των ενδοκρινών αδένων, καθώς επίσης και στην θερμορύθμιση του ανθρώπινου σώματος. Υπάρχουν παράγοντες που μπορούν είτε να αυξήσουν είτε να μειώσουν το βασικό μεταβολισμό. Οι παράγοντες αυτοί είναι :

- ✓ **Η ηλικία.** Η ηλικία και ο βασικός μεταβολισμός αποτελούν ποσά αντιστρόφως ανάλογα. Όσο νεότερος είναι ένας οργανισμός, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βασικός μεταβολισμός του.
- ✓ **Η σύσταση σώματος.** Ο βασικός μεταβολισμός εμφανίζει άμεση συσχέτιση με την σύσταση του ανθρώπινου σώματος σε μυϊκή μάζα, η οποία αποτελεί ένα ιστό μεταβολικά ενεργό. Αντίθετα, η λιπώδης μάζα χαρακτηρίζεται από μεταβολική αδράνεια.
- ✓ **Το σωματικό ύψος.** Τα άτομα με μεγαλύτερο σωματικό ύψος έχουν εκ των πραγμάτων μεγαλύτερη επιφάνεια σώματος, με αποτέλεσμα να έχουν μεγαλύτερα ποσοστά απώλειας θερμότητας μέσω της εφίδρωσης. Για το λόγω αυτό και εμφανίζουν μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις.
- ✓ **Η ανάπτυξη.** Όσο πιο κοντά στην ανάπτυξη βρίσκεται ένας οργανισμός, τόσο μεγαλύτερο βασικό μεταβολισμό εμφανίζει ,αφού προσπαθεί να καλύψει τις ανάγκες του για την ανάπτυξη.
- ✓ **Οι ασθένειες.** Ανάλογα με τον τύπο της ασθένειας, παρατηρούνται μεταβολές στο βασικό μεταβολισμό. Π.χ. κατά τη διάρκεια μιας εμπύρετης λοίμωξης παρατηρείται αύξηση του βασικού μεταβολισμού.

- ✓ **Το στρες.** Οι ορμόνες του στρες και μέσα σε αυτές συμπεριλαμβάνεται και η αδρεναλίνη, δείχνουν να αυξάνουν το μεταβολικό ρυθμό.
- ✓ **Η άσκηση.**
- ✓ **Οι κλιματολογικές συνθήκες.** Οι πληθυσμοί που κατοικούν σε ψυχρότερες περιοχές φαίνεται να έχουν μεγαλύτερες τιμές βασικού μεταβολισμού σε σχέση με εκείνους τους πληθυσμούς που ζουν σε θερμότερα κλίματα.
- ✓ **Η εθνικότητα**
- ✓ **Ο υποσιτισμός.** Σε καταστάσεις νηστείας, ο οργανισμός προσπαθεί να συνηθίσει στις νέες συνθήκες διαβίωσης –έχοντας διαθέσιμη μικρότερη ποσότητα τροφής, οπότε και ενεργοποιεί αμυντικούς μηχανισμούς. Ένας από αυτούς είναι η μείωση του βασικού μεταβολισμού.
- ✓ **Οι ορμόνες του θυρεοειδούς αδένου.** Οι ορμόνες αυτές χαρακτηρίζονται ως οι βασικοί ρυθμιστές του μεταβολικού ρυθμού ενός ανθρώπινου οργανισμού. Συνοπτικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι σε καταστάσεις υπολειτουργίας του θυρεοειδούς αδένου παρατηρείται μείωση του βασικού μεταβολισμού μέχρι και 50%, ενώ στον υπερθυρεοειδισμό, αυξάνεται η καρδιακή λειτουργία και οι σύννοδες λειτουργίες της καρδιάς με αποτέλεσμα να παρατηρείται αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας.
- ✓ **Το κάπνισμα.**
- ✓ **Το υψόμετρο.** Παρατηρείται αύξηση της αναπνευστικής συχνότητας η οποία συνεπάγεται και αύξηση του βασικού μεταβολισμού.
(Μόρτογλου, 2002; Lazzar *et al.*, 2010)

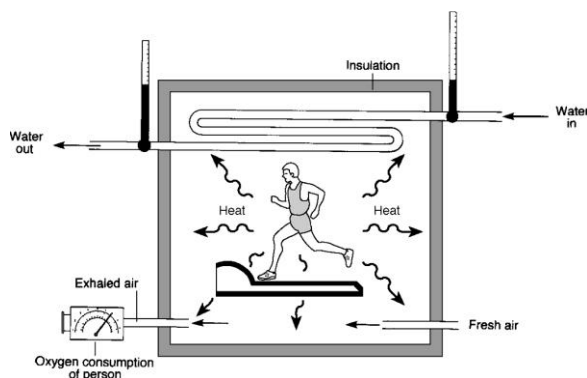
Μέτρηση / Εκτίμηση του BMR

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης ή εκτίμησης του Βασικού Μεταβολισμού Ηρεμίας. Παραδοσιακά προσδιορίζεται με άμεση ή έμμεση θερμιδομετρία, είτε με μέθοδο διπλά επισημασμένου ύδατος, ή εκτιμάται με βάση κάποιες εξισώσεις που έχουν προκύψει από μελέτες, οι οποίες υπολογίζουν τις ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες ηρεμίας ενός οργανισμού.

Άμεση θερμοδομετρία

Ορίζεται μετρώντας με ακρίβεια την θερμότητα που παράγεται από ολόκληρο το σώμα. Η διαδικασία πραγματοποιείται ένα μεγάλου μεγέθους και τεχνολογικά εξελιγμένο και πολύπλοκο θερμοδομετρικό θάλαμο. Ο θάλαμος αυτός κλείνει αεροστεγώς και είναι θερμικά απομονωμένος για να υπάρχει η δυνατότητα να μετρηθεί η ποσότητα ενέργειας που εκλύεται από τον εξεταζόμενο. Η μέτρηση πραγματοποιείται κάτω από τέτοιες συνθήκες οι οποίες θεωρούνται αμετάβλητες όπως η θερμοκρασία, οι συνθήκες υγρασίας και η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η θερμότητα που αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα υπολογίζεται βάση των αρχών της ισοθεμίας, ενός συστήματος με βαθμονομημένες στοιβάδες ή ενός ενδύματος τέτοιου που να διαμορφώνει χαμηλές θερμοκρασίες (υδρόψυκτου) (Webb, 1985; Jequier *et al.*, 1987)

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε και βάση του παρακάτω σχήματος, η απώλεια στο σύνολό της απαρτίζεται από την απώλεια της θερμότητας που θεωρείται αισθητή αλλά και από την εξάτμιση του ύδατος. Στο ισοθεμικό όργανο μέτρησης



της ενέργειας (θερμιδόμετρο), η απώλεια της θερμότητας που θεωρείται αισθητή, προκύπτει από τη διαφορά όσον αφορά την θερμοκρασία του ύδατος και από τον όγκο του ύδατος που περνάει μέσα και έξω από τις σωληνώσεις, οι οποίοι έχουν

τοποθετηθεί μέσα στα τοιχώματα του θερμοδομετρικού θαλάμου, μέσα στον οποίο βρίσκεται και ο εξεταζόμενος. Η θερμότητα που προκύπτει μέσω της εξάτμισης του ύδατος, μετράται από την υγρασία του αέρα που βγαίνει από το θερμιδόμετρο, οποίος απορροφάται από θειικό οξύ. Γενικά θεωρείται μια μέθοδος σχετικά απλουστευμένη, δεν παύει όμως να αποτελεί μία εξαιρετικά ακριβή διαδικασία, όχι εύκολη στη χρήση και δυσάρεστη για τον εξεταζόμενο, αφού για να πραγματοποιηθεί, υποχρεούται ο εξεταζόμενος να παραμείνει στο θάλαμο για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, μεγαλύτερο ή ίσο των δώδεκα ωρών (Horton, 1983; Μόρτογλου, 2002).

Έμμεση θερμοδομετρία

Η διαδικασία αυτή μέτρησης του μεταβολικού ρυθμού καθορίζεται από το οξυγόνο που καταναλώνει το ανθρώπινο σώμα. Στα παλαιότερα χρόνια οι μετρήσεις γινόταν μέσω του εργοσπειρόμετρου, το οποίο ήταν μία μεγάλη και σταθερή συσκευή. Για τη λειτουργία του εργοσπειρόμετρου απαιτούνταν συχνό καλιμπράρισμα, πολύ εξειδικευμένο προσωπικό, και σε τακτά χρονικά διαστήματα, συντήρηση. Τον τελευταίο καιρό έχουν κάνει την εμφάνιση τους συσκευές οι οποίες είναι εύκολες στη μεταφορά, με χαμηλό κόστος, οι τεχνολογία των οποίων θεωρείται ιδιαίτερα εξελιγμένη και υπολογίζουν το οξυγόνο που καταναλώνεται από το ανθρώπινο σώμα με ακρίβεια, καθορίζοντας με τον τρόπο αυτό και εξατομικευμένα τις θερμοδικές ανάγκες του κάθε ατόμου. Η μέτρηση δεν πραγματοποιείται βάση τύπων, αλλά σύμφωνα με την προαναφερόμενη μέθοδο, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο περισσότερο αξιόπιστη, με ακρίβεια και κυρίως εξατομικευμένη. Η μέτρηση διαρκεί λίγα λεπτά, μέσω της αναπνοής και μίας μάσκας, στομίου ή κουβουκλίου που τοποθετείται στο κεφάλι του εξεταζόμενου, υπολογίζοντας εύκολα μέσω του συγκεκριμένου μηχανήματος την συνολική κατανάλωση ενέργειας σε κατάσταση ηρεμίας μέσα στο 24ωρο.

Η έμμεση θερμοδομετρία αποτελεί μία μέθοδο πολύ χρήσιμη σε νοσηλευόμενα άτομα. Οι επιπλέον θερμοδική πρόσληψη ή από την άλλη ο υποσιτισμός του ατόμου, ενδέχεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ασθενούς. Η κακή διατροφή προκύπτει από το γεγονός του υποσιτισμού του ασθενούς, μικρότερη θερμοδική πρόσληψη σε σχέση με αυτή που επιτάσσουν οι μεταβολικές του ανάγκες, ενδέχεται να επηρεάσει την μυϊκή δύναμη και λειτουργικότητα των αναπνευστικών μυών, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος μολύνσεων, μακροχρόνια επούλωση τυχόν τραυμάτων και γενικότερα προκύπτει ένας εξασθενημένος ανθρώπινος οργανισμός με μειωμένες οργανικές λειτουργίες. Από την άλλη, ο υπερσιτισμός που συνεπάγεται και την αυξημένη ενεργειακή πρόσληψη, έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη πρόσληψη θερμίδων οι οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό και η περίσσεια τους θα μετατραπεί σε λίπος, κάτι που συνεπάγεται αυξημένα επίπεδα παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα και αυξημένες αναπνευστικές απαιτήσεις. Η μέθοδος της έμμεσης

θερμιδομετρίας είναι ωφέλιμη ακόμα και σε άτομα με αναπνευστική υποστήριξη, καθώς δρά επιβοηθητικά στην μεταβατική διαδικασία από την μηχανική υποστήριξη στην επανάκτηση την αυτόματης αναπνοής.

Η καλύτερη ώρα για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη μέτρηση είναι το πρωί. Ο εξεταζόμενος πρέπει να ακολουθήσει ένα πρωτόκολλο, το οποίο επιτάσσει την αποχή από το κάπνισμα για ένα χρονικά διάστημα περίπου 2 ωρών καθώς και αποχή από υγρά και τροφές για το ίδιο χρονικό διάστημα. Επί 20 λεπτά ο εξεταζόμενος αναπνέει και εκπνέει μέσα στο μηχανήμα. Κάθεται σε μία καρέκλα ή κρεβάτι σε ανάκλιση, και το μηχανήμα υπολογίζει με βάση το καταναλισκόμενο Οξυγόνο και το αποβαλλόμενο Διοξείδιο του Άνθρακα, τις καύσεις του οργανισμού. Το μηχανήμα αυτό δηλαδή της έμμεσης θερμιδομετρίας, υπολογίζει τις ανθρώπινες καύσεις βάση της μέτρησης της θερμότητας που προκύπτει από τις οξειδωτικές διαδικασίες. Σε περίπτωση που είμαστε γνώστες του Οξυγόνου που καταναλώθηκε και την ποσότητα του Διοξειδίου του Άνθρακα που προέκυψε, μπορούμε να υπολογίσουμε την ενέργεια που μεταβολίστηκε από το σώμα. Αυτό σήμερα μπορεί να εφαρμοστεί από τα μηχανήματα της έμμεσης θερμιδομετρίας. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς είναι μία μέθοδος εύκολη στη χρήση, σχετικά οικονομική και χωρίς να είναι δύσκολη στη χρήση. Εκτός από την ενεργειακή κατανάλωση, μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την ποσότητα και την αναλογία των μικροστοιχείων που υπέστησαν οξείδωση. Η ποσότητα της παραγόμενης θερμότητας υπολογίζεται βάση του αναπνευστικού πηλίκου RQ (Respiratory Quotient) = εισπνεόμενο Οξυγόνο / εκπνεόμενο Διοξείδιο του Άνθρακα (Jequier *et al.*, 1987).

Όταν το αναπνευστικό πηλίκο RQ ισούται με τη μονάδα, μαρτυρά την οξείδωση των υδατανθράκων, καθώς η απαιτούμενη ποσότητα O₂ για την καύση της γλυκόζης είναι ίδια με την παραγόμενη ποσότητα CO₂, όπως προκύπτει και από την παρακάτω εξίσωση: $C_6H_{12}O_6 \implies 6CO_2 + 6H_2O$ RQ = $6CO_2 / 6O_2 = 1.0$

Το αναπνευστικό πηλίκο RQ που υπάρχει για τα λιπαρά οξέα είναι μικρότερο της μονάδας, αφού πρόκειται για καύσιμη ύλη που δεν χαρακτηρίζεται από μεγάλη οξείδωση.

Ο υπολογισμός του RQ, σχετικά με τις πρωτεΐνες είναι μια διαδικασία περισσότερο πολύπλοκη, αφού για τη μεταβολική οξείδωση των αμινοξέων, χρειάζεται

η απομάκρυνση του αζώτου και κάποια ποσότητα ύδατος, άνθρακα και οξυγόνου με τη μορφή της ουρίας. Η ουρία αποτελεί ένωση η οποία αποβάλλεται από τον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των ούρων. Το άζωτο που βρίσκεται στην ουρία ,είναι μια καθαρή απώλεια ενέργειας από τον ανθρώπινο οργανισμό, αφού μόνο η ανθρακική αλυσίδα του αμινοξέως έχει τη δυνατότητα οξείδωσης στο στον οργανισμό. Το RQ ενός πρωτεϊνικού μορίου ισούται περίπου με 0,8. Στην πράξη ένα αναπνευστικό πηλίκο με τιμή μικρότερη του 0,7 δείχνει ότι ο ασθενής λιμοκτονεί, με τιμή RQ μικρότερη του 0,8 δείχνει ότι υποσιτίζεται και με τιμή αναπνευστικού πηλίκου μεγαλύτερη της μονάδος ,υποδεικνύει λιπογέννεση (Jequier *et al.*,1987; Μόρτογλου, 2002).

Γενικότερα....

Πηγή ενέργειας	RQ
Παρατεταμένη κέτωση	< 0,7
Λίπος	0,7
Υποσιτισμός	0,71
Πρωτεΐνη	0,8
Συνδυασμένη ενέργεια	0,85
υδατάνθρακες	1,0
Αποθηκευμένο λίπος	>1

Υπολογισμός ενεργειακών αναγκών με χρήση διπλά σεσημασμένου ύδατος.

Η επόμενη μέθοδος προσδιορισμού των ενεργειακών αναγκών είναι η μέθοδος του διπλά σεσημασμένου ύδατος, το οποίο περιέχει σταθερά ισότοπα οξυγόνου και υδρογόνου. Πρόκειται για μια ασφαλή διαδικασία, αφού από τη στιγμή που τα ισότοπα είναι σταθερά , δεν εκπέμπουν ραδιενέργεια. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο υπολογισμού χορηγείται σταθερά στον ασθενή μικρή ποσότητα ισοτόπων υδρογόνου και οξυγόνου. Έπειτα πραγματοποιείται ανάλυση ούρων και αίματος ,αποτελέσματα τα οποία παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την απέκκριση ² H και ¹⁸ O (ASPEN, 2001). Τα ισότοπα αυτά τα οποία έχουν χορηγηθεί, απομακρύνονται από το σώμα με τη μορφή ύδατος και διοξειδίου του άνθρακα, ενώ το υδρογόνο αποβάλλεται μόνο με τη μορφή του νερού. Εάν αφαιρέσουμε τις απώλειες του

υδρογόνου από τις απώλειες του οξυγόνου, προκύπτει μία μονάδα μέτρησης διακύμανσης του Διοξειδίου του Άνθρακα που θα είχε τη δυνατότητα να μετατραπεί σε ενεργειακή δαπάνη. Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για μία ακριβή μέθοδο, έχει το πλεονέκτημα ότι είναι εύχρηστη καθώς ο ασθενής μπορεί παράλληλα να εκτελεί και τις δραστηριότητες της καθημερινότητας του. Στη διαδικασία αυτή ο εγκλεισμός του εξεταζόμενου σε θάλαμο όπως σε προηγούμενες μεθόδους ή η καθήλωση του σε εξεταστική κλίνη ή καρέκλα για τουλάχιστον 20 λεπτά και η προσάρτηση σε αυτόν ειδικού εξοπλισμού για τον υπολογισμό του καταναλισκόμενου Οξυγόνου.

Εξιιώσεις υπολογισμού ενεργειακών αναγκών

Όταν θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα διατροφικό πλάνο ενός ασθενή, η γνώση των ενεργειακών δαπανών του είναι βασική και πολύτιμη. Από το έτος 1925 γίνεται υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών ηρεμίας του ατόμου και όχι εξατομικευμένη μέτρηση αυτών. Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς για τον υπολογισμό αυτό είναι πολλές και διαφορετικές. Κυρίως είναι βασισμένες στην επιφάνεια σώματος και κυρίως στο σωματικό βάρος, στο ύψος, την ηλικία, το φύλο του ατόμου. Μέχρι τις μέρες μας έχουν γίνει προτάσεις για περισσότερες από 190 εξισώσεις υπολογισμού των ενεργειακών δαπανών σε κατάσταση ηρεμίας, όταν γνωρίζει ο εξεταστής τα χαρακτηριστικά του ατόμου. Οι εν λόγω τύποι προέκυψαν από συνεχείς μετρήσεις άμεσης και έμμεσης θερμιδομετρίας σε ομάδες ανθρώπων και καθιερώθηκαν σαν την απλούστερη μέθοδο υπολογισμού των ενεργειακών δαπανών, αφού βασίζονται σε ανθρωπομετρικές μετρήσεις όπως το σωματικό ύψος, το σωματικό βάρος, η ηλικία δεδομένα εύκολα στη μέτρηση και χωρίς κόστος καθώς και το φύλο (Frankenfield *et al.*, 2005)

Ο βασικός μεταβολισμός αποτελεί ένα στοιχείο μοναδικό για τον κάθε άνθρωπο. Θα μπορούσαμε να τον χαρακτηρίσουμε ως την «ταυτότητα» της ενεργειακής δαπάνης του εκάστοτε οργανισμού, οπότε και είναι ευνόητο το γεγονός ότι οι εκτιμήσεις αυτού βάσει των εξισώσεων, οδηγούν πολλές φορές σε σφάλματα και σε σημαντικές αποκλίσεις σχετικά με τις τιμές που δόθηκαν από τις προηγούμενες μεθόδους υπολογισμού των ενεργειακών δαπανών. Αποτέλεσμα της παραπάνω διαπίστωσης είναι η λήψη περισσότερων οι λιγότερων θερμίδων από τους

ασθενείς/πελάτες με επακόλουθο των υπερσιτισμό ή αντίστοιχα υποσιτισμό τους. Όλη αυτή η λανθασμένη διαδικασία ενδέχεται να εμποδίσει τον ασθενή/ πελάτη να φτάσει στον επιθυμητό στόχο βάρους και να απογοητευτεί. Ύστερα από μία σειρά μελετών ,το σφάλμα που αφορά τις ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες μπορεί να έχει απόκλιση μέχρι και στο 40% του πραγματικού βασικού μεταβολισμού ηρεμίας.

Είναι ορθό λοιπόν να λαμβάνουμε υπόψη μας τον πληθυσμό από τον οποίο προέκυψε η όποια εξίσωση βασικού μεταβολισμού χρησιμοποιούμε και το αν ταιριάζει όσον αφορά τα χαρακτηριστικά, με τον πληθυσμό που απευθυνόμαστε (Da Rocha *et al.*, 2005).

Ας εξετάσουμε κάποιες από τις πιο συχνές εξισώσεις υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών ηρεμίας:

Εξίσωση των Harris & Benedict (1919)

Γυναίκες : $BMR = 665,09 + (9,56 * B) + (1,84 * Y) - (4,57 * H)$

Ανδρες : $BMR = 66,47 + (13,75 * B) + (5 * Y) - (6,75 * H)$

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

Y= σωματικό ύψος σε cm και

H= ηλικία σε έτη

Η εξίσωση των **Harris & Benedict** δημιουργήθηκαν το 1919 ύστερα από μία σειρά μελετών η οποία διήρκεσε 10 χρόνια. Το γεγονός ότι από τον πληθυσμό που εξετάστηκε ,μόλις ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 5% είχε ΔΜΣ> 30 δείχνει ότι δεν ληφθηκαν καθόλου υπόψη τα παχύσαρκα άτομα ,κάτι που αποτελεί μειονέκτημα των παραπάνω εξισώσεων. Στις περισσότερες βιβλιογραφίες η εν λόγω εξίσωση χαρακτηρίζεται ως η πλέον αντιπροσωπευτική για των υπολογισμό του βασικού μεταβολισμού, η μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κάτω από συνθήκες ηρεμίας. Η παρούσα εξίσωση είναι από τις παλαιότερες στο είδος τους, και της έχει γίνει εκτενέστερη αξιολόγηση (Daly *et al.*,1985; Owen *et al.*, 1987)

Το 1998 έγινε μία προσπάθεια από τον **Frankfield** και τους συνεργάτες του, να αναθεωρήσουν το τύπο για υπολογισμό του βασικού μεταβολισμού των Harris & Benedict, με σκοπό να μειώσουν το ενδεχόμενο να υπερεκτιμηθεί ο βασικός

μεταβολισμός, μένοντας ανέπαφες οι αρχικές εξισώσεις, και να μην επηρεαστεί η αξιοπιστία τους.

$$\text{Γυναίκες : BMR} = 447 + (9,25 * B) + (3,10 * Y) - (4,33 * H)$$

$$\text{Ανδρες : BMR} = 65 + (13,40 * B) + (4,96 * Y) - (5,82 * H)$$

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

Y= σωματικό ύψος σε cm και

H= ηλικία σε έτη

Το σωματικό βάρος παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην μεταβλητότητα του βασικού μεταβολισμού. Οι Harris & Benedict σύμφωνα με τα λεγόμενα του Frankfield θεωρούσαν ότι η μυϊκή μάζα ανεξαιρέτως του συνολικού σωματικού βάρους, μπορεί να είναι βασικό στοιχείο για την πρόγνωση του βασικού μεταβολισμού ηρεμίας. Ακόμη υποστήριζαν ότι γνωρίζοντας το ολικό σωματικό βάρος μπορούσε κανείς να υπολογίσει το βασικό μεταβολισμό ηρεμίας ,λόγω της ταυτόχρονης μεταβολής του με τη μυϊκή μάζα. Το μειονέκτημα των εξισώσεων αυτών διαπιστώνεται στην περίπτωση που θέλουμε να υπολογίσουμε τις ενεργειακές δαπάνες ενός ανθρώπου με ΔΜΣ >30, ο οποίος έχει υψηλά ποσοστά λιπώδους μάζας και μικρά ποσοστά μυϊκής μάζας. Υπήρξε ο προβληματισμός, για το αν θα πρέπει να χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή το ιδεώδες σωματικό βάρος του ατόμου έναντι του πραγματικού που χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα. Εάν χρησιμοποιούνταν το πραγματικό σωματικό βάρος του ασθενούς, τότε θεωρητικά θα διατηρήσει το υπερβάλλον σωματικό βάρος, ενώ αντίθετα εάν γίνει χρήση του ιδεώδους σωματικού βάρους, τότε ο ασθενής θα βρεθεί να μειώνει το σωματικό του βάρος, με αποτέλεσμα να εμφανίσει δυσκολία στην επούλωση τυχόν τραυμάτων και ακόμη να εμφανίσει και μειωμένη ανοχή στην γλυκόζη. Για όλους τους παραπάνω λόγους, έχει γίνει η πρόταση της χρήσης του προσαρμοσμένου σωματικού βάρους, για περιπτώσεις εκτίμησης των καύσεων παχύσαρκων ασθενών (Frankenfield *et al.*, 1998).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, υπολογισμός των ημερήσιων ενεργειακών αναγκών γίνεται ως εξής: **Προσαρμοσμένο ΣΒ (Kg) = (παρόν ΣΒ- ιδεώδες ΣΒ) /2**

Mifflin –St. Jeor (1990)

$$\text{Γυναίκες : BMR} = (9.99 * B) + (6.25 * Y) + (4.92 * H) - 161$$

$$\text{Άνδρες : BMR} == (9.99 * B) + (6.25 * Y) + (4.92 * H) + 5$$

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

Y= σωματικό ύψος σε cm και

H= ηλικία σε έτη

Στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος άτομα με φυσιολογικό σωματικό βάρος, υπέρβαροι, παχύσαρκοι και σοβαρά παχύσαρκοι. Δεν υπήρξε μεγάλη συμμετοχή ηλικιωμένων. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των εν λόγω εξισώσεων είναι το γεγονός ότι ακόμα και στον υπολογισμό των ενεργειακών δαπανών ατόμων με ΔΜΣ >30 χρησιμοποιείται το τρέχον και όχι το προσαρμοσμένο σωματικό βάρος. (Frankenfield *et al.*, 2003).

Owen (1986 -87)

$$\text{Γυναίκες : BMR} = 795 + 7.18 * B$$

$$\text{Άνδρες : BMR} = 879 + 10.2 * B$$

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

Ένα από τα μειονεκτήματα των εξισώσεων αυτών είναι το γεγονός ότι στο δείγμα των γυναικών που έλαβαν μέρος στην μελέτη ,δεν υπήρχαν καθόλου γυναίκες ηλικιωμένες ενώ και στο αντίστοιχο δείγμα των ανδρών η συμμετοχή των ηλικιωμένων δεν ήταν επαρκής. (Owen *et al.*, 1987).

Schoefield et al. (1985)

Γυναίκες

Ηλικία	BMR (kcal /24h)
10-17	(13.4 *B) +692
18-29	(14.8 *B) +487
30-59	(8.3 *B) +846
60-74	(9.2 *B) + 687
>75	(9.8 *B) + 624

Άνδρες

Ηλικία	BMR (kcal /24h)
10-17	(17,7 *B) +657
18-29	(15,1*B) +692
30-59	(11,5 *B) +873
60-74	(11,9 *B) + 700
>75	(8,4 *B) + 821

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

Αποτελεί μία εξίσωση υπολογισμού η οποία απευθύνεται σε υγιείς ενήλικες κάνοντας χρήση παραμέτρων όπως το σωματικό βάρος, η ηλικία, και το φύλο του ατόμου, μη λαμβάνοντας υπόψη το σωματικό ύψος.

Κάποια από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου τρόπου υπολογισμού των ενεργειακών δαπανών είναι το γεγονός ότι οι θερμίδες που υπολογίζονται είναι εύκολα μεταβαλλόμενες, έχοντας για το λόγο αυτό μεγάλη πιθανότητα σφάλματος. (Reeves *et al.*, 2003). Οι εν λόγω τύποι υπολογίζουν με ακρίβεια το βασικό μεταβολισμό των ατόμων εκείνων που ζουν σε εύκρατο κλίμα και φαίνεται να έχουν μικρότερη αξιοπιστία σε εκείνους που ζουν σε τροπικές περιοχές (Henry, 1991) και σε περιοχές της Β.Αμερικής (Clark, 1991).

Ένα ακόμη μειονέκτημα των εξισώσεων αυτών αποτελεί το γεγονός ότι δεν μπορούν χρησιμοποιηθούν σε άτομα με ΔΜΣ>30 και εμφανίζουν μία υπερεκτίμηση του βασικού μεταβολισμού (Soares *et al.*, 1993; Hayter & Henry, 1993)

FAO/WHO /UNU (1985)

FAO : FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION

WHO : WORLD HEALTH ORGANIZATION

UNU: UNITED NATIONS UNIVERSITY

Οι εξισώσεις των οργανισμών αυτών δημιουργήθηκαν κάνοντας χρήση των τύπων του Schoefield and James (*FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION*, Schoefield & James, 1985). Οι ηλικίες των συμμετεχόντων στην έρευνα κυμαινόταν από 19 έως 82 ετών, με τη συμμετοχή των ηλικιωμένων ατόμων να είναι περιορισμένη.

Οι προτεινόμενες εξισώσεις είναι :

Ανδρες 18-30 ετών: $(0.0630 * \text{τρέχον βάρος σε kg} + 2,8957) * 240 \text{ Kcal /24h}$

Ανδρες 31-60 ετών: $(0.0484 * \text{τρέχον βάρος σε kg} + 3.6534) * 240 \text{ Kcal /24h}$

Γυναίκες 18-30 ετών: $(0.0621 * \text{τρέχον βάρος σε kg} + 2,0357) * 240 \text{ Kcal /24h}$

Γυναίκες 31-60 ετών: $(0.0342 * \text{τρέχον βάρος σε kg} + 3,5377) * 240 \text{ Kcal /24h}$

Vander Weg (2004)

Γυναίκες $\text{BMR (kJ/24h)} = 616.93 - 14.9 * H + 35.12 * B + 19.83 * Y$

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

H= ηλικία σε έτη

Y= σωματικό ύψος σε cm

Ο εν λόγω τύπος εκτιμά την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας και όχι το μεταβολικό ρυθμό (Sharp *et al.*, 2002). Αποτελεί την μοναδική εξίσωση που λαμβάνει υπόψη την εθνικότητα , κάτι που δεν γίνεται σε καμία από τις προαναφερόμενες εξισώσεις.

Έχει βρεθεί ότι οι Αφροαμερικανές έχουν μικρότερη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας μικρότερη του μέσου όρου. Παρά το γεγονός ότι πολλές μελέτες έρχονται αντίθετες με αυτό (Kumanyika, 1999), στοιχεία όπως η μειωμένη συγκέντρωση της λεπτίνης και η χαμηλή μεταβολική δραστηριότητα της άλιπης μάζας σώματος δείχνουν να είναι υπεύθυνες για τα χαμηλά επίπεδα των ημερησίων ενεργειακών αναγκών της συγκεκριμένης ομάδας γυναικών (Nicklas *et al.*, 1997) Τύποι εξισώσεων που προήλθαν από δείγμα γυναικών από Ευρωπαϊκές χώρες, το πιο πιθανό είναι να είναι ακατάλληλοι για τον προσδιορισμό των ενεργειακών αναγκών των Αφροαμερικανών γυναικών, υπερεκτιμώντας τις ενεργειακές ανάγκες του συγκεκριμένου πληθυσμού. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε η ένα λόγω εξίσωση του Vander Weg το 2004, η οποία μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια τις ενεργειακές ανάγκες και των δύο εθνικοτήτων. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της εξίσωσης αυτής είναι ότι εξετάστηκαν γυναίκες με μεγάλο εύρος σωματικού βάρους. Στην έρευνα συμμετείχαν γυναίκες με φυσιολογικό σωματικό βάρος, υπέρβαρες και παχύσαρκες και γι αυτό μπορεί ο τύπος αυτός να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους πληθυσμούς. Εκτός από τον παράγοντα της εθνικότητας μελετήθηκε και η επίδραση

και άλλων παραγόντων , όπως η διάρκεια του κύκλου της εμμήνου ρήσεως, η φαρμακευτική αγωγή που ενδεχομένως να ακολουθείται, το κάπνισμα, ο θηλασμός και η εγκυμοσύνη.

Πέρα από τα προαναφερόμενα πλεονεκτήματα, της εξίσωσης του Vander Weg, υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως το γεγονός ότι η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο σε γυναίκες, αν και ακόμη δεν έχει τεκμηριωθεί το γεγονός ότι ο υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών των ανδρών εξαρτάται από την εθνικότητα. Ένα ακόμη μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το ηλικιακό εύρος ήταν σχετικά περιορισμένο. Συμπεριλήφθηκαν γυναίκες στην έρευνα ηλικίας από 18 -39 ετών, και για το λόγο αυτό η αποτελεσματικότητα του εν λόγω τύπου για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών μεγαλύτερης ηλικίας γυναικών, βρίσκεται υπό αμφισβήτηση.

Siervo (2003)

Γυναίκες **$BMR = 11.5 * B + 542.2$**

Όπου B= σωματικό βάρος σε Kg

Αποτελεί μία από τις νεότερες εξισώσεις υπολογισμού του μεταβολικού ρυθμού.

Burnstein (1983)

Γυναίκες **$BMR = 7.48 * B - 0.42 * Y - 3 * H + 844$**

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου τύπου είναι το γεγονός ότι στις μελέτες δεν συμπεριλήφθηκαν καθόλου παχύσαρκα ή υπέρβαρα άτομα ,με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών των ατόμων αυτών.

1.2.Υπολογισμός Ενεργειακών Αναγκών σε Υγιής Ενήλικες

Η ολική κατανάλωση ενέργειας απαρτίζεται κυρίως από :

- ✓ Το βασικό μεταβολισμό ηρεμίας (RMR), την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (REE) ή το βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR)
- ✓ Την θερμογεννητική ικανότητα της τροφής (DIT)
- ✓ Τη θερμογένεση που προκύπτει από την δραστηριότητα

Από τα παραπάνω μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε και τις ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες:

$$\mathbf{H\Theta A = B\mathbf{M} + \Theta\Delta\mathbf{T} + \Theta\Delta\mathbf{A}}$$

Οι ενεργειακές δαπάνες μπορούν να υπολογιστούν και από το γινόμενο του βασικού μεταβολισμού με κάποιο συντελεστή ο οποίος περιγράφει την φυσική δραστηριότητα.

$$\mathbf{H\Theta A = B\mathbf{M} * P\mathbf{A}L}$$

Όπου BM = βασικός μεταβολισμός

Και PAL = συντελεστής για τη φυσική δραστηριότητα (Physical Activity Level)

Ο συντελεστής της φυσικής δραστηριότητας (PAL) ,διαμορφώνεται βάση της φυσικής δραστηριότητας που έχει το άτομο στην καθημερινότητα του. Δύναται να έχει ένα εύρος από 1,4 -1,9 για δραστήριο άνδρα και 1,7 για αντίστοιχης δραστηριότητας γυναίκα. Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα την θερμογεννητική επίδραση της άσκησης έχουμε κατηγοριοποιήσει τα επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας.

Είδος δραστηριότητας	PAL
Καθιστική ζωή	1,0-1,39
Ελαφριά δραστηριότητα	1,4 -1,59
Μέτριας έντασης δραστηριότητα	1,6 -1,89

1.3. Υπολογισμός Ενεργειακών Αναγκών σε Αθλητές Ενήλικες

Η σωστή θρεπτική διατροφή και σωματική άσκηση αποτελούν παράγοντες που συμβάλλουν στην καλή φυσική κατάσταση και υγεία.

Οι θερμιδικές διαφοροποιούνται ανάλογα με τη σωματική δραστηριότητα και την ένταση της σωματικής άσκησης. Οι αυξημένες θερμιδικές ανάγκες λόγω της άσκησης μπορούν να καλυφθούν με μία κανονική διατροφή. Τα λιπαρά δεν πρέπει να αποτελούν μεγαλύτερο ποσοστό πέραν του 30% των συνολικών θερμίδων και οι υδατάνθρακες πρέπει να αποτελούν περίπου το 55% αυτών, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στους σύνθετους υδατάνθρακες (φυτικές ίνες και άμυλο) οι οποίοι βρίσκονται στα σπόρια, στα όσπρια, στα λαχανικά και στα φρούτα. Η άσκηση βοηθά στη μείωση του σωματικού βάρους με δύο τρόπους. Αρχικά ,μειώνει τα ποσοστά της λιπώδους μάζας ,ακόμα και με μικρή ή καθόλου μείωση των προσλαμβανόμενων θερμίδων. Σε δεύτερη φάση ,η τακτική αερόβια άσκηση εμποδίζει την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε φάσεις ανάπαυσης, που συχνά συμβαίνουν κατά την μείωση του σωματικού βάρους. Αυτή η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, σε φάσεις ανάπαυσης ενδεχομένως να υποβαθμίσει τις προσπάθειες αδυνατίσματος, ακόμα και σε άτομα που ακολουθούν προγράμματα μείωσης σωματικού βάρους με χαμηλή θερμιδική πρόσληψη.

Μία ορθή αλλά και ταυτόχρονα ισορροπημένη διατροφή συμβάλλει θετικά στην αθλητική απόδοση. Ο πρωταθλητισμός δεν μπορεί να καταστεί εφικτός χωρίς ταυτόχρονα να συνυπάρχει και ένα πρόγραμμα σωστής διατροφής. Οι ενεργειακές ανάγκες αποτελούν στοιχείο εξατομικευμένο, όχι μόνο από αθλητή σε αθλητή ,αλλά εξαρτώνται άμεσα και από το άθλημα που επιλέγει ο καθένας. Χρησιμοποιώντας τον ορισμό ενεργειακές ανάγκες, αναφερόμαστε στις ανάγκες που έχει ο καθένας αθλητής σε ενέργεια, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρά οξέα, αλλά και σε μακρο- και μικρο-θρεπτικά συστατικά. Συνοπτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι ως ενεργειακές ανάγκες ορίζουμε το άθροισμα του βασικού μεταβολισμού του εκάστοτε αθλητή , της θερμογεννητικής δράσης της τροφής και της θερμογεννητικής δράσης της άσκησης. (Χασαπίδου, 2002)

$$\mathbf{H\Theta A = BM + \Theta\Delta T + \Theta\Delta A}$$

Γενικά ,οι άρρενες αθλητές εμφανίζουν μεγαλύτερες ανάγκες ενεργειακών προσλήψεων σχετικά με τις γυναίκες σε όλα τα αθλήματα.

Οι πιο πολλοί από τους τύπους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του βασικού μεταβολισμού ηρεμίας ,ενός ατόμου δημιουργήθηκαν αφού έλαβαν μέρος στις μελέτες, άτομα με καθιστική ζωή ή με πολύ μικρή φυσική δραστηριότητα. Εύλογο είναι το ερώτημα που γεννάται ,κατά πόσο είναι κατάλληλες αυτές οι εξισώσεις, για να μας βοηθήσουν να υπολογίσουμε τις ενεργειακές ανάγκες των ατόμων εκείνων που έχουν αυξημένη φυσική δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα αποτελεί ο υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών ενός αθλητή. Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Tompson & Manore τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν τα εξής: εκτός από τον τύπο του Cunningham , ο βασικός μεταβολισμός που υπολογίστηκε από τις υπόλοιπες εξισώσεις σε άνδρες και γυναίκες είχε σημαντική απόκλιση από το πραγματικό (Cunningham, 1980). Διαπιστώθηκε το γεγονός ότι η άλιπη μάζα παίζει καθοριστικό ρόλο ως εξαρτημένη μεταβλητή. Μελέτες έδειξαν (Mifflin *et al.*, 1990; Owen *et al.*, 1987; Ravvussin *et al.*, 1989) ότι η άλιπη μάζα δίνει αποτελέσματα για ένα μεγάλο ποσοστό του Βασικού Μεταβολισμού Ηρεμίας κάτι που δείχνει ότι το να την λάβουμε υπόψη μας σε μία εξίσωση, αυτόματα αυξάνει και τα ποσοστά ακρίβειας της συγκεκριμένης εξίσωσης.

Εν κατακλείδι θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι η εξίσωση του Cunningham είναι η πλέον κατάλληλη ,στην περίπτωση που θέλουμε να υπολογίσουμε το βασικό μεταβολισμό ατόμων με έντονη φυσική δραστηριότητα.

Η εξίσωση του Cunningham : $BMR = 500 + 22 * (\text{άλιπη μάζα σώματος})$

2.Σύσταση Σώματος

Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος είναι αυτή που μας αντικατοπτρίζει το επίπεδο υγείας του οργανισμού μας. Η αλλαγές στην σύσταση σώματος μας βοηθούν να καταλάβουμε τους μηχανισμούς με τους οποίους οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν την σύσταση του σώματός μας. Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος αποτελεί ένα βασικό εργαλείο στα χέρια των επιστημών για την κατανόηση και αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών (Lee & Gallagher, 2008). Επίσης η μελέτη της σύστασης σώματος ενός ατόμου είναι βασικό κομμάτι της διατροφικής του αξιολόγησης καθώς διάφορες αλλαγές είναι άμεσα συνδεδεμένες με τη γήρανση , την πορεία μίας νόσου, την αποτελεσματικότητα μιας διατροφής και την υγεία (Lee & Gallagher, 2008). Η μελέτη της σύστασης σώματος μπορεί να γίνει σε ατομικό, κυτταρικό, μοριακό επίπεδο και επίπεδο ιστών ολόκληρου του σώματος (Μανιός, 2006).

Ιστοί ανθρώπινου σώματος

Οι ιστοί του σώματος , εκτελούν σημαντικές λειτουργίες και η ικανότητά τους να αντεπεξέρχονται στις ανάγκες του οργανισμού εξαρτάται από την ποιοτική και ποσοτική τους σύσταση. Πιθανές αλλαγές στη σύσταση ενός ιστού μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις λειτουργίες και άλλων ιστών εξαιτίας της λειτουργικής σύνδεσης και συνεργασίας μεταξύ τους (Lee & Gallagher, 2008). Αυτό που επιζητούμε στην ανάλυση της σύστασης σώματος είναι ο ποιοποσοτικός προσδιορισμός των τριών βασικών ιστών: του μυϊκού ιστού, του οστίτη ιστού και του λιπώδους ιστού. Η ποσότητα και η αναλογία των ιστών αυτών στο ανθρώπινο σώμα έχουν σχέση με τη διατήρηση της καλής υγείας και την ποιότητα ζωής, ενώ τυχόν διαταραχές της σύστασής έχουν σχέση με την εμφάνιση και την κλινική πορεία συγκεκριμένων νόσων (Μανιός, 2006).

Λιπώδης μάζα σώματος

Η λιπώδης μάζα του σώματος περιλαμβάνει το αποθηκευτικό και το θεμελιώδες λίπος. Το θεμελιώδες λίπος αναλογεί στο ποσοστό το οποίο είναι αναγκαίο για τη λειτουργία ορισμένων δομών του σώματος όπως ο εγκέφαλος, ο μυελός των οστών, ο νευρικός ιστός και οι κυτταρικές μεμβράνες (Norgan, 1997). Το περισσότερο από το ολικό σωματικό λίπος βρίσκεται κάτω από το δέρμα και ονομάζεται υποδόριο λίπος. Από την άλλη το λίπος που βρίσκεται κάτω από την περιοχή της κοιλιάς ονομάζεται σπλαχνικό λίπος και η συσσώρευσή του έχει συνδεθεί με υπερινσουλιναμία, αντίσταση στην ινσουλίνη, διαβητική δυσλιπιδαιμία, υπέρταση, αλβουμιουρία και άλλα προφλεγμονώδη και προθρομβωτικά στάδια (Sowers, 2003). Ο λιπώδης ιστός εκκρίνει βιολογικά ενεργά μόρια όπως η λεπτίνη, η αντιγονεκτίνη, η ρεζιστίνη, PAI-1, TNF-α, τα οποία μπορούν να ελέγξουν την πρόσληψη της τροφής, και να ρυθμίσουν τον μεταβολισμό του λιπώδους ιστού, να επηρεάσουν την δράση άλλων ορμονών αλλά και να αυξήσουν ή να μειώσουν την λειτουργία παραγόντων κινδύνου για καρδιαγγειακά νοσήματα (Kershaw & Flier, 2004).

Μυϊκός ιστός

Ο μυϊκός ιστός αποτελεί το μεγαλύτερο σε μάζα ιστός του σώματος, περικλείει το 45% περίπου του σωματικού βάρους σε άνδρες και το 36% σε γυναίκες αντίστοιχα. Υπάρχουν τρεις είδη μυϊκών ιστών: ο σκελετικός, ο λείος και ο καρδιακός ιστός. Ο σκελετικός μυϊκός ιστός αποτελείται κατά προσέγγιση από 75% νερό, 20% πρωτεΐνη και 5% από ανόργανα άλατα, γλυκογόνο και ενδομυϊκά τριγλυκερίδια. Μια από τις βασικές δομικές μονάδες των σκελετικών μυών είναι τα σκελετικά μυϊκά κύτταρα τα οποία ονομάζονται μυϊκές ίνες. Η μυϊκή ίνα είναι μία επιμήκης κυλινδρική δομή, η οποία αποτελείται από μερικές εκατοντάδες έως χιλιάδες μυοϊνίδια. Τα μυοϊνίδια είναι υπεύθυνα για τη λειτουργία της μυϊκής συστολής. Οι σκελετικοί μύες προσδένονται στα οστά και η συστολή τους είναι υπεύθυνη για την υποστήριξη και κίνηση του σκελετού. Οι λείοι μύες αποτελούνται από ίνες πολύ μικρότερες από τις σκελετικές. Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι αποτελούνται από ίνες οι οποίες δεν έχουν την γραμμωτή διάταξη που παρατηρείται στους σκελετικούς και καρδιακούς μύες και η έλλειψη σωματικών νευρικών, καθώς νευρώνονται από το αυτόνομο

νευρικό σύστημα. Παραδείγματα λείων μυών αποτελούν οι μυϊκές ίνες του ακτινωτού μυός του ματιού, οι ανορθωτήρες μύες των τριχών και οι σπλαχνικοί μύες που βρίσκονται στα περισσότερα όργανα του σώματος όπως τα εντερικά τοιχώματα. Ο καρδιακός μυς αποτελείται από μυοϊνίδια τα οποία είναι σχεδόν ίδια με αυτά των σκελετικών μυών. Ο καρδιακός μυς νευρώνεται και αυτός όπως ο λείος από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και γι αυτό δεν βρίσκονται υπό τον εκούσιο έλεγχο μας (Vander *et al.*, 2001).

Οστίτης ιστός

Ο οστίτης ιστός αποτελεί τον στερεότερο τύπο συνδετικού ιστού του ανθρώπινου σώματος. Τα οστά αποτελούν το 15% του σωματικού βάρους σε άνδρες και 12% σε γυναίκες αντίστοιχα και η σύστασή τους κατά προσέγγιση είναι: 70% μεταλλικά άλατα, 22% πρωτεΐνη και περίπου 8% νερό. Η περιεκτικότητα του σκελετού σε μικροστοιχεία είναι: το 99% του συνολικού ασβεστίου του σώματος, το 35% του νατρίου και το 60% του μαγνησίου (Green & Kleeman, 1991). Τα οστά στο σύνολο τους αποτελούνται από τρεις τύπους κυττάρων: τους οστεοκλάστες, τους οστεοβλάστες και τα οστεοκύτταρα – και από τη θεμέλια εξωκυττάρια ουσία (Μανιός, 2006). Από τις κυριότερες λειτουργίες των οστών είναι: η κίνηση του σώματος, η μηχανική στήριξη, η συμμετοχή στη ρύθμιση του ασβεστίου και του φωσφόρου, η προστασία των ευαίσθητων ανατομικών δομών και τέλος αποτελούν μεταβολική αποθήκη για τα μεταλλικά άλατα (Turner, 2002).

2.1 Μέθοδοι αξιολόγησης σύστασης σώματος

Υδροπυκνομετρία-Υποβρύχια ζύγιση

Η Υδροπυκνομετρία είναι μία μέθοδος μέτρησης του όγκου του σώματος για τον υπολογισμό της ολικής πυκνότητας του σώματος. Η μέθοδος βασίζεται στο μοντέλο των δύο διαμερισμάτων και πιο συγκεκριμένα στην ιδέα ότι οι αναλογίες της λιπώδους μάζας και της άλιπης μάζας σώματος μπορούν να υπολογιστούν από τις γνωστές πυκνότητες αυτών των δύο διαμερισμάτων και από τον υπολογισμό της

ολικής πυκνότητας σώματος. Για να πραγματοποιηθεί η μέθοδος απαιτείται η πλήρη βύθιση του ατόμου σε μία ειδικά διαμορφωμένη δεξαμενή ή σε μία πισίνα. Το άτομο το οποίο εξετάζεται κάθεται σε μία καρέκλα ή σε ένα πλαίσιο αναρτημένο σε μία ζυγαριά και εκπνέει πλήρως πριν βυθιστεί και το κεφάλι του. Ο εξεταζόμενος κρατάει την αναπνοή του αρκετά δευτερόλεπτα μέχρι να ολοκληρωθεί η υποβρύχια ζύγιση. Πιο συγκεκριμένα η μάζα σώματος του ατόμου υπολογίζεται με τη ζύγιση στον αέρα ενώ ο υπολογισμός του όγκου του σώματος βασίζεται στην Αρχή του Αρχιμήδη, ο οποίος ανακάλυψε ότι ο όγκος ενός αντικειμένου που βυθίζεται στο νερό ισούται με τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται. Για τον ακριβή υπολογισμό του όγκου σώματος λαμβάνεται υπόψη και ο υπολειπόμενος όγκος πνευμόνων καθώς και ο όγκος αέρα που βρίσκεται παγιδευμένος στον γαστρεντερικό σωλήνα, ενώ πρέπει να γίνονται παράλληλα και οι απαραίτητες προσαρμογές που σχετίζονται με τη πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία όπου έγινε η υποβρύχια ζύγιση (Μανιός, 2006). Πολλές εξισώσεις είναι διαθέσιμες για τη μέτρηση του ποσοστού λίπους σώματος από μετρήσεις πυκνότητας σώματος, δύο όμως χρησιμοποιούνται πιο συχνά και είναι οι εξισώσεις αυτές των Brozek et al (Brozek *et al.*, 1963):

$$\% \text{ Λίπους Σώματος} = (4,57/D_b - 4,142) \times 100$$

Και των Siri et al (Siri, 1993):

$$\% \text{ Λίπους Σώματος} = (4,95/ D_b - 4,5) \times 100$$

Όπου D_b είναι η υπολογισμένη πυκνότητα σώματος με τη μέθοδο της υδροπυκνομετρίας.

Αεροπυκνομετρία - Αέρια πληθυσμογραφία

Η αεροπυκνομετρία είναι μία μέθοδος μέτρησης του όγκου σώματος η οποία βασίζεται στο μοντέλο των δύο διαμερισμάτων. Το σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται αποτελείται από δύο ξεχωριστούς θαλάμους γνωστού όγκου και οι δύο: τον πρόσθιο (είναι για το εξεταζόμενο άτομο) και ο οπίσθιος (θάλαμος αναφοράς), ενώ μεταξύ των θαλάμων υπάρχει ένα κινούμενο διάφραγμα. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην εφαρμογή του νόμου των αερίων,

σύμφωνα με τον οποίο ο όγκος ενός αερίου που συμπιέζεται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας μειώνεται αναλογικά με την αύξηση της πίεσης. Το άτομο το οποίο εξετάζεται κάθεται στο κάθισμα του μπροστινού θαλάμου, η πίεση στο θάλαμο αυξάνεται και όγκος του σώματος ισούται με την μείωση του όγκου του αέρα του θαλάμου. Η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο θαλάμων ταλαντεύει το διάφραγμα για να παράγει μία μικρή αλλαγή στον όγκο και την πίεση σε κάθε θάλαμο. Ο εξεταζόμενος παίρνει πολλές αναπνοές από ένα κλειστό κύκλωμα αέρα κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ώστε να υπολογιστεί ο όγκος του αέρα στους πνεύμονες και να αφαιρεθεί από το μετρούμενο όγκο σώματος, δίνοντας έτσι το πραγματικό όγκο του σώματος. Για τη μέτρηση του % λίπους σώματος έχουν περιγραφεί εξισώσεις ειδικές για αναλύσεις με τη μέθοδο της αέριας πληθυσμογραφίας (Dempster & Aitkens, 1995; Μανιός, 2006). Η μέθοδος αυτή έχει περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με την υποβρύχια ζύγιση, είναι πιο γρήγορη και πιο απλή διότι ο εξεταζόμενος δεν χρειάζεται να βυθιστεί στο νερό. Παρ όλα αυτά το κόστος και των δύο παραμένει αρκετά υψηλό.

Τρισδιάστατη σάρωση σώματος

Η τρισδιάστατη σάρωση σώματος και η ψηφιακή φωτογραφική ανθρωπομετρία είναι νεότερες τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογίσουν τον όγκο του σώματος και ως εκ τούτου το σωματικό λίπος. Τα πλεονεκτήματα αυτών των νέων τεχνικών είναι ότι είναι γρήγορες και ανεκτές από τους περισσότερους εξεταζόμενους. Αυτή τη στιγμή όμως δεν έχουν επικυρωθεί πλήρως για τη μέτρηση της σύστασης σώματος καθώς υπολείπονται οι διορθώσεις για τον υπόλοιπο όγκο πνευμόνων. Η περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξή τους είναι απαραίτητη για να αποκτηθεί η ακρίβεια που απαιτείται για τον υπολογισμό του σωματικού λίπους.

Απορροφησιμετρία Ακτινών X διπλής ενέργειας (DXA)

Η Απορροφησιμετρία ακτινών X διπλής ενέργειας είναι μία νεότερη τεχνική που προσφέρει τη δυνατότητα ποσοτικής μέτρησης των μαλακών ιστών και των οστών ολόκληρου του σώματος ή συγκεκριμένων ανατομικών περιοχών του. Η τεχνική

βασίζεται πάνω στο μοριακό μοντέλο των τριών διαμερισμάτων, το οποίο κατηγοριοποιεί το σώμα στα διαμερίσματα της λιπώδους μάζας, της ισχνης μάζας και της μάζας των οστικών μετάλλων. Η μέθοδος βασίζεται στην εξασθένηση των ακτινών X που εισάγονται στους ιστούς του σώματος, η οποία υπολογίζεται από έναν υπολογιστή και βάση αυτής υπολογίζεται το ποσοστό του σωματικού λίπους και μαλακών ιστών ή η οστική πυκνότητα (συνολικά ή σε συγκεκριμένα σημεία). Γενικότερα όταν μία ακτίνα X εκπέμπεται από τη μία πλευρά ενός αντικειμένου, η ένταση της ακτίνας στην αντίθετη πλευρά του εξαρτάται από το πάχος, τη πυκνότητα και τη χημική σύσταση του αντικειμένου. Η μέθοδος DXA χρησιμοποιείται ως μέθοδος αναφοράς για την εκτίμηση της οστικής μάζας και πυκνότητας. Οι μετρήσεις απορροφησιμετρίας χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τη μέτρηση του ρυθμού απώλειας οστού και στη κλινική διάγνωση της οστεοπενίας και οστεοπόρωσης (Jebb, 1997). Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ακρίβεια, αλλά η εφαρμογή της δεν είναι εύκολη διότι είναι μία μέθοδος με μεγάλο κόστος και απαιτούνται ειδικές συνθήκες και κατάλληλη εκπαίδευση του εξεταστή.

Αξονική Τομογραφία

Η αξονική τομογραφία είναι μία απεικονιστική μέθοδος που βασίζεται στη χρήση των ακτινών X, η οποία παρέχει υψηλής ποιότητας εικόνες και αναλύσεις εγκάρσιων διατομών του ανθρώπινου σώματος. Η μέθοδος βασίζεται στη στην αρχή της εξασθένησης των ακτινών X καθώς αυτές διέρχονται από τους διαφορετικούς ιστούς του ανθρώπινου σώματος και εντοπίζονται από κατάλληλους αισθητήρες παρέχοντας πληροφορίες για την πυκνότητα του κάθε ιστού. Εκτός από το συνολικό ποσοστό λίπους η μέθοδος παρέχει πληροφορίες για την κατανομή του λίπους στο σώμα και επιπλέον διαχωρίζει και ποσοτικοποιεί το λίπος σε: υποδόριο και σπλαχνικό. Επιπλέον η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει πληροφορίες για την οστική μάζα των οστών, το σχήμα τους και για την μικροαρχιτεκτονική τους δομή (Goodpaster *et al.*, 2000).

Μαγνητική Τομογραφία

Η Μαγνητική Τομογραφία βασίζεται στην αρχή ότι οι ατομικοί πυρήνες συμπεριφέρονται σαν μαγνήτες, όταν ασκείται στο σώμα ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Οι πυρήνες απορροφούν κύματα ραδιοσυχνότητας που κατευθύνονται προς το σώμα και αλλάζουν τον προσανατολισμό τους στο μαγνητικό πεδίο. Η κατάργηση των κυμάτων αυτών έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή ραδιοκύματος από τους ενεργοποιημένους πυρήνες. Μαγνητικά κύματα και ραδιοκύματα χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των ιστών του σώματος. Η μέθοδος είναι χρήσιμη για τον καθορισμό του μεγέθους των οργάνων, τον ποσοτικό προσδιορισμό της μυϊκής μάζας, για τον ποσοτικό προσδιορισμό και τη κατανομή της λιπώδους μάζας αλλά και για το διαχωρισμό της σε υποδόριο και σπλαχνικό λίπος. Το σημαντικότερο μειονέκτημα της είναι το μεγάλο της κόστος (Goodpaster *et al.*, 2000; Μανιός, 2006).

Ολική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα ή TOBEC

Η μέθοδος TOBEC βασίζεται στη μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας όταν ένα άτομο τοποθετείται σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ο εξεταζόμενος ξαπλώνει σε ύπτια θέση σε ένα κρεβάτι, το οποίο συνδέεται στο όργανο TOBEC που επάγει ηλεκτρικό ρεύμα στο άτομο. Η μέθοδος αυτή συνιστάται στη μέτρηση των μεταβολών στην αγωγιμότητα, οι οποίες είναι ανάλογες με το περιεχόμενο του σώματος σε ηλεκτρολύτες, οι οποίοι σχετίζονται με την άλιπη μάζα σώματος. Συνεπώς η μέθοδος TOBEC καθιστά δυνατό τον υπολογισμό της άλιπης μάζας σώματος και κατά συνέπεια της λιπώδους μάζας σώματος (Van Loan, 1987).

Μέθοδος Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BIA)

Η μέθοδος BIA βασίζεται στη μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Στην ανάλυση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, η μέτρηση γίνεται στα άκρα και όχι σε ολόκληρο το σώμα. Το άτομο τοποθετείται ξαπλωμένο σε ένα κρεβάτι, με τα άκρα απομακρυσμένα από τον κορμό. Δύο ηλεκτρόδια εισαγωγής ρεύματος επικολλώνται

στις κάτω επιφάνειες του καρπού και του ποδιού και τα δύο ηλεκτρόδια αντίχειρα στο μέσο της νοητής γραμμής μεταξύ των άκρων της κερκίδας και της ωλένης στο καρπό και στο μέσο της νοητής γραμμής μεταξύ του έξω και του έσω σφυρού στον αστράγαλο και ένα όργανο παράγει ρεύμα, το οποίο διαπερνά το σώμα μέσω των ηλεκτροδίων. Στις μετρήσεις BIA μιας συχνότητας διαβιβάζεται στον εξεταζόμενο εναλλασσόμενο ρεύμα μικρής έντασης (800 μ A) και συχνότητας 50 kHz. Η αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζεται εμπέδηση, η οποία εντοπίζεται και μετράται από το όργανο. Η εμπέδηση είναι το αντίθετο της αγωγιμότητας. Επειδή το ρεύμα που εφαρμόζεται σε ένα αγωγό, χρησιμοποιεί την οδό με τη μικρότερη αντίσταση, γίνεται κατανοητό ότι στο ανθρώπινο σώμα, η συνολική αγωγιμότητα ισούται με την άλιπη μάζα σώματος και η αντίσταση που υπολογίζεται ισούται με τη λιπώδη μάζα σώματος. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο και τη χρήση κατάλληλων εξισώσεων μπορεί να υπολογιστεί η άλιπη μάζα σώματος. Στηριζόμενοι στο μοντέλο των δύο διαμερισμάτων και με την χρήση σωστών εξισώσεων μπορούμε να υπολογίσουμε την λιπώδη μάζα σώματος αφαιρώντας την υπολογισμένη άλιπη μάζα σώματος από το βάρος του σώματος (Bolanowski & Nilsson, 2001; Μανιός, 2006). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι είναι γρήγορη, οικονομική, εύχρηστη και ανώδυνη. Επιπλέον η μέτρηση γίνεται εύκολα αποδεκτή από τον εξεταζόμενο και εκτιμά την άλιπη μάζα σώματος και το ολικό νερό σώματος. Τέλος η συσκευή μέτρησης μπορεί να είναι φορητή. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται ότι οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται κάτω από συγκεκριμένο πρωτόκολλο και ότι η εκτίμηση των διαμερισμάτων του σώματος πρέπει να υπολογίζεται βάσει ειδικών εξισώσεων για κάθε διαφορετικό πληθυσμό.

Μετρήσεις Υπέρηχων

Οι μετρήσεις υπερήχων χρησιμοποιούνται περισσότερο για την μέτρηση της λιπώδους μάζας σώματος και της οστικής μάζας. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται κύματα με συχνότητα 200-600 KHz και οι δύο παράμετροι που μετρούνται είναι η εξασθένιση του υπερήχου και η ταχύτητά του. Οι μετρήσεις παίρνονται από τον περιφερικό σκελετό, συνήθως από την πτέρνα ή την κνήμη και παρέχουν την δυνατότητα για αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης οστεοπορωτικών καταγμάτων.

Κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι έχει χαμηλό κόστος, δεν εκπέμπει ακτίνες X και οι συσκευές μέτρησης είναι φορητές (Μανιός, 2006).

Μέθοδος Ενεργοποίησης Νετρονίων (NAA)

Η μέθοδος NAA επιτρέπει την ανάλυση του ζωντανού οργανισμού σε ατομικό επίπεδο με τον υπολογισμό συγκεκριμένων χημικών στοιχείων. Με την μέθοδο αυτή είναι δυνατόν να ανιχνευθούν και να ποσοτικοποιηθούν πολλά συστατικά του σώματος όπως είναι το ασβέστιο, το κάλιο, το άζωτο, το χλώριο, το φώσφορο και άλλα, με πιο συχνά να είναι το ασβέστιο και το άζωτο. Στη μέθοδο αυτή το άτομο βομβαρδίζεται με νετρόνια και μετά από λίγο χρονικό διάστημα εκπέμπεται και ανιχνεύεται ακτινοβολία γ που είναι ανάλογη της απόλυτης μάζας του συνολικού στοιχείου που μετράται. Κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν ο ακριβός εξοπλισμός, η έκθεση σε ακτινοβολία και η απαίτηση ειδικευμένου προσωπικού για τις μετρήσεις (Μανιός, 2006; Ματάλα & Γιαννακούλια, 2007).

Μέτρηση Ολικού ^{40}K

Το κάλιο στον άνθρωπο απαντάται εξ ολοκλήρου ως ενδοκυτταρικό κυρίως στους μύς και τα όργανα. Μικρές ποσότητες καλίου βέβαια συναντώνται και στα εξωκυττάρια υγρά και τα οστά. Η μέθοδος βασίζεται στη παραδοχή ότι η συγκέντρωση του καλίου στην άλιπη μάζα σώματος είναι σταθερή, η μέτρηση του ολικού καλίου θεωρείται δείκτης της άλιπης μάζας σώματος. Ένα σταθερό κλάσμα του σωματικού καλίου (0,012%) συναντάται ως ισότοπο ^{40}K . Το ισότοπο αυτό εκπέμπει ακτίνες γ υψηλής ενέργειας στα 1,46 MeV που ανιχνεύονται, επιτρέποντας έτσι να μετρηθεί η ποσότητά του και παράλληλα η ποσότητα του ολικού καλίου σώματος. Επειδή η μέση ποσότητα καλίου στην άλιπη μάζα σώματος θεωρείται σταθερή (69,4 mmol/kg), μπορεί να υπολογιστεί έμμεσα η άλιπη μάζα σώματος (Garrow, 1982; Wielopolski *et al.*, 2003).

Μέθοδοι Αραίωσης – Διάλυσης Ισοτόπων

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ολικού νερού σώματος. Όπως γνωρίζουμε το νερό του σώματος εμπεριέχεται στην άλιπη μάζα του σώματος και σε υγιείς ανθρώπους αποτελεί το 73% αυτής. Με τον υπολογισμό του ολικού νερού σώματος μπορεί να εκτιμηθεί και έμμεσα η άλιπη μάζα σώματος. Τα ισότοπα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι το δευτέριο, το τρίτιο και το σταθερό ισότοπο του οξυγόνου. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται κάτω από καθορισμένες συνθήκες διότι επηρεάζονται εύκολα από παράγοντες όπως την κατανάλωση φαγητού και υγρών και από τα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας που έχουν προηγηθεί πριν από τη μέτρηση. Η μέτρηση γίνεται με την εξής διαδικασία: στο άτομο που θα εξεταστεί χορηγείται αποσταγμένο νερό σημασμένο με το ισότοπο, αφού πρώτα ο όγκος του νερού και η συγκέντρωση του ισοτόπου μετρούνται με μεγάλη ακρίβεια. Η χορήγηση του νερού γίνεται είτε ενδοφλέβια είτε δια του στόματος. Στην συνέχεια και μέχρι στον εξεταζόμενο να επέλθει η ισορροπία (2-6 ώρες μετά τη χορήγηση) δεν επιτρέπεται να καταναλωθεί κάποιο υγρό ή τρόφιμο. Τέλος όταν επέλθει η ισορροπία συλλέγονται από τον εξεταζόμενο δείγματα υγρών και μετράται η συγκέντρωση του ισοτόπου. Η μέτρηση της μεθόδου βασίζεται στη σχέση: $C_d \times V_d = C_s \times V_{ON\Sigma}$. Όπου C_d = η συγκέντρωση του ισοτόπου, V_d = ο όγκος της δόσης, C_s = η συγκέντρωση του ισοτόπου στο βιολογικό δείγμα και $V_{ON\Sigma}$ = ο όγκος του ολικού νερού σώματος (Davies *et al.*, 2002; Μανιός, 2006).

2.2 Μοντέλα σύστασης σώματος

Το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων (2C)

Το μοριακό μοντέλο των δύο διαμερισμάτων χρησιμοποιείται περισσότερο από πενήντα χρόνια για την μέτρηση της σύστασης σώματος και αρκετές από τις σύγχρονες μεθόδους σύστασης σώματος βασίζονται πάνω του. Το μοριακό μοντέλο των δύο διαμερισμάτων χωρίζει το σωματικό βάρος σε δύο διαμερίσματα, τη λιπώδη μάζα σώματος και την άλιπη μάζα σώματος. Η λιπώδη μάζα του σώματος περιλαμβάνει όλες τις υποομάδες του σωματικού λίπους ενώ η άλιπη μάζα σώματος αποτελείται από νερό, πρωτεΐνες, γλυκογόνο και μεταλλικά στοιχεία (Μανιός, 2006). Οι υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζεται το μοριακό μοντέλο των δύο διαμερισμάτων

είναι ότι οι πυκνωτές των δύο διαμερισμάτων (της λιπώδους και της άλιπης μάζας σώματος) είναι σταθερές μεταξύ των διαφορετικών ατόμων και ότι τα επιμέρους συστατικά της άλιπης μάζας σώματος κρατούν συγκεκριμένες σταθερές σχέσεις μεταξύ τους (Brozek *et al.*, 1963). Πιο αναλυτικά οι παραδοχές του συγκεκριμένου μοντέλου είναι οι ακόλουθες:

1. Η πυκνότητα της λιπώδους μάζας είναι $0,901\text{ g/cm}^3$
2. Η πυκνότητα της άλιπης μάζας σώματος είναι $1,10\text{ g/cm}^3$
3. Οι πυκνότητες της λιπώδους μάζας σώματος και των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος (νερό, πρωτεΐνες, μέταλλα) είναι ίδιες για όλους τους ανθρώπους.
4. Η ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος παραμένει σταθερή ανάμεσα σε διαφορετικά άτομα. Οι αναλογίες αυτές των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα από το φύλο, την ηλικία και τη φυλή του εξεταζόμενου.
5. Το άτομο πάνω στο οποίο γίνεται η μέτρηση διαφέρει από το σώμα αναφοράς μόνο ως προς το ποσοστό της άλιπης μάζας σώματος και της λιπώδους μάζας σώματος επί του σωματικού βάρους.

Στο μοντέλο των δύο διαμερισμάτων βασίζεται η μέθοδος της υδροπυκνομετρίας, ενώ οι εξισώσεις υπολογισμού του % λίπους σώματος που έχουν βασιστεί πάνω στο μοντέλο αυτό παρέχουν ακριβείς μετρήσεις του ποσοστού του λίπους σώματος αφού όμως ικανοποιούνται οι βασικές προϋποθέσεις του μοντέλου. Πολλοί ερευνητές συγκλίνουν στο ότι η πυκνότητα της άλιπης μάζας σώματος 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 περιέχει η άλιπη μάζα σώματος (Forbes, 2002).

Πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα εκτίμησης σύστασης σώματος (3C, 4C, 5C)

Το μειονέκτημα του μοριακού μοντέλου των δύο διαμερισμάτων είναι ότι δεν εκτιμά τα επιμέρους συστατικά της άλιπης μάζας σώματος, καθένα από τα οποία έχει μεγάλη σημασία για την εκτίμηση των επιμέρους ιστών και της υγείας του ανθρώπου. Για να

αποφευχθούν αυτά τα μειονεκτήματα στις εκτιμήσεις δημιουργήθηκαν τα πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα σύστασης σώματος όπου μπορεί να γίνει εκτίμηση των επιμέρους συστατικών της άλιπης μάζας σώματος. Τα κυριότερα πολυδιαμερισματικά μοριακά μοντέλα εκτίμησης σύστασης σώματος είναι (Ellis, 2000):

- **Μοντέλο τριών διαμερισμάτων:** Σωματικό βάρος = λιπώδης μάζα σώματος + ολικό νερό σώματος + άλιπη ξηρή μάζα (δηλαδή το άθροισμα του γλυκογόνου, των μεταλλικών στοιχείων και της πρωτεΐνης)
- **Μοντέλο τεσσάρων διαμερισμάτων:** Σωματικό βάρος = λιπώδης μάζα σώματος + νερό + μέταλλα + υπολλείματα
- **Μοντέλο πέντε διαμερισμάτων:** Σωματικό βάρος= λιπώδης μάζα σώματος + ολικό νερό σώματος + οστικά μέταλλα + μη οστικά μέταλλα + ολική πρωτεΐνη σώματος.

Το μοντέλο των πέντε επιπέδων

Το μοντέλο των πέντε επιπέδων περιλαμβάνει περισσότερα από 30 διαφορετικά συστατικά σε 5 ξεχωριστά επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας: ατομικό, μοριακό, κυτταρικό, σύστημα ιστών και ολικό σώμα. Τα συστατικά των πιο πάνω επιπέδων δομούνται από τα συστατικά των κατώτερων επιπέδων, όπως γνωρίζουμε κάθε επίπεδο αποτελείται από τα συστατικά του προηγούμενου, με σύνθετη όμως σύνθεση και δομή συστατικών από το προηγούμενο επίπεδο. Η προϋπόθεση σταθερών σχέσεων μεταξύ των πέντε επιπέδων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των μεθόδων σύστασης σώματος (Wang *et al.*, 1992).

Ατομικό επίπεδο

Το 96% και περισσότερο της σωματικής μάζας αποτελείται από O, C, H, N ενώ ο συνδυασμός Na, K, P, Cl, Ca, Mg και S συνιστούν πάνω από το 99,5% της μάζας σώματος. Τα στοιχεία του ατομικού επιπέδου δεν διατηρούν σταθερές σχέσεις μόνο μεταξύ τους όσο αλλά και με άλλα συστατικά υψηλότερων επιπέδων. Οι σχέσεις

αυτές επιτρέπουν την έμμεση εκτίμηση συστατικών του ανθρώπινου σώματος, με βάση τις μετρήσεις συστατικών που δομούν τις πιο σύνθετες ενώσεις ή τα πιο σύνθετα σύνολα.

Μοριακό επίπεδο

Από όλο το σύνολο των διαμερισμάτων του μοριακού επιπέδου, μόνο το νερό, το λίπος και τα μεταλλικά στοιχεία των οστών είναι αυτά που μπορούν να μετρηθούν άμεσα ενώ δεν υπάρχουν πρακτικές τεχνικές για την άμεση ποσοτικοποίηση των πρωτεϊνών και των μη οστικών μεταλλικών στοιχείων. Παρ' όλα αυτά, τα μοριακά διαμερίσματα τα οποία δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα μπορούν να μετρηθούν έμμεσα με βάση τις μετρήσεις των υπόλοιπων μοριακών συστατικών ή από τις σταθερές σχέσεις των συστατικών των διαφορετικών επιπέδων.

Κυτταρικό επίπεδο

Το σώμα στο κυτταρικό επίπεδο χωρίζεται σε τρία διαμερίσματα: την κυτταρική μάζα, το εξωκυττάριο υγρό και τα εξωκυττάρια στερεά. Το διαμέρισμα του εξωκυττάριου υγρού μεταφέρει τα θρεπτικά συστατικά και αποβάλλει τα τοξικά προϊόντα. Το διαμέρισμα της κυτταρικής μάζας αποτελείται από τα οργανίδια, τα μιτοχόνδρια που βρίσκονται στο ενδοκυτταρικό χώρο καθώς και τα λιποκύτταρα, τα μυϊκά κύτταρα και τα οστεοκύτταρα. Η κυτταρική μάζα αποτελείται από δύο διαμερίσματα τη λιπώδη και την άλιπη κυτταρική μάζα (Wang *et al.*, 1992). Η άλιπη κυτταρική μάζα αναφέρεται ως “κυτταρική μάζα συστήματος” και πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνη για τις περισσότερες μεταβολικές διεργασίες του σώματος.

Επίπεδο του συστήματος ιστών

Το τέταρτο επίπεδο οργάνωσης αποτελεί τους ιστούς, τα όργανα και συστήματα του οργανισμού. Οι τέσσερις κύριες κατηγορίες ιστών στο ανθρώπινο σώμα είναι: ο συνδετικός, ο μυϊκός, ο νευρικός και ο επιθηλιακός. Για την έρευνα της σύστασης

σώματος οι κυριότεροι ιστοί του ανθρώπινου σώματος είναι: ο λιπώδης, ο μυϊκός, και οστίτης ιστός.

Ολικό σώμα

Το πέμπτο και τελευταίο επίπεδο οργάνωσης αποτελείται από τις κύριες ανθρωπομετρικές διαστάσεις, και είναι το σωματικό βάρος, το ύψος, τις περιφέρειες, τα πλάτη και το πάχος των δερματικών πτυχών.

2.3 Ανθρωπομετρία

Η χρήση της ανθρωπομετρίας είναι ένα εργαλείο στα χέρια των ειδικών για την εκτίμηση της σύστασης σώματος με τη βοήθεια μετρήσεων όπως το βάρος, το ύψος, των περιφερειών και των δερματικών πτυχών. Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις μας βοηθάνε πολύ διότι γίνονται εύκολα, γρήγορα και χωρίς μεγάλο κόστος για τον εξεταζόμενο, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν πρέπει να εξασφαλίζεται η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρήσεων.

Δείκτης μάζας σώματος

Ένας από τους πιο γνωστούς δείκτες βάρους – ύψους είναι ο Δείκτης Μάζας Σώματος (Δ.Μ.Σ.) και ορίζεται ως το βάρος σε χιλιόγραμμα που διαιρούνται με το τετράγωνο του ύψους σε μέτρα (kg/m^2). Στον παρακάτω πίνακα 1 μπορούμε να διακρίνουμε τα προτεινόμενα όρια ταξινόμησης (σε ελλειποβαρής, φυσιολογικούς, υπέρβαρους και παχύσαρκους) των ενηλίκων σύμφωνα με το (Δ.Μ.Σ.) όπως αυτά προτείνονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2000). Ο Δ.Μ.Σ. θεωρείται καλός δείκτης υπολογισμού του ολικού σωματικού λίπους σε άνδρες και γυναίκες. Πολλές μελέτες αναφέρονται και καταδεικνύουν τη θετική σχέση του Δ.Μ.Σ. με το διαβήτη τύπου II, την υπέρταση, τις υπερλιπιδαιμίες και ορισμένους τύπους καρκίνου. Επίσης υπάρχουν μελέτες οι οποίες ασχολούνται με τη σχέση του Δ.Μ.Σ και το ποσοστό σωματικού λίπους. Κάποιες από αυτές τις μελέτες οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι

οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται ισχυρά, αλλά κάποιες άλλες ότι οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται ισχυρά αλλά υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό δείγματος στο οποίο παρατηρείται ασυμφωνία μεταξύ των δύο μεταβλητών (Deurenberg, 2001).

Πίνακας 1 : Διεθνής ταξινόμηση ενηλίκων σύμφωνα με το Δ.Μ.Σ.

Κατηγορία σωματικού βάρους	Δείκτης Μάζας Σώματος (kg/m²)
Ελλειποβαρής	<18,5
Φυσιολογικό σωματικό βάρος	18,5-24,9
Υπέρβαροι	25,0-29,9
Παχύσαρκοι 1 ^{ου} βαθμού	30-34,9
Παχύσαρκοι 2 ^{ου} βαθμού	35-39,9
Παχύσαρκοι 3 ^{ου} βαθμού	>40

Περιφέρειες σώματος και οι δείκτες τους

Οι μετρήσεις των περιφερειών του ανθρώπινου σώματος, όπως η περιφέρεια μέσης και η περιφέρεια γλουτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της κατανομής του λίπους στο σώμα και τον κίνδυνο εμφάνισης παθήσεων οι οποίες σχετίζονται με τη παχυσαρκία.

Περιφέρεια μέσης

Η μέτρηση της περιφέρειας μέσης μας καταδεικνύει τις αποθήκες ενδοκοιλιακού λίπους στο σώμα ενώ από μελέτες βλέπουμε ότι η αυξημένη περιφέρεια μέσης σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων και διαβήτη τύπου II.

Πηλίκo περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίου

Άλλος ένας δείκτης ο οποίος μας προσδιορίζει τον κίνδυνο ενός ατόμου για την εμφάνιση παθήσεων που σχετίζονται με τη παχυσαρκία είναι το πηλίκo περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίου. Υψηλές τιμές του κλάσματος δείχνουν ότι υπάρχει αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης χρόνιων νοσημάτων που σχετίζονται με την παχυσαρκία όπως δείχνει και ο πίνακας 1.1 παρακάτω.

Πίνακας 1.1 : Όρια για μετρήσεις περιφέρειας μέσης και πηλίκου μέσης-ισχίων (WHO , 1998)

Φύλο/Κίνδυνος	Περιφέρεια Μέσης	Πηλίκo Μέσης-Ισχίων
	Αυξημένος/Ιδιαίτερα αυξημένος	Αυξημένος
Άνδρες	>94cm / >102cm	>1,0
Γυναίκες	>80cm / >88cm	>0,85

Περιφέρεια μέσου βραχίονα

Ο υπολογισμός της περιφέρειας μέσου βραχίονα μας καταδεικνύει το πάχος του σκελετικού μυός, του υποδόριου λίπους και το πάχος του οστού στη περιοχή του μέσου βραχίονα. Ο συνδυασμός αυτής της μέτρησης με τη μέτρηση της δερματικής πτυχής του τρικεφάλου μυ μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τη μυϊκή περιφέρεια και τη μυϊκή επιφάνεια του μέσου βραχίονα. Αυτή οι δύο δείκτες μας δείχνουν με μεγάλη εγκυρότητα τις αλλαγές που συμβαίνουν στη μυϊκή μάζα εξαιτίας κάποιων παθολογικών καταστάσεων (Μανιός, 2006).

Δερματικές πτυχές

Από όλες τις παραπάνω μετρήσεις η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη είναι αυτή της μέτρησης των δερματικών πτυχών. Ο υπολογισμός των δερματικών πτυχών είναι μία μέθοδος έμμεσης εκτίμησης της λιπώδους μάζας σώματος και βασίζεται στη μέτρηση του πάχους του υποδόριου λίπους στο σώμα. Το υποδόριο λίπος είναι

αντιπροσωπευτικό του ολικού σωματικού λίπους, έχοντας διαφορές ανάλογα το φύλο, την ηλικία και τον πληθυσμό, πάνω στο οποίο βασίζεται η μέθοδος της μέτρησης των δερματικών πτυχών. Η μέτρηση γίνεται με την εξής τεχνική: διαχωρισμός του υποκείμενου μυ και μέτρηση του πάχους μιας διπλής πτυχής του υποδόριου λίπους και του δέρματος στο σημείο της δερματικής πτυχής. Το όργανο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της δερματικής πτυχής ονομάζεται δερματοπτυχόμετρο. Οι δερματικές πτυχές που μπορούμε να μετρήσουμε είναι οι παρακάτω: η δερματική πτυχή τρικεφάλου, η δερματική πτυχή δικεφάλου, η υποωμοπλατιαία, η κοιλιακή, η θωρακική, η μηριαία και η γαστροκνημιαία δερματική πτυχή. Οι μετρήσεις οι οποίες θα έχουμε πραγματοποιήσει μπορούν να προστεθούν και το άθροισμά τους να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη των επιπέδων ολικού λίπους ή να τοποθετηθούν σε εξισώσεις για τον υπολογισμό της πυκνότητας και τη μέτρηση του ποσοστού του σωματικού λίπους (Μανιός, 2006).

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση σώματος

Η σύσταση σώματος επηρεάζεται από δύο κύριους παράγοντες : τους γενετικούς και τους περιβαλλοντικούς (οι δύο αυτοί παράγοντες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1.2). Οι γενετικοί παράγοντες περικλείουν την κληρονομικότητα, την ηλικία, το φύλο και τη φυλή. Η σύσταση του σώματος επηρεάζεται σημαντικά από την κληρονομικότητα, ενώ το βάρος σώματος αυξάνεται παράλληλα με την ηλικία και στα δύο φύλα. Η αύξηση του βάρους σε σχέση με την ηλικία γίνεται πιο γρήγορα στα κορίτσια σε αντίθεση με τα αγόρια στα οποία γίνεται πιο αργά και σταδιακά. Η λιπώδης μάζα σώματος στις γυναίκες είναι μεγαλύτερη απ ότι στους άνδρες και αυτό οφείλεται στο ειδικό για το φύλο λίπος (Norgan, 1997). Παρ όλα αυτά, η διατροφή και η σωματική άσκηση αποτελούν δύο από τους κυριότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η σύσταση σώματος (Williams, 2001). Η υψηλή πρόσληψη τροφής από τη δίαιτα σε συνδυασμό με τη χαμηλή ενεργειακή δαπάνη οδηγεί σε περίσσεια ενέργειας με αποτέλεσμα τη διαταραχή του ισοζυγίου ενέργειας. Σαν αποτέλεσμα αυτής της περίσσειας ενέργειας έχουμε την αύξηση του σωματικού βάρους και του μεγέθους του λιπώδους ιστού και αυτό διότι η παραπάνω ενέργεια του οργανισμού αποθηκεύεται στο σώμα με τη μορφή τριγλυκεριδίων στα λιποκύτταρα. Η σωματική άσκηση μπορεί να μειώσει τη λιπώδη μάζα του σώματος

και πιο συγκεκριμένα η αερόβια άσκηση βοηθάει στη μείωση του σπλαχνικού λίπους και τη διατήρηση της άλιπης μάζας σώματος (Albright *et al.*, 2010). Σε αντίθεση η μειωμένη σωματική άσκηση σχετίζεται με αυξημένο ενδοκοιλιακό λίπος (Ruderman *et al.*, 1998) και έχει θετική συσχέτιση με τη μείωση της ευαισθησίας της ινσουλίνης (Osei *et al.*, 1991).

Πίνακας 1.2 : Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση σώματος

Γενετικοί	Περιβαλλοντικοί
Κληρονομικότητα	Διατροφή
Φύλο	Σωματική άσκηση
Ηλικία	Ασθένειες
Φυλή	
Ορμόνες	

3. Διατροφική Συμβουλευτική και Ανάγκες Αθλητών Ποδοσφαίρου



3.1 Ορισμός Διατροφικής Συμβουλευτικής και Ιστορικό της

Η διατροφή αποτελεί μια επιστήμη, αλλά και μία τέχνη. Έτσι ο Διατροφικός Σύμβουλος είναι άτομο ικανό να μετατρέψει την θεωρία σε πράξη και την επιστήμη σε τέχνη. Η δυνατότητα αυτή προϋποθέτει τόσο τη γνώση όσο και την ικανότητα. Η παροχή συμβουλών διατροφής είναι ένας συνδυασμός της διατροφικής γνώσης και εμπειρίας αλλά και της ψυχολογικής ικανότητας ενός εκπαιδευμένου συμβούλου διατροφής, που καταλαβαίνει πώς να λειτουργήσει εντός του ιατρικού περιβάλλοντος. Επικεντρώνεται τόσο στα τρόφιμα όσο και στα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται σε αυτά, τονίζοντας τα συναισθήματά μας καθώς καταναλώνουμε το φαγητό. Η παροχή συμβουλών διατροφής δεν αποτελεί πλέον μια σύντομη συνάντηση με το Διατροφικό Σύμβουλο, όπως την ξέραμε παλαιότερα αλλά είναι μία εις βάθος προσαρμογή στη διαιτητική αλλαγή, την ατομική κατάσταση και τα συναισθήματα του ασθενή.

Σήμερα οι διατροφικές συνεδρίες συμβουλευτικής περιλαμβάνουν την ανάλυση των παραγόντων, όπως η διατροφική επιστήμη, η ψυχολογία, η φυσιολογία και το διαπραγματευόμενο σχέδιο θεραπείας που ακολουθείται από την αξιολόγηση. Η έρευνα έχει δείξει ότι αυτή η σε βάθος προσέγγιση μπορεί να παραγάγει άριστο διατροφικό αποτέλεσμα που βασίζεται σε βιολογικούς δείκτες. Μεγάλες μακροχρόνιες μελέτες έχουν δείξει τη μεγάλη σημασία της παροχής συμβουλών διατροφής ώστε να ανατραπούν πολύπλοκα διαιτητικά προβλήματα (Snetselaar, 2009).

Ιστορικό Διατροφικής Συμβουλευτικής

Με τα χρόνια, οι συμβουλές διατροφής έγιναν σχεδόν ένα μέρος πολιτισμού. Πρώτοι οι Έλληνες γιατροί αναγνώρισαν το ρόλο της διατροφής στην θεραπεία των ασθενειών. Στις Ηνωμένες Πολιτείες στις αρχές της δεκαετίας του 1800, ο Thomas Jefferson περιέγραψε τις διατροφικές του συνήθειες σε μια επιστολή του προς τον γιατρό του. Το γράμμα αυτό αποτελεί ένα από τα πρώτα διαιτητικά ιστορικά. Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι εξελίξεις στο χώρο της χημείας και οι χημικές γνώσης επέτρεψαν στους ερευνητές να καθορίσουν τις μεταβολικές διατροφικές

απαιτήσεις. Αυτό σηματοδότησε την έναρξη της μελέτης των πρότυπων θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται από όλα τα άτομα σε σχέση με την ηλικία, το φύλο και τη δραστηριότητά τους. Αυτά τα σχέδια είναι ζωτικής σημασίας για τη φάση της αξιολόγησης της παροχής συμβουλών. Το 1945, οι Selling και Ferraro, στη συζήτηση για την ψυχολογία της διαίτας και της διατροφής συνέστησαν ό, τι εκείνη τη εποχή οι Σύμβουλοι Διατροφής έπρεπε να έχουν μια αντισυμβατική άποψη:

- 1 . Γνωρίζοντας την προσωπικότητα του πελάτη
- 2 . Γνωρίζοντας την ψυχосύνθεση του πελάτη
- 3 . Γνωρίζοντας την συναισθηματική ένταση του πελάτη
- 4 . Βοηθώντας τον πελάτη να γνωρίζει τα δικά του όρια
- 5 . Διευθετώντας τη διατροφή, έτσι ώστε ο πελάτης να τροποποιεί τη διαίτα του με τέτοιο τρόπο ώστε αυτή να έχει αποτέλεσμα στην ενθάρρυνσή του.
- 6 . Επιτρέποντας στον πελάτη κατά διαστήματα την περιστασιακή εξαπάτηση στη διαίτα που ακολουθεί.

Το 1945, πληθώρα επιστημονικών γνώσεων που αφορούσαν τη διατροφή σε σχέση με τη νόσο έκαναν την εμφάνισή τους. Οι Σύμβουλοι Διατροφής όμως έκαναν μικρές προσπάθειες ώστε να γίνουν αυτές οι κρίσιμες ιδέες πράξη. Παρ' όλα αυτά με τα χρόνια, ο ρόλος του Συμβούλου έχει αλλάξει. Στο παρελθόν, ο ρόλος ενός Συμβούλου Διατροφής είχε μία συνεχή αυταρχική πλευρά. Σήμερα, όμως ένας Σύμβουλος πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσει σε όλους τους ρόλους σε κατάλληλες χρονικές περιόδους. Οι Ivey *et al.* περιγράφουν το ρόλο των Συμβούλων, ως άτομα τα οποία ξέρουν ποια στρατηγική να χρησιμοποιήσουν για κάθε ιδιαίτερη συνθήκη σε μία δεδομένη χρονική στιγμή. Στις αρχές της δεκαετίας του 1900, η Frances Stearn ξεκίνησε να εργάζεται πάνω στη κλινική διατροφή στο New England Medical Center. Το έργο της συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με διαιτολόγους, οι οποίοι τονίζουν τις πτυχές της συμβουλευτικής διατροφής. Στα μέσα της δεκαετίας του 1940, οι Selling και Ferraro δήλωσαν ότι δεν υπάρχει πλέον δικαιολογία για τη συνταγογράφηση μιας διαίτας χωρίς να αναγνωριστούν οι ψυχολογικοί παράγοντες της κάθε υπόθεσης. Συνέστησαν δε μια διαγνωστική μελέτη για να καθορίσουν τη

σωστή ψυχοδιατροφική προσέγγιση. Πράγματι, το επιχείρημα ότι η ώθηση στην παροχή συμβουλών θα πρέπει να ταιριάζει με τη θεραπεία σε κάθε μεμονωμένη περίπτωση είναι απόλυτα σωστό. Το 1973, η Margaret Ohlson τόνισε τη σημασία της δημιουργίας μία χαλαρής ατμόσφαιρας (συνέντευξης) στην οποία ο πελάτης (ασθενής) θα μπορεί να ανταποκριθεί ελεύθερα. Η Ohlson προειδοποίησε βέβαια και για ένα κοινό πρόβλημα στις διαιτητικές συμβουλευτικές συνεδρίες: Μιλώντας για το μειονέκτημα να αποκρύπτονται σημαντικοί παράγοντες από τον ασθενή κατά τη διάρκεια της συνέντευξης (Snetselaar, 2009).

Με το πέρασμα των χρόνων η διατροφή και ειδικότερα η διατροφική συμβουλευτική (παροχή συμβουλών) έκανε την εμφάνισή της και στα αθλήματα. Οι αθλητές είναι άτομα τα οποία χρειάζονται κατάλληλη διατροφή αλλά και κατάλληλες διαιτητικές παρεμβάσεις για να επιτύχουν το μέγιστο αποτέλεσμα. Στο ποδόσφαιρο ειδικότερα το οποίο είναι ένα άθλημα που εξαρτάται άμεσα τόσο από την διατροφή όσο και από την ψυχική διάθεση του ποδοσφαιριστή, οι αθλητές χρειάζονται την διατροφική συμβουλευτική για να έρθει το επιθυμητό αποτέλεσμα στο οποίο περιλαμβάνεται η μέγιστη απόδοση. Έτσι ο διατροφικός σύμβουλος (διαιτολόγος) οφείλει να εκπαιδεύσει τον αθλητή τόσο σε διατροφικές όσο και σε συμβουλευτικές τεχνικές οι οποίες περιλαμβάνουν:

Συμβουλευτική:

- Αξιολόγηση και ανάλυση διατροφικών συνηθειών, σύστασης σώματος, ενεργειακού ισοζυγίου (πρόσληψη και δαπάνες ενέργειας).
- Συμβουλή για βέλτιστους διατροφικούς χειρισμούς στην προπόνηση (εναρμονισμένη με τις τρέχουσες ανάγκες εξάσκησης κατά περίοδο), στον αγώνα, στη φάση ανάκαμψης, στη διαχείριση του βάρους, στην ενυδάτωση, στις διατροφικές διαταραχές, στα ταξίδια.
- Παροχή στρατηγικών μέσω της διατροφής για την καθυστέρηση της κόπωσης κατά την άσκηση και για την επιτάχυνση της αποκατάστασης μετά την προπόνηση.
- Συμβουλή αθλητών για επίτευξη και διατήρηση σωματικού βάρους, σωματικού λίπους, μυϊκής μάζας.
- Ανάπτυξη και συμβουλή για σωστή ενυδάτωση.

- Αξιολόγηση των συμπληρωμάτων διατροφής και των «αθλητικών» τροφίμων σχετικά με τη νομιμότητα, την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα.
- Συμβουλή για τη σωστή χρήση των εργογόνων βοηθημάτων, των γευμάτων και των ροφημάτων αποκατάστασης, των αθλητικών ποτών, μπάρων, τζελ κ.α.
- Εντοπισμός και αντιμετώπιση διατροφικών θεμάτων που επηρεάζουν την υγεία και την απόδοση.
- Διευθέτηση διατροφικών προκλήσεων που επηρεάζουν την απόδοση (γαστρεντερικές διαταραχές, εξάντληση σιδήρου, διατροφικές διαταραχές, τροφικές αλλεργίες, διαταραχές της οστικής πυκνότητας και χρήση συμπληρωμάτων διατροφής).
- Παρακολούθηση με γραπτές αναφορές των αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τις διατροφικές υπηρεσίες (ανάλυση σώματος, άθροισμα δερματοπτυχών, βάρος αθλητών).
- Αξιολόγηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας και παροχή τεκμηριωμένης αξιολόγησης και εφαρμογών (ADA, 2008).

Εκπαίδευση σε θέματα διατροφής:

- Ανάπτυξη και παροχή εκπαίδευσης σε θέματα διατροφής, τόσο για τους αθλητές και το προσωπικό, όσο και για το κοινό (παρουσιάσεις, επιδείξεις, εκδηλώσεις).
- Εκπαίδευση σχετικά με τη διατροφή, συμπεριλαμβανομένων των προ και μεταγωνιστικών γευμάτων σνακ, τόσο για βραχυπρόθεσμους, όσο και για μακροπρόθεσμους στόχους.
- Επιμόρφωση στην επιλογή τροφίμων (φρέσκα λαχανικά και φρούτα, υψηλής θρεπτικής ποιότητας τρόφιμα, αποθήκευση τροφίμων) και την παρασκευή τροφίμων (τρόπος μαγειρικής).
- Επιμόρφωση σχετικά με το σχεδιασμό των μενού.
- Εξατομικευμένη συμβουλή και επιμόρφωση, όπου απαιτείται (ADA, 2008).

3.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις στο Ποδόσφαιρο

Η διατήρηση της ενεργειακής ισορροπίας αποτελεί βασικό στόχο για τους αθλητές. Ο στόχος των αθλητών είναι το ενεργειακό ισοζύγιο, το οποίο προκύπτει όταν η συνολική πρόσληψη ενέργειας από την τροφή είναι ίση με την κατανάλωση ενέργειας από την καθημερινή δραστηριότητα. Η ενέργεια προέρχεται από τους υδατάνθρακες, τις πρωτεΐνες, το λίπος και το αλκοόλ στα τρόφιμα και τα υγρά (Burke, 2009).

Οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός αθλητή διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος και τον όγκο του σώματος, την συχνότητα των προπονήσεων και την ένταση αυτών. Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται επίσης υπόψη κατά την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών είναι η ηλικία, το στάδιο της ανάπτυξης, το φύλο, το ύψος, το βάρος, η σύνθεση του σώματος, ο χρόνος που δαπανάται κατά την άσκηση, άλλες δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, καθώς και το ποσό του χρόνου της ανάπαυσης και του ύπνου. Επιπλέον οι ενεργειακές ανάγκες των αθλητών διαφέρουν μεταξύ φάσεων της εποχής αλλά και της καριέρας που κάνει ένας αθλητής.

Μια διατροφή περιορισμένης πρόσληψης ενέργειας, μπορεί να επιφέρει μεγάλα προβλήματα στον αθλητή, διότι το σώμα σε μία τέτοια περίπτωση χρησιμοποιεί το λίπος και τη μάζα του άπαχου ιστού ως καύσιμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της δύναμης και της αντοχής, καθώς και τη μείωση της λειτουργίας του ανοσοποιητικού, ενδοκρινικού και μυοσκελετικού συστήματος. Επιπλέον, η χρόνια χαμηλή πρόσληψη ενέργειας οδηγεί σε χαμηλή πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, και κυρίως των μικροθρεπτικών συστατικών που μπορεί να οδηγήσουν σε μεταβολικές δυσλειτουργίες που σχετίζονται με ελλείψεις θρεπτικών συστατικών καθώς και τη μείωση του μεταβολικού ρυθμού ανάπαυσης (Rodriguez *et al.*, 2009).

Στο ποδόσφαιρο, οι παίκτες εκτελούν συνεχόμενη εργασία. Παρότι οι ποδοσφαιριστές ασκούν δραστηριότητες χαμηλής έντασης για περισσότερο από το 70 % του παιχνιδιού, ο καρδιακός ρυθμός και οι μετρήσεις θερμοκρασίας σώματος δείχνουν ότι η μέση πρόσληψη οξυγόνου για υψηλής ποιότητας παίκτες ποδοσφαίρου είναι περίπου το 70% της μέγιστης. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί εν μέρει από το ότι ένας ποδοσφαιριστής εκτελεί περίπου 150-250 σύντομες και έντονες κινήσεις κατά την διάρκεια ενός αγώνα, το οποίο δείχνει επίσης ότι τα ποσοστά της αξιοποίησης της

φωσφορικής κρεατίνης (CP) και της γλυκόλυσης είναι συχνά υψηλά κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Το μυϊκό γλυκογόνο είναι ίσως το πιο σημαντικό υπόστρωμα για την παραγωγή ενέργειας και είναι επίσης υπεύθυνο για την κόπωση του αθλητή στο τέλος του παιχνιδιού λόγω της εξάντλησης του γλυκογόνου από τις μυϊκές ίνες (Bangsbo *et al.*, 2006). Όμως πως η ενέργεια καταναλώνεται και πως εκφράζονται οι ενεργειακές ανάγκες στο σύγχρονο ποδόσφαιρο; Η παραγωγή ενέργειας γίνεται σε δύο συστήματα το αερόβιο και το αναερόβιο.

Στο ποδόσφαιρο το οποίο είναι ένα διακοπτόμενο άθλημα, η αερόβια παραγωγή ενέργειας είναι υψηλή και ο μέσος και μέγιστος καρδιακός ρυθμός είναι 85 και 98% αντίστοιχα. Αυτές οι τιμές μπορούν να μεταφραστούν σε πρόσληψη οξυγόνου με τη χρήση της σχέσης μεταξύ καρδιακού ρυθμού και πρόσληψης οξυγόνου που λαμβάνεται κατά το τρέξιμο σε διάδρομο. Η μέθοδος αυτή δείχνει να είναι έγκυρη, διότι σε μελέτες όπου έγινε σύγκριση της μέτρησης του καρδιακού ρυθμού και της πρόσληψης οξυγόνου κατά το τρέξιμο σε διάδρομο, σε σχέση με τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού και της πρόσληψη οξυγόνου σε πραγματικές συνθήκες αγώνα (με τη βοήθεια της συσκευής K4) τα ποσοστά των δύο μετρήσεων φάνηκαν να είναι παρόμοια. Παρ όλα αυτά είναι πιθανό οι ρυθμοί της καρδιάς που μετρούνται κατά τη διάρκεια ενός αγώνα να οδηγήσουν σε υπερεκτίμηση της πρόσληψης οξυγόνου στον αθλητή, διότι παράγοντες όπως η αφυδάτωση, η υπερθερμία και το συναισθηματικό στρες ανεβάζουν τον καρδιακό ρυθμό. Βέβαια λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες, οι μετρήσεις του καρδιακού ρυθμού κατά τη διάρκεια ενός αγώνα φαίνεται να δείχνουν ότι η μέση πρόσληψη οξυγόνου είναι περίπου σε ποσοστό 70% VO₂max.

Πιο σημαντικό όμως, για την απόδοση του αθλητή, από τη μέση πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού, μπορεί να είναι ο ρυθμός αύξησης της πρόσληψης οξυγόνου κατά τη διάρκεια των πολλών σύντομων και έντονων ενεργειών. Ο καρδιακός ρυθμός ενός παίκτη κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού είναι σπάνια κάτω από το 65% του μέγιστου, με αποτέλεσμα η ροή του αίματος προς τους μύες των ποδιών να είναι συνεχώς υψηλότερη από ό, τι σε κατάσταση ηρεμίας, πράγμα που σημαίνει ότι η παροχή του οξυγόνου είναι υψηλή. Ωστόσο, η κίνηση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια των εναλλαγών της έντασης των ασκήσεων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού φαίνεται να περιορίζεται από τοπικούς παράγοντες και

εξαρτάται μεταξύ άλλων, από την οξειδωτική ικανότητα των συμβαλλομένων μυών. Ο ρυθμός αύξησης της πρόσληψης οξυγόνου μπορεί να αλλάξει από την έντονη διαλειμματική προπόνηση.

Όπως η αερόβια, έτσι και η αναερόβια παραγωγή ενέργειας είναι σημαντική για τους ποδοσφαιριστές. Ακόμα και αν δεν έχει μελετηθεί άμεσα η έντονη άσκηση κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού οδηγεί σε υψηλό ποσό διάσπασης της φωσφορικής κρεατίνης, η οποία επανασυντίθεται στην ακόλουθη περίοδο άσκησης χαμηλής έντασης. Βέβαια η φωσφορική κρεατίνη μπορεί να μειωθεί (κάτω από το 30% των τιμών ηρεμίας) κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού, εάν ο ποδοσφαιριστής εκτελεί έντονες συνεχόμενες ασκήσεις με σύντομες περιόδους ανάκαμψης. Οι μέσες συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος στο αίμα των ποδοσφαιριστών κατά τη διάρκεια ενός αγώνα είναι περίπου 2-10 mmol/l, με τις επιμέρους τιμές να είναι πάνω από 12 mmol /l. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η παραγωγή του γαλακτικού οξέος είναι υψηλή κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Μία ενδιαφέρουσα μελέτη δείχνει ότι το γαλακτικό οξύ στους μύες δεν συσχετίζεται με το γαλακτικό οξύ στο αίμα. Αυτό βέβαια είναι σε αντίθεση με τη συνεχόμενη άσκηση, όπου οι συγκεντρώσεις του γαλακτικού οξέος στο αίμα είναι χαμηλότερες, αλλά αντανακλούν καλά τις συγκεντρώσεις του γαλακτικού οξέος στους μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Οι διαφορές αυτές μεταξύ διαλείπουσας και συνεχόμενης άσκησης είναι πιθανόν να οφείλονται στα διαφορετικά ποσοστά του γαλακτικού οξέος στους μύες και του γαλακτικού οξέος στο αίμα κατά τη διάρκεια των δύο ειδών της άσκησης, με το ποσοστό της κάθαρσης του γαλακτικού οξέος στους μύες να είναι πολύ υψηλότερο απ' ό,τι αυτό στο αίμα. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια διαλείπουσας άσκησης στο ποδόσφαιρο, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα μπορεί να είναι υψηλή, ακόμη και αν η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στους μύες είναι σχετικά χαμηλή. Έτσι, συχνά στο ποδόσφαιρο η υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα δεν αντιπροσωπεύει μία υψηλή παραγωγή γαλακτικού οξέος, κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού, αλλά μάλλον μια συσσωρευμένη-ισορροπημένη απάντηση σε μια σειρά από δραστηριότητες υψηλής έντασης. Αυτό είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη για την ερμηνεία της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στο αίμα, ως μέτρο της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στους μύες. Τέλος βάσει μελετών διαπιστώνεται ότι ο ρυθμός της γλυκόλυσης για

σύντομα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια ενός αγώνα είναι υψηλός (Maughan, 2007).

3.3 Απαιτήσεις Θερμιδογόνων Θρεπτικών Συστατικών στο Ποδόσφαιρο

Οι θερμιδογόνες ουσίες είναι οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λίπη. Από την καύση ενός γραμμαρίου υδατάνθρακα και πρωτεΐνης παράγεται ενέργεια 4 χιλιοθερμίδων (kcal), ενώ από τη καύση ενός γραμμαρίου λίπους παράγεται ενέργεια ίση με 9 χιλιοθερμίδες (kcal). Οι υδατάνθρακες είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τους αθλητές. Τροφοδοτούν με ενέργεια τους μυς και βοηθάνε στη σωστή λειτουργία του εγκεφάλου. Από την άλλη οι πρωτεΐνες παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιδιόρθωση και την ανάπτυξη των μυών μετά από την έντονη σωματική άσκηση, οι αθλητές θα πρέπει να εξασφαλίζουν την πρόσληψη τόσων πρωτεϊνών ώστε να διατηρήσουν θετικό το ισοζύγιο αζώτου τους. Τέλος η πρόσληψη του λίπους πρέπει να είναι χαμηλή στους ποδοσφαιριστές παρόλο που, τα λίπη προστατεύουν τα εσωτερικά όργανα του σώματος και απορροφούν τους κραδασμούς από τυχόν χτυπήματα (Jeunckendrup & Gleeson, 2010).

Όταν η αθλητική δραστηριότητα είναι μέτριας έντασης (προπόνηση) τότε τα λίπη και οι υδατάνθρακες συνεισφέρουν ισόποσα για την παραγωγή ενέργειας. Όταν όμως η ένταση αυξάνεται όπως κατά τη διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα τότε ο ρυθμός συμμετοχής του λίπους μειώνεται ενώ το ποσό συμμετοχής των υδατανθράκων αυξάνεται. Το λίπος δηλαδή είναι το καύσιμο του σώματος για χαμηλής έντασης άσκηση, μπορεί να συμβάλει όσο το 75% της ενεργειακής ζήτησης κατά τη διάρκεια παρατεταμένης αερόβιας άσκησης και η ενέργειά του προέρχεται από το μεταβολισμό των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Όπως βέβαια καταλαβαίνουμε το ενεργειακό απόθεμα του λίπους μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή ενέργειας μόνο με την παρουσία οξυγόνου το οποίο όμως σε μεγάλης έντασης άσκηση όπως ο ποδοσφαιρικός αγώνας δεν είναι εφικτό (Lyle *et al.*, 2011). Από την άλλη οι υδατάνθρακες αποτελούν το κύριο καύσιμο για τον αθλητή κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης άσκησης, μέσω της γλυκόζης, η οποία αποτελεί μία προνομιούχα πηγή ενέργειας. Το σώμα είναι ικανό να αποθηκεύσει την περίσσεια των υδατανθράκων με

τη μορφή γλυκογόνου στο συκώτι και τους μύες. Η χωρητικότητα του γλυκογόνου του σώματος είναι περίπου 300-400 γρ, ενώ η περίσσεια μετατρέπεται σε λίπος και αποθηκεύεται. Η χρήση των πρωτεϊνών στον αθλητή και ειδικά στον ποδοσφαιριστή δεν έχει ξεκαθαριστεί ακόμα και πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω, παρ' όλα αυτά ξέρουμε ότι η χρήση των πρωτεϊνών αυξάνει κατά τη διάρκεια της άσκησης για τη διατήρηση της γλυκόζης στο ήπαρ (Lyle *et al.*, 2011). Αυτό μας δείχνει ότι οι πρωτεΐνες δεν είναι από τη φύση τους προορισμένες για την παραγωγή ενέργειας.

Από τα παραπάνω λοιπόν καταλαβαίνουμε ότι ο αθλητής θα πρέπει να έχει ως σκοπό τον επαρκή εφοδιασμό του με τις απαιτούμενες θρεπτικές ουσίες. Παρακάτω θα δούμε αυτές τις θρεπτικές ουσίες και θα τις αναλύσουμε μία μία ξεχωριστά.

3.3.1 Υδατανθρακικές Απαιτήσεις Ποδοσφαιριστών

Οι υδατάνθρακες είναι η πιο σημαντική πηγή ενέργειας σε μια ισορροπημένη αθλητική διατροφή. Η πρόσληψη υδατανθράκων πρέπει να εξισορροπείται με επαρκή πρόσληψη πρωτεϊνών, λίπους και πρόσληψη νερού. Στους αθλητές, οι υδατάνθρακες είναι η κύρια πηγή για τη διατήρηση της γλυκόζης στο αίμα κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Η επαρκής πρόσληψη υδατανθράκων βοηθά στην αποφυγή μυϊκών βλαβών και καταβολικής δραστηριότητας. Οι διατροφικοί υδατάνθρακες μετά τη διαδικασία της κατάποσης, διασπώνται σε μικρότερα σάκχαρα (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη) τα οποία απορροφώνται και χρησιμοποιούνται στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας (Lyle *et al.*, 2011). Στο σώμα οι υδατάνθρακες αποθηκεύονται ως γλυκογόνο στο ήπαρ (75-100gm ή 300-400kcal) και στο σκελετικό μυϊκό ιστό (300-400gm ή 1200-1600kcal). Επιπλέον, υπάρχει μία μικρή ποσότητα γλυκόζης στην κυκλοφορία του αίματος (25gm ή 100kcal) (Coleman, 2011). Σε περίπτωση περίσσειας απορρόφησης οι υδατάνθρακες μετατρέπονται σε λίπος και αποθηκεύονται (Lyle *et al.*, 2011). Το ηπατικό γλυκογόνο μπορεί, με τη βοήθεια του ενζύμου γλυκογόνο - 6 - φωσφατάση, να διασπάται σε γλυκόζη και στη συνέχεια να μεταφέρεται, μέσω της κυκλοφορίας του αίματος, στους μύες. Αφού παρελήφθη από τους μύες, η γλυκόζη μπορεί είτε να

αποθηκευτεί ως γλυκογόνο των μυών ή να χρησιμοποιηθεί αμέσως στις διαδικασίες της παραγωγής ενέργειας (γλυκόλυση και / ή οξειδωση). Επειδή το ένζυμο γλυκογόνο - 6 - φωσφατάση δεν είναι παρών στο μυϊκό ιστό, η απορροφούμενη γλυκόζη δεν είναι σε θέση να φύγει από τους μύες. Έτσι, το ήπαρ (και ιδιαίτερα η ποσότητα του γλυκογόνου του ήπατος) παίζει πρωταρχικό ρόλο στη διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης στο πλάσμα.

Το συνολικό ποσό της ενέργειας που αποθηκεύεται ως ενδογενείς υδατάνθρακες είναι πολλές φορές μικρότερο από ό, τι τα αποθέματα λίπους μας. Με αποτέλεσμα το ποσό αυτής της ενέργειας να επαρκεί θεωρητικά μόνο για 60-90 λεπτά έντονης άσκησης. Βέβαια στη πράξη, αυτό το χρονικό διάστημα είναι σημαντικά χαμηλότερο (30-40 λεπτά) διότι σε έντονη άσκηση οι μύες θα έχουν εξαντλήσει το αποθηκευμένο γλυκογόνο αρκετά πιο νωρίς (Van Loon, 2008).

Στα άτομα που αθλούνται και ειδικότερα στους ποδοσφαιριστές οι αποθήκες μυϊκού γλυκογόνου είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τα άτομα τα οποία δεν αθλούνται. Χαρακτηριστικό είναι ότι άτομα που δεν αθλούνται αποθηκεύουν περίπου 80-90mmol/kg υγρού βάρους μυών σε μυϊκό γλυκογόνο, ενώ άτομα που αθλούνται περίπου 130-135mmol/kg υγρού βάρους μυών. Οι υδατάνθρακες αποτελούν το καλύτερο καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας στους ποδοσφαιριστές και αυτό διότι οι αθλητές προπονούνται και ανταγωνίζονται σε έντονες ασκήσεις χρησιμοποιώντας πάνω από το 65% της VO₂max. Σε αυτές τις υψηλής έντασης ασκήσεις η οξειδωση του λίπους δεν μπορεί να παράγει τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) αρκετά γρήγορα ώστε να μπορεί να τις υποστηρίξει. Αντίθετα το μυϊκό γλυκογόνο και η γλυκόζη του αίματος παρέχουν περίπου το ήμισυ της ενέργειας για άσκηση μέτριας έντασης και τα δύο τρίτα της ενέργειας για άσκηση υψηλής έντασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μυϊκό γλυκογόνο χρησιμοποιείται γρηγορότερα κατά τα πρώτα στάδια της άσκησης (Coleman, 2011).

Διατροφικά η συνιστώμενη ποσότητα που πρέπει να καταναλώνουν αμφότεροι οι ενήλικες και έφηβοι αθλητές είναι 6-10gr/kg σωματικού βάρους. Παρ όλα αυτά πρόσθετες μελέτες δείχνουν ότι η διατροφή ενός ενήλικα πρέπει να αποτελείται από 60-65% σε υδατάνθρακες, ενώ ενός εφήβου από 55-60% σε υδατάνθρακες.

Οι υδατάνθρακες χωρίζονται σε απλούς (μονοσακχαρίτες) και σύνθετους (πολυσακχαρίτες). Τα απλά σάκχαρα απορροφώνται και μετατρέπονται σε ενέργεια πολύ γρήγορα. Έτσι αποτελούν μια γρήγορη πηγή ενέργειας για τον οργανισμό. Η αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα υποδεικνύεται από το γλυκαιμικό δείκτη τροφίμων (GI), όσο υψηλότερη είναι η γλυκόζη του αίματος, τόσο υψηλότερος είναι ο γλυκαιμικός δείκτης τροφίμων. Για τους αθλητές είναι πιο ωφέλιμο να καταναλώνουν σύνθετους υδατάνθρακες. Οι σύνθετοι υδατάνθρακες χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να απορροφηθούν και, ως εκ τούτου, παρέχουν ενέργεια σε πιο αργό ρυθμό από ό,τι τα απλά σάκχαρα. Η πιο σημαντική πηγή βέβαια υδατάνθρακα στη διατροφή ενός αθλητή είναι το άμυλο γιατί διασπάται και αποθηκεύεται στον οργανισμό ως γλυκογόνο (Lyle *et al.*, 2011).

3.3.2 Πρωτεϊνικές Απαιτήσεις Ποδοσφαιριστών

Η διάσπαση των πρωτεϊνών ξεκινάει στο στομάχι, όπου οι πρωτεΐνες διασπώνται σε μεγάλα πεπτίδια, η διαδικασία συνεχίζεται στο έντερο έως ότου όλα τα πεπτίδια υδρολύονται προς συστατικά αμινοξέων. Τα κύτταρα του βλεννογόνου του εντέρου οξειδώνουν τη γλουταμίνη και ένα μέρος του γλουταμινικού και ασπαρτικού, ώστε να χρησιμοποιηθούν για καύσιμα στον οργανισμό. Τα υπόλοιπα αμινοξέα, εισάγονται μέσω της πυλαίας φλέβας στο ήπαρ, όπως κάνουν οι υδατάνθρακες.

Για την πέψη και την απορρόφηση των πρωτεϊνών μπορεί να χρειαστούν έως και 8 ώρες, αν και η πλειοψηφία των πρωτεϊνών χωνεύονται και απορροφώνται σε περίπου 4 ώρες. Στο ήπαρ, τα αμινοξέα χρησιμοποιούνται για γλυκονεογένεση ή πρωτεϊνική σύνθεση. Το άζωτο που αφαιρείται από τα αμινοξέα μετατρέπεται σε ουρία και απεκκρίνεται από τα ούρα. Τα μη απαραίτητα αμινοξέα μετατρέπονται κυρίως σε γλυκόζη στο ήπαρ, ενώ τα απαραίτητα αμινοξέα (φαίνονται στον παρακάτω πίνακα) εισέρχονται στην γενική κυκλοφορία του αίματος, όπου απομακρύνονται και χρησιμοποιούνται για νέα σύνθεση πρωτεΐνης ή για καύσιμο για τους σκελετικούς μύες (Marion, 1997).

Η πρωτεΐνη αποτελεί σημαντικό μέρος της καθημερινής μας διατροφής. Ωστόσο, οι διατροφικές απαιτήσεις των αθλητών αποτελούν ένα αμφιλεγόμενο θέμα. Υπάρχουν δύο σκέψης για τις απαιτήσεις των αθλητών σε πρωτεΐνες: (1) Η άσκηση

αυξάνει τις ανάγκες σε πρωτεΐνες και (2) οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνες είναι σχετικά παρόμοιες μεταξύ ατόμων που δεν αθλούνται και ενεργούς αθλητές. Αυτή η διαφορά-διαμάχη προκύπτει από τις διαφορές στις απαιτήσεις των πρωτεϊνών (Lyle *et al.*, 2011).

Τα κυρίαρχα καύσιμα τα οποία καταβολίζονται για την παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι οι υδατάνθρακες (CHO) και τα λιπίδια. Η οξείδωση των αμινοξέων συνεισφέρει πιθανό λιγότερο ή ίσο με το 5% της συνολικής παροχής τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP), αν και οι εκτιμήσεις λένε ότι μπορεί να φτάσει μέχρι το 20% και με παράγοντες όπως το φύλο και η διαθεσιμότητα των υδατανθράκων να επηρεάζουν το ποσό της ενέργειας που προέρχεται από τη πρωτεΐνη (Gibala, 2007). Επιστημονικά βέβαια, οι ανάγκες σε πρωτεΐνες μετρούνται με βάση το ισοζύγιο αζώτου.

Ο μεταβολισμός των πρωτεϊνών επηρεάζεται από την ηλικία του αθλητή, το φύλο, την πρόσληψη ενέργειας, και τη διαθεσιμότητα των υδατανθράκων, καθώς και την ένταση, τον τύπο και τη διάρκεια της άσκησης. Οι λειτουργίες των πρωτεϊνών είναι: η κατασκευή και συντήρηση των μυών, καθώς και η μεταφορά θρεπτικών ουσιών και η παραγωγή ενζύμων. Στην πραγματικότητα, έχουν βρεθεί περισσότερες από 10.000 διαφορετικές πρωτεΐνες στο σώμα. Ο οργανισμός χρησιμοποιεί περισσότερη πρωτεΐνη κατά τη διάρκεια της άσκησης, η οποία είναι καταναλωμένη μέσω γλυκονογένεσης στο ήπαρ και χρησιμεύει στη διατήρηση της γλυκόζης στο αίμα (Lyle *et al.*, 2011).

Οι πρωτεΐνες αποτελούν μια μικρή πηγή καυσίμου για την άσκηση των μυών. Μερικοί επιστήμονες πιστεύουν ότι η προπόνηση αντοχής και άσκησης αυξάνει την ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης που χρειάζεται ένας αθλητής σε όριο 1,2-1,6g/kg σωματικού βάρους. Αυτό είναι 50-100% περισσότερο από τη συνιστώμενη πρόσληψη 0,8g/kg σωματικού βάρους για ένα άτομο με μία καθιστική ζωή σύμφωνα με τις συνιστώμενες ποσότητες RDA. Παρ' όλα αυτά τα στοιχεία για την αύξηση των αναγκών σε πρωτεΐνες, δεν είναι σαφής και καθολικά.

Η συζήτηση για τις ακριβείς πρωτεϊνικές ανάγκες των αθλητών είναι σε μεγάλο βαθμό περιττή και αυτό διότι διατροφικές έρευνες δείχνουν ότι οι περισσότεροι αθλητές που καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες ήδη

καταναλώνουν δίαιτες που παρέχουν πρωτεϊνική πρόσληψη πάνω από το όριο 1,2-1,6 g/kg/d, ακόμη και χωρίς τη χρήση των συμπληρωμάτων πρωτεΐνης. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι αθλητές δεν χρειάζεται να ενθαρρύνονται έτσι ώστε να αυξάνουν τη πρόσληψη των πρωτεϊνών τους. Έτσι, όποιος αθλητής καταναλώνει επαρκή ενέργεια από μια ποικιλία τροφίμων πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά θα πρέπει να είναι σίγουρος για την ικανοποίηση των αναγκών του σε πρωτεΐνες (F-MARC, 2010). Τέλος έρευνες έχουν δείξει ότι ο συνδυασμός δίαιτας πλούσιας σε υδατάνθρακα και πρωτεΐνη βοηθάει στη γρήγορη ανάκτηση των δυνάμεων του αθλητή αλλά και στη γρήγορη αποκατάσταση των μυϊκών τραυματισμών του (Driskell, 2011).

3.3.3 Λιπιδικές Απαιτήσεις Ποδοσφαιριστών

Το λίπος είναι ένα απαραίτητο συστατικό μιας κανονικής διατροφής, προσφέροντας ενέργεια στον οργανισμό, τα βασικά στοιχεία των κυτταρικών μεμβρανών και θρεπτικά συστατικά, όπως βιταμίνες A, D, και E. Η διαιτητική πρόσληψη του λίπους είναι χρήσιμη σε σχέση με τις αυξανόμενες ανάγκες της άσκησης, αλλά πρέπει να είναι μειωμένη για να επιτρέψει έτσι την αυξημένη πρόσληψη υδατανθράκων (Rodriguez *et al.*, 2009).

Τα λίπη αποθηκεύονται κυρίως ως τριακυλογλυκερόλη στα λιποκύτταρα (κύτταρα του λίπους). Τα λιποκύτταρα βρίσκονται κυρίως κάτω από το δέρμα και στην κοιλιακή κοιλότητα μεταξύ των οργάνων ως λιπώδης ιστός. Μια μικρή ποσότητα της τριακυλογλυκερόλης είναι αποθηκευμένη εντός του σκελετικού μυός, και βρίσκεται ως μικρά σωματίδια λίπους στις μυϊκές ίνες (ενδομυϊκή ή ενδομυϊκών τριακυλογλυκερίνης). Επιπλέον μια μικρή ποσότητα λίπους είναι παρούσα στο αίμα, σαν σωματίδια λιποπρωτεΐνης (VLDL, LDL, IDL, HDL) και ως ελεύθερα (μη-εστεροποιημένα) λιπαρά οξέα. Με την λιπόλυση τα λιπαρά οξέα απελευθερώνονται από τον λιπώδη ιστό, μία διαδικασία η οποία ρυθμίζεται από την ορμόνη ευαίσθητη λιπάση (HSL). Μερικά από τα λιπαρά οξέα που απελευθερώνονται προσδένονται στη συνέχεια στη λευκοματίνη, και / ή μεταφέρονται στο μυϊκό ιστό μέσω της κυκλοφορίας του αίματος. Αυτά τα λιπαρά οξέα λαμβάνονται από το σκελετικό μυ και αποθηκεύονται ως ενδομυϊκή τριακυλογλυκερόλη ή οξειδώνονται. Τα συνολικά αποθέματα ενέργειας που αποθηκεύονται ως λίπος είναι τεράστια και θα μπορούσαν

(υποθετικά) να δώσουν τόση ενέργεια ώστε κάποιος να μπορεί να τρέχει ασταμάτητα για μέρες (Van Loon, 2008).

Τα κύρια υποστρώματα λιπιδίων είναι τα ελεύθερα λιπαρά οξέα του πλάσματος (FFA) και τα ενδομυϊκά τριγλυκερίδια μαζί με μια μικρή συνεισφορά από τα τριγλυκερίδια του πλάσματος. Τα FFA του πλάσματος κινητοποιούνται και είναι χρήσιμα κατά τη διάρκεια ήπιας έως μέτριας άσκησης και όσο η άσκηση είναι παρατεταμένη. Τα FFA προκύπτουν από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων (TG) από την LPL στους μύες. Τα FFA στη συνέχεια παραλαμβάνονται από τους μύες, μεταφέρονται στα μιτοχόνδρια και μεταβολίζονται μέσω της οδού της β-οξειδωσης παράγοντας ATP για τη σκελετική μυϊκή συστολή.

Τα χυλομικρά και τα σωματίδια VLDL μεταφέρουν τα TG στους περιφερικούς λιπώδεις ιστούς όπου υδρολύονται και πάλι από την LPL, έτσι ώστε τα FFA να μπορούν να περάσουν μέσα στα λιποκύτταρα να ενωθούν με τη γλυκερίνη και να αποθηκευτούν ως TG που θα χρησιμοποιηθούν για ενέργεια σε μεταγενέστερο χρόνο. Ενώ τα TG μετά από υδρόλυση παρέχουν τα FFA για αξιοποίηση της ενέργειας του υποστρώματος, η πλειοψηφία των FFA που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης παρέχονται από τα FFA που δεσμεύονται στη λευκωματίνη ή κυκλοφορούν ελεύθερα στο πλάσμα. Το σύμπλοκο FFA-λευκωματίνης συνδέεται με υποδοχέα στα μυϊκά κύτταρα και τα FFA οξέος απελευθερώνονται από τα μυϊκά κύτταρα για να μεταφερθούν στα μιτοχόνδρια και να μεταβολιστούν (Driskell & Wolinsky, 2011). Τι επίπτωση όμως έχουν τα λίπη στον αθλητή ποδοσφαίρου και ποια είναι τα αποδεκτά ποσοστά τους;

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η αξιοποίηση των λιπών αυξάνεται όταν ο οργανισμός κάνει διαρκείς προσπάθειες μέτριας ή μικρής έντασης (50-60% VO₂max). Το κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης των λιπών σαν πηγή καυσίμων στον οργανισμό κατά τη διάρκεια της άθλησης είναι η οξείδωση των λιπαρών οξέων για την οικονομία της χρησιμοποίησης του γλυκογόνου (Lyle *et al.*, 2011). Βέβαια για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος πρέπει ο αθλητής να έχει τα κατάλληλα ερεθίσματα μέσα από την προπόνηση. Έτσι αυτό είναι μία από τις μεγαλύτερες διαφορές που υπάρχουν μεταξύ προπονημένων και απροπονητών ατόμων, ότι δηλαδή σε οποιαδήποτε υπομέγιστη προσπάθεια ο προπονημένος αντλεί μεγαλύτερο ποσοστό

ενέργειας από το λίπος απ ότι ο απροπόνητος, με αποτέλεσμα την οικονομία των υδατανθράκων (Rodríguez *et al.*, 2009).

Οι απαιτήσεις για λίπος στους αθλητές ποδοσφαίρου είναι μικρές με το αποδεκτό ποσοστό εύρους κατανομής του λίπους να είναι από 20% έως 35% της ενεργειακής πρόσληψης (Rodríguez *et al.*, 2009). Οι κατευθυντήριες Διαιτητικές γραμμές για το 2005 σύμφωνα με τον Καναδικό Οδηγό Τροφίμων συστήνουν ότι το ποσοστό της ενέργειας σε λιπαρά οξέα πρέπει να αποτελείται από 10% κορεσμένα, 10% πολυακόρεστα και 10% μονοακόρεστα και να περιλαμβάνει τις πηγές των απαραίτητων λιπαρών οξέων (Rodríguez *et al.*, 2009).

Μία διατροφή με ανεπαρκή περιεκτικότητα σε λιπαρά μπορεί να μειώσει τη μυϊκή μάζα λόγω των χαμηλών επιπέδων της τεστοστερόνης ορού. Αντίθετα μία διατροφή πλούσια σε λίπη επιδρά άσχημα στην ικανότητα του αθλητή ιδιαίτερα στις διαρκείς σημαντικές επιβαρύνσεις, προκαλώντας γαστρεντερική δυσφορία πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης. Επιπλέον πρόσληψη λιπών πάνω από το 35% των ολικών θερμίδων έχει συνδεθεί με προβλήματα υγείας, όπως καρδιακή νόσος, παχυσαρκία, καρκίνο ενώ έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την ικανότητα αντοχής (Maughan, 2007).

Γενικά οι διαιτητικές συστάσεις της πρόσληψης λίπους για τους αθλητές είναι παρόμοιες ή ελαφρώς υψηλότερες από εκείνες που συνιστώνται για τους μη αθλητές με σκοπό την προώθηση της υγείας. Η συντήρηση του ενεργειακού ισοζυγίου, η αναπλήρωση της ενδομυϊκής τριακυλογλυκερίνης και η επαρκή κατανάλωση των απαραίτητων λιπαρών οξέων έχουν μεγαλύτερη σημασία μεταξύ των αθλητών. Αυτό βέβαια εξαρτάται από την κατάσταση της κατάρτισης του αθλητή και τους στόχους του. Για παράδειγμα, οι δίαιτες με υψηλότερα λιπαρά φαίνεται να διατηρούν τις κυκλοφορούσες συγκεντρώσεις τεστοστερόνης καλύτερα από ότι, οι δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά. Αυτό έχει σχέση με την καταστολή της τεστοστερόνης που μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια της υπερπροπόνησης.

Σε γενικές γραμμές, συνιστάται ότι οι αθλητές πρέπει να καταναλώνουν μια μέτρια ποσότητα λίπους (περίπου το 30 % της ημερήσιας θερμιδικής πρόσληψης τους). Για τους αθλητές που προσπαθούν να μειώσουν το σωματικό λίπος, ωστόσο, έχει προταθεί να καταναλώνουν 0,5 έως 1 g/kg/d λίπους. Βέβαια, ο τύπος του

διατροφικού λίπους είναι ένας παράγοντας ο οποίος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σωστή διατροφή.

Τα λίπη στη διατροφή μπορεί να είναι ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Επιλογές όπως άπαχο κρέας, άπαχα ή χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά γαλακτοκομικά και περιορισμός πρόσθετων λιπών (βούτυρο, μαργαρίνη, σάλτσες, τηγανητά) μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη του στόχου της σωστής διατροφής (Kreider *et al.*, 2010). Οι αθλητές θα πρέπει να δίνουν προσοχή όταν καταναλώνουν λιπαρές τροφές, να το κάνουν πάντα με μέτρο και να ακολουθούν αυτές τις γενικές συστάσεις για την καλύτερη αθλητική τους απόδοση (Rodríguez *et al.*, 2009).

3.4 Ρόλος της υγρής πρόσληψης στο Ποδόσφαιρο

Τουλάχιστον το 75% της ενέργειας που ξοδεύεται κατά την άθληση απελευθερώνεται σαν θερμότητα ενώ το υπόλοιπο 25% της ενέργειας που απελευθερώνεται από τις διάφορες μεταβολικές οδούς χρησιμοποιείται για την παραγωγή έργου.

Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν την συχνότητα εφίδρωσης ενός αθλητή. Οι πιο σημαντικοί είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες και το επίπεδο της φυσικής δραστηριότητας του αθλητή. Το μέγεθος του σώματος, η σωματική επιφάνεια, η σωματική σύσταση και ο όγκος του σώματος αποτελούν επίσης σημαντικούς παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την εφίδρωση του αθλητή.

Το ποδόσφαιρο είναι ένα άθλημα μεγάλων εντάσεων με τον αθλητή να πρέπει να έχει αυξημένη αντοχή ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει σε υψηλή άσκηση διάρκειας 90 λεπτών (Maughan & Burke, 2006). Η αφυδάτωση είναι φαινόμενο αυξημένης συχνότητας σε αθλητές που δεν φροντίζουν την αναπλήρωση των υγρών τους που χάνονται μέσω της άσκησης. Η αφυδάτωση μπορεί να υποβαθμίσει την αερόβια απόδοση του αθλητή και να αυξήσει την πίεση κατά τη διάρκεια της άσκησης σε ζεστό περιβάλλον (Shirreffs & Sawka, 2009). Επιπλέον πολλές μελέτες δείχνουν ότι ο αθλητής ο οποίος εμφανίζει μειωμένη συγκέντρωση σωματικών υγρών ίση με το 2% του σωματικού του βάρους, εμφανίζει και μειωμένη αθλητική απόδοση πριν από την άσκηση ιδίως σε ζεστό περιβάλλον. Αυτές οι μελέτες βασίζονται στην

υπόθεση ότι απώλεια 1 κιλού μάζας είναι ίση με απώλεια 1 λίτρου ιδρώτα (Maughan, 2007). Περαιτέρω, απώλεια βάρους πάνω από το 4% του βάρους του σώματος μειώνουν την απόδοση του αθλητή κατά 30% κατά τη διάρκεια της άσκησης και μπορεί να οδηγήσουν σε θερμοπληξία, θερμική εξάντληση και ενδεχομένως θάνατο (Kreider *et al.*, 2010).

Οι απώλειες νερού προέρχονται από όλα τα υδατικά διαμερίσματα του σώματος, το πλάσμα, το εξωκυττάριο και ενδοκυττάριο νερό τα οποία συμμετέχουν στη συνολική απώλεια σε διάφορες αναλογίες. Η μείωση του όγκου του πλάσματος που προκαλείται από την αφυδάτωση έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ικανότητα παραγωγής έργου από τους μύες. Η αιματική ροή στους μύες θα πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα για την παροχή οξυγόνου και ενεργειακών υποστρωμάτων, ενώ επίσης σημαντική είναι και η διατήρηση της αιματικής ροής προς το δέρμα, για τη μεταφορά της θερμότητας με στόχο την αποβολή της προς το περιβάλλον (Maughan & Burke, 2006). Τέλος η αφυδάτωση προκαλεί μείωση των ηλεκτρολυτών του σώματος άρα και αλλαγές στην ομοιόσταση. Για το λόγο αυτό, είναι ζωτικής σημασίας οι αθλητές να καταναλώνουν επαρκή ποσότητα νερού ή / και αθλητικών ποτών κατά τη διάρκεια της άσκησης, προκειμένου να διατηρηθεί η κατάσταση ενυδάτωσης σταθερή. (Kreider *et al.*, 2010).

Στον παρακάτω πίνακα 3.1 παραθέτονται οι συγκεντρώσεις σε mmol l⁻¹ των βασικών ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα , το πλάσμα και το ενδοκυττάριο υγρό.

Πίνακας 3.1

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΕΣ	ΙΔΡΩΤΑΣ	ΠΛΑΣΜΑ	ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΟ ΥΓΡΟ
Νάτριο	20-80	130-155	10
Κάλιο	4-8	3,2-5,5	150
Ασβέστιο	0-1	2,1-2,9	0
Μαγνήσιο	<0,2	0,7-1,5	15
Χλώριο	20-60	96-110	8

Μια επαρκής πρόσληψη νερού πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την αθλητική δραστηριότητα, μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση αφυδάτωσης και τις αρνητικές επιδράσεις της. Το νερό είναι το πιο σημαντικό από όλα τα θρεπτικά συστατικά. Το 55-60% του σωματικού βάρους μας αποτελείται από νερό. Επιπλέον περίπου το 70% του μυϊκού ιστού μας αποτελείται από νερό (Jeukendrup & Gleeson, 2010). Καθημερινές απώλειες νερού προκύπτουν μέσω της αναπνοής, των ούρων, των κοπράνων και του ιδρώτα, αλλά και κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης και της έκθεσης σε θερμικό στρες. Βέβαια η μεγαλύτερη απώλεια νερού στο ανθρώπινο σώμα σημειώνεται μέσω της απώλειας του ιδρώτα (Shirreffs & Sawka, 2009).

Όμως την αποβολή υγρών από μεταβολικούς δρόμους του σώματος δεν πρέπει να τη θεωρούμε ανεπιθύμητη για τους αθλητές. Αντίθετα είναι επιθυμητή, αφού αποτελεί το μοναδικό μηχανισμό προστασίας του σώματος από την υπερθέρμανση. Εκείνο όμως που πρέπει να κατανοήσουμε είναι, ότι όσο επιθυμητή είναι η αποβολή των υγρών από των αθλούμενο άλλο τόσο σημαντική και επιβεβλημένη είναι και η αντικατάστασή τους. Έτσι παρακάτω θα δούμε πως θα πετύχουμε τη σωστή ενυδάτωση του οργανισμού πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση.

Ενυδάτωση πριν την άσκηση

Οι αθλητές 4 ώρες τουλάχιστον πριν από την άσκηση, πρέπει να πίνουν περίπου 5 έως 7 ml/kg σωματικού βάρους νερό ή κάποιο αθλητικό ποτό. Αυτό θα δώσει αρκετό χρόνο στον οργανισμό ώστε να βελτιστοποιηθεί η κατάσταση ενυδάτωσης του και να γίνει η αποβολή περίσσειας υγρών, από τα ούρα. Η υπερενυδάτωση με υγρά που επεκτείνουν τους ενδοκυτταρικούς χώρους, αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο εμφάνισης προβλημάτων στον αθλητή κατά τη διάρκεια του αγώνα και δεν παρέχουν κανένα σαφή πλεονέκτημα σε σχέση με την ενυδάτωση του και την απόδοση του (Rodriguez *et al.*, 2009). Φαίνεται ότι αθλητές οι οποίοι καταναλώνουν περισσότερο νερό σε σχέση με την απώλεια του ιδρώτα τους παρουσιάζουν μειωμένη απόδοση κατά τη διάρκεια της άσκησης και συμπτώματα δυσφορίας του εντέρου (F-MARC, 2010). Συνεπώς αυτή η πρακτική πρέπει να αποθαρρύνεται.

Ενυδάτωση κατά τη διάρκεια της άσκησης

Τα υγρά που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορούν να παίξουν διάφορους ρόλους στον αθλητή. Ένας από αυτούς τους ρόλους είναι να αισθάνεται ο αθλητής πιο άνετα αντικαθιστώντας ένα έλλειμμα σωματικών υγρών, και ένας δεύτερος είναι τα υγρά να αποτελούν ένα μέσο για να καταναλωθούν άλλα συστατικά. Η σημασία του καθενός από αυτούς τους ρόλους ποικίλλει ανάλογα με την κατάσταση.

Οι αθλητές σπανίως είναι απαραίτητο να πίνουν νερό κατά τη διάρκεια μίας άσκησης η οποία διαρκεί λιγότερο από περίπου 40 λεπτά, αλλά μερικοί αθλητές αισθάνονται καλύτερα μετά από το ξέπλυμα του στόματος τους με δροσερά ποτά χωρίς αυτό να αποτελεί κάποιο μείον στην απόδοσή τους. Από την άλλη, κατά τη διάρκεια μίας άσκησης η οποία διαρκεί περισσότερο από 40 λεπτά συνήθως υπάρχουν ευκαιρίες για κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια διακοπών. Ένα παράδειγμα τέτοιας άσκησης αποτελεί ο ποδοσφαιρικός αγώνας ο οποίος διαρκεί 90 λεπτά (δύο ημίχρονα 45 λεπτών) με μία ενδιάμεση διακοπή 15 λεπτών. Σε αυτό το παράδειγμα οι αθλητές δεν είναι δυνατό να πίνουν νερό κατά τη διάρκεια της άσκησης (τύπου βαριάς εφίδρωσης), η οποία διαρκεί περισσότερο από 40 λεπτά. Έτσι η μια εναλλακτική λύση είναι να ενυδατωθούν καλά λίγο πριν από την έναρξη της άσκησης (ποδοσφαιρικός αγώνας). Σε αυτή τη περίπτωση ο αθλητής πρέπει να καταναλώσει 15 λεπτά πριν την άσκηση τόση ποσότητα νερού, ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει στις συνθήκες του αγώνα.

Πιο συγκεκριμένα η ποσότητα των υγρών που πρέπει να καταναλώσει ο αθλητής εξαρτάται, τόσο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες διεξάγεται η άσκηση (ζέστη ή κρύο), όσο και από τη διατήρηση της σταθερής συγκέντρωσης του νερού στο σώμα. Έτσι γνωρίζουμε ότι η απώλεια των υγρών δεν μπορεί να ξεπεράσει το 2% της μάζας του σώματος του αθλητή (δηλαδή 1kg για άτομο βάρους 50kg, 1,5kg για άτομο βάρους 75kg και 2kg για άτομο βάρους 100kg). Συνεπώς αυτά τα ποσά δεν πρέπει να ξεπερνιούνται και οφείλει ο αθλητής να τα αναπληρώνει σωστά (Maughan & Burke, 2012).

Ενυδάτωση μετά την άσκηση

Επειδή πολλοί αθλητές δεν καταναλώνουν αρκετά υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης για την εξισορρόπηση της απώλειας των υγρών τους, είναι πιθανό η άσκηση να ολοκληρωθεί με τον αθλητή να είναι αφυδατωμένος σε κάποιο βαθμό. Έτσι πρέπει να δοθεί επαρκής χρόνος, για τη πρόσληψη κανονικών γευμάτων και ποτών τα οποία θα αποκαταστήσουν την κατάσταση ενυδάτωσης του οργανισμού και θα αντικαταστήσουν τα υγρά και τους ηλεκτρολύτες που χάθηκαν κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η ταχεία και πλήρης ανάρρωση από την υπερβολική αφυδάτωση μπορεί να επιτευχθεί με την κατανάλωση τουλάχιστον (450 έως 675 ml) υγρών για κάθε μισό κιλό (0,5 kg) σωματικού βάρους που χάνεται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η κατανάλωση ποτών ενυδάτωσης και αλμυρών τροφίμων όπως γεύματα/σνακ θα βοηθήσει την αντικατάσταση των υγρών και των ηλεκτρολυτών που χάθηκαν στη διάρκεια του αγώνα (Rodriguez *et al.*, 2009).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή

Το ποδόσφαιρο είναι ένα απαιτητικό άθλημα στο οποίο ο αθλητής θα πρέπει να δίνει πάντα το μέγιστο των δυνατοτήτων του. Γι' αυτό το λόγο η διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή του αθλητή και στην απόδοσή του. Μία ισορροπημένη διατροφή σε συνδυασμό με κατάλληλη προπόνηση θα επιφέρει την μέγιστη απόδοση του ποδοσφαιριστή αλλά και την νίκη της ομάδας του. Τα τρόφιμα που θα καταναλώσει ένας αθλητής μπορούν να επιφέρουν πολλά οφέλη όπως:

- Βέλτιστη απόδοση στο πρόγραμμα της προπόνησης
- Γρήγορη ανάκτηση δυνάμεων κατά τη διάρκεια αλλά και μετά τη προπόνηση
- Επίτευξη και διατήρηση ενός ιδανικού βάρους
- Μείωση του κινδύνου τραυματισμού ή ασθένειας
- Επίτευξη υψηλής απόδοσης κατά τη διάρκεια του αγώνα

Βέβαια παρά τα πλεονεκτήματα που έχει μία σωστή διατροφή πολλοί ποδοσφαιριστές δεν μπορούν να ακολουθήσουν ένα σωστό πρόγραμμα ώστε να πληρούν τους διατροφικούς στόχους και αυτό γιατί αντιμετωπίζουν προβλήματα τα οποία περιλαμβάνουν:

- Ελλιπή γνώση για τα τρόφιμα και τα ποτά αλλά και ανεπαρκείς μαγειρικές ικανότητες
- Κακές επιλογές τροφίμων
- Κακή ή ξεπερασμένη γνώση της αθλητικής διατροφής
- Δυσκολία στην αγορά φαγητού (λόγω οικονομικών)
- Πολυάσχολο τρόπο ζωής που οδηγεί σε ανεπαρκή χρόνο για να καταναλώσουν τις κατάλληλες τροφές
- Συχνά ταξίδια
- Αδιάκριτη χρήση συμπληρωμάτων διατροφής

Συμπερασματικά, καταλαβαίνουμε ότι ένας ποδοσφαιριστής πρέπει να ακολουθεί μία ισορροπημένη διατροφή σε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά, ώστε να έχει μία υψηλή απόδοση κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα. Μία διατροφή η οποία περιλαμβάνει όλες τις ομάδες τροφίμων χωρίς τον αποκλεισμό μεμονωμένων τροφών αλλά και μία επαρκής ενυδάτωση θα βοηθήσουν

τον αθλητή στην επίτευξη του στόχους του διατρέχοντας συγχρόνως τον μικρότερο κίνδυνο. (F-MARC, 2010)

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να δούμε πόσο έγκυρα υπολογίζουμε τις διατροφικές ανάγκες (ενεργειακές ανάγκες) ατόμων που αθλούνται ερασιτεχνικά. Στα πλαίσια αυτά είδαμε τη σύσταση του σώματός τους, κάνοντας χρήση της μεθόδου της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA), προκειμένου να υπολογίσουμε τις ανάγκες τους βάσει εξισώσεων που υπολογίζονται σε αθλητές. Επίσης, οι ανάγκες τους υπολογίστηκαν και με βάση τις εξισώσεις που υπολογίζονται στους υγιείς ανθρώπους που αθλούνται σε μία συστηματική βάση. Τέλος σκοπός της έρευνας ήταν να αξιολογηθεί η ενεργειακή πρόσληψη, η πρόσληψη μακροθρεπτικών (πρωτεΐνες, λίπος, υδατάνθρακες) και μικροθρεπτικών (βιταμίνες D, E, C, σίδηρο, ψευδάργυρο, ασβέστιο) συστατικών σε ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές κατά την αγωνιστική περίοδο και να συγκριθούν τα αποτελέσματα σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Μεγάλη σημασία δόθηκε στη σύγκριση της πρόσληψη του ασβεστίου, ψευδάργυρου και φώσφορου, τα οποία φαίνεται να παρουσιάζουν σχετικές ελλείψεις, αλλά και να παίζουν μεγάλο ρόλο στην υγεία και την απόδοση του ποδοσφαιριστή.

Μεθοδολογία

Στη μελέτη πήραν μέρος 19 ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές (19 άνδρες) ηλικίας 20-45 ετών, οι οποίοι αγωνίζονται στους ερασιτεχνικούς συλλόγους του Α.Ο. Νίκης Σητείας, του Α.Ο. Ολυμπιακός Τουρλωτής και του Α.Ο. Ίτανος Παλαικάστρου και λαμβάνουν μέρος στο τοπικό πρωτάθλημα της περιφέρειας Λασιθίου. Η επιλογή των αθλητών έγινε με κριτήριο τη συμμετοχής τους στις προπονήσεις (3-4/εβδομάδα) αλλά και τους ποδοσφαιρικούς αγώνες (4-5/μήνα) κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου. Οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν ήταν η μέτρηση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών ύψος και βάρος, η μέθοδος της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA) για τον υπολογισμό της λιπώδους μάζας του σώματος του κάθε αθλητή, η μέθοδος της σπειρομέτρησης για τον υπολογισμό του βασικού μεταβολισμού ηρεμίας (RMR), η διήμερη καταγραφή των τροφίμων για τον υπολογισμό των μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών συστατικών και η καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας του κάθε ποδοσφαιριστή με κριτήριο το ερωτηματολόγιο IPAQ. Ως πρότυπη μέθοδο σύγκρισης θα χρησιμοποιήσουμε τη μέτρηση με το σπειρόμετρο, σε συνδυασμό με την αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας με το ερωτηματολόγιο IPAQ. Δεύτερος στόχος θα είναι με τον τρόπο αυτό η εύρεση ενός συντελεστή φυσικής δραστηριότητας που να αρμόζει περισσότερο στο συγκεκριμένο δείγμα.

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος

Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ποδοσφαιριστών ύψος και βάρος μετρήθηκαν πρωινές ώρες και πριν οι αθλητές καταναλώσουν οποιαδήποτε τροφή ή κάνουν οποιαδήποτε φυσική δραστηριότητα. Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση αναστημόμετρου και ζυγαριάς ακριβείας. Ο Δείκτης Μάζας Σώματος υπολογίστηκε βάση του τύπου $\Delta\text{Μ}\Sigma = \text{Βάρος (kg)} / \text{Ύψος}^2 \text{ (m)}$. Οι μετρήσεις της Άλιπης μάζας σώματος, της Λιπώδης μάζας σώματος, του TBC, του ECW και του ICW έγιναν με τη χρήση της μεθόδου της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA) και η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης με τη μέθοδο της σπειρομέτρησης με τα πρωτόκολλα να

τηρούνται κανονικά από τους ποδοσφαιριστές. Η συχνότητα των προπονήσεων ήταν 3/εβδομάδα με διάρκεια 2 ωρών και ένας ποδοσφαιρικός αγώνας 1/εβδομάδα με διάρκεια επίσης 2 ωρών.

Ερωτηματολόγια

Η εκτίμηση της διαιτολογικής πρόσληψης πραγματοποιήθηκε με χρήση ερωτηματολογίων 24ωρης ανάκλησης. Κατά τη διάρκεια της έρευνας έγιναν δύο ανακλήσεις ((1) καθημερινή και (1) Κυριακή), από τις οποίες συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικές με τη διαιτητική πρόσληψη και ειδικότερα την πρόσληψη σιδήρου, ασβεστίου, ψευδαργύρου, βιταμίνης C και βιταμίνης E. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε με συνέντευξη η οποία:

- ✓ Είχε προκαθορισμένη δομή.
- ✓ Είχε διάρκεια 15-20 λεπτά.
- ✓ Περιελάμβανε ερωτήσεις που αφορούσαν το είδος, την ποσότητα και τον τρόπο παρασκευής των τροφών.

Το ερωτηματολόγια 24ωρης ανάκλησης ως μέθοδος αξιολόγησης της διαιτητικής πρόσληψης είναι μία αποτελεσματική και ευέλικτη μέθοδος, στην οποία όμως συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της υποεκτίμησης της διαιτητικής πρόσληψης (Black, 2001; Μανιός, 2006). Κανείς από τους αθλητές δεν ακολουθούσε χορτοφαγική δίαιτα, και δεν λάμβανε κάποιο συμπλήρωμα διατροφής κατά την περίοδο διεξαγωγής της έρευνας.

Ανάλυση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων

Για την ανάλυση της διαιτητικής πρόσληψης χρησιμοποιήθηκε το Διαιτολογικό πρόγραμμα Diet Speak. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων (υπολογισμός ενέργειας, μέσων όρων, μακροθρεπτικών, μικροθρεπτικών, συσχετισμοί, συγκρίσεις) έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) και η ποιοτική αξιολόγηση τους σύμφωνα με τα

δεδομένα που προέκυψαν από την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά εκφράστηκαν με μέσους όρου \pm τυπική απόκλιση.

Αποτελέσματα

Αποτελέσματα - Σύγκριση αποτελεσμάτων με τις συνιστώμενες προσλήψεις

Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και η σύσταση σώματος των αθλητών παρουσιάζονται και παρακάτω στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 - Σωματομετρικά χαρακτηριστικά Σύσταση σώματος

	Mean \pm SD (n=19)
Ηλικία (έτη)	27,4 \pm 5,1
Βάρος (kg)	77,1 \pm 6,7
BMI (kg/m ²)	23,9 \pm 2,0
Άλιπη μάζα σώματος (kg)	65,3 \pm 4,8
Λιπώδης μάζα σώματος (kg)	11,8 \pm 3,5
TBW (lt)	45,1 \pm 3,3
ECW (lt)	18,8 \pm 1,3
ICW (lt)	25,7 \pm 1,8

Οι τιμές είναι μέσος όρος \pm σταθερή απόκλιση

Ο ΔΜΣ παρουσιάζεται σχετικά φυσιολογικός 23,9 kg/m². Οι προσλήψεις ενέργειας, μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών παρουσιάζονται παρακάτω στον Πίνακα 4.2. Παρατηρείται ότι ο μέσος όρος των ενεργειακών αναγκών των ποδοσφαιριστών είναι σημαντικά χαμηλότερος σε σχέση με την συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη των ποδοσφαιριστών.

Πίνακας 4.2 – Ημερήσια πρόσληψη ενέργειας - μακροθρεπτικών

	ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ	Σ.Η.Π.Π.
ΕΝΕΡΓΕΙΑ kcal/d	1954,9 ± 439,9	3000
ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ (gr)	173 ± 62,7	-
ΥΔΑΤ (gr/kg/d)	2,3 ± 0,8	3-5
ΛΙΠΟΣ (gr)	96,2 ± 22,3	-
ΛΙΠΟΣ (gr/kg/d)	1,3 ± 0,3	0,5-1,5
ΠΡΩΤΕΙΝΗ (gr)	85,7 ± 25,6	-
ΠΡΩΤ (gr/kg/d)	1,1 ± 0,3	0,8-1

Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση

Σ.Η.Π.Π. = Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη Ποδοσφαιριστών

Η πρόσληψη υδατανθράκων, εκφραζόμενη σε γραμμάρια ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ημέρα, είναι λίγο χαμηλότερη από την συνιστώμενη τιμή σε ποδοσφαιριστές. Η πρόσληψη πρωτεΐνης παρουσιάζεται ιδιαίτερα καλή για το δείγμα σε σχέση με τη συνιστώμενη σε ποδοσφαιριστές. Το λίπος παρουσιάζεται αυξημένο αλλά μέσα στα συνιστώμενα όρια για τους ποδοσφαιριστές.

Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η πρόσληψη των μικροθρεπτικών συστατικών (σίδηρος, ασβέστιο, ψευδάργυρος) και των βιταμινών (βιταμίνη E και βιταμίνη C) σε σύγκριση με τις συνιστώμενες για ποδοσφαιριστές. Παρατηρείται ότι η μέση πρόσληψη σιδήρου είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με την συνιστώμενη. Η μέση πρόσληψη ασβεστίου φαίνεται να είναι λίγο μειωμένη σε σχέση με την αντίστοιχη συνιστώμενη τιμή για ποδοσφαιριστές. Η μέση πρόσληψη ψευδαργύρου παρουσιάζεται ιδιαίτερα μειωμένη σε σχέση με τη συνιστώμενη τιμή. Αντίθετα η πρόσληψη βιταμίνης C παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με τη συνιστώμενη, ενώ η πρόσληψη βιταμίνης E φαίνεται ιδιαίτερα μειωμένη σε αντιστοιχία με την συνιστώμενη για τους ποδοσφαιριστές.

Πίνακας 4.3 – Ημερήσια πρόσληψη μικροθρεπτικών και βιταμινών

	ΠΟΛΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ	Σ.Η.Π.Π.
ΣΙΔΗΡΟ (mg)	16,6 ± 5,32	8
ΑΣΒΕΣΤΙΟ (mg)	856,2 ± 370,6	1000
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ (mg)	5,3 ± 2,6	11
ΒΙΤΑΜΙΝΗ C (mg)	106,8 ± 75,7	90
ΒΙΤΑΜΙΝΗ E (mg)	2,7 ± 1,6	15

Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση

Η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης έγινε με την μέθοδο της σπειρομέτρησης και στον παρακάτω Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τις διαφορές από την εκάστοτε μετρούμενη μέθοδο. Όλες οι εξισώσεις φαίνεται κατά μέσο όρο να υποεκτιμούν τις ανάγκες των αθλούμενων σε σχέση με τη μετρούμενη τιμή από το σπειρόμετρο.

Πίνακας 4.4 – Εκτίμηση ενεργειακής δαπάνης – διαφορά από τη μετρούμενη (μετρούμενη – εκτιμώμενη από την εξίσωση)

	Mean ± SD (n=19)	SEM
<u>Εξίσωση Υπολογισμού</u>		
Cunningham	9,2% ± 9,1%	2,1
Harris & Benedict	12,8% ± 8,5%	2,0
WHO/FAO/UNU	11,8% ± 8,6%	2,0
Mifflin – St Jeor	16,4% ± 8,0%	1,9

Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση

Συζήτηση

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν μειωμένες προσλήψεις σε ενέργεια, υδατάνθρακες, ασβέστιο, ψευδάργυρο και βιταμίνης E, με αυξημένη πρόσληψη λιπών. Η χαμηλή ενεργειακή πρόσληψη συσχετιζόμενη με το φυσιολογικό ΔΜΣ, πιθανόν να υποδηλώνει υποκαταγραφή τροφίμων ή λανθασμένη μετάφραση από καταγραφή σε γραμμάρια ή μη πλήρη συνάφεια των τροφίμων με το χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα ανάλυσης. Ο προσδιορισμός της σύστασης σώματος μας βοηθάει να έχουμε μία πληρέστερη αξιολόγηση των αθλητών. Υπολογίζοντας έτσι τη λιπώδη μάζα σώματος των αθλητών με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA) παρατηρούμε ότι οι ποδοσφαιριστές έχουν μία καλή συσχέτιση σε σχέση με τις συνιστώμενες τιμές για επαγγελματίες ποδοσφαιριστές (8,2-13%) (Maughan, 2007). Ιδιαίτερης προσοχής χρήζουν οι μειωμένες προσλήψεις ασβεστίου, ψευδαργύρου, και βιταμίνης E συστατικά τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στο άθλημα του ποδοσφαίρου το καθένα ξεχωριστά. Το ασβέστιο είναι ένα απαραίτητο ανόργανο στοιχείο όπως και όλα τα μέταλλα και είναι σημαντικό για μεγάλο πλήθος μεταβολικών διεργασιών. Η κύρια ανάγκη του για επαρκή πρόσληψη από τους ποδοσφαιριστές είναι για την αποφυγή της οστεοπόρωσης και για την αποφυγή τραυματισμών κατά τη διάρκεια των αγώνων. Επιπλέον η μειωμένη πρόσληψη ασβεστίου σε συνδυασμό με την αυξημένη πρόσληψη πρωτεΐνης, μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη οστεοπόρωση λόγω του γεγονότος ότι προκαλείται απώλεια ασβεστίου μέσω της ουρικής απέκκρισης (Rodriguez *et al.*, 2009; Kreider *et al.*, 2010). Ο ψευδάργυρος είναι ένα σημαντικό μικροθρεπτικό συστατικό διότι βοηθάει και προστατεύει την λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος του αθλητή (Kreider *et al.*, 2010). Η βιταμίνη E είναι πολύτιμη για τον αθλητή. Ο ρόλος της είναι σημαντικός κυρίως στην προστασία των κυτταρικών μεμβρανών από τις οξειδώσεις αλλά και στη συμμετοχή της στην ανοσοποιητική λειτουργία του οργανισμού διότι τον βοηθάει να ανεχθεί τον φόρτο της προπόνησης σε μεγαλύτερο βαθμό με αποτέλεσμα τη μείωση της οξειδωτικής ζημιάς.

Ειδικά θέματα και στρατηγικές διατροφής

Η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών στο ποδόσφαιρο επικεντρώνεται στους επαγγελματίες, αλλά πολλές πειραματικές εργασίες γίνονται σε επίπεδο

ερασιτεχνών παικτών. Το ποσοστό των υδατανθράκων, λιπών και των πρωτεϊνών είναι ίδιο, ανεξάρτητα από το επίπεδο της φυσικής δραστηριότητας. Αυτό που είναι διαφορετικό είναι το ποσό των τροφίμων που πρέπει να καταναλώνονται. Ο ερασιτέχνης ποδοσφαιριστής που προσπαθεί να φάει τον ίδιο όγκο τροφίμων όπως ο επαγγελματίας μπορεί πιθανότατα να αυξήσει το βάρος του. Οι ερασιτέχνες παίκτες μπορούν να επιλέξουν τρόφιμα τα οποία καταναλώνουν επαγγελματίες παίκτες, αλλά δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να φάνε τον ίδιο όγκο τροφίμων, εκτός και εάν ασχολούνται με ένα απαιτητικό επάγγελμα εκτός από το ποδόσφαιρο το οποίο τους δεσμεύει. Τα Ερασιτεχνικά Πρωταθλήματα ενίοτε τροποποιούν τους νόμους του ποδόσφαιρο για τις δικές τους συνθήκες. Οι αλλαγές συνήθως περιλαμβάνουν απεριόριστες αντικαταστάσεις και μικρότερη διάρκεια αγώνα. Αυτό σημαίνει ότι κάποιοι παίκτες δεν θα παίξουν ολόκληρο τον αγώνα και πιθανώς δεν θα βιώσουν το επίπεδο της εξάντλησης του μυϊκού γλυκογόνου που βιώνει ένας επαγγελματίας αθλητής. Ο ερασιτέχνης ποδοσφαιριστής δεν χρειάζεται να καταναλώνει την ποσότητα υδατάνθρακα που απαιτείται από ένα επαγγελματία παίκτη αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι ο ερασιτέχνης αθλητής πρέπει να αγνοήσει τις διαιτητικές αρχές. Στους ερασιτεχνικούς αγώνες, κάθε παίκτης είναι υπεύθυνος για τη δική του ενυδάτωση διότι πιθανώς στερείται την υποστήριξη από οργανωμένο πρόγραμμα. Όλοι οι παίκτες πρέπει να προετοιμαστούν για τις προπονήσεις και τους αγώνες φέρνοντας τα δικά τους ποτά και μπουκάλια. Οι ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές θα πρέπει να παρακολουθούν προσεκτικά το βάρος και την κατανάλωση των τροφίμων ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι μεταβολές στο βάρος τους. Κατά τη διάρκεια της μεταγωνιστικής περιόδου ο ερασιτέχνης θα πρέπει να μειώσει την πρόσληψη τροφής διότι μειώνεται η ενεργειακή του δαπάνη λόγω της αποχής από την προπόνηση (F-MARC, 2010).

Η καλύτερη στιγμή για να αναλάβει ένας ποδοσφαιριστής ένα ειδικό πρόγραμμα με στόχο την αύξηση της άλιπης μάζας σώματος ή / και μείωση των επιπέδων του λίπους του σώματος του είναι κατά τη διάρκεια της αποχής από τις αγωνιστικές υποχρεώσεις ή κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας. Ο αθλητής κατά την αποχή θα πρέπει να βάλει στόχο την επίτευξη επιθυμητής σύστασης σώματος για να μπορέσει αργότερα να ανταποκριθεί στην επίπονη αγωνιστική περίοδο. Ο αθλητής μπορεί επίσης να απαιτεί μια ειδική προσπάθεια για τη μείωση της απώλειας της υγρασίας που προκαλείται από μια μακρά αποχή, που συχνά χαρακτηρίζεται από

αδράνεια, κακή διατροφή και υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ. Η περίοδος της αποχής από τις αγωνιστικές υποχρεώσεις για την ελίτ των παικτών είναι συνήθως σύντομη (περίπου 6 εβδομάδες) και γενικά περιλαμβάνει κάποιο ειδικό πρόγραμμα προετοιμασίας για την καλύτερη προσαρμογή του παίκτη στην αρχή της προετοιμασίας (Burke, 2009).

Περιορισμοί έρευνας

Κατά την εκτίμηση της διαιτητικής πρόσληψης σε αθλητές υπάρχουν περιορισμοί στις τεχνικές των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην έρευνα και οι οποίοι πρέπει να αναγνωρίζονται. Στις περισσότερες έρευνες με την χρήση των ερωτηματολογίων 24ωρης ανάκλησης παρουσιάζεται διαφορά ανάμεσα στη ενεργειακή πρόσληψη και την ενεργειακή δαπάνη η οποία οφείλεται σε υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση των προσλαμβανόμενων τροφίμων ή σε αυξημένη εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών οι οποίες είναι δύσκολο να εκτιμηθούν ακριβώς με τη χρήση των εξισώσεων. Πιθανές αιτίες σφαλμάτων κατά την διάρκεια της έρευνας είναι η χρήση μικρού δείγματος από το οποίο μπορεί να μην μπορούμε να βγάλουμε ακριβή αποτελέσματα, η περίοδος μέτρησης κατά την οποία οι αθλητές είχαν αποχή από τις προπονήσεις για διάστημα ενός μήνα με αποτέλεσμα να αλλάξουν οι διατροφικές τους συνήθειες και να έχουμε ανακριβή εκτίμηση των διατροφικών τους συμπεριφορών, η δύσκολη διαδικασία της σπειρομέτρησης κατά την οποία οι εξεταζόμενοι αθλητές δυσκολεύονταν να επαναλάβουν ή ακόμα και να ολοκληρώσουν την μέτρηση. Τέλος στους περιορισμούς της έρευνας θα πρέπει να συμπεριλάβουμε ότι μιλάμε για ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές οι οποίοι παίζουν για την απόλαυση του παιχνιδιού. Τα άτομα αυτά συνήθως έχουν και εξωγηπεδικές ασχολίες με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ακολουθήσουν τις διατροφικές συνήθειες αλλά και τα ποσοστά σε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά των επαγγελματιών ποδοσφαιριστών από τους οποίους πήραμε τις συνιστώμενες προσλήψεις. Επιπλέον ο ερασιτέχνης ποδοσφαιριστής συνήθως αγωνίζεται μία φορά μόνο την εβδομάδα. Ενώ οι αγώνες που παίζει διεξάγονται σε χαμηλότερο ρυθμό σε σχέση με τους αντίστοιχους επαγγελματικούς οδηγώντας έτσι σε μείωση του όγκου της λειτουργίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Albright A., et al., American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2010, 32(7):p. 1345-60.

ASPEN. American Society for Parental and Enteral Nutrition. *The science and practice of nutritional support*. Kendal/ Hunt Publishing Company, USA. 2001, p.118-223.

Bangsbo J., et al, Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Science* 2006, 24(7):p. 665-74.

Berger B.G, Pargman, D., and Weinberg, *Foundations of Exercise Psychology*. Morgantown, WV: Fitness Information Technology, 2002.

Black A.E., Dietary assessment for sports dietetics. *Nutrition Bulletin* 2001, (26):p. 29-42.

Bolanowski M., Nilsson B.E., Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Medical Science Monitor* 2001, 7(5):p. 1029-33.

Brozek J., et al., Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Annals of the New York Academy of Science* 1963, 110:p. 113-40.

Burke L., Current Concepts in Sports Nutrition. *Australian Institute of Sports*, 2009.

Burke L.M., Loucks A.B., Broad N., Energy and carbohydrate for training and recovery. *Department of Sports Nutrition*, 2009.

Clark H.D., Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *American Journal of Clinical Nutrition* 1991, 53:p. 21 -26. Comment in: *American Journal of Clinical Nutrition* 1991, 54:p. 613-614.

Coleman E., *Carbohydrate Requirements for Exercise*. Nutrition Dimension Inc 2011.

Cunningham J.J., A real analysis of influencing basal metabolic rate in normal adults. *American Journal of Clinical Nutrition* 1980, 33:p. 2372 -2374.

Da Rocha, E.E., et al., Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily nutrition practices. *Current opinion in clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2005, 8(3):p. 319 -328.

Daly J.M., et al., Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *American Journal of Clinical Nutrition* 1985, 42:p. 1170-4.

Davies S., Spanel P., Smith D., Comparative measurements of total body water in healthy volunteers by online breath deuterium measurement and other near-subject methods. *American Journal of Clinical Nutrition* 2002, 22(4):p. 651-9.

Dempster P., Aitkens S., A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine and Science in Sports Exercise* 1995, 27(12):p. 1692-7.

Deurenberg P., Universal cut-off BMI points for obesity are not appropriate. *British Journal of Nutrition* 2001, 85(2):p. 135-6.

Driskell J, Wolinsky I, *Nutritional Assessment of Athletes*, Second Edition, 2011.

Ellis K.J., Human body composition: in vivo methods. *Physiological Reviews* 2000, 80(2):p. 649-80.

F-MARC Nutrition for football: *A practical guide to eating and drinking for health and performance*, Zurich 2010.

Forbes G.B. Perspectives on body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2002, 5(1):p. 25-30.

Frankenfield D., Roth- Yusey L., Compher C., Comparison of predictive metabolic rate in healthy non obese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association* 2005, 105:p.775-778.

Frankenfield D.C., Muth E.R., Rowe W.A., The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history limitations. *Journal of the American Dietetic Association* 1998, 98:p. 439-45.

Frankenfield D.C., Rowe W.A., Smith J.S., Cooney R.N. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *Journal of the American Dietetic Association* 2003, 103:p. 1152-1159.

Garrow J.S., New approaches to body composition. *American Journal of Clinical Nutrition* 1982, 35(5 Suppl):p. 1152-8.

Gibala M.J., Protein Metabolism and Endurance Exercise. *Sports Medicine* 2007, 37(4-5):p. 337-40.

Goodpaster B.H., et al., Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *Journal of Applied Physiology* 2000, 89(1):p. 104-110.

Green J., Kleeman C.R., Role of bone in regulation of systemic acid-base balance. *Kidney International* 1991, 39(1):p. 9-26.

Hayter J.E., Henry C.J.K. Basal metabolic rate in human subjects migrating between tropical and temperature regions: A longitudinal study and review of previous work. *European Journal of Clinical Nutrition* 1993, 47:p. 742-734.

Horton E.S., *Introduction: an overview of assessment and regulation of energy balance in humans. American Journal of Clinical Nutrition* 1983, 38:p. 972-7.

Jebb S.A, Measurement of soft tissue composition by dual energy X-ray absorptiometry. *British Journal of Nutrition* 1997, 77(2):p. 151-63.

Jequier E., Acheson K., Schutz, Assessment of energy expenditure and fuel utilization in man. *Annual Review of Nutrition* 1987, 7:p. 187-208.

Jeukendrup A. and Gleeson M. *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance*, 2010.

Kathleen Mahan L., Escott-Stump S., Raymond J.L., *Krause's Food & the Nutrition Care Process*. 13th Edition Elsevier, 2012.

Kershaw E.E., Flier J.S., Adipose tissue as an endocrine organ. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2004, 89(6):p. 2548-56.

Kreider et al., ISSN Exercise & Sport Nutrition review: research & recommendations, *Journal of International Society of Sports Nutrition* 2010, 7:p. 7.

Kumanyika, understanding ethnic differences in energy differences in energy balance: can we get there from here. *American Journal of Clinical Nutrition* 1999, 70:p. 1-2.

Lizzer S., et al., Relationship between basal metabolic rate, gender, age, and body composition in 8,780 white obese subjects. *Obesity Silver Spring*. 2010.18(1):p. 71-8.

Lee S.Y., Gallagher D., Assessment methods in human body composition. *Current Opinion of Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2008, 11(5):p. 566-72.

Lyle J., et al., *Encyclopedia of Sports Medicine*, 2011.

Marion J.F., *Protein: Metabolism and Effect on Blood Glucose Levels*. *Diabetes Education* 1997, 23(6):p. 643-6, 648, 650-1.

Maughan R. and Burke L., Nutrition for Athletes. *International Olympic Committee*, 2012.

Maughan R.J., *Nutrition and Football, The FIFA/FMARC Consensus on Sports Nutrition*, London and New York, 2007.

Mifflin M.D., St Jeor S.T., Hill L.A., Scott B.J., Daugherty S.A., Koh Y.O., A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *American Journal of Clinical Nutrition* 1990, 51:p. 241 -247.

Nicklas B.J., Toth M.J., Goldberg A.P., Poehlman, Racial differences in plasma leptin concentrations in obese paumenopausal women. *American Journal of Endocrinology and Metabolism* 1997, 82:p. 315 -317.

Norgan N.G., The beneficial effects of body fat and adipose tissue in humans. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 1997, 21(9):p. 738-46.

Osei K., Cottrell D.A., and Orabella M.M., Insulin sensitivity, glucose effectiveness, and body fat distribution pattern in nondiabetic offspring of patients with NIDDM. *Diabetes Care* 1991, 14(10):p. 890-6.

Owen O.E., et al., A reappraisal of calorie requirements in healthy men. *American Journal of Clinical Nutrition* 1987, 46:p. 875 -885.

Owen O.E., et al., A reappraisal of calorie requirements in healthy men. *American Journal of Clinical Nutrition* 1987, 46:p. 875 -885.

Owen O.E., et al., G, A reappraisal of calorie requirements in healthy women. *American Journal of Clinical Nutrition* 1986, 44:p. 1-19.

Ravvussin E., Bogardus C., Relationship of genetics, age and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *American Journal of Clinical Nutrition* 1989, 49:p. 968-975.

Report of a WHO consultation. Obesity: preventing and managing the global epidemic. *World Health Organization Technical Report Series* 2000.

Rodriguez N.R., et al. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the American Dietetic Association* 2009, 109(3):p. 509-27.

Ronald J., Maughan R., Burke L., *Αθλητική Διατροφή*, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, 2006.

Ruderman N., et al., The metabolically obese, normal-weight individual revisited. *Diabetes* 1998, 47(5):p. 699-713.

Sharp T.A., et al., Differences in resting metabolic rate between white and African American young adults. *Obesity Research* 2002, 10:p.726 -732.

Shirreffs S.M., Sawka M.N., Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Science* 2011, 29 Suppl 1:p. S39-46.

Siri W.E., Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods 1961 *Nutrition* 1993, 9(5):p. 480-91.

Snetselaar L., *Nutrition counseling skills for medical nutrition therapy*. Jones and Barlett Publishers, 2009.

Soares M.J., Francis D.G., Shetty PS. Predictive equations for basal metabolic rates of Indian males. *European Journal of Clinical Nutrition* 1993, 47:p. 389 -394.

Sowers J.R, Obesity as a cardiovascular risk factor. *American Journal of Medicine* 2003, 115 Suppl 8A:p. 37S-41S.

Turner C.H., Biomechanics of bone: determinants of skeletal fragility and bone quality. *Osteoporos International* 2002, 13(2):p. 97-104.

Van Loan M.D., et al., TOBEC methodology for body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1987, 46(1):p. 9-12.

van Loon L.J.C., The Human Engine. *Department of Human Movement Sciences*, 2008.

Wang Z.M., Pierson R.N., Heymsfield S.B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition* 1992, 56(1):p. 19-28.

Webb P., *Human calorimeters*. New York: Praeger, 1985.

Wielopolski L., et al., Some aspects of measuring levels of potassium in the brain. *Acta Diabetologica* 2003, 40 Suppl 1:p. S73-5.

Williams C., Metabolic aspects of endurance exercise. *World Review of Nutrition and Dietetics* 2001, 90:p. 55-72

Ζέρβας Ι., *Ψυχολογία φυσικής αγωγής και αθλητισμού*. Αθήνα: Έκδοση Ι Ζέρβα, 1993.

Μανιός Γ., *Διατροφική Αξιολόγηση*, Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις, Π.Χ. Πασχαλίδης, 2006.

Ματάλα Α.-Λ., Γιαννακούλια Μ., Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης. *Εισαγωγή στη διατροφή του ανθρώπου*. Αθήνα 2007.

Μόρτογλου Α., *Διατροφή από το σήμερα για το αύριο*. Αθήνα: Εκδόσεις Γιαλλέλη, 2002.

Τσακόπουλος Μ. (Vander A.J.S., Luciano D., ξενόγλωσση έκδοση), *Φυσιολογία του ανθρώπου*. 8th ed. Vol. 1, Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, 2002

Φαχαντίδου Α., Χασαπίδου Μ., *Διατροφή για υγεία ,άσκηση και αθλητισμό*, Αθήνα: Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 2002.

Για την εικόνα σελίδα 9:
http://content.answcdn.com/main/content/img/oxford/Oxford_Sports/0199210896.direct-calorimetry.1.jpg