



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

---

## Πτυχιακή Εργασία

«Εγκυρότητα του μαθηματικού υπολογισμού του  
Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού: Βιβλιογραφική  
ανασκόπηση»

Μέριανου Χριστιάνα ΑΜ:1666

Επιβλέπουσα: Σφακιανάκη Ειρήνη

ΣΗΤΕΙΑ, Δεκέμβριος 2018



**TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE**  
**SCHOOL OF AGRICULTURE, FOOD & NUTRITION**  
**DEPARTMENT OF NUTRITION & DIETETICS**

---

## **THESIS**

**For the Undergraduate Degree**

**“Validity of mathematical calculation of the Basic  
Metabolic Rate: Bibliographic review”**

**EDITORS: Merianou Christiana YD:1666**

**SUPERVISOR: Sfakianaki Irini**

**SITIA, DECEMBER 2018**

*«Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια κα. Σφακιανάκη Ειρήνη κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, για την υλοποίηση διαφόρων θεμάτων. Οι σημαντικές υποδείξεις και συμβουλές της αποτέλεσαν ισχυρό παράγοντα για την περάτωση της πτυχιακής εργασίας.»*

*Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.*

*Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όλα όσα μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και για την αμέριστη υποστήριξη τους σε κάθε μου επιλογή.»*

**Στο σύζυγο μου και  
στη κόρη μου**

## Περίληψη

Οι ανθρωπομετρικές μελέτες έχουν ως ακρογωνιαίο λίθο το εκάστοτε άτομο, ενώ βασικός στόχος αυτών είναι να προσδιοριστούν οι δείκτες εκείνοι που σχετίζονται με διαφορές που παρατηρούνται ακόμα και σε άτομα που ανήκουν στο ίδιο φύλο και ηλικιακή τάξη. Οι ενεργειακές απαιτήσεις του εκάστοτε ατόμου επηρεάζονται από αυτές παραμέτρους. Η μέτρηση των ενεργειακών απαιτήσεων πραγματοποιείται μέσω της Θερμοδυναμικής και συγκεκριμένα της Θερμιδομετρίας, η οποία διακρίνεται σε Άμεση και Έμμεση. Η ηλικία, το φύλο, το ύψος και το σωματικό βάρος αποτελούν ορισμένες από αυτές τις παραμέτρους. Στην παρούσα πτυχιακή μελέτη γίνεται μια προσπάθεια ανάλυσης παραμέτρων που σχετίζονται με τον μεταβολισμό στην γενικότερή του έννοια και συγκεκριμένα στον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό, δηλαδή το ελάχιστο ποσό ενέργειας που χρειάζεται ο οργανισμός μας ώστε να διεκπεραιώσει τις απόλυτα βασικές του λειτουργίες και συνιστά το μεγαλύτερο συστατικό της συνολικής ενεργειακής δαπάνης στην πλειοψηφία των ανθρώπων. Ποικίλες εξισώσεις έχουν διατυπωθεί κατά το πέρασμα του χρόνου, ενώ πολλές από αυτές μετέπειτα επανεκτιμήθηκαν σε ό,τι αφορά την ορθότητα προσδιορισμού του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, αλλά και τους περιορισμούς που έθεταν κάθε φορά. Στην παρούσα διατριβή γίνεται αναφορά σε αρκετές από αυτές τις εξισώσεις, όπως την εξίσωση του Harris-Benedict, την εξίσωση του Robertson-Reid, την εξίσωση του Bernstein, την εξίσωση του WHO/FAU/UNU, την εξίσωση του Schofield, την εξίσωση του Owen και τις εξισώσεις των Owen, Mifflin-St Jeor, Krause, Van der Ploeg et al και Siervo. Αυτές οι εξισώσεις, βέβαια δύνανται να χρησιμοποιηθούν μόνο όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πραγματικές μεταβολικές μετρήσεις. Μεγάλα σφάλματα μπορεί να εμφανιστούν κατά την πρόβλεψη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού (BMP) με βάση της χρήση των παραπάνω εξισώσεων εάν δεν χρησιμοποιηθεί η εξίσωση εκείνη που αναφέρεται ακριβώς στην κατηγορία που ανήκει το άτομο αυτό, εμφανίζοντας την μικρότερη δυνατή απόκλιση. Τέλος, γίνεται αναφορά σε μετέπειτα μελέτες και διατύπωση νέων εξισώσεων και αναθεωρήσεων των παραπάνω, ώστε οι παρατηρούμενες τιμές του BMP να διαφέρουν το δυνατόν λιγότερο από τις αναμενόμενες.

### **Λέξεις – Κλειδιά**

Ανθρωπομετρικά Χαρακτηριστικά και Παράμετροι, Θερμιδομετρία, Μεταβολισμός,  
Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός, Εξισώσεις BMP, Εκτίμηση εξισώσεων BMP

## Abstract

Anthropometric studies have set as a cornerstone the individual, and their main aim is to identify those indicators that are related to differences which are even observed in people of the same gender and age class. The energy requirements of the individual are affected by these parameters. The measurement of energy requirements is carried out through Thermodynamics and of Thermidometry, which can be differentiated as Direct and Indirect. Age, gender, height, and body weight are some of these parameters. In this dissertation, an attempt is made to analyze metabolic-related parameters in its general concept, namely the Basic Metabolic Rate, i.e. the minimum amount of energy that our organization needs to perform its basic functions and is the largest component of the overall energy expenditure for most people. Various equations have been formulated over time, many of which have subsequently been reassessed about the correctness of the Basic Metabolic Rate, and the limitations they have made each time. In this dissertation reference is made to several of these equations, such as the Harris-Benedict equation, the Robertson-Reid equation, the Bernstein equation, the WHO / FAU / UNU equation, the Schofield equation, the Owen equation and the equations of Owen, Mifflin-St Jeor, Krause, Van der Ploeg et al and Siervo. These equations, of course, can only be used when real metabolic measurements are not available. Major errors can occur when predicting the Basic Metabolic Rate (BMP) based on the use of the above equations if the equation that is specifically mentioned in the category belonging to that person is not used, showing the smallest possible deviation. Finally, reference is made to subsequent studies and the formulation of new equations and revisions of the above, so that the observed values of BMP differ as little as possible from the expected ones.

### Keywords

Anthropometric Characteristics and Parameters, Calorimetry, Metabolism, Basic Metabolic Rate, BMP Equations, BMP Equation Estimation

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iv
Abstract .....	vi
Περιεχόμενα.....	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων .....	ix
Κατάλογος Πινάκων .....	x
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xi
Εισαγωγή.....	1
1ο Κεφάλαιο: Σύσταση του σώματος .....	3
1.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και παράγοντες που τα επηρεάζουν .....	3
1.2. Ορισμός σύστασης σώματος .....	4
1.3. Μέθοδος για τη μέτρηση της σύστασης του σώματος .....	6
1.4. Μοντέλα Σύστασης Σώματος .....	9
1.5. Σύσταση του Σώματος σε διαφορετικές ηλικίες .....	11
2ο Κεφάλαιο: Μεταβολισμός.....	13
2.1. Γενικά για τον μεταβολισμό.....	13
2.2. Μεταβολισμός: Κατανομή και ρύθμιση.....	14
2.3. Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (BMP).....	16
3ο Κεφάλαιο: Μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης.....	21
3.1. Άμεση θερμοδομετρία.....	22
3.2. Έμμεση θερμοδομετρία.....	23
3.3. Τεχνική του διπλά σημασμένου νερού.....	27
4ο Κεφάλαιο: Εξισώσεις εκτίμησης του BMP.....	30
4.1. Harris και Benedict (1919).....	32

4.2.	Bernstein (1983) .....	35
4.3.	WHO/FAO/UNU (1985) .....	35
4.4.	Schofield (1985) .....	37
4.5.	Owen (1986-1987).....	39
4.6.	Mifflin-St Jeor (1990).....	40
4.7.	Van der Weg et al. (2004) .....	41
4.8.	Siervo (2003) .....	42
4.9.	Εκτίμηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού σε συγκεκριμένες κατηγορίες ατόμων 43	
4.9.1.	Ηλικιωμένοι .....	43
4.9.2.	Αθλητές .....	45
4.1.3	Παιδιά.....	48
5ο Κεφάλαιο:	Αξιολόγηση εξισώσεων .....	51
Βιβλιογραφία.....		55



## Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 3-1 Άμεση Θερμιδομετρία.....	23
Εικόνα 3-2 Έμμεση Θερμιδομετρία.....	26
Σχήμα 0-1 Ενεργειακές δαπάνες ενός οργανισμού.....	2
Σχήμα 3-2 Διάκριση της Θερμιδομετρίας.....	21

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1 .....	18
Πίνακας 4-1 Εξισώσεις για την πρόβλεψη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού.....	31
Πίνακας 4-2 Εξισώσεις για την πρόβλεψη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού.....	31

## Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

BMP: Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός

ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος

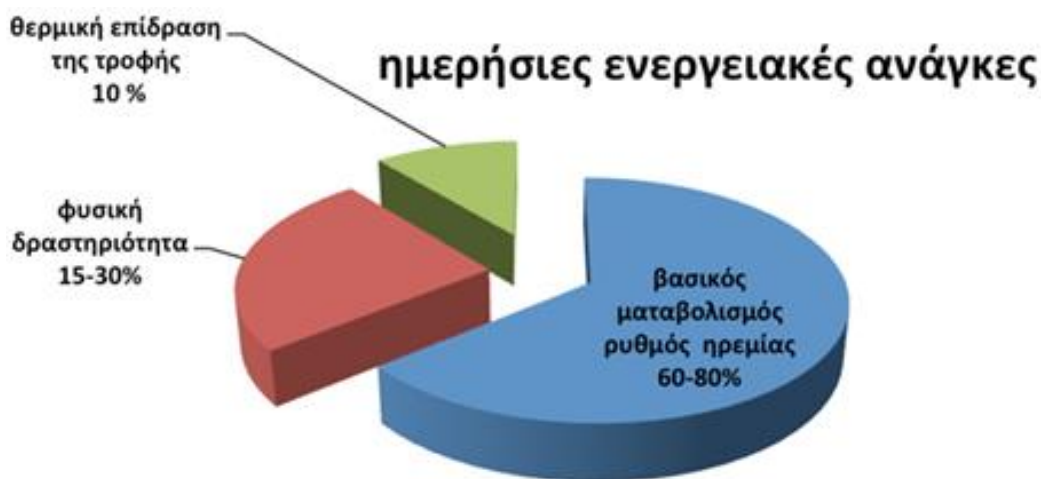
REE: Resting Energy Expenditure

## Εισαγωγή

Η ανθρωπομετρία γενικότερα θα μπορούσαμε να πούμε πως αποτελεί κλάδο της Βιολογίας δίνοντας κυρίως έμφαση στον άνθρωπο καθώς και στα βιομετρικά του χαρακτηριστικά. Είναι η μέτρηση των φυσικών χαρακτηριστικών του σώματος, τα οποία έχουν τον δυναμικό να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο σε μελέτες ανθρωπολογικές αλλά και σε μια σειρά άλλων προσεγγίσεων. Οι εκτιμήσεις των φυσικών διαστάσεων του σώματος του προς μελέτη ατόμου και της υποκείμενης σύνθεσης δίνουν την δυνατότητα να εκτιμηθεί με ακρίβεια η εικόνα της υγείας του ατόμου αυτού, αλλά ταυτόχρονα να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το προσδόκιμο επιβίωσης του ατόμου αυτού, η αναπαραγωγική ικανότητα αυτού αλλά και της φυσικής κατάστασης αυτού. Ειδικότερα, η ανθρωπομετρία περιλαμβάνει διάφορες μεθόδους οι οποίες χρησιμοποιούνται με σκοπό να προσδιοριστούν και εκτιμηθούν διάφορα μεγέθη του ανθρώπινου σώματος (Τονέε, 2012).

Οι ενεργειακές ουσίες, με σημαντικότερα τα μακροθρεπτικά συστατικά, κυρίως οι υδατάνθρακες, λίπη, και πρωτεΐνες που λαμβάνονται μέσω της τροφής, σε ένα φυσιολογικό διαιτολόγιο, συνιστούν την εγγύηση για την διατήρηση της ζωής ενός οργανισμού, κυρίως μέσω της δράσης των μεταβολικών διεργασιών της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης που συνιστά την ενεργειακή παροχή του οργανισμού. Παρόλα αυτά, η άνευ ορίων συσσώρευση και απορρόφηση των ουσιών αυτών σηματοδοτεί σε παθήσεις που χαρακτηρίζονται ως μεταβολικά νοσήματα, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων, όπως αυτή της παχυσαρκίας, της υπερλιπιδαιμίας, του διαβήτη ή ακόμα και τον καρκίνο. Όπως όλες οι θεμελιώδεις έννοιες στην φύση, έτσι και η πρόσληψη, η απορρόφηση και η χρήση των ενεργειακών αυτών ουσιών, υπακούουν στην αρχή της Διατήρησης της Ενέργειας, η οποία αυτή ενέργεια αποθηκεύεται στον οργανισμό, υπό μορφή λίπους και απαντά στις απαιτήσεις του οργανισμού, μέσω δύο συζευγμένων μηχανισμών, αυτόν του καταβολισμού και της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης. Οι ουσίες αυτές στη διατροφή επιδρούν πάνω στην ισορροπία που υπάρχει μεταξύ της ενέργειας και του μεταβολισμού στο σώμα μέσω της κυτταρικής επικοινωνίας και του μεταβολικού δικτύου (Pang et.al, 2014).

Οι ημερήσιες δαπάνες ενός οργανισμού διακρίνονται σε τρία μέρη: τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό ή BMR (Basal Metabolic Rate), τη θερμογένεση λόγω άσκησης ή TEE (Thermic Effect of Exercise) και τη θερμογένεση λόγω τροφής ή TEF (Thermic Effect of Food), η οποία σχετίζεται με το ενεργειακό κόστος της πέψης –απορρόφησης – μεταφοράς – αποθήκευσης της ενέργειας που προσλαμβάνεται μέσω της τροφής. Ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών δαπανών ενός οργανισμού (60-70%), η θερμογένεση λόγω τροφής το μικρότερο (5-10%), ενώ τα επίπεδα της θερμογένεσης λόγω άσκησης μεταβάλλονται και εξαρτώνται από τα επίπεδα άσκησης του επί μέρους ατόμου (Gerrior et al., 2006; Melby et al., 2000; Jakicic, 2002).



**Σχήμα 0-1** Ενεργειακές δαπάνες ενός οργανισμού

(Πηγή: <http://www.myergolab.gr/default.aspx?Index=0&Id=81&LangId=1>)

# 1ο Κεφάλαιο: Σύσταση του σώματος

## 1.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και παράγοντες που τα επηρεάζουν

Στις μέρες και όσο εξελίσσεται η ανθρωπομετρία καθώς και τα όργανα που χρησιμοποιούνται σε αυτή ολοένα και περισσότερα χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνονται στη λίστα των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών. Παρόλα αυτά υπάρχουν δείκτες οι οποίοι μπορούν να χαρακτηριστούν ως κυριότεροι. Τέτοιοι δείκτες είναι το σωματικό βάρος, το ύψος, ο δείκτης μάζας- σώματος, η περίμετρος διαφόρων σημείων του σώματος όπως είναι η περιφέρεια της μέσης καθώς και το πάχος των δερματικών πτυχών. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά είναι από τα πρώτα που μετρά ένας διαιτολόγος όταν θέλει να εκτιμήσει τη σωματική διάπλαση και την κατάσταση του ατόμου που προσέρχεται στο γραφείο του (Gandy, 2014).

Εκτός των παραπάνω υπάρχουν και άλλα χαρακτηριστικά που μετρούνται όπως για παράδειγμα το ποσοστό του λίπους και η κατανομή του στις διάφορες περιοχές του σώματος. Επίσης, μπορεί να εκτιμηθούν η άλιπη μάζα του σώματος καθώς και η μυϊκή και κυτταρική του μάζα. Ο τρόπος προσδιορισμού όλων των παραπάνω παραμέτρων θα αναλυθούν παρακάτω.

Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά όπως είναι φυσικό δεν είναι ίδια σε όλους τους ανθρώπους καθώς υπάρχει μία πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά. Έτσι διαφορές παρατηρούνται ανάμεσα σε άτομα διαφορετικών ηλικιακών ομάδων, ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες καθώς και ανάμεσα σε άτομα που ανήκουν σε διαφορετικές εθνικότητες. Ακόμη, η κατάσταση της υγείας του ατόμου μπορεί να επηρεάσει τις τιμές που παρατηρούνται στα ανθρωπομετρικά του χαρακτηριστικά καθώς άτομα που αντιμετωπίζουν κάποια νόσο συνήθως εμφανίζουν διαφορετικές τιμές. Τέλος,

το ποσοστό της σωματικής δραστηριότητας του ατόμου είναι ακόμη ένας παράγοντας που επηρεάζει τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.

Παρατηρείται, λοιπόν, πως στις γυναίκες το φυσιολογικό βάρος είναι σε χαμηλότερες τιμές ενώ τα ποσοστά λίπος υψηλότερα από αυτά των ανδρών. Αυτό προφανώς σχετίζεται με τη σωματοδομή των δύο φύλων (Κρασιάς, 2012). Διαφορές υπάρχουν και ανάμεσα στις διαφορές εθνικότητες καθώς παρατηρούμε ότι υπάρχουν έθνη στα οποία για παράδειγμα οι τιμές που προσδιορίζουν το ύψος είναι πολύ υψηλότερες από άλλα έθνη. Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί πως τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά δεν επηρεάζονται μόνο από το γενετικό υπόβαθρο του ατόμου αλλά και από την κοινωνική αλλά και οικονομική του κατάσταση η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον τρόπο ζωής και διατροφής άρα και με τις τιμές που θα εμφανίσουν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (Βλήσματος, 2012).

## 1.2. Ορισμός σύστασης σώματος

Το ανθρώπινο σώμα είναι μία δομή που αποτελεί από πολλά επιμέρους διαφορετικά στοιχεία το καθένα από τα οποία έχει τη δική του σύσταση, δομή, οργάνωση και λειτουργία. Η σύσταση του σώματος του ανθρώπου ορίζεται ο βαθμός και ο τρόπος συμμετοχής του κάθε συστατικού στη λειτουργία του οργανισμού μας. Ένας γενικός διαχωρισμός ορίζει πως ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται από το σωματικό λίπος και την άλιπη μάζα. Αυτά τα δύο μαζί αποτελούν το συνολικό βάρος του ατόμου. Ως άλιπη μάζα θεωρείται ό,τι δεν περιέχει λίπος. Αναλυτικά οι μύες, τα οστά, οι συνδετικοί ιστοί, τα εσωτερικά όργανα καθώς και το νερό που υπάρχει στο σώμα αποτελούν την άλιπη μάζα (Friedl et al., 1992).

Αναλυτικότερα, το σωματικό λίπος είναι δύο ειδών το δομικό και το αποθηκευτικό λίπος. Γενικά, ως λίπος του σώματος χαρακτηρίζεται το σύνολο όλων των λιπιδίων που υπάρχουν και μπορούν να εκχυλιστούν από αυτό. Αυτή η λιπώδης μάζα μπορεί να βρίσκεται είτε στον λιπώδη ιστό είτε σε άλλους ιστούς του σώματος. Λιπώδης ιστός είναι το σύνολο των αποθηκών του λίπους και αποτελείται κατά τα 4/5 του από τριγλυκερίδια ενώ διαθέτει επίσης πρωτεΐνες και νερό. Ο λιπώδης ιστός που βρίσκεται αποθηκευμένος ακριβώς κάτω από το δέρμα μας ονομάζεται υποδόριο λίπος ενώ το λίπος που βρίσκεται γύρω από τα

όργανα του οργανισμού ονομάζεται σπλαχνικό λίπος. Λιπίδια, κυρίως τα φωσφολιπίδια και σφιγγολιπίδια, υπάρχουν και στις κυτταρικές μεμβράνες όπου χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό τους (Heyward, 1996).

Το απαραίτητο λίπος περιλαμβάνει όλα εκείνα τα λιπίδια που είναι απαραίτητα για τη δομή και λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών καθώς και του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού. Όπως είναι λογικό το απαραίτητο λίπος υπάρχει τόσο σε άνδρες όσο και σε γυναίκες αν και στις γυναίκες το ποσοστό αυτού είναι πολύ υψηλότερο καθώς περιλαμβάνει το λίπος που υπάρχει στο μαστό, στους μηρούς και στο ισχίο. Το αποθηκευτικό λίπος κατανέμεται κυρίως υποδόρια αλλά και σπλαχνικά και πρόκειται για το ενεργειακό πλεόνασμα του οργανισμού μας (Birbrair et al., 2013; Kershaw, 2004).

Όπως ήδη αναφέρθηκε εκτός της λιπώδους μάζας υπάρχει και το άλιπο μέρος του σώματος. Ο μυϊκός ιστός με όλους τους τύπους μυών που τον απαρτίζουν, τους σκελετικούς, λείους και καρδιακούς μύες αποτελεί μεγάλο μέρος της άλιπης μάζας του σώματος. Ο σκελετικός μυς αποτελείται κατά τα 3/4 του από νερό ενώ το υπόλοιπο μέρος περιέχει στο μεγαλύτερο ποσοστό του πρωτεΐνες καθώς επίσης σε μικρότερο ποσοστό ανόργανα άλατα, γλυκογόνο, ιόντα κ.α. (Fox, 1999).

Ακόμη, στην άλιπη μάζα ανήκει και ο οστίτης ιστός που καταλαμβάνει μέχρι και το 15% του σωματικού βάρους. Ο οστίτης ιστός αποτελείται κατά τα 2/3 του περίπου από μεταλλικά ιόντα ενώ το υπόλοιπο ποσοστό του είναι ένας συνδυασμός πρωτεϊνών και νερού με τις πρωτεΐνες να υπερισχύον ποσοτικά (Γάλλος, Εκτίμηση σωματικού λίπους).

Ο προσδιορισμός της σύστασης τους σώματος είναι ιδιαίτερα σημαντική αν αξιολογηθεί σωστά από τους ειδικούς επιστήμονες καθώς μπορεί να δώσει πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας του ατόμου καθώς και να προσδιορίσει τον τρόπο ζωής που πρέπει να ακολουθήσει ώστε να καταφέρει να επιτύχει φυσιολογικές τιμές οι οποίες θα βοηθήσουν στην βελτίωση της υγείας του.



### 1.3. Μέθοδος για τη μέτρηση της σύστασης του σώματος

Όπως είναι ήδη κατανοητό ο προσδιορισμός της σύστασης του σώματος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την υγεία του ατόμου. Εκτός του προσδιορισμού των παθολογικών καταστάσεων η μέτρηση της σύστασης του σώματος είναι απαραίτητο εργαλείο των αθλητών οι οποίοι στηριζόμενοι στα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών προσαρμόζουν το πρόγραμμα άσκησης τους καθώς και τη διατροφή τους. Ο προσδιορισμός όλων των παραπάνω μπορεί να γίνει με διάφορες τεχνικές οι οποίες εξελίσσονται συνεχώς με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ευαισθησία τους.

Οι τεχνικές αυτές χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες τις άμεσες και τις έμμεσες τεχνικές. Η άμεσες μέθοδοι αξιολόγησης του σώματος είναι πτωματικές και συνήθως δύσκολες να εφαρμοστούν. Αντίθετα οι έμμεσες μέθοδοι είναι πιο εύκολο να εφαρμοστούν και με την εξέλιξη που παρουσιάζουν δίνουν ιδιαίτερα αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι πρώτες τιμές που συνήθως μετρούνται με σκοπό να προσδιοριστεί η σύσταση του σώματος είναι το βάρος, το ύψος και από αυτά γίνεται ο υπολογισμός του Δείκτη Μάζας Σώματος. Για τη μέτρηση του βάρους, της πιο διαδεδομένης ανθρωπομετρικής παραμέτρου, χρησιμοποιείται συνήθως ένας απλός ζυγός ο οποίος θα πρέπει να βρίσκεται σε μία επίπεδη επιφάνεια ενώ το άτομο θα πρέπει να φορά ελαφρύ ρουχισμό και να βρίσκεται στο ακίνητο στο κέντρο του ζυγού. Για ακριβέστερη μέτρηση προτείνεται να γίνεται ζύγιση και του ρουχισμού ώστε να αφαιρείται από την αναγραφόμενη τιμή. Επίσης, για τον υπολογισμό του Δείκτη Μάζας Σώματος πρέπει να μετρηθεί και το ύψος ένα δεύτερο δεδομένο αρκετά διαδεδομένο. Η μέτρηση γίνεται συνήθως σε θέση Frankfort horizontal plane με τους ώμους χαλαρούς, τα γόνατα ευθεία και τις πτέρνες ενωμένες ενώ το κεφάλι, το πάνω μέρος της πλάτης και οι γλουτοί θα πρέπει να εφάπτονται στη συσκευή μέτρησης του ύψους (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Διάφορα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούν το πηλίκο του βάρους προς κάποια δύναμη του ύψους έχουν δημοσιευθεί και χρησιμοποιούνται με πιο διαδεδομένο των Δείκτη Μάζας Σώματος που προκύπτει από το πηλίκο:

$$\Delta\text{ΜΣ} = \text{Βάρος} / \text{Υψος}^2$$

Φυσιολογικός Δείκτης Μάζας Σώματος ορίζεται μία τιμή ανάμεσα στο 18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup> ενώ υψηλότερες τιμές παρατηρούνται σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα ενώ χαμηλότερες σε ελλειποβαρή άτομα.

Εκτός των παραπάνω, σημαντικός είναι και ο προσδιορισμός της άλιπης μάζας και του ποσοστού λίπους του ατόμου καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις ο Δείκτης Μάζας Σώματος δεν μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Για παράδειγμα άτομο που αθλείται και έχει μεγάλη μυϊκή μάζα μπορεί να βρίσκεται στην κατηγορία των υπέρβαρων χωρίς όμως αυτό να αντικατοπτρίζει τη κατάσταση του σώματος του.

Διάφορες μέθοδοι εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους στο σώμα. Μία από τις πιο απλές και εύκολες είναι η μέτρηση της περιμέτρου της μέσης με σκοπό τον προσδιορισμό του ενδοκοιλιακού λίπους το οποίο ευθύνεται σε πολλές περιπτώσεις για καρδιαγγειακά νοσήματα. Τιμές άνω των 90 εκατοστών σε άντρες και άνω των 80 σε γυναίκες θεωρούνται υψηλότερες από το φυσιολογικό. Η μέτρηση της περιφέρειας μπορεί να συνδυαστεί με τη μέτρηση των ισχίων και ο λόγος τους θεωρείται παθολογικός στην περίπτωση που υπερβαίνει το 1 στους άνδρες και το 0.8 στις γυναίκες (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Ακόμη, μία μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά είναι η μέτρηση των δερματικών πτυχών η οποία γίνεται με πτυχόμετρο. Στη συγκεκριμένη μέθοδο μετρούνται οι δερματικές πτυχές στην κοιλιακή χώρα, στους μηρούς, την ωμοπλάτη και τον τρικέφαλο και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας την εξίσωση Durnin- Womersley υπολογίζεται το ποσοστό του λίπους στο σώμα. Αν και δίνει στοιχεία σχετικά με τη σύσταση του σώματος η παρούσα τεχνική δεν θεωρείται επηρεάζεται από το υπόβαθρο του ατόμου που την πραγματοποιεί γι' αυτό δεν αποτελεί και πρώτη προτεραιότητα των ειδικών (Wang et al, 2001).

Στον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους οι επιστήμονες έχουν εκμεταλλευτεί την αρχή του Αρχιμήδη η οποία εφαρμόζεται στην υδροπυκνομετρία. Μελέτες έδειξαν πως το ανθρώπινο σώμα σε θερμοκρασία 36,6°C έχει πυκνότητα από 0,9 g/cm<sup>3</sup> – 1,1 g/cm<sup>3</sup>. Η τιμές αυτές σχετίζονται με ισοζύγιο λίπους/άλιπης μάζας στο σώμα καθώς η μέση πυκνότητα του λίπους στο ανθρώπινο σώμα είναι 0,9 g/cm<sup>3</sup> και της άλιπης μάζας 1,1 g/cm<sup>3</sup>. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου το άτομο ζυγίζεται στον αέρα και στο νερό και χρησιμοποιώντας

συγκεκριμένη μαθηματική εξίσωση υπολογίζεται το ποσοστό του λίπους στο σώμα. Πρόκειται για μία πολύ αξιόπιστη μέθοδο που χρησιμοποιείται από πολλούς επιστήμονες καθώς ακόμη και τα σφάλματα που παρουσιάζονται μπορούν να υπολογιστούν. Από τα βασικά μειονεκτήματα της είναι ότι απαιτείται δεξαμενή με νερό καθώς επίσης και το άτομο που ζυγίζεται να μπορεί να διατηρήσει την αναπνοή του κατά τον απαιτούμενο για τη μέτρηση χρόνο. Το δεύτερο μειονέκτημα αντιμετωπίζεται με μία παραλλαγή της υδροπυκνομετρίας τη μέθοδο της αεροπυκνομετρίας κατά την οποία σε ειδικό κλωβό γίνεται μέτρηση του αέρα που εκτοπίζεται. Τέλος, και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να υπολογίζεται ο αέρας που υπάρχει στους πνεύμονες και να αφαιρείται μετά τη μέτρηση (Ζαφειρόπουλος, 2015).

Εκτός από τη μέθοδο της μέτρησης των δερματικών πτυχών μία μέθοδος που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά είναι η μέθοδος της Βιοηλεκτρικής αντίστασης ή της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Κατά την εφαρμογή της ρεύμα, που χορηγείται μέσω δύο ηλεκτροδίων που έχουν τοποθετηθεί στο χέρι και στο πόδι του ατόμου, διαπερνά το σώμα. Η μέθοδος βασίζεται στην παρατήρηση πως ο λιπώδης ιστός έχει μεγαλύτερη αντίσταση στο ρεύμα από ότι τα υγρά του σώματος και η άλιπη μάζα. Μετά την εφαρμογή του ρεύματος το ειδικό μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιεί συγκεκριμένες μαθηματικές εξισώσεις μπορεί να υπολογίσει το βάρος της άλιπης μάζας και από εκεί με αφαίρεση από το συνολικό βάρος γίνεται ο υπολογισμός του λιπώδους ιστού. Γενικά, πρόκειται για μία φθηνή και εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδο με αρκετά χαμηλό κόστος αν και εκφράζονται αμφιβολίες για την αξιοπιστία της μεθόδου. Παρόλα αυτά, στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει κάποιο πτυχόμετρο ή σε περιπτώσεις που το άτομο είναι παχύσαρκο και η μέτρηση των δερματικών πτυχών δεν μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος της Βιοηλεκτρικής εμπέδησης αποτελεί μία πολύ καλή εναλλακτική (Kushner, 1990).

Η μέθοδος διπλής απορρόφησης της ενέργειας χρησιμοποιείται δίνοντας αποτελέσματα όχι μόνο για τη σύσταση του ανθρώπινου σώματος αλλά και για την οστική πυκνότητα. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση φωτονίων τα οποία σαρώνουν όλο το σώμα και καθώς ο βαθμός απορρόφησης τους είναι διαφορετικός στα διαφορετικά συστατικά του σώματος μπορεί αν προσδιοριστεί το ποσοστό κάθε συστατικού σε αυτό. Αναλυτικότερα, το λίπος απορροφά σε μικρό βαθμό ενώ η άλιπη μάζα σε μεγαλύτερο βαθμό. Πρόκειται για μία εξαιρετικής ακρίβειας μέτρησης ενώ και η ακτινοβολία που δέχεται το άτομο είναι πολύ

χαμηλή. Τα μειονεκτήματα της είναι το υψηλό κόστος και η μικρή δυνατότητα επαναληψιμότητας (Σταυρόπουλος).

Εκτός όλων των παραπάνω τεχνικών υπάρχουν μέθοδοι οι οποίες είναι γνωστές για την χρήση τους κατά κανόνα στον ιατρικό κλάδο παρόλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος. Η αξονική τομογραφία κατά την οποία χρησιμοποιούνται ακτίνες X μπορεί και πάλι υπολογίζοντας τη διαφορετική απορρόφηση που εμφανίζουν τα διαφορετικά συστατικά του σώματος οδηγούν στον υπολογισμό της σύστασης του σώματος σε τομές του. Πρόκειται για μία εξαιρετικά ακριβής μέθοδο με δυνατότητα διαχωρισμού και υπολογισμού του σπλαχνικού από το υποδόριο λίπος με μεγάλος όμως μειονέκτημα την υψηλή δόση ακτινοβολίας που δέχεται ο ασθενής (Kvist et al, 1988).

Αυτό το μειονέκτημα εξαλείφεται στην περίπτωση της μαγνητικής τομογραφίας όπου απουσιάζει η ακτινοβολία ενώ η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να διαχωρίσει ακόμη καλύτερα το σπλαχνικό από υποδόριο λίπος. Αντίθετα το κόστος της είναι υψηλότερο από αυτό της αξονικής τομογραφίας (Ross et al, 1993).

## **1.4. Μοντέλα Σύστασης Σώματος**

Ένας γενικός διαχωρισμός ορίζει πως ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται από τέσσερα κύρια συστατικά το λίπος, τις πρωτεΐνες, το νερό και τα ανόργανα συστατικά. Το μοντέλο αυτό ονομάζεται πολυδιαμερισματικό μοριακό μοντέλο. Εκτός αυτού υπάρχει και άλλος διαχωρισμός της σύστασης του σώματος σε δύο συστατικά το σωματικό λίπος και την άλιπη μάζα. Αυτά τα δύο μαζί αποτελούν το συνολικό βάρος του ατόμου. Ως άλιπη μάζα θεωρείται ότι δεν περιέχει λίπος. Αναλυτικά οι μύες, τα οστά, οι συνδετικοί ιστοί, τα εσωτερικά όργανα καθώς και το νερό που υπάρχει στο σώμα αποτελούν την άλιπη μάζα

Η ανάλυση της σύστασης του σώματος μπορεί να γίνει σε διαφορετικά επίπεδα μελέτης τα οποία ορίζονται ανάλογα με το αντικείμενο της μελέτης αυτής. Συγκεκριμένα αυτά είναι το ατομικό, το μοριακό, το κυτταρικό επίπεδο, το επίπεδο ιστού καθώς και στο επίπεδο ολόκληρου του σώματος. Το καθένα από αυτά τα επίπεδα θεωρούνται ξεχωριστά καθώς σε

κάθε περίπτωση μελετώνται διαφορετικά πράγματα. Η γενική αρχή που διέπει όλα τα επίπεδα είναι πως το σύνολο των συστατικών σε κάθε επίπεδο είναι ίσο με τη μάζα του σώματος (Wang et al, 1992).

Ειδικότερα, σε ατομικό επίπεδο υπολογίζονται τα επίπεδα κυρίως των πέντε στοιχείων, του οξυγόνου, του υδρογόνου, του άνθρακα, του αζώτου και του ασβεστίου τα οποία αποτελούν πάνω από το 95% της συνολικής μάζας του σώματος. Σε μεγαλύτερη συγκέντρωση βρίσκεται το οξυγόνο ενώ υπάρχει συγκεκριμένη εξίσωση που αθροίζει όλα τα στοιχεία και μας δίνει τη μάζα του σώματος. Για το ατομικό μοντέλο χρησιμοποιούνται έμμεσες τεχνικές μετά το θάνατο του θηλαστικού που μετράται καθώς στον άνθρωπο αυτό μπορεί να γίνει μόνο σε δείγματα από βιοψία.

Στο μοριακό μοντέλο μετρούνται τα επίπεδα διαφόρων μορίων όπως οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια, το νερό κ.α. καθώς όπως είναι λογικό δεν μπορεί να γίνει μέτρηση κάθε διαφορετικού μοντέλου χωριστά καθώς αυτό είναι αδύνατο. Αντ' αυτού τα μόρια ταξινομούνται στις οικογένειες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Από αυτές το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελεί το νερό και μετράται με τη μέθοδο της υδρομετρίας. Επίσης, γίνεται διαχωρισμός των αλάτων σε αυτά που βρίσκονται στα οστά και σε αυτά που δεν βρίσκονται ενώ μετρούνται με τη μέθοδο τη διπλής απορρόφησης ενέργειας. Θα πρέπει να σημειωθεί πως για κάθε συστατικό υπάρχει και διαφορετική τεχνική για το υπολογισμό του ενώ και σε αυτή την περίπτωση συγκεκριμένη εξίσωση μπορεί να μας οδηγήσει στο υπολογισμό της συνολικής μάζας του σώματος (Comizio et al, 1998).

Στο κυτταρικό επίπεδο γίνεται μέτρηση της μάζας εντός κυττάρων και των υγρών και στερεών εκτός αυτών. Αναλυτικά, υπολογίζονται όλα τα είδη κυττάρων, μυϊκά, επιθηλιακά, νευρικά κ.α ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται στον υπολογισμό των λιποκυττάρων καθώς αποτελούν πολύ σημαντικό αντικείμενο μελέτης. Στα εξωκυττάρια υγρά υπολογίζονται όλα εκείνα υγρά που βρίσκονται διαλυμένα στο αίμα ενώ στα στερεά είναι αυτά που είναι διαλυμένα στο αίμα και διαχωρίζονται σε ανόργανα και οργανικά. Μετά τον υπολογισμό όλα των συστατικών και πάλι μία εξίσωση μας δίνει τη συνολική μάζα του σώματος.

Στο επίπεδο των ιστών το οποίο είναι και το τέταρτο μοντέλο υπολογίζονται όλοι οι ιστοί που διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες τον συνδετικό ιστό, τον μυϊκό ιστό, τον νευρικό ιστό και τον επιθηλιακό ιστό καθώς και τον λιπώδη ιστό. Όλες οι κατηγορίες ιστών ταξινομούνται σε επιμέρους ανάλογα με την ειδική τους λειτουργία και τη θέση τους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο λιπώδης ιστός που ταξινομείται σε υποδόριο, σπλαχνικό και διάμεσο (Enevoldsen et al, 2001).

Στο τελευταίο μοντέλο αυτό του επιπέδου του σώματος, ο άνθρωπος λογίζεται ως ολικό σώμα και περιλαμβάνει ανθρωπομετρικές διαστάσεις όπως το βάρος, το ύψος, οι περιφέρειες σώματος κ.α. και με βάση αυτά υπολογίζονται άλλες σημαντικές παράμετροι όπως ο δείκτης μάζας σώματος, ο όγκος σώματος κ.α. (Kushner et al, 1990).

## **1.5. Σύσταση του Σώματος σε διαφορετικές ηλικίες**

Η ηλικία όπως και το φύλο είναι δύο παράγοντες που φαίνεται πως επηρεάζουν τη σύσταση του σώματος ενώ τα ποσοστά κάθε συστατικού προσαρμόζονται για κάθε ηλικιακή ομάδα. Ως πρότυπος άνδρας ορίζεται ένας άνδρας ηλικίας 20-24 ετών με ύψος 174cm και βάρος 70kg. Το ολικό του λίπους αποτελεί το 15% του σώματος του ενώ η μυϊκή του μάζα το 45%. Ως πρότυπη γυναίκα ορίζεται και πάλι μία γυναίκα ηλικίας 20-24 ετών, 164cm και 57kg με ποσοστό λίπους 27% και μυϊκής μάζας 36%.

Ανάλογα με την ηλικία όπως αναφέρθηκε όλα αυτά προσαρμόζονται. Αναλυτικά, στις γυναίκες στην ηλικιακή ομάδα 20-40 το φυσιολογικό ποσοστό λίπους είναι 21-33% ενώ σε γυναίκες 41-60, 23-35%. Τέλος, γυναίκες 61-79 ετών θεωρείται ότι έχουν φυσιολογικό ποσοστό λίπους όταν αυτό κυμαίνεται από 24-36%. Στους άνδρες 20-40 ετών το φυσιολογικό ποσοστό λίπους είναι 8-19%, στους 41-60 ετών 11-22% ενώ στους 61-79, 13-25%. Παρατηρούμε της μικρές αλλά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διάφορες ηλικιακές ομάδες κάτι που τονίζεται και από το γεγονός πως σε ορισμένες μεθόδους προσδιορισμού του ποσοστού λίπους στην εξίσωση συμπεριλαμβάνεται και η ηλικία. Βέβαια κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται μόνο στο ποσοστό του λίπους αλλά και σε άλλες παραμέτρους.

Για παράδειγμα η περιφέρεια του βραχίονα μεταβάλλεται στις διάφορες ηλικιακές ομάδες με τους περισσότερους άνδρες 20-29 ετών να έχουν 36.8cm, τους 30-39 ετών, 37cm, τους

40-59 ετών 37.1cm και τους άνω των 60 ετών, 36cm. Στις γυναίκες έχουμε αντίστοιχα για κάθε μία από τις παραπάνω ηλικιακές ομάδες 36.6, 34.3, 34.9 και 34.5 cm (Williams, 2003).

Συμπερασματικά, θα πρέπει να τονιστεί πως η ηλικία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη καθώς μόνο συγκρίνοντας τις παραμέτρους της σύστασης του σώματος με τα στοιχεία που υπάρχουν στο γενικό πληθυσμό στην ίδια ηλικιακή ομάδα μπορεί να αποφασιστεί εάν κάποιος χρήζει διαιτητικής μέριμνας και σε ποιο βαθμό.



## 2ο Κεφάλαιο: Μεταβολισμός

### 2.1. Γενικά για τον μεταβολισμό

Ο άνθρωπος αλλά και το σύνολο των ζωντανών οργανισμών χρειάζονται ενέργεια για να μπορέσουν να καλύψουν τις ανάγκες τους άρα και να επιβιώσουν. Όπως είναι ευρέως γνωστό την ενέργεια αυτή η οργανισμοί την λαμβάνουν μέσω των τροφών τους. Στις τροφές που λαμβάνουμε περιέχονται μία ποικιλία ουσιών και μορίων πολλά από τα οποία δε προσφέρουν ενέργεια στον οργανισμό μας. Αυτά είναι το νερό, οι βιταμίνες καθώς και τα μεταλλικά άλατα. Εκτός αυτών όμως τα τρόφιμα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπη τα οποία είναι αυτά που δίνουν την ενέργεια σε όλους τους οργανισμούς. Η μετατροπή της ενέργειας που υπάρχει στις τροφές σε θερμότητα και σε ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό ονομάζεται μεταβολισμός. Ο όρος μεταβολισμός αποτελεί μία διατύπωση του Γερμανού Φυσιολόγου Theodor Schwann ο οποίος με την έρευνα και τις ανακαλύψεις τους συνέβαλε τα μέγιστα στη βιολογία ενώ ανακάλυψε μία ειδική κατηγορία κυττάρων στο περιφερειακό νευρικό σύστημα τα οποία πήραν και το όνομα του (Aszmann, 2000).

Αναλυτικότερα, ο μεταβολισμός αποτελεί το σύνολο των βιοχημικών διεργασιών που επιτελούνται στα κύτταρα του οργανισμού μας και όχι μόνο. Οι διεργασίες αυτές μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ή την απελευθέρωση ενέργειας ενώ χωρίζεται σε δύο κατηγορίες τον αναβολισμό κατά τον οποίο συνθέτονται πολύπλοκες χημικές ενώσεις με χρήση ενέργειας και τον καταβολισμό κατά τον οποίο διασπώνται χημικές ουσίες και αποδίδεται ενέργεια χρήσιμη για την επιβίωση του κυττάρου και κατ' επέκταση του οργανισμού.



## 2.2. Μεταβολισμός: Κατανομή και ρύθμιση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο μεταβολισμός, δηλαδή το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στον οργανισμό, μπορεί να διακριθεί σε δύο επιμέρους τμήματα, τον αναβολισμό και τον καταβολισμό. Με τον όρο αναβολισμός, περιγράφεται το σύνολο των διεργασιών που σχετίζονται με την αφομοίωση, την κυτταρική αύξηση και τον σχηματισμό των διάφορων συστατικών τους πλούσια σε ενέργεια, όπως λίπη, γλυκογόνο, πρωτεΐνες κλπ. Κατά τις διεργασίες αυτές, δεν παράγεται ενέργεια, αλλά απεναντίας απορροφάται για τον σχηματισμό των παραπάνω ουσιών. Ο καταβολισμός περιλαμβάνει το σύνολο των διεργασιών που συσχετίζονται με αντιδράσεις διάσπασης, με την επακόλουθη απελευθέρωση ενέργειας απαραίτητη για το σύνολο των μηχανικών, ηλεκτρικών ή ωσμωτικών δραστηριοτήτων του κυττάρου.

Μεταξύ την καταναλισκόμενης ενέργειας και του συνόλου των θρεπτικών ουσιών που προσλαμβάνονται από ένα ενήλικο άτομο, διατηρείται ένα ισοζύγιο. Εάν οι θρεπτικές ουσίες που προσλαμβάνονται από τον οργανισμό είναι περισσότερες από την ενέργεια που καταναλώνει ο οργανισμός αυτός, τότε λέμε πως βρίσκεται σε θετικό ισοζύγιο, με επακόλουθη την πρόσληψη βάρους. Αντίθετα, εάν η θρεπτικές ουσίες που προσλαμβάνονται είναι λιγότερες από την καταναλισκόμενη ενέργεια (λ.χ. εξαιτίας υποσιτισμού ή κάποιου νοσήματος), τότε ο οργανισμός αυτός οδηγείται σε απώλεια βάρους, καθώς βρίσκεται σε αρνητικό ισοζύγιο.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ, πως τα διάφορα κύτταρα, αλλά και γενικότερα ένας οργανισμός, δεν βρίσκεται διαρκώς στο ίδιο επίπεδο μεταβολισμού. Τα επίπεδα αυτά μπορεί να ποικίλουν εξαιτίας της διαφορετικής ενέργειας που μπορεί αυτά να προσλαμβάνουν. Έτσι, διακρίνονται τρία επίπεδα μεταβολισμού:

1. **Ελάχιστος μεταβολισμός ή μεταβολισμός συντηρήσεως:** στην περίπτωση αυτή προσφέρεται στο κύτταρο το ελάχιστο ποσό ενέργειας το οποίο απαιτείται για την διατήρηση αυτού στη ζωή.
2. **Βασικός μεταβολισμός ή μεταβολισμός ετοιμότητας:** όπου εδώ αναφερόμαστε στον περιορισμένο μεταβολισμό που παρουσιάζει ένα κύτταρο όταν δεν

πραγματοποιεί τις διεργασίες του και προσλαμβάνει ένα περιορισμένο ποσό ενέργειας, ενώ εάν το ποσό αυτό της ενέργειας αυξηθεί, τότε το κύτταρο θα μπορέσει να πραγματοποιήσει και πάλι τις λειτουργίες του.

3. **Δραστικός μεταβολισμός:** στην περίπτωση αυτή το κύτταρο βρίσκεται σε φυσιολογικές συνθήκες και του προσφέρεται ένα ικανοποιητικό ποσό ενέργειας και το κύτταρο πλέον λειτουργεί κανονικά.

Όσον αφορά την ενέργεια η οποία απελευθερώνεται από τον οργανισμό προς το εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να διακριθεί στην κατηγορία της θερμικής και της μη θερμικής ενέργειας.

- **Θερμική ενέργεια:** συνιστά το 75% της αρχικής χημικής ενέργειας που προήλθε από τις θρεπτικές ουσίες της τροφής και παρέμεινε αποθηκευμένη σε λανθάνουσα μορφή.
- **Μη θερμική ενέργεια:** μπορεί να διακριθεί στις ακόλουθες μορφές:
  1. **Χημική ενέργεια:** παράγεται κατά τον σχηματισμό ουσιών όπως λ.χ. πρωτεϊνών.
  2. **Μηχανική ενέργεια:** παράγεται κατά την πραγματοποίηση διάφορων κινήσεων του σώματος συνολικά ή των επιμέρους διάφορων οργάνων ξεχωριστά όπως π.χ. η κινητικότητα του γαστρεντερικού σωλήνα κλπ.
  3. **Ηλεκτρική ενέργεια:** παρατηρείται κατά την εμφάνιση δυναμικών δράσης.
  4. **Ωσμωτική ενέργεια:** παρατηρείται κατά τον σχηματισμό διαφόρων εκκριμάτων.

Οι μορφές ενέργειας που αναφέρθηκαν παραπάνω μετατρέπονται με την σειρά τους όλες στην τελική μορφή ενέργειας που αποτελεί η θερμότητα.

## 2.3. Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (BMP)

Ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (BMP)-(Basal Metabolic Rate-BMP) αποτελεί το ελάχιστο ποσό ενέργειας που χρειάζεται ο οργανισμός μας ώστε να διεκπεραιώσει τις απόλυτα βασικές του λειτουργίες. Πιο απλά, είναι η ενέργεια για να καταφέρει ο άνθρωπος να διατηρήσει τη λειτουργικότητα του σώματος του και γενικότερα του οργανισμού του σε συνθήκες απόλυτης ξεκούρασης. Κάποιες από τις λειτουργίες που καλύπτονται από την ενέργεια αυτή είναι η διαδικασία της αναπνοής, της αιματικής κυκλοφορίας, της διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματος, της λειτουργίας του νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου καθώς και της συστολής των μυών (McNAB, 1997).

Σε αρκετές περιπτώσεις, γίνεται αναφορά στον όρο Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό Ηρεμίας (RMR), αντί του όρου Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός. Αν και συχνά θεωρούνται ως δύο ισοδύναμοι όροι, φέρουν κάποιες διαφορές και δεν θα έπρεπε να συγχέονται. Ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός εκτιμάται κάτω από αυστηρές συνθήκες για περίπου 12 ώρες, ενώ η απαίτηση του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας περιορίζεται μόνο στις 2-4 ώρες πριν τη μέτρηση, κάτι που επιβαρύνει εν μέρει τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό Ηρεμίας με το ενεργειακό κόστος της πέψης των τροφών, οδηγώντας έτσι σε ελαφρώς αυξημένες τιμές του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας, συγκριτικά με τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό (McNAB, 1997).

Ο όρος «βασικός μεταβολισμός» συχνά παρερμηνεύεται και αναφέρεται εσφαλμένα ως το χαμηλότερο επίπεδο ενεργειακής δαπάνης. Κατά τη διάρκεια του ύπνου ή σε καταστάσεις μειωμένης σίτισης, το μεταβολικό προφίλ μπορεί να είναι χαμηλότερο συγκριτικά με αυτό που παρατηρείται σε κανονικές συνθήκες. Για να αποφευχθεί οποιαδήποτε σύγχυση, ο Krogh δημιούργησε τον όρο «πρότυπο μεταβολισμό» (Krogh, 1923). Προκειμένου να επιτευχθούν συγκρίσιμα αποτελέσματα, είναι απαραίτητη η επιβολή αυστηρών προϋποθέσεων για τη μέτρηση του BMP.

Ο προσδιορισμός του Βασικού μεταβολισμού γίνεται σε σταθερή ώρα (κατά προτίμηση πρωινή), ενώ το άτομο που εξετάζεται πρέπει να τηρεί ορισμένες προϋποθέσεις, όπως:

Το άτομο να βρίσκεται σε ακινησία, ψυχική ηρεμία και μυϊκή χαλάρωση.

Να είναι νηστικός για περίπου δώδεκα ώρες.

Να βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20-23°C, εάν είναι ντυμένος και 28-30°C, εάν είναι γυμνός.

Ο βασικός μεταβολισμός φυσιολογικά για έναν ενήλικο άνδρα κυμαίνεται στα 1.600-2.000Kcal/24ωρο, αν και παρόλα αυτά διαφέρει από άτομο σε άτομο και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες τόσο φυσιολογικούς, όσο και παθολογικούς.

Οι φυσιολογικοί παράγοντες που επιδρούν και μεταβάλλουν το βασικό μεταβολικό ρυθμό είναι οι ακόλουθοι:

**1.Η ηλικία** η οποία είναι αντιστρόφως ανάλογη του βασικού μεταβολισμού, καθώς όσο αυξάνεται η ηλικία του προς μελέτη ατόμου, μειώνεται ο βασικός μεταβολισμός αυτού. Παράλληλα, όσο το προς μελέτη άτομο βρίσκεται κοντά στην ηλικία ανάπτυξης, εμφανίζει μεγαλύτερο μεταβολισμό, καθώς απαιτείται μεγαλύτερη ενέργεια ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες αυτές του μεταβολισμού (Torun et al.,1996; Poehlmann,1993; Piers et al., 1998)

**2.Το φύλο.** Σε αρκετές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς έχει παρατηρηθεί μια διαφορά όσον αφορά τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό ανάμεσα στα δύο φύλα. Χαρακτηριστικά, έχει παρατηρηθεί ότι ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός στις γυναίκες είναι μικρότερος κατά 5-10% συγκριτικά με εκείνον στους άνδρες, όσον αφορά άτομα ίδιου ύψους και βάρους όπου μελετήθηκαν, κάτι το οποίο εν μέρει μπορεί να δικαιολογηθεί σε διαφορές στην σύσταση του οργανισμού ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες, όπως διαφορές που αφορούν μεγαλύτερη κατανομή λιπώδους ιστού στις γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες και αντίθετα μυϊκού στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες ή και ακόμα σε διαφορές γενετικής υπόστασης (Mahan et al.,2000).

**3.Το ύψος,** καθώς όσο το σωματικό ύψος αυξάνεται (και συνεπώς και η επιφάνεια του σώματος), παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα απώλειας ενέργειας υπό μορφή θερμότητας, μέσω της εφίδρωσης του ατόμου, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτόν τις ενεργειακές απαιτήσεις των εν λόγω ατόμων (Whitney, 2002)

**4.Η σύσταση σώματος** συσχετίζεται άμεσα με τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό, όσον αφορά την κατανομή και σύσταση της μυϊκής μάζας που καθιστά και έναν ιστό σε μεταβολικά ενεργή κατάσταση, σε αντίθεση με τον λιπώδη ιστό που οδηγεί σε μεταβολική αδράνεια. Κατά την ηρεμία ιστοί, όπως η καρδιά, το ήπαρ, οι νεφροί και άλλα εσωτερικά όργανα παρουσιάζουν εντονότερη μεταβολική λειτουργία συγκριτικά με άλλους μυϊκούς ιστούς, οι οποίοι με τη σειρά τους είναι περισσότερο ενεργοί από τον λιπώδη ιστό. Αυτό δικαιολογεί τον λόγο για τον οποίο οι άνδρες, οι οποίοι όπως αναφέρθηκε πριν εμφανίζουν μεγαλύτερη κατανομή μυϊκού ιστού, συγκριτικά με τις γυναίκες οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη κατανομή λιπώδους ιστού, εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού απ' ότι οι γυναίκες. Παράλληλα, δικαιολογεί τον λόγο για τον οποίο αθλητές και γενικότερα, άτομα με έντονη σωματική άσκηση εμφανίζουν μεγαλύτερα επίπεδα Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, σε σχέση με άτομα με έντονη καθιστική ζωή. Συνεπώς, η **άθληση** αποτελεί και αυτή μια παράμετρο που καθορίζει τα επίπεδα του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού (Mahan et al.,2000).

**Πίνακας 0-1**

<b>Όργανο</b>	<b>Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας</b>
Εγκέφαλος	19
Ήπαρ	29
Μυϊκός ιστός (ηρεμία)	18
Καρδιά	10
Νεφρά	7
Άλλα όργανα	17

**5.Το στρες.** Οι ορμόνες που εκκρίνονται κατά το στρες, με πιο σημαντική ανάμεσά τους την αδρεναλίνη, έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του BMP. Έρευνα σε ζώα που τέθηκαν υπό πίεση έδειξε αύξηση κατά 30%. Επίσης, η σοβαρή ή/και παρατεταμένη συναισθηματική πίεση οδηγεί στην αυξημένη απαίτηση O<sub>2</sub> (Hildesheimer et al, 1985).

**6.Κάπνισμα. Το Κάπνισμα** αυξάνει το BMP σε κάποιο βαθμό (Williams MH, 1976).

**7.Η διατροφική κατάσταση** επηρεάζει τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι σε περιπτώσεις ελλειπών σίτισης παρατηρείται μείωση αυτού, εξαιτίας μιας αμυντικής προσαρμογής του οργανισμού σε λιγότερη διαθέσιμη τροφή και κατ' επέκταση χαμηλότερων επιπέδων ενέργειας που προσλαμβάνονται από την τροφή (Yamashita J, 1989; Luke, 1992; Soares MJ, 1991; Abdul, 1998).

**8.Οι κλιματολογικές συνθήκες**, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι οι τιμές του βασικού μεταβολισμού είναι αυξημένες σε πληθυσμούς που κατοικούν σε ψυχρότερες περιοχές σε σχέση με τους πληθυσμούς εκείνους που κατοικούν σε θερμότερα κλίματα.

**9.Η εγκυμοσύνη** σχετίζεται με αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά τη διάρκειά της, περιλαμβάνοντας και το ενεργειακό κόστος που προκύπτει από το αυξημένο BMP. Οι γυναίκες εμφανίζουν περίπου 15-26% υψηλότερο BMP στην εγκυμοσύνη λόγω της αύξησης της μυϊκής μάζας της μήτρας, του πλακούντα, του εμβρύου και της αναπνευστικής και καρδιακής λειτουργίας. Επίσης, κατά την εγκυμοσύνη αυξάνονται συνήθως και τα ποσά των κυκλοφορόντων ορμονών. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί κατά ένα ποσοστό τις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις και την αυξημένη όρεξη της εγκύου (Prentice et al, 1996; Butte NF et al, 1999).

**10. Άσκηση.** Υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι μέτριας έντασης άσκηση αυξάνει το BMP για λίγα λεπτά έως και λίγες ώρες μετά το πέρας αυτής (Bahr R, 1992 - Melby C, 1993 - Smith J, 1993 - Quinn TJ, 1994 - Almuzaini KS, 1998) και μελέτες που υποστηρίζουν ότι η αύξηση αυτή διαρκεί περισσότερο και φτάνει μέχρι και τις 24 ώρες (Maehlum S, 1986 - Weststrate JA, 1990 - Herring JL, 1992 - Williamson DL, 1997 - Borsheim E, 1998 - Osterberg KL, 2000 - Melanson EL, 2002). Άλλες πάλι μελέτες δεν παρατήρησαν καμία επίδραση της άσκησης στο BMP (Freedman-Akabas S, 1985 - Weststrate JA, 1990) ενώ, όσον αφορά στα αποτελέσματα ερευνών που εξέτασαν τις επιδράσεις άσκησης αντοχής, τα αποτελέσματα είναι διφορούμενα. Υπήρξαν ορισμένες που έδειξαν αύξηση (Ballor, 1992 -

Broeder, 1992 - Whatley, 1994) και άλλες που υποστηρίζουν ότι το BMP παραμένει αμετάβλητο (Sjodin, 1996).

**11.Υψόμετρο.** Το Υψόμετρο προκαλεί αύξηση του BMR λόγω της αύξησης της αναπνευστικής συχνότητας (Williams MH, 1976).

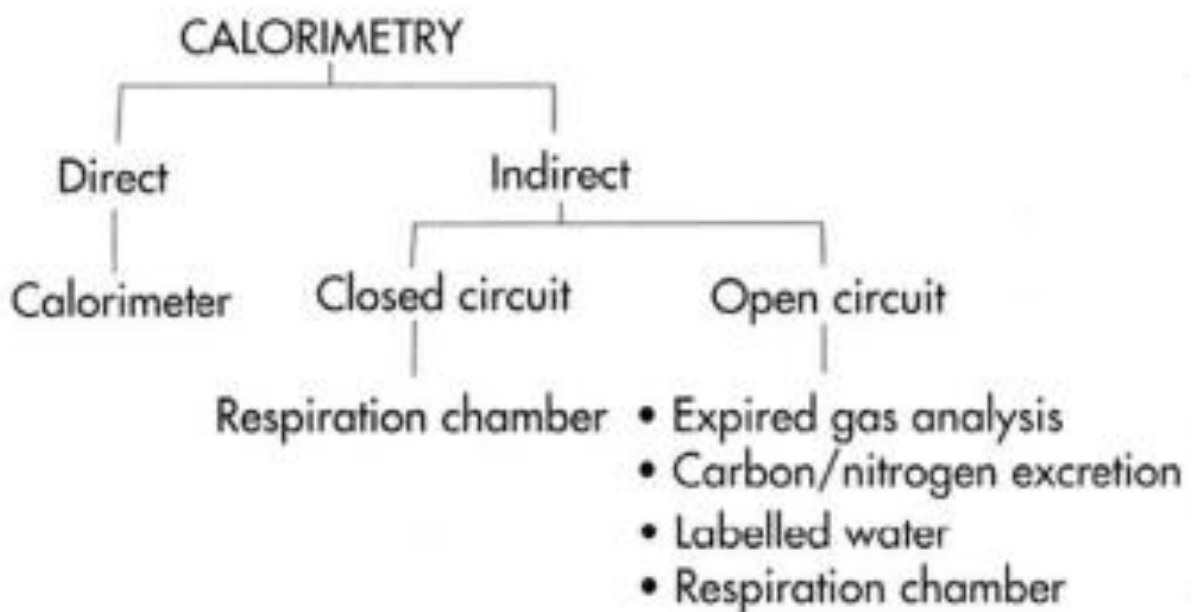
**12.Λειτουργία ενδοκρινών αδένων.** Οι ορμόνες, αποτελούν βασικούς ρυθμιστές της μεταβολικής δραστηριότητας του οργανισμού, με κυριότερες αυτές που εκκρίνονται από τον θυροειδή αδέν. Συγκεκριμένα στον υπερθυρεοειδισμό αυξάνονται η καρδιακή παροχή, η συσταλτικότητα, η πίεση σφυγμού και η ταχυκαρδία και μειώνεται η συστηματική αγγειακή αντίσταση με αποτέλεσμα να παρατηρείται μια αύξηση του BMP έως και 50%. Στην περίπτωση του υποθυρεοειδισμού παρατηρούνται τα αντίθετα φαινόμενα και ο BMP μειώνεται έως και 50%(Danzi S, 2003).

**13.Ασθένειες.** Σε περιπτώσεις ύπαρξης ασθένειας, παρατηρούνται μεταβολές στο βασικό μεταβολικό ρυθμό, μεταβολές που εξαρτώνται από τον τύπο της ασθένειας. Οι λοιμώξεις ή ο πυρετός αυξάνουν το BMR περίπου 7% για κάθε F ή 12-13% για κάθε βαθμό C μεγαλύτερο από 37ο C (Mahan et al., 2000). Σε σοβαρά αρρώστους με υποσιτισμό ο μετρηθείς BMP διαφέρει (70-140%) από τον εκτιμώμενο.

Ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός έχει σημαντική επίδραση στο ποσοστό των θερμίδων που καταναλώνει ο οργανισμός μας καθώς συνήθως θα πρέπει να αποτελεί το 60- 70% των συνολικών θερμίδων άρα επιδρά και στο αν θα κερδίζει ή θα χάνει βάρος με το ποσό των θερμίδων που καταναλώνει (McMurray et al, 2014). Έτσι, είναι σημαντικό να προσδιορίζεται ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε τις συνολικές θερμίδες που χρειάζεται ο οργανισμός. Για τον υπολογισμό του έχουν διατυπωθεί διάφορες εξισώσεις, οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο (Müller et al, 2001).

## 3ο Κεφάλαιο: Μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης

Στην θερμοδυναμική ως θερμιδομετρία ορίζεται η μέτρηση της θερμότητας ή του έργου που εκλύεται κατά τον μετασχηματισμό ενός υλικού μετά από τη διενέργεια κάποιας αντίδρασης. Η μέτρηση της θερμιδομετρίας είναι πολύ σημαντική καθώς μέσα από αυτή γίνεται προσδιορισμός του Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας και μπορεί να γίνει είτε με άμεσο ή με έμμεσο τρόπο.



Σχήμα 3-1 Διάκριση της Θερμιδομετρίας



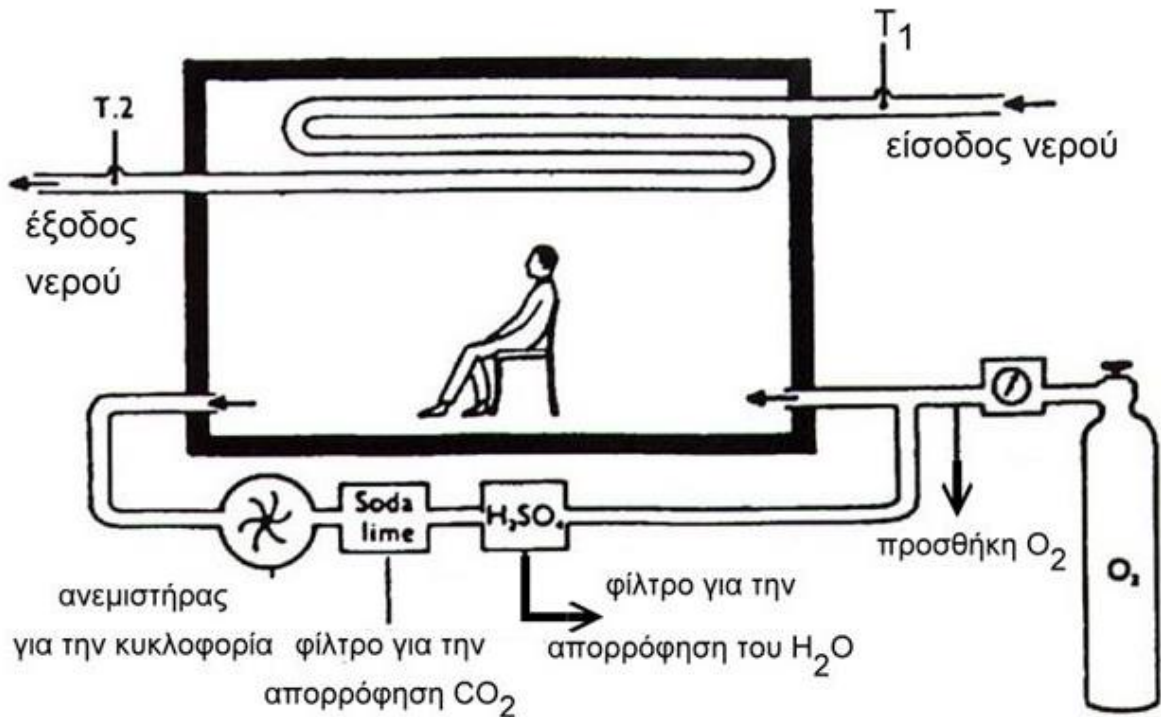
### 3.1. Άμεση θερμοδομετρία

Ένας από τους δύο τρόπους θερμοδομετρίας είναι η άμεση θερμοδομετρία η οποία μετρά τη θερμότητα που παράγεται από το σύνολο του ανθρώπινου σώματος. Η άμεση θερμοδομετρία απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων μηχανημάτων τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις αν και δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ακριβά.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων χρησιμοποιείται ένας θάλαμος ο οποίος έχει διαμορφωθεί με συγκεκριμένο τρόπο ώστε να είναι απομονωμένος από το εξωτερικό περιβάλλον, χωρίς να εισέρχεται αέρας αλλά και να μην χάνεται ή εισέρχεται θερμότητα. Επιπλέον, η θερμοκρασία, το ποσοστό της υγρασίας και η σύσταση του εσωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα παραμένουν σταθερές. Ειδικότερα, ο θάλαμος διαθέτει επαρκή ποσότητα οξυγόνου που μπορεί να καλύψει της ανάγκες του ατόμου κατά την άσκηση μεγάλης διάρκειας ενώ η μέτρηση της θερμοκρασίας που εκλύεται μπορεί να γίνει με τον υπολογισμό της μεταβολής της θερμοκρασίας του συγκεκριμένου όγκου νερού που υπάρχει και κυκλοφορεί εντός μίας σειράς σπειρών στο πάνω μέρος του θαλάμου.

Έτσι, το άτομο στο οποίο θέλουμε να γίνει η μέτρηση τοποθετείται εντός του θερμοδομετρικού θαλάμου και εκεί γίνεται μέτρηση του μηχανικού έργου που παράγει καθώς και της θερμότητας που εκλύεται καθώς είναι αυτή που συμβάλλει στην άνοδο της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θαλάμου. Επιπλέον, υπολογίζεται το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται και του οξυγόνου που καταναλώνεται ενώ μπορεί να υπολογιστεί και η ενέργεια που χάνεται με άλλες διαδικασίες (Hildesheimer et al, 1985).

Παρά την μεγάλη αξιοπιστία της συγκεκριμένης μεθόδου κατά τον προσδιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης, έχει ορισμένα μειονεκτήματα που στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγούν τους επιστήμονες να μην την χρησιμοποιούν συχνά. Το πρώτο πολύ σημαντικό μειονέκτημα είναι η παραμονή του προς εξέταση ατόμου εντός του ειδικού θαλάμου η οποία μπορεί να είναι και περισσότερες από δώδεκα ώρες. Το δεύτερο επίσης σημαντικό μειονέκτημα είναι το κόστος της συγκεκριμένης μεθόδου καθώς ο θάλαμος που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερος ακριβός. Έτσι, η άμεση θερμοδομετρία αποτελεί μία τεχνική που είναι πλέον διαδεδομένη μόνο σε μελέτες που διεξάγουν ειδικά ερευνητικά εργαστήρια (Frankenfield et al, 2005).



**Εικόνα 3-1 Άμεση Θερμιδομετρία**

(Πηγή: <http://slideplayer.gr/slide/3212190/>)

## 3.2. Έμμεση θερμιδομετρία

Τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν στην άμεση θερμιδομετρία οδήγησαν στη χρήση της έμμεσης θερμιδομετρίας μίας μεθόδου αρκετά απλούστερης και οικονομικότερης από ότι η άμεση θερμιδομετρία. Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται κυρίως στις οξειδωτικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στον οργανισμό μας δηλαδή τις αντιδράσεις εκείνες οι οποίες χρησιμοποιούν οξυγόνο ώστε να γίνουν ενώ παράγεται διοξείδιο του άνθρακα κατά την ολοκλήρωση της αντίδρασης.

Σκοπός και της έμμεσης θερμιδομετρίας είναι η μέτρηση της θερμότητας που παράγεται από τον οργανισμό. Αυτό γίνεται με τον υπολογισμό του λόγου της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται διαιρεμένο με τη ποσότητα της ποσότητα του οξυγόνου που προσλαμβάνεται. Η μέτρηση των ποσοτήτων αυτών των δύο αερίων γίνεται μέσω ενός οργάνου το οποίο μπορεί να συλλέξει τον αέρα που εκπνέετε από το άτομο μετράτε, τον αναλύσει και να δώσει την ακριβή ποσότητα των δύο αυτών αερίων (Kaiyala, 2014).

Η διαδικασία της μέτρησης γίνεται με τη μέθοδο της σπειρομετρίας. Υπάρχουν δύο είδη σπειρομετρίας, η σπειρομετρία κλειστού κυκλώματος και η σπειρομετρία ανοικτού κυκλώματος. Τα δύο είδη σπειρομετρίας διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται. Αναλυτικότερα, κατά τη σπειρομετρία ανοικτού κυκλώματος το προς εξέταση άτομο εισπνέει τον αέρα από το περιβάλλον όπου θα πρέπει η σύνθεση του να μην αλλάζει κατά τη διαδικασία της μέτρησης ενώ εκπνέει τον αέρα σε έναν ασκό. Η ποσότητα της ενέργειας που παράγεται υπολογίζεται με βάση τη διαφορά των ποσοστών του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου. Κατά τη σπειρομετρία κλειστού κυκλώματος στο άτομο εφαρμόζεται συσκευή από την οποία εισπνέει και η οποία περιέχει γνωστό όγκο οξυγόνου ενώ χρησιμοποιείται σε ηρεμία ή το άτομο υποβάλλεται σε ελαφριάς έντασης άσκηση. Η παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται από τη διαφορά στην ποσότητα του οξυγόνου (Kaiyala, 2014).

Έχει προσδιοριστεί ότι για κάθε λίτρο οξυγόνου που χρησιμοποιεί ο οργανισμός μας απελευθερώνεται ενέργεια περίπου 4800Kcal ενώ σε κατάσταση ηρεμία η κατανάλωση οξυγόνου σε ένα άτομο είναι περίπου 0,3 λίτρα σε κάθε λεπτό. Έτσι, χρησιμοποιώντας αυτό το ενεργειακό ισοδύναμο μπορεί αν προσδιοριστεί η θερμότητα που απελευθερώνεται από το σώμα μία δεδομένη χρονική στιγμή.

Αρχικά, η μέτρηση του οξυγόνου μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το Θερμικό ισοδύναμο οξυγόνου δηλαδή η ποσότητα της ενέργειας που απελευθερώνεται μετά από κατανάλωση ενός λίτρου οξυγόνου και του Θερμικού ισοδύναμου του διοξειδίου του άνθρακα που είναι το ποσό ενέργειας που απελευθερώνεται μετά την παραγωγή ενός λίτρου διοξειδίου τα άνθρακα. Τα συγκεκριμένα ισοδύναμα μπορούν να προσδιοριστούν σχετικά εύκολα όταν οι καύσεις αφορούν τα λίπη ή του υδατάνθρακες αλλά δημιουργούνται προβλήματα όταν πρόκειται για την καύση των πρωτεϊνών καθώς η σύσταση τους παρουσιάζει διαφορετική

αναλογία αμινοξέων, οι πρωτεΐνες καταβολίζονται ακολουθώντας διαφορετικά μονοπάτια ενώ δε μπορεί εύκολα να υπολογιστεί το μέρος της ενέργειας που χάνεται ως αζωτούχες ενώσεις κατά την ούρηση (Da Rocha et al, 2006).

Όπως αναφέρθηκε πριν, ο προσδιορισμός της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα και η διαίρεση της με την ποσότητα του οξυγόνου οδηγούν σε ένα πηλίκο το οποίο ονομάζεται αναπνευστικό ισοδύναμο. Το αναπνευστικό ισοδύναμο μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την επί τοις εκατό σύσταση των υποστρωμάτων, η οξείδωση των οποίων παρέχει ενέργεια στον οργανισμό. Ο προσδιορισμός της σύστασης των υποστρωμάτων που οξειδώνονται μπορεί να γίνει τα διάφορα συστατικά απαιτούν διαφορετική ποσότητα οξυγόνου κατά την οξείδωση τους.

Ειδικότερα, το αναπνευστικό ισοδύναμο είναι υψηλό, περίπου 1, όταν η ενέργεια που παράγεται οφείλεται στην καύση υδατανθράκων κάτι που συμβαίνει κατά κόρον κατά τη διάρκεια της άσκησης. Κατά την καύση των πρωτεϊνών το αναπνευστικό ισοδύναμο είναι περίπου 0,8 ενώ κατά την καύση των λιπών 0,7. Παρά τον γενικό κανόνα ακόμη και ανάμεσα στους διαφορετικούς υδατάνθρακες και τα λίπη το αναπνευστικό ισοδύναμο μπορεί να διαφέρει. Είναι χαρακτηριστικό πως σε κατάσταση ηρεμίας το αναπνευστικό ισοδύναμο είναι περίπου 0,78-0,8 ενώ τιμές αναπνευστικού ισοδυνάμου μικρότερες του 0,7 υποδηλώνουν συνθήκες υποσιτισμού ενώ τιμές μεγαλύτερες του 1 αποτελούν ένδειξη λιπογένεσης.

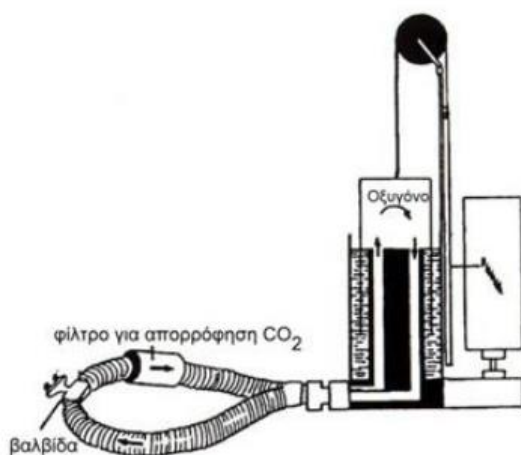
Παρά τον απόλυτο προσδιορισμό αυτών των τιμών κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων οι οποίες μπορεί να από συνθήκες ανάπαυσης μέχρι και κάποια ελαφριά αερόβια δραστηριότητα το αναπνευστικό ισοδύναμο δεν προσδιορίζεται σε κάποια τιμή από τις παραπάνω καθώς οξειδώνονται τόσο υδατάνθρακες όσο και λίπος. Είναι ευρέως αποδεκτό πως όταν το αναπνευστικό ισοδύναμο είναι 0,82 αντανάκλα τον μεταβολισμό λιπών προς υδατάνθρακες σε αναλογία 6/4 (Melvin, 2003).

Μελέτες έχουν δείξει πως το μέσο αναπνευστικό ισοδύναμο σε περιπτώσεις ατόμων που ακολουθούν κανονική διατροφή και ασκούνται ήπια κυμαίνεται στο 0,84 ενώ αυτό αποκλίνει ανάλογα με τη διατροφή και δραστηριότητες που κάνει το άτομο καθώς άτομα που είτε έχουν κάποια βαριά χειρωνακτική εργασία ή αθλούνται πολύ μπορούν να παρουσιάσουν αναπνευστικό ισοδύναμο ακόμη και μεγαλύτερο του 1 καθώς η έντονη δραστηριότητα απαιτεί αύξηση της έντασης της αναπνοής άρα και του αερισμού του

αναπνευστικού συστήματος ενώ χάνεται περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα (Frankenfield et al, 2005).

Παρατηρούμε, λοιπόν, πως η έμμεση θερμιδομετρία μας δίνει με μεγάλη ακρίβεια μία μεγάλη ποικιλία πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στην κλινική πράξη όσο και για ερευνητικούς σκοπούς. Ο προσδιορισμός του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού με τη βοήθεια της έμμεσης θερμιδομετρίας είναι από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της μεθόδου καθώς μπορούμε να εκτιμήσουμε τις διατροφικές ανάγκες ενός ατόμου και να σχεδιάσουμε ένα διατροφικό πρόγραμμα χωρίς να οδηγήσουμε το άτομο στην πρόσληψη είτε υψηλών ποσοστών λίπους ή στην μη κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών. Επίσης, ο προσδιορισμός του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε περιπτώσεις όπου οι ενεργειακές ανάγκες διαφέρουν εξαιτίας κάποιας συγκεκριμένης ασθένειας (Μανιός, 2006; Marra et al, 2002).

Συμπερασματικά, η έμμεση θερμιδομετρία μπορεί να μας δώσει εύκολα και οικονομικά σημαντικά, ιδιαιτέρως χρήσιμα και αξιόπιστα αποτελέσματα τα οποία αν εκτιμηθούν σωστά παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας του ατόμου καθώς και τις διατροφικές και ενεργειακές του ανάγκες.



**Εικόνα 3-2 Έμμεση Θερμιδομετρία**

(Πηγή: <http://slideplayer.gr/slide/3212190/>)

### 3.3. Τεχνική του διπλά σημασμένου νερού

Η μέτρηση της ενέργειας και ο υπολογισμός του ενεργειακού μεταβολισμού μπορεί να γίνει με διάφορες τεχνικές ορισμένες από τις οποίες περιλαμβάνουν τη χρήση ισοτόπων, δηλαδή σημασμένων χημικών στοιχείων. Μία τέτοια μέθοδος είναι αυτή του διπλά σημασμένου νερού, μία τεχνική που όπως αναφέρεται αναπτύχθηκε για τη μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωση των οργανισμών καθώς εκτός του ανθρώπου έχει εφαρμοστεί και μελετηθεί σε διάφορα είδη ζώων. Η συγκεκριμένη τεχνική έχει περιγραφεί πριν σχεδόν εβδομήντα χρόνια αλλά άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως μετά τη δεκαετία του 1980, καθώς περίπου το 1970 έγινε αντιληπτό ότι μπορεί να υπερκεραστεί το εμπόδιο του υψηλού κόστους κατά τη χρήση ισοτόπων καθώς η δημιουργία και η χρήση μεγάλων ποσοτήτων σημασμένου νερού ( $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) μπορεί να γίνει με τεχνικές που δεν είναι τόσο υψηλού κόστους όσο αυτές του παρελθόντος. Επίσης, στις αρχές της δεκαετίας του 80 η σύγκριση της με την έμμεση θερμιδομετρία την ανέδειξε ως πιο αξιόπιστη μέθοδο με αποτέλεσμα να κερδίσει και άλλο έδαφος στο τομέα του υπολογισμού της ενεργειακής δαπάνης. Ειδικότερα, σε μελέτες ενεργειακής δαπάνης τόσο σε άτομα που βρίσκονται σε ανάπαυση όσο και σε άτιμο όπου κατά τη μέτρηση υποβάλλονται σε έντονη άσκηση αποδείχθηκε πως η παρούσα τεχνική έδωσε αποτέλεσμα με μεγαλύτερη αξιοπιστία από ότι η έμμεση θερμιδομετρία (Lifson et al, 1966; Schoeller, 1988; DeLany et al, 1989).

Η τεχνική του διπλά σημασμένου νερού στηρίζεται στην παραδοχή ότι το νερό που σημαίνεται διπλά ( $^2\text{H}^{18}\text{O}$ ) τόσο στο υδρογόνο όσο και στο οξυγόνο ισοσταθμίζεται με το συνολικό νερό που υπάρχει στο σώμα ενώ απομακρύνεται από αυτό με διαφορετικό τρόπο. Συγκεκριμένα, το  $^2\text{H}$  απομακρύνεται από το σώμα ως νερό, ενώ το  $^{18}\text{O}$  εγκαταλείπει το σώμα είτε με τη μορφή νερού είτε με μέσω του  $\text{CO}_2$ . Μπορεί έτσι να υπολογιστεί το  $\text{CO}_2$  που παράγεται αφαιρώντας από την ποσότητα του  $^2\text{H}$  που έχει απομακρυνθεί την ποσότητα του  $^{18}\text{O}$  που έχει επίσης απομακρυνθεί με τη μορφή νερού. Συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για μία αρκετά απλή και αξιόπιστη μέθοδο. Δεν είχα άλλωστε τυχαίο πως έχει χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια μελετών διατροφών που ακολουθούνται από τις ένοπλες δυνάμεις της Αμερικής καθώς εκτός της αξιοπιστίας δεν προϋποθέτει κάποια ιδιαίτερη απαίτηση από το άτομο που μετράται ενώ ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερα



ανθεκτικός και έτσι μπορεί να μετακινηθεί χωρίς το φόβο της θραύσης (Forbes et al, 1989; Hoyt et al, 1991).

Το τυπικό πρωτόκολλο για την εφαρμογή της τεχνικής προϋποθέτει μία αρχική συλλογή δειγματος ούρων και σιέλου από τα άτομα στα οποία θα εφαρμοστεί η τεχνική. Στη συνέχεια χορηγείται εκ στόματος διπλά σημασμένο νερό ενώ κάθε δύο έως τέσσερις ώρες συλλέγεται και πάλι δείγμα σιέλου για να προσδιοριστούν τα διαστήματα αραίωσης. Το επόμενο πρωί συλλέγεται δείγμα ούρων ώστε να γίνουν οι πρώτες μετρήσεις και έπειτα συλλέγεται δείγμα στο τέλος της περιόδου μέτρησης η οποία μπορεί να είναι από τέσσερις έως είκοσι μία ημέρες. Για το προσδιορισμό της ποσότητας των ισοτόπων χρησιμοποιείται ειδικό φασματοφωτόμετρο ενώ για τη μέτρηση τόσο του  $^2\text{H}_2$  όσο και  $^{18}\text{O}$  τα δείγματα υφίστανται αντίστοιχα ειδική κατεργασία πριν τη μέτρηση (DeLany et al, 1989).

Ακόμη, από την περίοδο όπου η τεχνική ήταν ιδιαίτερα δαπανηρή, οι ερευνητές θέλοντας να εξασφαλίσουν την επιτυχία της μέτρησης και την αποφυγή της επανάληψής της, συνέλεξαν και συλλέγουν ακόμη περισσότερα δείγματα από αυτά που αναφέρθηκαν ώστε να καλυφθούν οι περιπτώσεις λάθους, απώλειας ή επιμόλυνσης των δειγμάτων. Έτσι, ο αριθμός των δειγμάτων που αναφέρθηκε παραπάνω είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός που ορίζεται από το πρωτόκολλο της τεχνικής. Μπορεί επιπλέον να συλλεχθεί δείγμα τέσσερις ώρες μετά τη χορήγηση του διπλά σημασμένου νερού ώστε να χρησιμοποιηθεί στη θέση του δείγματος εικοσιτετραώρου σε περίπτωση μόλυνσης. Επίσης, μπορεί να γίνει συλλογή δείγματος μία μέρα πριν την ολοκλήρωση της μέτρησης ώστε να αντικαταστήσει το τελικό δείγμα (Schoeller et al, 1980).

Τα επίπεδα του ρυθμού αποβολής των  $^2\text{H}_2$  και  $^{18}\text{O}$  μπορεί να υπολογιστεί με τη μέθοδο των δύο σημείων (two-point method) όπου χρησιμοποιούνται τα αρχικά επίπεδα των ισοτόπων (i) και τα τελικά επίπεδα (f) των ισοτόπων στη εξής εξίσωση:

$$k = (\ln_{\text{enrichmentf}} - \ln_{\text{enrichmenti}}) / \Delta t$$

ως  $\Delta t$  ορίζεται ο χρόνος που μεσολάβησε από τη λήψη του πρώτου δείγματος μέχρι τη λήψη του τελευταίου. Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω αποτελέσματα μπορεί να υπολογιστεί η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Μία εξίσωση που χρησιμοποιείται είναι αυτή που χρησιμοποίησε το Schoeller το 1988:

$$r\text{CO}_2 = (N/2.078) * (1.01 * k_o - 1.04 * k_H) - 0.0246 * r\text{H}_2\text{O}_f$$

όπου το N συμβολίζει το συνολικό νερό του σώματος το οποίο έχει υπολογιστεί από το  $^{18}\text{O}$  στο δείγμα σιέλου που λήφθηκε στις 4 ώρες ενώ το  $t\text{H}_2\text{O}_f$  είναι ο ρυθμός της κλασματοποιημένης απώλειας νερού κατά την εξάτμιση. Εκτός του συγκεκριμένου τρόπου υπολογισμού υπάρχει και η ανάλυση των πολλαπλών δειγμάτων κατά την οποία χρησιμοποιούνται οι τιμές από περισσότερα δείγματα που λαμβάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ανάλυσης.

Επιπροσθέτως, εκτός της μέτρησης της ενεργειακής δαπάνης η τεχνική του διπλά σεσημασμένου νερού μπορεί να ταυτόχρονα να προσδιορίσει το συνολικό νερό του σώματος και το νερό που αποβάλλεται, παράμετροι ιδιαίτεροι σημαντικές καθώς τα επίπεδα ενυδάτωσης του σώματος μπορούν να σχετίζονται με την γενικότερη κατάσταση του ατόμου που μετράται καθώς και να επηρεάσει και το ενεργειακό του ισοζύγιο (Carlson et al, 1997)



## **4ο Κεφάλαιο: Εξισώσεις εκτίμησης του ΒΜΡ**

Αρκετές διαφορετικές εξισώσεις έχουν αναπτυχθεί από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα χρησιμοποιώντας ως επίκεντρο την μελέτη του ανθρώπου και συγκεκριμένα την εκτίμηση του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού σε διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μοντέλα. Οι περισσότερες από αυτές που διατυπώθηκαν σε άλλες περιόδους έχουν αναθεωρηθεί αρκετές φορές, ενώ δε βρίσκουν άμεση εφαρμογή στους σύγχρονους πληθυσμούς, εξαιτίας των αλλαγών στους δείκτες παχυσαρκίας, που τείνουν να αυξάνονται, την αύξηση της σωματικής αδράνειας.

Παρακάτω φαίνεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας που αναφέρονται ορισμένες από τις εξισώσεις που θα αναλυθούν εν συνεχεία, καθώς και κάποιες που διατυπώθηκαν κατά την πάροδο του χρόνου (Juzwiak et al, 2016).

**Πίνακας 0-1 Εξισώσεις για την πρόβλεψη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού**

Author (Year)	Predictive Equations
1. Cunningham (1991)	$BMR = 370 + 21.6 \times (FFM)$
2. Cunningham (1980)	$BMR = 500 + 22 \times (FFM)$
3. Owen (1987)	
Male	$BMR = 290 + 22.3 \times (FFM)$
4. Owen et al. (1986)	
Female	$BMR = 50.4 + 21.1 \times (BM)$
5. Harris & Benedict (1919)	
Male	$BMR = 66.47 + 13.75 \times (BM) + 5 \times (H) - 6.76 \times (A)$
Female	$BMR = 655.1 + 9.56 \times (BM) + 1.85 \times (H) - 4.68 \times (A)$
6. DRI 2005 (adults)	
Male	$BMR = 293 - 3.8 \times (A) + 456.4 \times (H^*) + 10.12 \times (BM)$
Female	$BMR = 255 - 2.35 \times (A) + 361.6 \times (H^*) + 9.39 \times (BM)$
7. FAO/OMS (1985)	
Male	
18–30 y	$BMR = 15.3 \times (BM) + 679$
30–60 y	$BMR = 11.6 \times (BM) + 879$
Female	
18–30 y	$BMR = 14.7 \times (BM) + 496$
30–60 y	$BMR = 8.7 \times (BM) + 829$
8. Mifflin et al. (1990)	
Male	$BMR = 9.99 \times (BM) + 6.25 \times (H) - 4.92 \times (A) + 166 \times (I) - 161$
Female	$BMR = 9.99 \times (BM) + 6.25 \times (H) - 4.92 \times (A) + 166 \times (I) - 161$

(Πηγή: Juzwiak et al., 2016)

**Πίνακας 0-2 Εξισώσεις για την πρόβλεψη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού**

Predictive equations in male	
Harris-Benedict <sup>9</sup>	$66 + (13.8 \times \text{weight (W)}) + (5 \times \text{height (H)}) - (6.8 \times \text{age (A)})$
Owen <sup>8</sup>	$879 + (10.2 \times W)$
Mifflin StJeor <sup>10</sup>	$(9.99 \times W) + (6.25 \times H) - (4.92 \times A) + 5$
Berstein <sup>14</sup>	$(11 \times W) + (10.2 \times H) - (5.8 \times A) - 1032$
FAO/WHO/ONU <sup>15</sup> 18–30 years	$15.4 \times W + 27 \times H + 717$
FAO/WHO/ONU <sup>15</sup> 30–60 years	$11.3 \times W + 16 \times H + 901$
FAO/WHO/ONU <sup>15</sup> > 61 years	$8.8 \times W + 11.128 \times H + 1071$
Predictive equation in female	
Harris-Benedict <sup>9</sup>	$655 + (9.5 \times W) + (1.9 \times H) - (4.7 \times A)$
Owen <sup>8</sup>	$795 + (7.18 \times W)$
Mifflin <sup>10</sup>	$(9.99 \times W) + (6.25 \times H) - (4.92 \times A) - 161$
Bernstein <sup>14</sup>	$(7.48 \times W) - (0.42 \times H) - (3 \times A) + 844$
FAO/WHO/ONU <sup>15</sup> 18–30 years	$13.3 \times W + 334 \times H + 35$
FAO/WHO/ONU <sup>15</sup> 30–60 years	$8.7 \times W + 25. \times H + 865$
FAO/WHO/ON <sup>15</sup> > 61 years	$9.2 \times W + 637 \times H + 302$

(Πηγή: Doros et al., 2015)

Όπου W=βάρος, H=ύψος, A=ηλικία

## 4.1. Harris και Benedict (1919)

- Γυναίκες:  $BMR = 665,09 + (9,56 \times B) + (1,84 \times Y) - (4,57 \times H)$
- Άνδρες:  $BMR = 66,47 + (13,75 \times B) + (5 \times Y) - (6,75 \times H)$

Όπου:

B = βάρος σε kg

Y = ύψος σε cm

H = ηλικία σε έτη

Η εξίσωση Harris-Benedict διατυπώθηκε από τους James Arthur Harris και Francis Gano Benedict το 1919 στη δημοσίευση τους με τίτλο “*A biometric Study of Human Basal Metabolism*” η οποία διήρκησε 10 χρόνια (Harris et al, 1918). Για την εποχή που έγιναν οι μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν όλα τα σύγχρονα όργανα μέτρησης. Βασίστηκαν σε βασίστηκαν σε 167 Καυκάσιου άντρες φυσιολογικού βάρους ηλικίας 16-63 χρόνων και 103 Καυκάσιες γυναίκες φυσιολογικού βάρους ηλικίας 15-74 ετών, με BMI που κυμαινόταν από 12,3 kg/m<sup>2</sup> μέχρι 32,5 kg/m<sup>2</sup> (Reeves, 2003; Frankenfield, 1998).

Το γεγονός ότι από τον πληθυσμό που εξετάστηκε, μόλις ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 5% είχε ΔΜΣ > 30 δείχνει ότι δεν λήφθηκαν καθόλου υπόψη τα παχύσαρκα άτομα, κάτι που αποτελεί μειονέκτημα των παραπάνω εξισώσεων.

Η συγκεκριμένη εξίσωση, ως η πιο παλιά και ακόμη χρησιμοποιούμενη στον κλινικό τομέα, αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας των περισσότερων μελετών αξιολόγησης εξισώσεων BMP, οι οποίες δείχνουν γενικά ότι η εξίσωση αυτή υπερεκτιμά συστηματικά το BMP σε ποσοστό περίπου 5%, ενώ άλλες έρευνες παρατήρησαν ένα σφάλμα έως και 10-15% (Frankenfield et al., 2003; Daly et al., 1985) Ο ίδιος ο Benedict είχε τονίσει ότι η εκτίμηση του BMR στις γυναίκες ήταν κατά 5% υψηλότερη με την εξίσωση του (Frankenfield et al., 1988), πράγμα το οποίο πιστοποιήθηκε και από άλλους ερευνητές. Με τη συγκεκριμένη εξίσωση, η ακριβής εκτίμηση του BMP σε όλες τις έγκυρες μελέτες αφορούσε το 45% - 80% του πληθυσμού, ενώ συχνό ήταν το φαινόμενο των υπερεκτιμήσεων (Frankenfield et al., 2005).

Το σωματικό βάρος εξηγεί την αιτία της 75% μεταβλητότητας του BMP (Frankenfield, 1998). Ο Benedict, σύμφωνα με το άρθρο που γράφτηκε από τον Frankenfield και

συνεργάτες, (Frankfield, 1998), πίστευε ότι η μυϊκή μάζα παρά το ολικό σωματικό βάρος είναι η πιο προγνωστική ποσότητα για το BMP, και ότι το ολικό σωματικό βάρος είναι προγνωστικό του BMP εξαιτίας της ισχυρής συνδιακύμανσης με τη μυϊκή μάζα. Αυτό υποδηλώνει ότι οι εξισώσεις αυτές γίνονται προβληματικές όταν εφαρμόζονται για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών παχύσαρκων ασθενών που έχουν υψηλά ποσοστά σωματικού λίπους και χαμηλά ποσοστά μυϊκής μάζας. Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει πολλή σκέψη για το εάν στις εξισώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το παρόν βάρος του ασθενούς, το ιδανικό βάρος (ΙΣΒ), ή κάποιο ενδιάμεσο βάρος. Έχει προταθεί πως εάν χρησιμοποιηθεί το παρόν βάρος στις εξισώσεις, τότε ο ασθενής θα διατηρήσει το υπερβάλλον βάρος ενώ εάν χρησιμοποιηθεί το ΙΣΒ στις εξισώσεις, τότε ο ασθενής θα χάσει βάρος με κίνδυνο όμως να μην επουλώνονται τυχούσες πληγές και να μην έχει καλή ανοχή στο ζάχαρο. Για τους παραπάνω λόγους έχει προταθεί να χρησιμοποιείται το «προσαρμοσμένο βάρος» στις εξισώσεις που εκτιμούν τις ενεργειακές ανάγκες σε παχύσαρκους ασθενείς (Frankfield, 1998), όπου:

$$\text{Προσαρμοσμένο βάρος (kg)} = (\text{Παρόν βάρος} - \text{ΙΣΒ})/2.$$

Καθώς η μέτρηση και προσδιορισμό του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού δεν είναι κάτι απλό θα πρέπει, επιπλέον, να προσδιορίζονται οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια του αποτελέσματος. Οι Harris και Benedict διατύπωσαν πως θα πρέπει να αποκλείονται και λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως είναι η μυϊκή δραστηριότητα αλλά και η διεγερτική τάση που εμφανίζεται στο σώμα κατά την πέψη συγκεκριμένων τροφών (Roza & Shizagal, 1984).

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. Αυτές είναι οι εξής:

- Γυναίκες :  $\text{BMR} = 447 + (9,25 \times B) + (3,10 \times Y) - (4,33 \times H)$
- Άνδρες :  $\text{BMR} = 65 + (13,40 \times B) + (4,96 \times Y) - (5,82 \times H)$

Όπου

B = σωματικό βάρος σε Kg

$Y$  = σωματικό ύψος σε cm και

$H$  = ηλικία σε έτη

Παρόλα αυτά οι αρχικές εξισώσεις των Harris and Benedict συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται έως και σήμερα διότι οι τροποποιημένες εξισώσεις δεν άλλαξαν σημαντικά την αρχική μορφή εξίσωσης ή την ακρίβεια αυτών.

Σε μια ακόμα έρευνα των Frankenfield et al, 2003 συμμετείχαν 130 άτομα (άντρες και γυναίκες), ηλικίας 20-78 ετών, από τους οποίους οι 83 ήταν μη παχύσαρκοι και οι 47 παχύσαρκοι. Οι μη παχύσαρκοι συμμετέχοντες είχαν ( $BMI: 18,8-30 \text{kg/m}^2$ ) ενώ οι παχύσαρκοι:  $31-96,8 \text{ kg/m}^2$ ). Και σε αυτή τη περίπτωση τηρήθηκαν τα κριτήρια εφαρμογής της έμμεσης θερμιδομετρίας. Τα αποτελέσματα αυτής είναι τα εξής:

- Η εξίσωση κατέληξε για το 69% των συμμετεχόντων σε τιμές που βρίσκονταν στο  $\pm 10\%$  του πραγματικού BMP
- Υποεκτίμηση πραγματοποιήθηκε στο 4% των περιπτώσεων με τη μεγαλύτερη να φτάνει στο 28% του πραγματικού BMP
- Υπερεκτίμηση στο 20% των περιπτώσεων με τη μεγαλύτερη να αγγίζει το 30% του πραγματικού BMP (Frankenfield et al., (2003).

## 4.2. Bernstein (1983)

Άνδρας  $BMP = 11 \times B + 10.2 \times Y - 5.8 \times H - 1032$

Γυναίκες  $BMP = 7.48 \times B - 0.42 \times Y - 3 \times H + 844$

όπου

$B$  = σωματικό βάρος σε kg,  $Y$  = ύψος σε cm,  $H$  = ηλικία σε έτη

Η παραπάνω μελέτη πραγματοποιήθηκε από τον Bernstein το 1983. Η εξίσωση αυτή βασίστηκε σε μετρήσεις που έγιναν στη Μεγάλη Βρετανία σε άτομα φυσιολογικού σωματικού βάρους, ηλικίας 3 έως 80 ετών. Το γεγονός ότι στις αναλύσεις δε συμμετείχαν καθόλου υπέρβαρα ή παχύσαρκα άτομα, αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα της εξίσωσης αυτής η οποία φαίνεται να υποεκτιμά τις ενεργειακές απαιτήσεις των ατόμων αυτών.

## 4.3. WHO/FAO/UNU (1985)

Ηλικία (έτη)	Άνδρες	Γυναίκες
18-30	$15,3 \times B + 679$	$14,7 \times B + 496$
31-60	$11,6 \times B + 879$	$8,7 \times B + 829$
>60	$13,5 \times B + 487$	$10,5 \times B + 596$

Ηλικία (έτη)	Άνδρες	Γυναίκες
<b>18-30</b>	$(15,4 \times B) - (27 \times Y) + 717$	$(13,3 \times B) + (334 \times Y) + 35$
<b>31-60</b>	$(11,3 \times B) + (16 \times Y) + 901$	$(8,7 \times B) - (25 \times Y) + 865$
<b>&gt;60</b>	$(8,8 \times B) + (1,128 \times Y) - 1,071$	$(9,2 \times B) + (637 \times Y) - 302$

όπου

$B$  = σωματικό βάρος σε kg,  $Y$  = ύψος σε m

Οι εξισώσεις του WHO/FAO/UNU δημιουργήθηκαν με τη χρήση δεδομένων των Schofield, Schofield and James (Food and Agricultural Organization, 1985; Schofield, 1985), δεδομένων που κυρίως προέρχονταν από νέους Ευρωπαίους στρατιώτες και συγκεκριμένα 2,279 άνδρες και 247 γυναίκες εκ των οποίων το 45% κατάγονταν από την Ιταλία (Schofield, 1985; Hayter, 1994). Το ηλικιακό εύρος του δείγματος της μελέτης ήταν αυτό των 19-82 χρόνων με μειωμένη συμμετοχή των ηλικιωμένων.

Δημιουργήθηκαν δύο εξισώσεις εκ των οποίων η μία χρησιμοποιεί μόνο το βάρος και η άλλη το βάρος και το  $Y$  για την εκτίμηση του BMP. Οι εξισώσεις αυτές διαφέρουν από τις εξισώσεις των Harris-Benedict στο γεγονός ότι είναι συγκεκριμένες για την ηλικία και το φύλο ενώ, έχει αναφερθεί ότι δεν ανταποκρίνονται σε λιποβαρή άτομα ή σε άτομα που είναι υπέρβαρα και παχύσαρκα γιατί υποεκτιμούν ή υπερεκτιμούν τις ενεργειακές τους ανάγκες (Muller et al, 2004). Μελέτες μάλιστα δείχνουν ότι οι εξισώσεις αυτές υπερεκτιμούν το BMP τροπικών πληθυσμών κατά περίπου 8% (Henry, 1991) ενώ μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε γερμανικό δείγμα 2528 ατόμων μεγάλου ηλικιακού εύρους, έδειξε συστηματικές υπερεκτιμήσεις σε άτομα χαμηλού BMP και σημαντικές υποεκτιμήσεις σε άτομα με υψηλό BMP (Muller et al, 2004).

Οι προτεινόμενες εξισώσεις WHO/FAO/UNU για υπέρβαρους και παχύσαρκους ασθενείς είναι οι ακόλουθες:

Άνδρες 18-30 ετών =  $(0,0630 \times \text{Παρόν βάρος σε kg} + 2,8957) \times 240 \text{ kcal/ημέρα}$

Άνδρες 31-60 ετών =  $(0,0484 \times \text{Παρόν βάρος σε kg} + 3,6534) \times 240 \text{ kcal/ημέρα}$

Γυναίκες 18-30 ετών =  $(0,0621 \times \text{Παρόν βάρος σε kg} + 2,0357) \times 240 \text{ kcal/ημέρα}$

Γυναίκες 31-60 ετών =  $(0,0342 \times \text{Παρόν βάρος σε kg} + 3,5377) \times 240 \text{ kcal/ημέρα}$

#### 4.4. Schofield (1985)

	<b>Ηλικία</b>	<b>RMR (kcal)</b>
<b>Άνδρες</b>	10-17	$(17,7 \times B) + 657$
	18-29	$(15,1 \times B) + 662$
	30-59	$(11,5 \times B) + 873$
	60-74	$(11,9 \times B) + 700$
	>75	$(8,4 \times B) + 821$
<b>Γυναίκες</b>	10-17	$(13,4 \times B) + 692$
	18-29	$(14,8 \times B) + 487$
	30-59	$(8,3 \times B) + 846$
	60-74	$(9,2 \times B) + 687$
	>75	$(9,8 \times B) + 624$

Όπου

B = σωματικό βάρος σε kg



Οι παραπάνω εξισώσεις αναφέρονται σε υγιείς ενήλικες και οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν αφορούσαν το σωματικό βάρος αυτών, το φύλο, την ηλικία, αλλά όχι το σωματικό Υ αυτών. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για να εξάγει ο Schofield τα συμπεράσματά του περιλάμβανε 114 δημοσιευμένες έρευνες πάνω στην μελέτη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, συνολικού ύψους 7173 δεδομένων από υγιής ενήλικες (3 έως 60 ετών), η πλειοψηφία των οποίων ήταν άντρες (Reeves, 2003).

Παρόλο που το σύνολο των δεδομένων περιελάμβανε σχεδόν 11.000 τιμές για τον BMP, το μεγαλύτερο μέρος της τα αποτελέσματα ελήφθησαν από ευρωπαϊκά και βορειοαμερικανικά άτομα. Αξιοσημείωτο δε, ήταν τον γεγονός ότι από την ανάλυση που προέκυψε για τις τιμές του BMP σε Ασιάτες Ινδιάνους ήταν υπερεκτιμημένες κατά 10-11% από τις εξισώσεις τους. Κατά την στιγμή της ανάλυσής τους, δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για το να διαπιστώσει εάν η επίδραση που παρατηρήθηκε στους Ινδιάνους ήταν μοναδική ή αν αντικατόπτριζε ένα γενικό πρότυπο μεταβολισμού σε τροπικούς λαούς (Henry, 2005).

Υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα στις εξισώσεις Schofield εκ των οποίων ένα από τα πιο σημαντικά είναι ότι οι εκτιμήσεις ενέργειας έχουν υψηλή μεταβλητότητα που κυμαίνεται από 36% έως 53% με μεγάλες αποκλίσεις και πιθανότητα λάθους (Reeves MM, 2003).

Οι Henry και Rees (1991), υπέδειξαν ότι οι εξισώσεις του FAO/WHO/UNU υπερεκτίμησαν το BMP σε μια σειρά τροπικών πληθυσμών και πληθυσμούς της Βόρειας Αμερικής (Clark, 1991), ενώ προέβλεπαν με ακρίβεια το BMP ατόμων που ζούσαν σε εύκρατο κλίμα. Επίσης, αυτές οι εξισώσεις δεν ανταποκρίνονται καλά σε παχύσαρκα άτομα και φαίνεται να υπερεκτιμούν το BMP σε πολλούς πληθυσμούς (Soares, 1993; Hayter, 1994) Μια λεπτομερής ανάλυση της υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης που προκύπτουν στην μελέτη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις του FAO/WHO/UNU που παρατηρήθηκαν σε παιδιά ηλικίας 2,5-18 ετών σε μια σειρά χωρών, μεταξύ των οποίων ήταν η Κολομβία, η Γουατεμάλα και η Κίνα. Ενώ όλες οι παραπάνω, προϋπάρχουσες μελέτες ανέφεραν υπερεκτίμηση του BMP σε αυτά τα παιδιά, οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τον Livingstone και τους συνεργάτες του (Livingstone et al, 1992) ανέφεραν μια υποεκτίμηση, ενώ ο Bandini (Bandini et al, 1990) και οι συνεργάτες του ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά με τις τιμές αυτές που προέκυψαν από τις εξισώσεις του FAO/WHO/UNU.

## 4.5. Owen (1986-1987)

Ενήλικες γυναίκες :  $BMR = 795 + 7,18 \times B$

Ενήλικες άνδρες :  $BMR = 879 + 10,2 \times B$

όπου

B = σωματικό βάρος σε kg

Η παραπάνω εξίσωση διατυπώθηκαν τον 1987 από τον Owen και τους συνεργάτες του (Owen et al., 1987).

Η εξίσωση των ανδρών βασίστηκε σε ένα δείγμα μεγέθους 60 ατόμων, ηλικίας 18-82 χρόνων και περιλάμβανε 24 μη παχύσαρκους, 11 παχύσαρκους και 5 εξαιρετικά παχύσαρκους άνδρες (Owen et al., 1987). Η εξίσωση των γυναικών αναπτύχθηκε από ένα δείγμα 44 γυναικών, ηλικίας 18-65 χρόνων και περιλάμβανε γυναίκες από όλες τις κατηγορίες βάρους. 1 χαμηλού σωματικού βάρους, 23 φυσιολογικού, 4 αυξημένου σωματικού βάρους, 10 παχύσαρκες και 6 εξαιρετικά παχύσαρκες γυναίκες. Οκτώ από τις γυναίκες ήταν εκπαιδευμένες αθλήτριες αλλά αυτές οι γυναίκες δε χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό της εξίσωσης. Σοβαρό μειονεκτήματα των εξισώσεων Owen είναι το γεγονός ότι το δείγμα των γυναικών απ' το οποίο προήλθε η αντίστοιχη εξίσωση δεν περιλάμβανε καθόλου ηλικιωμένες γυναίκες ενώ, στο δείγμα των ανδρών η συμμετοχή ηλικιωμένων δεν ήταν αντιπροσωπευτική. Η εθνική προέλευση των γυναικών της μελέτης δεν αναφέρεται ενώ, γνωρίζουμε ότι το δείγμα των ανδρών περιλάμβανε λευκούς, έγχρωμους και Ασιάτες.

Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα των παραπάνω εξισώσεων είναι ότι στον συνολικό αριθμό δείγματος γυναικών που έλαβαν μέρος στην μελέτη αυτή για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και των εξισώσεων, δεν συμμετείχαν καθόλου ηλικιωμένες γυναίκες, ενώ στο πληθυσμιακό δείγμα ανδρών, η συμμετοχή ηλικιωμένων ατόμων ήταν επαρκής (Owen et al, 1987; FAO Energy and Protein requirement).

Σε μια μελέτη υψηλής εγκυρότητας, η εξίσωση Owen κατέληξε για το 73% των ατόμων σε τιμές που βρίσκονταν στο  $\pm 10\%$  του πραγματικού BMP (Frankfield, 2003). Υποεκτίμηση πραγματοποιήθηκε στο 21% των περιπτώσεων με τη μεγαλύτερη να φτάνει στο 24% του πραγματικού BMP και υπερεκτίμηση στο 6% των περιπτώσεων με τη μεγαλύτερη να αγγίζει το 28% του πραγματικού BMP.

## 4.6. Mifflin-St Jeor (1990)

Γυναίκες:  $BMR = 10 \times B + 6.25 \times Y - 5 \times H - 161$

Άνδρες:  $BMR = 10 \times B + 6.25 \times Y - 5 \times H + 5$

Όπου

$B$  = σωματικό βάρος σε kg,  $Y$  = ύψος σε cm,  $H$  = ηλικία σε έτη

Η παρούσα εξίσωση διατυπώθηκε και δημοσιεύτηκε το 1990 από τον ερευνητή Mifflin και τον ερευνητή St.Jeor ύστερα από μετρήσεις σε ένα πληθυσμιακό δείγμα 498 υγιών ατόμων, περιλαμβανομένων γυναικών ( $n = 247$ ) και αντρών ( $n = 251$ ), ηλικίας 19-78 ετών. Μελετήθηκαν άτομα φυσιολογικού σωματικού βάρους, υπέρβαρα, παχύσαρκα και σοβαρά παχύσαρκα. Η εθνική προέλευση του δείγματος δεν είναι γνωστή και η συμμετοχή ηλικιωμένων (75-84 ετών) ήταν περιορισμένη.

Πλεονέκτημα των εξισώσεων αυτών αποτελεί το γεγονός ότι ακόμα και στην περίπτωση παχύσαρκων ατόμων χρησιμοποιείται πάντα το παρόν και όχι το προσαρμοσμένο βάρος.

Μια μελέτη (Frankfield, 2003) που συνέκρινε τον υπολογισμένο βασικό μεταβολικό ρυθμό με τις δύο μεθόδους και με έμμεση θερμιδομετρία σε 130 μη νοσηλεύμενους εθελοντές υπέδειξε ότι οι εξισώσεις Mifflin προέβλεψαν το BMP με μεγαλύτερη ακρίβεια από τις εξισώσεις Harris-Benedict τόσο σε άτομα με φυσιολογικό βάρος όσο και σε παχύσαρκους. Επίσης, σε έρευνα υψηλής εγκυρότητας που εφαρμόστηκε η εξίσωση των Mifflin-St Jeor σε δείγμα 83 ενηλίκων ηλικίας 18-78 ετών, φυσιολογικού βάρους, βρέθηκε

ότι στο 82% των περιπτώσεων η εκτίμηση του BMR ήταν εντός του  $\pm 10\%$  του BMP που είχε μετρηθεί με έμμεση θερμιδομετρία (Frankfield, 2003).

## 4.7. Van der Weg et al. (2004)

Γυναίκες REE =  $616.93 - 14.9 \times H + 35.12 \times B + 19.83 \times Y$

Όπου:

B = βάρος σε kg,      Y = ύψος σε cm,      H = ηλικία σε έτη

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. Δημιουργήθηκε από ένα δείγμα 471 γυναικών (205 Αφρικοαμερικάνες και 266 Ευρωπαίες) ηλικίας 18-39 ετών, με μέσο βάρος 70,7 kg και ΔΜΣ 25,2 kg/m<sup>2</sup>.

Έχει βρεθεί ότι κατά μέσο όρο οι Αφρικοαμερικάνες έχουν μικρότερη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (Weyer et al, 1999; Gannon et al, 2000; Kimm et al, 2001; Sharp et al, 2002). Παρόλο που υπάρχουν διαφωνίες σχετικά με τους λόγους ύπαρξης αυτής της διαφοράς (Kumanyika, 1999), παράγοντες όπως η μειωμένη συγκέντρωση λεπτίνης (Nicklas et al, 1997) και η μειωμένη δραστηριότητα της άλιπης μάζας σώματος (Albu et al, 1997; Jakicic, 2002) μπορεί να συμβάλλουν στα χαμηλότερα επίπεδα REE των Αφροαμερικανών γυναικών. Εξισώσεις που δημιουργήθηκαν στηριζόμενες κυρίως σε δείγματα Ευρωπαίων γυναικών ενδεχομένως να μην είναι κατάλληλες για χρήση στην περίπτωση των Αφροαμερικανών και να υπερεκτιμούν τις ενεργειακές ανάγκες της ομάδας αυτής. Τη λύση στο πρόβλημα αυτό έδωσε η εξίσωση Vander Weg η οποία εκτιμά με ακρίβεια τις ενεργειακές ανάγκες και των δύο εθνικοτήτων.

Ένα ακόμη θετικό στοιχείο της εξίσωσης αυτής είναι ότι προέρχεται από γυναίκες με σωματικό βάρος που καλύπτει ένα ιδιαίτερα μεγάλο εύρος. Στη μελέτη συμμετείχαν

γυναίκες φυσιολογικού βάρους, υπέρβαρες και παχύσαρκες και γι' αυτό το λόγο η εξίσωση μπορεί να γενικευθεί και σε άλλα δείγματα. Τέλος, ένα ακόμη πλεονέκτημά της είναι το γεγονός ότι πέραν της εθνικότητας εκτιμήθηκε και η επίδραση πολλών άλλων παραγόντων όπως του έμμηνου κύκλου, της ύπαρξης ή μη κάποιας φαρμακευτικής αγωγής, της εγκυμοσύνης, του θηλασμού και του καπνίσματος.

Στα μειονεκτήματα της εξίσωσης ανήκει το γεγονός ότι η έρευνα περιορίστηκε μονάχα στο γυναικείο φύλο αν και ακόμη δεν είναι σαφές εάν οι εξισώσεις που προβλέπουν την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας στους άνδρες θα πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα με την εθνικότητα. Επίσης, το ηλικιακό εύρος των γυναικών (18-39 ετών) που συμμετείχαν στη μελέτη ήταν ιδιαίτερα περιορισμένο και γι' αυτό η ακρίβεια της εξίσωσης αυτής σε γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας αμφισβητείται.

## 4.8. Siervo (2003)

Γυναίκες  $BMP = 11.5 \times B + 542.2$

Όπου

B= σωματικό βάρος σε Kg

Η παραπάνω εξίσωση συνιστά μια από τις πιο πρόσφατες μορφές εξισώσεων για τον υπολογισμό του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, η οποία διατυπώθηκε το 2003 από τον M.Siervo. Προήλθε από ένα δείγμα 157 γυναικών ηλικίας 18-35 ετών και παρόλο που ακόμα δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για την αξιοπιστία της, συμπεριλήφθηκε στην παρούσα μελέτη.

Σε μια ακόμα πιο πρόσφατη μελέτη του Siervo και των συνεργατών του (Siervo, 2013) προέκυψε ότι οι νέες εξισώσεις πρόβλεψης του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού αναπτύσσονται συνεχώς χρησιμοποιώντας ποικίλους κοινωνικοδημογραφικούς παράγοντες (ηλικία, εθνικότητα, φύλο) ως προγνωστικούς παράγοντες και εφαρμόζονται σε

διαφορετικές φυσιολογικές καταστάσεις (ανάπτυξη, εμμηνόπαυση, επίπεδο φυσικής δραστηριότητας) (οξείες και χρόνιες ασθένειες). Ως εκ τούτου, ο αυξανόμενος αριθμός των εξισώσεων που προκύπτουν διαρκώς, καθιστούν δύσκολη την επιλογή μιας συγκεκριμένης εξίσωσης που θα λειτουργήσει καλά σε διαφορετικά πλαίσια.

## **4.9. Εκτίμηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού σε συγκεκριμένες κατηγορίες ατόμων**

### **4.9.1. Ηλικιωμένοι**

Πολλοί ερευνητές έχουν αμφισβητήσει το κατά πόσο οι εξισώσεις που συχνά χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού νεαρών ατόμων, είναι κατάλληλες για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών ηλικιωμένων ατόμων μιας και οι εξισώσεις αυτές γενικά δεν έχουν εφαρμοσθεί ιδιαίτερα καλά σε μεμονωμένα ηλικιωμένα άτομα, καθώς μόνο περιορισμένες δοκιμές είναι διαθέσιμες και το ηλικιακό εύρος κυμαίνεται από 50-84 ετών με πολύ μικρή εκπροσώπηση υποκειμένων ηλικίας άνω των 80 ετών.

Ο Arciero και οι συνεργάτες του (1993) θέλησαν να προσδιορίσουν ποια από τις υπάρχουσες εξισώσεις είναι καταλληλότερη για την εκτίμηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού ηλικιωμένων ατόμων. Χρησιμοποίησαν ένα δείγμα 116 γυναικών, ηλικίας 60-82 ετών, με BMI να κυμαίνεται από 18,9 kg/m<sup>2</sup> έως 39,4 kg/m<sup>2</sup> και αφού με τη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας υπολόγισαν το BMP τους, στη συνέχεια το συνέκριναν με τις τιμές που προέκυψαν από 8 διαφορετικές εξισώσεις.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήσαν δίνονται στον πίνακα που σελίδα ακολουθεί.

<b>Εξίσωση</b>	
Harris-Benedict	$BMP = 655.0955 + 9.5634(B) + 1.8496(Y) - 4.6756(H)$
Owen et al.	$BMP = 795 + 7.18(B)$
Fredrix et al.	$BMP = 1641 + 10.7(B) - 9(H) - 203(\Phi)$
Arciero et al.	$BMP = 144 + 7.8(B) + 4.7(Y) - 39.5(EP)$
Mifflin et al.	$BMP = 9.99(B) + 6.25(Y) - 4.92(H) - 161$
Cunningham (1):	$BMP = 370 + 21.6 (AM\Sigma)$
Cunningham (2):	$BMP = 501.6 + 21.6(AM\Sigma)$
WHO/FAO	$BMP = 9.2(B) + 6.4(Y) - 302$

B=βάρος (kg), Y=Y (cm), H=ηλικία (έτη), Φ=φύλο: 1=άνδρες, 2=γυναίκες

EP=έμμηνος ρύση: 1=προ-εμμηνόπαυσης, 2=περι-εμμηνόπαυσιακά 3=μετά την εμμηνόπαυση  
 AMΣ=άλιπη μάζα σώματος

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εξισώσεις που με μεγαλύτερη ακρίβεια προβλέπουν τις ενεργειακές ανάγκες ηλικιωμένων γυναικών είναι αυτές των Owen et al., Fredrix et al. και Harris-Benedict με απόκλιση 2.2%, -0.5% και 3.1% αντίστοιχα, ενώ η εξίσωση του Cunningham (2) παρουσίαζε τη μεγαλύτερη απόκλιση της τάξεως του 13.7%.

Γενικότερα σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ηλικιωμένα άτομα με σκοπό τον προσδιορισμό της καταλληλότερης για χρήση εξίσωσης, υποεκτιμήσεις μέχρι και 18% και υπερεκτιμήσεις της τάξεως του 5% αναφέρθηκαν στην περίπτωση της εξίσωσης Mifflin-St. Jeor σε ηλικιωμένους άνδρες, ενώ τα ποσοστά αυτά ήταν μεγαλύτερα στην περίπτωση των ηλικιωμένων γυναικών και ίσα με 31% και 7% αντίστοιχα (Arciero, 1993). Οι μέγιστες υπερεκτιμήσεις που αναφέρθηκαν στις μελέτες αυτές βρίσκονταν εντός των αποδεκτών ορίων ( $\pm 10\%$ ).

Στην περίπτωση της εξίσωσης Harris-Benedict, οι μέγιστες υποεκτιμήσεις άγγιζαν το 19% για τους άνδρες και το 27% για τις γυναίκες ενώ τα ποσοστά υπερεκτίμησης του βασικού μεταβολικού ρυθμού ήταν ίσα με 9% και 12% αντίστοιχα (Arciero PJ, 1993). Μικρότερες αποκλίσεις παρατηρήθηκαν με τη χρήση των εξισώσεων του ΠΟΥ, όπου η παρατηρούμενη υποεκτίμηση στην περίπτωση των ανδρών ήταν ίση με 17% και των γυναικών με 8% ενώ η υπερεκτίμηση των αποτελεσμάτων ήταν 7% και 12% αντίστοιχα.

Παρόλο που τα μικρότερα σφάλματα παρατηρούνται στην περίπτωση των εξισώσεων του WHO, δεν έχουν γίνει μελέτες που να αξιολογούν την αποτελεσματικότητά τους στην περίπτωση υπέρβαρων και παχύσαρκων ατόμων, γεγονός που αποτελεί σημαντικό μειονέκτημά τους. Συνοψίζοντας, καμία από τις υπάρχουσες εξισώσεις δε μπορεί να προταθεί ως η πλέον κατάλληλη, λόγω των περιορισμένων δεδομένων, παρ' όλα αυτά μπορούμε να πούμε ότι η εξίσωση Mifflin-St. Jeor ίσως να είναι η προτιμότερη λόγω της ακρίβειάς της στην περίπτωση υπέρβαρων και παχύσαρκων ατόμων.

#### **4.9.2. Αθλητές**

Οι περισσότερες από τις εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού ενός ατόμου δημιουργήθηκαν με τη συμμετοχή κυρίως ατόμων με καθιστική ζωή ή μέτριας έντασης δραστηριότητα. Προκύπτει λοιπόν το ερώτημα κατά πόσο αυτές οι εξισώσεις είναι κατάλληλες για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών ατόμων με ιδιαίτερα έντονη δραστηριότητα όπως είναι οι αθλητές;

Οι Thompson και Manoge πραγματοποίησαν μια μελέτη στην οποία συμμετείχαν 37 αθλητές αντοχής (24 άνδρες, 13 γυναίκες). Τα κριτήρια που έπρεπε να πληρούν προκειμένου να συμμετάσχουν στη μελέτη ήταν πολλά. Προπόνηση 1 ή περισσότερες ώρες την ημέρα, 4-7 μέρες την εβδομάδα για τις τουλάχιστον 44 από τις τελευταίες 52 εβδομάδες πριν τη μελέτη, τρέξιμο τουλάχιστον 30 μίλια ανά εβδομάδα και ποδηλασία για τουλάχιστον 80 μίλια την εβδομάδα. Οι συμμετέχοντες θα έπρεπε επίσης να μην καπνίζουν, να μην ακολουθούν κάποια φαρμακευτική αγωγή που να επηρεάζει το βασικό τους μεταβολισμό, να μην έχουν κάποιο ιστορικό διαταραχής λήψης τροφής και να μην είχε σημειωθεί κάποια αλλαγή στο σωματικό τους βάρος τον τελευταίο χρόνο.



Η μέτρηση του βασικού μεταβολισμού με τη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας έγινε δύο φορές. Στην περίπτωση των ανδρών οι μετρήσεις απείχαν χρονικά μία εβδομάδα ενώ στις γυναίκες το διάστημα ήταν μεγαλύτερο και ίσο με ένα μήνα. Είχε ζητηθεί από όλους, άνδρες και γυναίκες, να απέχουν από κάθε είδους δραστηριότητα για τουλάχιστον 12 ώρες πριν από τη μέτρηση. Οι τιμές που προέκυψαν από τις δύο δοκιμές δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά και ως πραγματικό BMP χρησιμοποιήθηκε ο μέσος των δύο μετρήσεων.

### **Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη του βασικού μεταβολισμού**

#### 1) Owen et al.

##### **Άνδρες**

$$\text{BMP} = 879 + 10.2(\text{B})$$

$$\text{BMP} = 290 + 22.3(\text{AM}\Sigma)$$

##### **Γυναίκες**

$$\text{BMP} = 795 + 7.18(\text{B}) \text{ (όχι αθλήτριες)}$$

$$\text{BMP} = 50.4 + 21.1(\text{B}) \text{ (αθλήτριες)}$$

#### 2) Mifflin et al.

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

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

#### 3) Cunningham

$$\text{BMP} = 500 + 22(\text{AM}\Sigma)$$

#### 4) Harris-Benedict

**Άνδρες:**  $BMP = 66.47 + 13.75(B) + 5(Y) - 6.76(H)$

**Γυναίκες:**  $BMP = 655.1 + 9.56(B) + 1.85(Y) - 4.68(H)$

Όπου: B=βάρος (kg), Y=ύψος (cm), H=ηλικία (έτη), ΑΜΣ=άλιπη μάζα σώματος

**Αποτελέσματα μελέτης:** με μοναδική εξαίρεση τις εξισώσεις του Cunningham, το BMP που προέκυψε από τις υπόλοιπες 8 εξισώσεις, τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες, ήταν χαμηλότερο του πραγματικού (Cunningham, 1980). Ο λόγος που τα αποτελέσματα της εξίσωσης αυτής ήταν πιο κοντά στις πραγματικές μετρήσεις δεν είναι γνωστός. Ωστόσο, φαίνεται ότι το γεγονός ότι περιέχει την άλιπη μάζα σώματος ως εξαρτημένη μεταβλητή παίζει σημαντικό ρόλο. Μελέτες (Mifflin, 1990; Owen, 1987; Ravussin, 1989) δείχνουν ότι η άλιπη μάζα σώματος ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό του BMP που σημαίνει ότι η χρήση της σε μια εξίσωση θα μπορούσε να αυξήσει την ακρίβειά της.

Το γεγονός ότι οι εξισώσεις των Mifflin et al. (1990) και Owen et al (1987,1986) δεν προέβλεψαν με ακρίβεια το βασικό μεταβολικό ρυθμό δεν ήταν έκπληξη. Τα άτομα από τα οποία προήλθαν οι παραπάνω εξισώσεις ήταν ηλικίας 18-82 χρόνων και το σωματικό τους βάρος κυμαινόταν από 46-143 kg για τις γυναίκες και 58-171 kg για τους άνδρες. Αντιθέτως, οι αθλητές που συμμετείχαν στη μελέτη αυτή ήταν μικρότερης ηλικίας και είχαν ένα σημαντικά μικρότερο ποσοστό σωματικού λίπους και σωματικού βάρους. Ως αποτέλεσμα, η αναλογία της άλιπης μάζας σώματος στο σύνολο του σωματικού βάρους ήταν μεγαλύτερη στην περίπτωση των αθλητών που σημαίνει ότι οι πληθυσμοί από τους οποίους προήλθαν οι εξισώσεις των Mifflin et al. και Owen et al. δεν είναι αντιπροσωπευτικοί ενός δραστήριου πληθυσμού.

Εν κατακλείδι θα πρέπει να πούμε ότι σε περιπτώσεις που επιθυμούμε να καθορίσουμε τις ενεργειακές ανάγκες ατόμων με έντονη φυσική δραστηριότητα, η χρήση της εξίσωσης Cunningham (1980) μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο ακριβή αποτελέσματα.

### 4.1.3 Παιδιά

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι παχύσαρκοι έφηβοι είναι πολύ πιθανό να εξακολουθήσουν να είναι παχύσαρκοι και μετά την ενηλικίωσή τους (Guo, 1994), ανεξάρτητα με το αν οι γονείς τους είναι ή δεν είναι παχύσαρκοι (Whitaker, 1997). Μια υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά λάθη όσον αφορά στο σχεδιασμό των ενεργειακών συστάσεων ενός πληθυσμού ή των ενεργειακών αναγκών ενός ατόμου. Γι' αυτό λοιπόν και είναι ιδιαίτερα σημαντικό οι όποιες συστάσεις για ενεργειακή πρόσληψη να στηρίζονται σε ακριβείς μεθόδους αξιολόγησης της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται σήμερα για την εκτίμηση του BMP παιδιών και εφήβων βασίζονται σε μετρήσεις που διεξήχθησαν το πρώτο μισό αυτού του αιώνα (WHO/FAO/UNU, 1985; Robertson, 1952; Boothby et al, 1936)

Δεν είναι όμως σίγουρο το αν μπορούν με ακρίβεια να χρησιμοποιηθούν στο σημερινό πληθυσμό λόγω:

- 1) Η έναρξη της εφηβείας συμβαίνει σε νεότερη ηλικία απ' ότι συνέβαινε μερικές δεκαετίες πριν, έτσι η επίδραση της ταχύτερης αύξησης του σωματικού βάρους στο BMP κατά τη διάρκεια της εφηβείας μπορεί να μεταφερθεί σε μικρότερη ηλικία. Η σύνθεση του σώματος των παιδιών από τα οποία προήλθαν οι εξισώσεις που χρησιμοποιούμε είναι πιθανότατα διαφορετική απ' αυτή των παιδιών σήμερα εξαιτίας διαφόρων αλλαγών σε θέματα σχετικά με τη διατροφή, τον τρόπο ζωής και τη φυσική δραστηριότητα.
- 2) Παρατηρήθηκε από ορισμένες μελέτες ότι τα παλαιότερα δεδομένα υπερεκτιμούσαν το BMP ενηλίκων
- 3) Τα αποτελέσματα των τριών μελετών που διεξήχθησαν σε παιδιά και εφήβους και διερευνούσαν την αξιοπιστία των ευρέως χρησιμοποιούμενων δεδομένων είναι αντιφατικά (Dietz, 1991; Maffeis, 1993; Firouzbakhsh, 1993).

Ο Molnar και οι συνεργάτες του θέλησαν με τη μελέτη που διεξήγαγαν το 1995 να συγκρίνουν το πραγματικό BMP με το BMP που προέκυπτε από τις υπάρχουσες εξισώσεις σε ένα μεγάλο δείγμα παχύσαρκων και μη παχύσαρκων παιδιών και εφήβων, ηλικίας 10-16 ετών. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλάμβανε 235 μη

παχύσαρκα (119 κορίτσια) και 136 παχύσαρκα (77 κορίτσια) παιδιά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των εξισώσεων που ήδη υπήρχαν και τη δημιουργία νέων. Οι εξισώσεις αυτές ελέγχθηκαν για την ακρίβειά τους με τη βοήθεια της δεύτερης ομάδας στην οποία συμμετείχαν 62 μη παχύσαρκα (31 κορίτσια) και 79 παχύσαρκα (49 κορίτσια) παιδιά. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν κάπνιζε, έπινε ή ακολουθούσε κάποια φαρμακευτική αγωγή ενώ από τη μελέτη αποκλείστηκαν παιδιά με διαβήτη ή άλλες ενδοκρινείς νόσους.

Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν περιλάμβαναν τα εξής: μέτρηση βάρους, ύψους, περιφέρειας μέσης και ισχύων και μέτρηση δερματοπτυχών.

Από τα παιδιά ζητήθηκε να ακολουθήσουν τη συνηθισμένη τους διαίτα και μια μέρα πριν τη μέτρηση να αποφύγουν την έντονη άσκηση ενώ εκτίμηση του BMP έγινε με τη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας και οι τιμές που προέκυψαν συγκρίθηκαν με αυτές που δόθηκαν από τις πέντε πιο συχνά χρησιμοποιούμενες σε παιδιά εξισώσεις οι οποίες είναι:

### **FAO/WHO/UNU**

Αγόρια :  $RMR=17.5 \times B \text{ (kg)} + 651$

Κορίτσια:  $RMR=12.2 \times B \text{ (kg)} + 746$

### **Robertson and Reid**

Αγόρια:  $RMR=16.6 \times B \text{ (kg)} + 77 \times Y \text{ (m)} + 572$

Κορίτσια:  $RMR=7.4 \times B \text{ (kg)} + 482 \times Y \text{ (m)} + 217$

### **Fleisch**

Αγόρια:  $RMR=24 \text{ (RMR [kcal/m}^2\text{])} \times \text{(επιφάνεια σώματος [m}^2\text{])}$

Κορίτσια:  $RMR=24 \text{ (RMR [kcal/m}^2\text{])} \times \text{(επιφάνεια σώματος [m}^2\text{])}$

### **Mayo nomogram**

Αγόρια:  $RMR=24$  ( $RMR$  [kcal/m<sup>2</sup>]) x (επιφάνεια σώματος [m<sup>2</sup>])

### **(Boothby et al.)**

Κορίτσια:  $RMR=24$  ( $RMR$  [kcal/m<sup>2</sup>]) x (επιφάνεια σώματος [m<sup>2</sup>])

Παρατηρήθηκε λοιπόν πως όλες οι άλλες εξισώσεις υπερεκτίμησαν σε μεγάλο βαθμό το BMR των παιδιών εκτός από αυτή των FAO/WHO/UNU.

## 5ο Κεφάλαιο: Αξιολόγηση εξισώσεων

Από μελέτες και έρευνες που έχουν διεξαχθεί φαίνεται ότι κάποιες εξισώσεις υπερεκτιμούν και άλλες υποεκτιμούν τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό, όπως αυτός έχει μετρηθεί και έχει παρατηρηθεί σε ένα δείγμα. Χαρακτηριστικά φαίνεται ότι οι εξισώσεις των Harris-Benedict, Mifflin, WHO/FAO/UNU, Schofield υπερεκτιμούν την τιμή του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, ενώ όμως οι εξισώσεις των Owen και Siervo φαίνεται ότι υποεκτιμούν την κανονική τιμή του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, όσο αυτή θα έπρεπε να είναι (Mifflin et al, 1990; Owen et al, 1987; Muller et al, 2004; Van der Ploeg et al, 2002).

Συγκεκριμένα, στις εξισώσεις των Mifflin και Van der Weg παρατηρείται μικρότερη απόκλιση στην εκτίμηση της τιμής του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού της τάξεως του  $3,3 \pm 9,8\%$  και  $2,8 \pm 9,4\%$  αντίστοιχα, ενώ στην εξίσωση του Owen παρατηρείται μικρότερη απόκλιση για τον ανδρικό πληθυσμό (της τάξεως του  $0,5 \pm 8,8\%$ ) αλλά και για το συνολικό δείγμα (της τάξεως του  $3,5 \pm 9,2\%$ ). Συνεπώς είναι εμφανές ότι για την καλύτερη εκτίμηση του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού στις νεαρές γυναίκες, πιο αξιόπιστα αποτελέσματα τιμών λαμβάνονται με την χρήση των εξισώσεων του Mifflin, ενώ για νεαρούς άνδρες αξιόπιστα αποτελέσματα λαμβάνονται με την χρήση της εξίσωσης του Owen. Παρόλα αυτά, εξαιτίας της μεγάλης τιμής τυπικής απόκλισης που παρατηρείται σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, ανεξαρτήτως φύλου, για την εξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων και για την σωστή εκτίμηση του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού σ'ένα πληθυσμιακό δείγμα, κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή ερευνών σε μεγαλύτερα πληθυσμιακά δείγματα, με προσεκτική χρήση των κατάλληλων εξισώσεων, έτσι ώστε να διασφαλισθεί ότι τα αποτελέσματα που θα ληφθούν θα είναι έγκυρα και εφαρμόσιμα (Mifflin et al, 1990; Owen et al, 1987; Muller et al, 2004; Van der Ploeg et al, 2002).

Αρκετές μελέτες έχουν προσπαθήσει να αξιολογήσουν τις υπάρχουσες εξισώσεις εκτίμησης του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού. Χαρακτηριστικά, μελέτες των Frankenfield et.al, (2003) και Daly et.al, (1985) έδειξαν ότι η εξίσωση των Harris-Benedict φαίνεται να υπερεκτιμά την τιμή του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, με μια απόκλιση της τάξεως του 5% έως και 10-15%. Είναι εμφανές, λοιπόν, ότι η αρχικές παρατηρήσεις περί υπερεκτίμησης των αποτελεσμάτων από την εξίσωση του Harris-Benedict για τον υπολογισμό του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, ότι υπάρχει μια παρατηρήσιμη

υπερεκτίμηση του αποτελέσματος (Mifflin et al,1990; Owen et al, 1987; Muller et al, 2004; Van der Ploeg et al, 2002).

Οι περισσότεροι από τους τύπους οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή για την υπολογισμό του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού σε άνδρες και γυναίκες, ανεξαρτήτως ηλικίας και σωματικού βάρους προέκυψαν ύστερα από μελέτες σε άτομα με καθιστική ζωή ή με πολύ μικρή φυσική δραστηριότητα. Συνεπώς, προκύπτει το εύλογο ερώτημα εάν οι παραπάνω εξισώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών σε άτομα με αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις, όπως συμβαίνει στην περίπτωση αυτή των αθλητών. Γι' αυτό εξάλλου πραγματοποιήθηκαν και επιπλέον μελέτες, όπως αυτή των Tompson & Manore. Τα αποτελέσματα την μελέτης τους απέδειξε ότι σε όλες τις εξισώσεις υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις σε άνδρες και γυναίκες από το πραγματικό, παρά μόνο στην περίπτωση της εξίσωσης του Cunningham, όπου οι αποκλίσεις αυτές δεν παρατηρήθηκαν (Cunningham, 1980). Η εξίσωση που διατυπώθηκε από τον Cunningham, αναφέρεται ως **Μέθοδος Άλιπου Βάρους** (Mifflin et al,1990; Owen et al, 1987; Muller et al, 2004; Van der Ploeg et al, 2002).

Η Άλιπη Μάζα Σώματος (ΑΜΣ σε kg) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$ΑΜΣ = Β - Β \times (\Lambda/100) \quad (\text{kg})$$

Όπου

$$Β = \text{σωματικό βάρος σε kg}, \quad \Lambda = \% \text{ λίπος του σώματος.}$$

Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι η άλιπη μάζα διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ορθότητα των εξισώσεων, ενώ παράλληλα μπορεί να θεωρηθεί ότι συμμετέχει ως μια εξαρτημένη μεταβλητή. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τους Owen (1987), Ravvussin (1989) και Mifflin (1990) κατέληξαν στο ότι η άλιπη αυτή μάζα συμμετέχει στην εξαγωγή αποτελεσμάτων ως επι το πλείστον για τον Βασικό Μεταβολικό Ρυθμό, κάτι που την συνιστά αναγκαία στην συμμετοχή ως παράμετρο για τη συμμετοχή της στις εξισώσεις αυτές, δίνοντας με τον τρόπο αυτό μεγαλύτερα ποσοστά ακρίβειας στην παραπάνω εξίσωση και με μικρότερα, σχεδόν μηδενικά ποσοστά σφαλμάτων σε άτομα με έντονη φυσική άσκηση. Εν κατακλείδι, στην περίπτωση που επιζητάτε η εκτίμηση του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού σε άτομα με έντονη φυσική άσκηση, η εξίσωση του Cunningham

κρίνεται η ως πλέον κατάλληλη από όλες τις παραπάνω (Mifflin et al, 1990; Owen et al, 1987; Muller et al, 2004; Van der Ploeg et al, 2002).

Σε άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν, αξιολογήθηκε η ακρίβεια των εξισώσεων σε έναν πληθυσμό νοσηλευόμενων ασθενών, όπου περίπου το ένα τρίτο του δείγματος κυμαίνονταν μεταξύ των 68 με 92 ετών (Boullata et al, 2007). Στο δείγμα αυτό, λοιπόν, παρατηρήθηκε ότι καμία από τις γνωστές και προβλεπόμενες εξισώσεις δεν εκτιμούσε με ακρίβεια το μεταβολικό προφίλ σε συνδυασμό με της ενεργειακές απαιτήσεις των εκάστοτε νοσηλευόμενων ασθενών που μελετήθηκαν. Παρόλα αυτά όμως σημαντικό θα ήταν να τονιστεί πως η εξίσωση Harris-Benedict ήταν αυτή με το υψηλότερο ποσοστό ακριβών προβλέψεων συγκριτικά με την εφαρμογή των υπόλοιπων εξισώσεων στις οποίες μάλιστα παρατηρούνταν και η εμφάνιση σφάλματος στην εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων των ασθενών, σε ποσοστό ανακρίβειας σχεδόν 40%, κάτι το οποίο πολύ πιθανόν να οδηγούσε σε υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση των ενεργειακών δαπανών έως και σχεδόν 400 kcal (Parker et al, 2017).

Μια πρόσφατα αναπτυχθείσα εξίσωση από τον Savard και τους συνεργάτες του ήρθε να υπογραμμίσει και να το τονίσει τα σημεία στα οποία οι προηγούμενες εξισώσεις οδηγούσαν σε ασθενείας παρατηρήσεις. Η εξίσωση αυτή που προέκυψε απέδειξε μεγαλύτερη ακρίβεια σε σύγκριση με άλλες εξισώσεις και διακρίνεται από τις προηγούμενες στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί τέσσερις μεταβλητές, το ύψος, το βάρος, τη θερμοκρασία και τον αερισμό (Savard et al, 2008), ενώ το βάρος ήταν μια λιγότερο σημαντική παράμετρος απ' ότι συνυπολογίζονταν στην εξίσωση Harris-Benedict.

Επιπλέον, οφείλουμε να τονίσουμε στο σημείο αυτό ότι οι προαναφερθείσες εξισώσεις αποκλείουν παραμέτρους, όπως την χρήση φαρμάκων αλλά και άλλες ασθενείς καταστάσεις, όπως την υπέρταση, τον σακχαρώδη διαβήτη αλλά και παθήσεις σχετιζόμενες με τον θυρεοειδή, ψυχικές διαταραχές, ή χρήση ναρκωτικών ή βενζοδιαζεπινών, που με την σειρά τους αποδεδειγμένα επηρεάζουν τη μεταβολική κατάσταση, κάτι που σημαίνει ότι και πάλι οι εξισώσεις αυτές δεν ισχύουν στις πληθυσμιακές ομάδες που συσχετίζονται με τις παραπάνω παραμέτρους.

Σε μια ακόμα μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Korth και τους συνεργάτες του (Korth et al, 2007), κατέληξαν στο ότι προκύπτουν διακυμάνσεις σε ό,τι αφορά την εκτίμηση του μεταβολικού προφίλ ηρεμίας αλλά και του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού, οι οποίες μπορεί



να υπερβαίνουν το 80%, όπως συμβαίνει με την χρήση των εξισώσεων του Cunningham αλλά και στην περίπτωση της χρήσης των εξισώσεων του Van der Ploeg και Withers. Παράλληλα, κατέληξαν στο ότι η σημασία παραμέτρων όπως το σωματικό βάρος, το ύψος, το φύλο και η ηλικία είναι αυτές οι οποίες οδηγούν σε διακυμάνσεις στην εκτίμηση του Βασικού Μεταβολισμού Ηρεμίας αλλά και του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού (Korth et al, 2007).

# Βιβλιογραφία

## Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Abdul G Dulloo and Jean Jacque. Adaptive reduction in basal metabolic rate in response to food deprivation in humans: a role for feedback signals from fat stores. *Am J Clin Nutr* 1998; 68:599–606.
- Albu J, Shur M, Curi M, Murphy L, Heymsfield SB & Pi-Sunyer FX (1997): Resting metabolic rate in obese, premenopausal black women. *Am. J. Clin. Nutr.* 66, 531-538.
- Almuzaini KS, Potteiger JA & Gree SB (1998) Effects of split exercise sessions on excess post exercise oxygen consumption and resting metabolic rate. *Can J Appl Physiol* 23, 433–443.
- Arciero PJ, Goran MI, Gardner AM, Ades PA, TyzbirRS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older men. *Metabolism.* 1993;42:950-957.
- Aszmann, OC. "The life and work of Theodore Schwann". *Journal of reconstructive microsurgery.* 2000; 16: 291–295.
- Bahr R, Gronnerod O & Sejersted OM (1992) Effect of supramaximal exercise on excess post exercise O<sub>2</sub> consumption. *Med Sci Sports Exerc* 24, 66–71.
- Ballor, D. L., and E. T. Poehlman. Resting metabolic rate and coronary-heart-disease risk factors in aerobically and resistance trained women. *Am. J. Clin. Nutr.* 56: 968–974, 1992.
- Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH Jr. Energy expenditure in obese and non-obese adolescents. *Pediatric Research* 1990; 27: 198–203.
- Bernstein RS, Thornton J C, Yang M U, Wang J, Redmond AM, Pierson, RN. Jr, Pi-Sunyer F X, Van Itallie TB. Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *The American journal of clinical nutritiov.* 1983; 37: 595-602.
- Birbrair A, Zhang T, Wang Z-M, Messi ML, Enikolopov GN, Mintz A, Delbono O. Role of Pericytes in Skeletal Muscle Regeneration and Fat Accumulation. *Stem Cells and Development.*2013; 22: 2298–2314.

- Boothby WM, Berkson J, Dunn HL. Studies of the energy of the metabolism of normal individuals: a standard for basal metabolism with a nomogram for clinical application. *Am J Physiol* 1936; 116:468-84.
- Borsheim E, Knardahl S, Hostmark AT & Bahr R (1998) Adrenergic control of post-exercise metabolism. *Acta Physiol Scand* 162, 313–323.
- Boullata J, Williams J, Cottrell F. Accurate Determination of Energy Needs in Hospitalized Patients. *Journal of the American Dietetic Association*. 2007; 107: 393–401. [PubMed: 17324656]
- Bray GA, Atkinson RL. Factors affecting basal metabolic rate. *Prog Food Nutr Sci*. 1977; 2: 395-403.
- Broeder, C. E., K. A. Burrhus, L. S. Svanevik, and J. H. Wilmore. The effects of either highintensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am. J. Clin. Nutr.*55: 802–810, 1992.
- Butte NF, Hopkinson JM, Mehta N, Moon JK, Smith EO. Adjustments in energy expenditure and substrate utilization during late pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1999; 69:299–307.
- Clark HD, Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *Am J Clin Nutr*. 1991;53:21-26. Comment in: *Am J Clin Nutr*. 1991;54:613-614.
- Comizio R, Pietrobelli A, Tan YX, Wang Z, Withers RT, Heymsfield SB, Boozer CN. Total body lipid and triglyceride response to energy deficit: Relevance to body composition models. *American Journal of Physiology – Endocrinology and Metabolism*.1998; 274: E860-E866.
- Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr*. 1980; 33:2372-2374
- Da Rocha EE, Alves VG, da Fonseca RB. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2006; 9: 247-256.
- Danzi S, Klein I. Thyroid hormone and blood pressure regulation. *Curr Hypertens Rep*. 2003; 5(6): 513-20.
- DeLany JP, Schoeller DA, Hoyt RW, Askew EW, Sharp MA. Field use of D<sub>2</sub><sup>18</sup>O to measure energy expenditure of soldiers at different energy intakes. *J. Appl. Physiol*. 1989; 67: 1922–1929.

- Dietz WH, Bandini LG, Schoeller DA. Estimates of metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J PEDIATR* 1991; 118:146-9.
- Doros R, Delcea A, Mardare L, Petcu L. Basal Metabolic Rate in Metabolic Disorders. *Proc. Rom. Acad., Series B.* 2015; 17: 137–143
- Enevoldsen LH, Simonsen L, Stallknecht B, Galbo H, Bulow J. In vivo human lipolytic activity in preperitoneal and subdivisions of subcutaneous abdominal adipose tissue. 2001.
- Food and Agricultural Organization/World Health Organization/United Nations University. Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation World Health Organization Technical Report Series 724. Geneva, Switzerland: WHO; 1985.
- FAO/WHO/UNU, Human Energy Requirements. Report of Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation; Rome. 2001.
- Firouzbakhsh S, Mathis RK, Dorchester WL, et al. Measured resting energy expenditure in children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1993; 16:136-42
- Forbes-Ewan CH, Morrissey BLL., Gregg GC, Waters DR. Use of doubly labeled water technique in soldiers training for jungle warfare. *J. Appl. Physiol.* 1989; 67: 14–18.
- Fox S.I. - *Human Physiology*, 1999.
- Frankenfield DC, Muth ER, Rowe WA. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history and limitations. *Journal of the American Dietetic Association* 1998; 98: 439-445.
- Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2005; 105: 775-789.
- Frankenfield DC, Rowe WA, Smith JS, Cooney RN. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and non-obese people. *J Am Diet Assoc.* 2003; 103: 1152-1159.
- Freedman-Akabas S, Colt E, Kissilef HR & Pi-Sunyer FX (1985) Lack of sustained increase in VO<sub>2</sub> following exercise in fit and unfit subjects. *Am J Clin Nutr* 41, 545–549.

- Friedl KE, DeLuca JP, Marchitelli LJ, Vogel JA. Reliability of body-fat estimations from a four-compartment model by using density, body water, and bone mineral measurements. *American Journal of Clinical Nutrition*.1992; 55: 764- 770.
- Gandy J. *Manual of Dietetic Practice*. Wiley-Blackwell on behalf of BDA, 5th Edition. 2014.
- Gannon B, DiPietro L & Poehlman ET (2000): Do African Americans have lower energy expenditure than Caucasians? *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord*. 22, 4-13.
- Gerrior S, Juan WY, Basiotis P. An Easy Approach to Calculating Estimated Energy Requirements. *Prev Chronic Dis*. 2006; 3: 1-4.
- Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, et al. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. *Am J Clin Nutr* 1994;59:810-9.
- Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1918; 12: 370-373.
- Hayter JE, Henry CJF. A re-examination of basal metabolic predictive equations: The importance of geographic origin of subjects in sample selection. *EurJ Clin Nutr*. 1994; 48: 702-707.
- Heyward V.H., Stolarczyk L.M. *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.1996.
- Henry CJK, Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition* 2005; 8: 1133–1152.
- Henry CJK, Rees DG. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *European Journal of Clinical Nutrition* 1991; 45: 177–85.
- Herring JL, Mole PA, Meredith CN & Stern JS (1992) Effect of suspending exercise training on resting metabolic rate in women. *Med Sci Sports Exerc* 24, 59–65.
- Hildesheimer M, Muchnik C, Rubinstein M, Molho M. Basic metabolic rate in emotional stress: its potential influence on cochlear function. *Laryngoscope*. 1985; 95: 63-66.
- Hoyt, RW, Jones TE, Stein TP, McAninch GW, Lieberman HR, Askew EW, Cymerman A. Doubly labeled water measurement of human energy expenditure during strenuous exercise. *J. Appl. Physiol*.1991; 71: 16–22.

- Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research; Carlson-Newberry SJ, Costello RB, editors. Emerging Technologies for Nutrition Research: Potential for Assessing Military Performance Capability. Washington (DC): National Academies Press (US) 12, Doubly Labeled Water for Energy Expenditure.1997.
- Jakicic JM. The role of physical activity in prevention and treatment of body weight gain in adults. *J Nutr.* 2002; 132(12):3826S–3829S.
- Juzwiak CR, Winckler C, Joaquim DP, Silva A, Tulio de Mello M. Comparison of Measured and Predictive Values of Basal Metabolic Rate in Brazilian Paralympic Track and Field Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2016; 26: 330-337.
- Kaiyala KJ. What does indirect calorimetry really tell us? *Molecular Metabolism.* 2014; 3: 340-341.
- Kershaw EE, Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*2004; 89: 2548–2556.
- Kimm SYS, Glynn NW, Aston CE, Poehlman ET & Daniels SR (2001): Effects of race, cigarette smoking, and use of contraceptive medications on resting energy expenditure in young women. *Am. J. Epidemiol.* 154, 718-724.
- Korth O, Bosy-Westphal A, Zschoche P, Gluër CC, Heller M, Müller MJ. Influence of methods used in body composition analysis on the prediction of resting energy expenditure. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2007; 61: 582–589.
- Krogh A. Determination of standard (basal) metabolism of patients by recording apparatus. *Boston Medical Surgery Journal.* 1923; 189: 313–7.
- Kumanyika SK (1999): Understanding ethnic differences in energy balance: can we get there from here? *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 1-2.
- Kushner FR, Kunigk A, Alspaugh M et al. Validation of BIA as a measure of change in body composition in obesity. *Am J Clin Nutr.* 1990; 52: 219-23.
- Kvist H, Chowdhury B, Grangard U et al. Total and visceral adipose tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women. *Am J Clin Nutr.*1988; 48: 1351-1361.
- Lifson, N., and R. McClintock. Theory of use of turnover rates of body water for measuring energy and material balance. *J. Theor. Biol.* 1966; 12: 46–74.

- Livingstone MBE, Coward WA, Prentice AM, Davies PSW, Strain JJ, McKenna PG, Mahoney CA, White JA, Stewart CM, Kerr MJJ. Daily energy expenditure in free living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labelled water (2H218O) method. *American Journal of Clinical Nutrition*.1992; 56: 343–352.
- Luke A, Schoeller DA. Basal metabolic rate, fat-free mass, and body cell mass during energy restriction. *Metabolism*. 1992; 41(4): 450-6.
- Maehlum S, Grandmontangne M, Newsholme EA & Sejersted OM (1986) Magnitude and duration of excess post exercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism* 35,425–429.
- Maffeis CC, Schutz Y, Micciolo R, Zoccante L, Pinelli L. Resting metabolic rate in six- to ten-year-old obese and nonobese children. *J PEDIATR* 1993; 122:556-62
- Mahan L.K, Escott – Stump S. Krause’s Food, Nutrition & Diet Therapy. Laura E Matarese. 2000.
- Marra M, Polito A, De Filippo E, Cuzzolaro M, Ciarapica D, Contaldo F, Scalfi L. Are the general equations to predict BMP applicable to patients with anorexia nervosa? *Eat Weight Disord*. 2002; 7: 53-59.
- Melanson EL, Sharp TA, Seagle HM, et al. (2002) Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrition oxidation. *J Appl Physiol* 92, 1045–1052.
- Melby CL, Ho RC, Hill JO. Assessment of human energy expenditure. In: Bouchard C, editor. *Physical activity and obesity*. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers; 2000.
- Melby C, Scholl C, Edward G & Bullough R (1993) Effect of acute resistance exercise on post exercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J Appl Physiol* 75, 1847–1853.
- Melvin H. Williams “Διατροφή & Υγεία Ευρωστία & Αθλητική Απόδοση” Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης, 2003; 108-110.
- 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. *The American Journal Of Clinical Nutrition*. 1990; 51: 241-247.
- McMurray RG, Soares J, Caspersen CJ, McCurdy T. Examining variations of resting metabolic rate of adults: a public health perspective. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.2014.46 (7): 1352–1358.

- McNab BK. "On the Utility of Uniformity in the Definition of Basal Rate of Metabolism". Physiological Zoology.1997; 70: 718–720.
- Müller B, Merk S, Bürgi U, Diem P. "Calculating the basal metabolic rate and severe and morbid obesity". Praxis.2001; 90: 1955–63.
- Muller MJ, Bosy-Westphal A., Klaus S., Kreymann G., Luhrmann PM, Neuhauser-Berthold M., Noack, Pirke KM, Platte P, Selberg O, Steiniger J. World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. American Journal of Clinical Nutrition. 2004; 80: 1379-90.
- Nicklas BJ, Toth MJ, Goldberg AP & Poehlman ET (1997): Racial differences in plasma leptin concentrations in obese premenopausal women. J. Clin. Endocrinol. Metab. 82, 315-317.
- Osterberg KL & Melby CL (2000) Effect of acute resistance exercise on post exercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. Int J Sport Nutr Exerc Metab 10, 71–81.
- Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, Kavle EC, Bushman MC, Owen LR, Mozzoli MA. A reappraisal of the caloric requirements of men. The American Journal Of Clinical Nutrition.1987; 46: 875-885
- Owen OE, Kavle E, Owen R.S. A reappraisal of caloric requirements in healthy women A M. J. CLIN. NUTR.1986; 44: 1-19
- Pang G, Xie J, Chen Q, Hu Z. Energy intake, metabolic homeostasis, and human health. Food Science and Human Wellness. 2014; 3: 89-103.
- Parker EA, Feinberg TM, Wappel S, Verceles AC, Considerations When Using Predictive Equations to Estimate Energy Needs Among Older, Hospitalized Patients: A Narrative Review. Curr Nutr Rep. 2017; 6: 102–110.
- Piers LS, Soares MJ, McCormack LM, O' Dea K. Is there evidence for an age-related reduction in metabolic rate? J Appl Physiol.1998; 85(6): 2196-2204.
- Poehlmann ET. Regulation of energy expenditure in aging humans. Geriatric Bioscience.1993; 41:552
- Prentice A, Spaaij C, Goldberg G, et al. Energy requirements of pregnant and lactating women. Eur J Clin Nutr. 1996; 50: S82–111.



- Quinn TJ & Vroman NB (1994) Post exercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc* 26, 908–913.
- Ravussin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1989; 49: 968-975.
- Reeves MM, Capra S. Predicting energy requirements in the clinical setting: are current methods evidence based? *Nutr Rev*. 2003; 61:143-51.
- Robertson JD, Reid DD. Standards for the basal metabolism of normal people in Britain. *Lancet* 1952; 1:940-3.
- Ross R, Shaw KD, Martel Y et al. Adipose tissue distribution measured by MRI in obese women. *Am J Clin Nutr*. 1993; 57: 470-75.
- Roza AM, Shizgal HM. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *Am J Clin Nutr*. 1984; 40: 168-182.
- Savard JF, Faisy C, Lerolle N. Validation of a Predictive Method for an Accurate Assessment of Resting Energy Expenditure in Medical Mechanically Ventilated Patients. *Critical Care Medicine*. 2008; 36(4):1175–1183. [PubMed: 18379244].
- Schofield C. An annotated bibliography of source material for basal metabolic rate data. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39C (suppl 1): 42-91.
- Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39C (suppl 1): 5-41.
- Schofield WN, Schofield C, James WPT. Basal metabolic rate– review and prediction, together with an annotated bibliography of source material. *Human Nutrition Clinical Nutrition* 1985; 39C: 5–96.
- Schoeller, D.A. Measurement of energy expenditure in free-living humans by using doubly labeled water. *J. Nutr*. 1988; 188:1278–1289.
- Schoeller, D.A., E. van Santen, D.W. Peterson, W. Dietz, J. Jaspan, and P.D. Klein. Total body water measurement in humans with <sup>18</sup>O and <sup>2</sup>H labeled water. *Am. J. Clin. Nutr*. 1980; 33:2686–2693.

- Sharp TA, Bell ML, Grunwald GK, Schmitz KH, Sidney S, Lewis CE, Tolan K & Hill JO (2002): Differences in resting metabolic rate between white and African\_American young adults. *Obes. Res.*10, 726-732
- Siervo M, Bertoli S, Battezzati A, Wells JC, Lara J, Ferraris C, Tagliabue A. Accuracy of predictive equations for the measurement of resting energy expenditure in older subjects. *Clinical Nutrition.* 2013; 1-7.
- Smith J & McNaughton L. The effects of intensity of exercise on excess post exercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. (1993) *Eur J Appl Physiol* 67, 420–425.
- Soares MJ, Shetty PS. Basal metabolic rates and metabolic economy in chronic undernutrition. *Eur J Clin Nutr.* 1991; 45(7):363-73.
- Soares MJ, Francis DG, Shetty PS. 1993. Predictive equations for basal metabolic rates of Indian males. *European Journal of Clinical Nutrition* 47:389-394.
- Sjodin, A. M., A. H. Forslund, K. R. Westerterp, A. B.Andersson, J. M. Forslund, and L. M. Hambraeus. The influence of physical activity on BMP. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:85–91, 1996
- Torun B et al. Energy requirements and dietary recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *European Journal of Clinical Nutrition.* 1996; 50:37.
- Tovée, M.J. Anthropometry. *Encyclopedia of Body Image and Human Appearance.* 2012
- Van der Ploeg GE and Withers RT. Predicting the resting metabolic rate of 30-60-year-old Australian males. *European Journal of Clinical Nutrition.*2002; 56:701-708.
- Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition.*1992; 56(1), pp. 19-28.
- Wang Z, Heshka S, Zhang Kuan, Boozer CN, Heymsfield SB. Resting energy expenditure: Systematic organization and critique of prediction methods. *Obesity research.* 2001; 9: 331-336.
- Wang, J, Thornton, JC, Kolesnik, S, Pierson, RN Jr. Anthropometry in Body Composition an Overview. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2001; 904: 317-326.
- Weyer C, Snitker S, Bogardus C & Ravussin E (1999): Energy metabolism in African Americans: potential risk factors for obesity. *Am J Clin Nutr* 70, 13-20.

- Whatley, J. E., W. J. Gillespie, J. Honig, M. J. Walsh, A. L. Blackburn, and G. L. Blackburn. Does the amount of endurance exercise in combination with weight training and a very-low energy diet affect resting metabolic rate and body composition? *Am. J. Clin. Nutr.* 59: 1088–1092, 1994.
- Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, et al. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 1997;337:869-73.
- Weststrate JA & Hautvast GAJ. The effects of short-term carbohydrate overfeeding and prior exercise on resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis. (1990) *Metabolism* 39,1232–1239.
- Williams H.M., (2003), “Διατροφή & Υγεία Ευρωστία & Αθλητική Απόδοση”, Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης.
- Williams MH. *Nutrition for Health, Fitness & Sport*. 5th edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1976
- Williamson DL & Kirwan JP (1997) A single bout of concentric resistance exercise increases basal metabolic rate 48 hours after exercise in healthy 59-77-year-old men. *J Gerontol* 52A, M352–M355.
- Whitney EN, Rolfes SR. *Understanding Nutrition*. ed 9. Belmont, California. 2002. Wadsworth-Thomson Learning.
- Yamashita J, Hayashi S. Changes in the basal metabolic rate of a normal woman induced by short-term and long-term alterations of energy intake. *Nutr Sci Vitaminol* (Tokyo). 1989 Aug; 35(4):371-81.

### *Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία*

- Βλήσμας Κ. Η κοινωνικοοικονομική κατάσταση ως παράγοντας επηρεασμού στις διατροφικές συνήθειες και στη υγεία. Αθήνα 2012.
- Γάλλος ΓΚ., Εκτίμηση σωματικού λίπους (Λιπομέτρηση).
- Ζαφειρόπουλος Β. Μέτρηση Σύστασης του Ανθρώπινου σώματος. (2015) Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.
- Κρασιάς Μ. Έρευνα για την Αξιολόγηση Παραμέτρων Υγείας σε Άτομα της Πανεπιστημιακής Κοινότητας του Πανεπιστημίου Κύπρου. Λευκωσία 2012.

Μανιός Γ. “Διατροφική Αξιολόγηση” Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης, 2006 σελ 113-118.

Σταυρόπουλος Α. Μέθοδοι Προσδιορισμού της Σύστασης σώματος. Ελληνική Εταιρεία Βιοχημείας και Φυσιολογίας της Άσκησης.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.