



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΠΑΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

*ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ*

*Τίτλος Διδακτορικής Διατριβής:*

***“ Αξιολόγηση εγκυρότητας προγνωστικών εξισώσεων εκτίμησης ενεργειακών αναγκών και  
συσχέτιση με τη σύνθεση σώματος, σε δείγμα Ελληνικού Πληθυσμού”***

---

*Ελένη Παυλίδου*

*A.M.: 612/2016/002*

---

*Υπεύθυνος καθηγητής*

*Κωνσταντίνος Γιαγκίνης*

*Λήμνος*

*2019*

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

**Γιαγκίνης Κωνσταντίνος** (Επιβλέπων), Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λήμνος

**Πετρίδης Δημήτριος**, Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

**Τόλια Μαρία**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή**

**Γιαγκίνης Κωνσταντίνος**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Πετρίδης Δημήτριος**, Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

**Τόλια Μαρία**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Βάσιος Γεώργιος**, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Κουτελιδάκης Αντώνιος**, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Γκιαούρης Ευστάθιος**, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Ιωάννου Ζαχαρίας**, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λήμνος

**Πίνακας δημοσιεύσεων σε περιοδικά και συνέδρια**

1. **Pavlidou E**, Petridis D, Fasoulas A, Giaginis C. Current clinical status on the estimation of energy requirement: Searching for an identical equation to predict basal energy expenditure in multiple populations. *Current Nutrition & Food Science*, 2018, 14, 1-11 DOI:10.2174/1573401313666170714145028. (IF: 0.550).
2. **Pavlidou E**, Petridis D, Tolia M, Tsoukalas N, Poultsidi A, Fasoulas A, Kyrgias G, Giaginis C. Estimating the agreement between the metabolic rate determined by prediction equations and a portable indirect calorimetry device: An effort to develop a new equation for predicting resting metabolic rate. *BioMedCentral. Nutrition & Metabolism*. <https://doi.org/10.1186/s12986-018-0278-7>. (IF: 3.483)
3. **Ελένη Παυλίδου**, Αριστείδης Φασούλας, Κυριάκος Σέρογλου, Δημήτρης Πετρίδης, Μαρία Μαντζώρου, Παυλίνα Παπουλίδη, Αγγελική Αλεξιάδου, Κωνσταντίνος Γιαγκίνης. Συγκριτική μελέτη των εξισώσεων πρόβλεψης και του συστήματος έμμεσης θερμιδομετρίας για την αξιολόγηση του μεταβολικού ρυθμού. 45ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ενδοκρινολογίας, Μεταβολισμού και Σακχαρώδη Διαβήτη. 9-12 Μαΐου 2018, Θεσσαλονίκη.
4. **Ε. Παυλίδου**, Δ. Πετρίδης, Α. Φασούλας, Κ. Γιαγκίνης. Αξιολόγηση εγκυρότητας προγνωστικών εξισώσεων εκτίμησης μεταβολικού ρυθμού με φορητή συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας. 12ο Πανελλήνιο Ιατρικό Συνέδριο Παχυσαρκίας. 1-3 Μαρτίου 2018. Αθήνα.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, τον κύριο **Γιαγκίνη Κωνσταντίνο** αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για την αμέριστη υποστήριξη, το αδιάλειπτο ενδιαφέρον, τις πολύτιμες συμβουλές, τα κίνητρα και τη γνώση που μου μετέδωσε. Η συνεχής καθοδήγησή, επίβλεψη και στήριξη του, με βοήθησαν καθ' όλη την πορεία της έρευνας και συγγραφής της διατριβής μου. Δεν θα μπορούσα να φανταστώ κάποιον καλύτερο σύμβουλο για τη διδακτορική μου διατριβή.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου και την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου, στον κύριο **Πετρίδη Δημήτρη** καθηγητή του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, για την πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε αγόγγυστα στις τόσες συναντήσεις μας, για την βοήθεια, τις διορατικές προτάσεις, τις στατιστικές αναλύσεις, την εποικοδομητική κριτική, αλλά και την υπομονή που υπέδειξε καθ' όλη την πορεία της εκπόνησης της διατριβής μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία **Τόλια Μαρία**, επίκουρη καθηγήτρια του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, για τη συνεργασία της μαζί μου και την καθοριστική συμβολή της στη δημοσίευση της μελέτης μου.

Ακόμη, θα ήθελα να εκφράσω τη βαθύτατη εκτίμησή μου και τις ευχαριστίες μου στα μέλη της επταμελούς επιτροπής, κυρίους **Γκισούρη Ευστάθιο**, **Βάσιο Γεώργιο**, **Ιωάννου Ζαχαρία** και **Κουτελιδάκη Αντώνιο**, επίκουρους καθηγητές του τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για τον

πολύτιμο χρόνο τους, το ενδιαφέρον και την υποστήριξή τους στην προσπάθειά μου αυτή, συμβάλλοντας έτσι στην ολοκλήρωσή της.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ, οφείλω στην οικογένεια μου και σε όλους εκείνους, που στηρίζουν πάντα τις ανησυχίες και τα όνειρά μου.

**Σ' αυτόν τον κόσμο υπάρχει μόνο ένα πράγμα στο οποίο πρέπει να υποκλινόμαστε, η μεγαλοφυΐα και ένα πράγμα στο οποίο πρέπει να πέφτουμε στα γόνατα, η καλοσύνη. “Βίκτωρ Ουγκώ 1802 –1885”.**

Σ' ευχαριστώ **Θεέ μου** που έστειλες στο δρόμο μου ανθρώπους μεγαλοφυείς και γεμάτους καλοσύνη.

## Περιεχόμενα

Πίνακας δημοσιεύσεων σε περιοδικά και συνέδρια .....	3
Ευχαριστίες .....	4
Περίληψη .....	9
Abstract .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ .....	13
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	13
1.1 Εισαγωγή .....	14
1.2 Μεταβολισμός .....	14
1.3 Βασικός μεταβολικός ρυθμός .....	15
1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το Μεταβολικό Ρυθμό .....	16
1.4.1 Μη τροποποιήσιμοι παράγοντες.....	16
I. Εθνικότητα και φυλή .....	16
II. Οικογενής προδιάθεση .....	17
III. Φύλο .....	17
IV. Ηλικία.....	17
V. Ύψος Σώματος .....	18
1.4.2 Τροποποιήσιμοι παράγοντες .....	18
I. Σύνθεση σώματος .....	18
II. Διατροφή .....	20
III. Αλκοόλ .....	20
IV. Βιολογικό Ρολόι .....	20
V. Περιβαλλοντικοί παράγοντες.....	21
VI. Ορμονικά επίπεδα .....	21
VII. Σωματική Δραστηριότητα .....	22
VIII. Κύηση.....	22
IX. Φάρμακα .....	23
X. Stress .....	24
XI. Άλλοι παράμετροι .....	24
1.5 Τρόποι μέτρησης του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού .....	25
1.6 Αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης μεταβολικού ρυθμού .....	27
1.7 Αξιολόγηση των εξισώσεων σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ανθρώπους	29
1.8 Αξιοπιστία της προβλεπτικής ικανότητας των εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού σε νοσηλευόμενους ασθενείς.....	31

1.9	Αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης σε παιδιά και εφήβους.....	33
1.10	Αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης RMR σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.....	35
1.11	Αξιοπιστία των μεταβολικών συστημάτων μέτρησης.....	36
1.12	Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ .....		41
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....		41
2.1	Σκοπός.....	42
2.2	Υλικά- Μέθοδοι .....	42
	Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά .....	42
	Δημογραφικά χαρακτηριστικά.....	43
	Μέτρηση μεταβολικού ρυθμού με συσκευή IC.....	44
	Χρήση εξισώσεων Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού .....	45
2.3	Πληθυσμός μελέτης .....	45
2.4	Μέγεθος δειγματοληψίας REv1 .....	46
2.5	Στατιστική ανάλυση .....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ .....		49
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....		49
3.1	Αποτελέσματα.....	50
3.2	Συζήτηση.....	53
3.3	Συμπεράσματα .....	55
3.4	Πρακτικές εφαρμογές.....	55
3.5	Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί της Έρευνας.....	57
3.6	Προοπτική .....	58
3.7	Προτάσεις.....	59
	Χρηματοδότηση .....	59
	Ανταγωνιστικά συμφέροντα .....	59
	Βιβλιογραφία .....	60
	ΠΙΝΑΚΕΣ.....	83
	Table 1. Clinical studies investigating the intrinsic and extrinsic effects on the basal metabolic rate.....	84
	Table 2. Equations for Estimating Energy Expenditure .....	85
	Table 3. Energy Expenditure Estimation .....	86
	Table 4. Methods of Measuring Energy Expenditure .....	87
	Table 5: Clinical studies investigating the validation of predictive equations for basal metabolic rate.....	88

Table 6. Clinical studies investigating the evaluation of equations in overweight and obese people.....	89
Table 7. Clinical studies investigating the reliability of predictive equations for metabolism in patients .....	90
Table 8. Clinical studies investigating the evaluation of equations in adolescents .....	91
Table 9. Clinical studies investigating the reliability of metabolic measurement systems.....	92
Table 10. Descriptive statistics of measured metabolic rates according to anthropometric factors of the subjects (n=383) .....	93
Table 11. Physical characteristics of the subjects as cross-tabulated by BMI classes, Age group and Gender .....	94
Table 12. Equations for Estimating Energy Expenditure .....	95
Table 13. Descriptive statistics and further relationships between RMRm (with IC) and RMRe.....	96
Table 14. Regression effects of gender, BMI and age on the absolute bias response.....	97
Table 15. Tabulated statistics between BMI classes and gender, age groups and education level .....	98
Table 16. BMRm means and their 95% confidence intervals in the BMI classes (kcal/kg body weight/day) .....	99
Table 17. Stages of evolution of the proposed BMR equation .....	100
ΣΧΗΜΑΤΑ.....	101
Figure 1. Main effects plots between transformed absolute bias response and the categorical variables, BMI-classes, Age-groups, Gender.....	102
Figure 2. Log-linear relationship between BMRm and BMI-classes for the whole population (A) and according to gender (B) .....	103



## Περίληψη

**Εισαγωγή:** Οι εξισώσεις πρόβλεψης που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων μπορεί να αποδώσουν διαφορετικές τιμές βασικού μεταβολικού ρυθμού (Basal Metabolic Rate (BMR)) από αυτές που μετρώνται με έμμεση θερμιδομετρία (Indirect Calorimetry (IC)), καθιστώντας αναγκαία και ιδιαίτερα σημαντική την αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της ακρίβειάς τους. **Σκοπός:** Η αξιολόγηση της συμφωνίας, μεταξύ των υπολογιζόμενων τιμών BMR (BMR (estimated BMR (BMR<sub>e</sub>)) με τη χρήση εξισώσεων και των μετρούμενων τιμών BMR (measurement BMR (BMR<sub>m</sub>)) με IC, καθώς και η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη συμφωνία αυτή. **Μέθοδος:** Σε 383 συμμετέχοντες (105 άντρες και 278 γυναίκες), καυκάσιας φυλής, όλων των κατηγοριών Δείκτη Μάζας Σώματος (Body Mass Index (BMI)), καταγράφηκαν τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και μετρήθηκε ο BMR με φορητή συσκευή IC Fitmate. Οι τιμές BMR<sub>m</sub> συγκρίθηκαν με τις τιμές BMR<sub>e</sub> των εξισώσεων Harris & Benedict, Roza & Shizgal, Schofield, Owen, FAO-WHO-UNU, Mifflin, HB Abbreviated και Harrington. **Αποτελέσματα:** Μεγαλύτερη προσέγγιση τιμών, προέκυψε από την εξίσωση Harrington (βασιζόμενη στο BMI, την ηλικία και το φύλο). Επίσης, οι εξισώσεις που χρησιμοποιούν παραμέτρους βάρους, ύψους, ηλικίας και φύλου παρουσίασαν μεγαλύτερη συμφωνία με τις μετρήσεις με IC, από τις εξισώσεις που χρησιμοποιούν ως αποκλειστικές παραμέτρους το βάρος και το φύλο. Το υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο σχετίστηκε με φυσιολογικό BMI. Παρατηρήθηκε επίσης μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ BMI και BMR και δημιουργήθηκε μία λογαριθμική εξίσωση υπολογισμού του BMR διαφοροποιούμενη ως προς τις κατηγορίες BMI με την ενσωμάτωση των μεταβλητών βάρους και φύλου. **Συμπεράσματα:** Μια καλύτερη συμφωνία μεταξύ των τιμών

BMR<sub>e</sub> και BMR<sub>m</sub> μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης του BMI στις εξισώσεις πρόβλεψης. Η ηλικιακή ομάδα και οι μεταβλητές φύλου μπορούν επίσης να ασκήσουν σημαντικό ρόλο στην απόκριση μεροληψίας ορισμένων εξισώσεων BMR. Τα παρόντα ευρήματα συνέβαλαν στην καλύτερη κατανόηση των μετρούμενων παραμέτρων και επιβεβαίωσαν την αντίστροφη σχέση μεταξύ BMI και BMR καθώς και τη σχέση ανώτερου εκπαιδευτικού επιπέδου και φυσιολογικού BMI.

**Λέξεις κλειδιά:** Έμμεση Θερμιδομετρία; Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας; Ενεργειακή Δαπάνη; Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός; Εξισώσεις Πρόβλεψης Μεταβολικού Ρυθμού;

---

## Abstract

**Background:** The prediction equations used to estimate energy requirements may present different Basic Metabolic Rate (BMR) values than those measured by indirect calorimetry (IC), making it particularly important to evaluate their reliability and accuracy. **Purpose:** To evaluate the agreement, in terms of bias, absolute bias and accuracy between BMR prediction equations and BMR measured using IC, investigating also the factors affecting this agreement. **Methods:** The anthropometric features of 383 Caucasian participants of all Body Mass Index (BMI) classes were recorded and Basic Metabolic Rate (BMR) was measured by using the IC Fitmate portable device. The resulting values were compared with the predictive values of Harris & Benedict, Roza & Shizgal, Schofield, Owen, FAO-WHO-UNU, Mifflin, HB Abbreviated and Harrington equations. **Results:** A closer approximation in agreement was obtained using the Harrington equation (based on BMI, age and gender). The equations using variables, such as weight, height, age and gender demonstrated higher agreement than the equations using merely weight and gender. Higher educational level was associated with normal weight, while higher calorific ratio was found in the class of normal-weighted individuals. An inverse relationship between BMI and BMR was also observed and a logarithmic equation for calculating BMR was created, which was differentiated in relation to BMI classes, using the weight and gender variables. **Conclusion:** A better measurement agreement between BMR prediction equations and IC may be achieved due to BMI consideration. Age group and gender variables may also exert significant role on the bias response of some BMR equations. The present findings contributed to a better understanding of the measured parameters, confirming the inverse relationship between BMI and BMR.

**Keywords:** Indirect calorimetry; Resting Metabolic Rate; Energy Expenditure; Basal Metabolic Rate; Prediction Equations

**Abbreviations:** BMI, body mass index; H-B, Harris-Benedict equation; F/W/H, FAO/WHO/UNU equation; M-SJ, Mifflin-St Jeor equation; IC, indirect calorimetry; MG, MedGem; DTC, Monitor Deltatrac; SWA, SenseWear Pro 2 Armband; BMR, basal metabolic rate; BMRe, estimated basal metabolic rate; BMRm, measured basal metabolic rate; RMR, resting metabolic rate; RMRe, estimated resting metabolic rate; RMRm, measured resting metabolic rate; REE, resting energy expenditure; REEe, estimated resting energy expenditure; REEm, Measured resting energy expenditure; BEE, basal energy expenditure; BEEe, estimated basal energy expenditure; BEEm, Measured basal energy expenditure; TEE, total energy expenditure; TEEe, estimated total energy expenditure; TEEm, Measured total energy expenditure; TDEE, Total Daily Energy Expenditure; LBM, lean body mass; FM, fat mass; FFM, free fat mass; PAL, physical activity level; VO<sub>2</sub>, Oxygen consumption; VCO<sub>2</sub>, Carbon dioxide production; WHO, World Health Organization.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## 1.1 Εισαγωγή

Μια θεμελιώδης αρχή για την επίτευξη και διατήρηση του υγιούς βάρους και την αποτελεσματική διατροφική υποστήριξη, είναι το ενεργειακό ισοζύγιο, το οποίο σχετίζεται με την ισορροπία μεταξύ προσλαμβανόμενης και δαπανώμενης ενέργειας από το σώμα, για τη διατήρηση των ζωτικών λειτουργιών και την εκτέλεση σωματικών και πνευματικών εργασιών. Έτσι, ο προσδιορισμός της ακριβούς εκτίμησης των ενεργειακών αναγκών είναι ιδιαίτερα σημαντικός και επιτυγχάνεται με τη χρήση του βασικού μεταβολικού ρυθμού (Basal Metabolic Rate (BMR)). Ο BMR είναι ένα ισχυρό εργαλείο και αντιπροσωπεύει συνήθως το μεγαλύτερο μέρος των συνολικών ενεργειακών αναγκών [1]. Ο προσδιορισμός του BMR γίνεται είτε μέσω υπολογισμού με τις μέχρι τώρα γνωστές εξισώσεις, είτε καταμετράται με σύγχρονες μεθόδους άμεσης ή έμμεσης θερμιδομετρίας.

## 1.2 Μεταβολισμός

Ο όρος μεταβολισμός προέρχεται από την λέξη μεταβολή, που σημαίνει μετατροπή ή τροποποίηση και χρησιμοποιείται για να περιγράψει το σύνολο των μετασχηματισμών (χημικών διεργασιών και αντιδράσεων), που λαμβάνουν χώρα στα κύτταρα των εν ζώη ανθρώπινων οργανισμών. Βασική λειτουργία του μεταβολισμού είναι η μετατροπή της προσλαμβανόμενης τροφής σε ενέργεια, με σκοπό την ανάπτυξη, αναπαραγωγή, αναδόμηση και διατήρηση των ζώντων οργανισμών και διακρίνεται σε δυο φάσεις, ανάλογα με την απόσταση από το χρόνο πρόσληψης της τροφής. Κατά τη μεταγευματική φάση, ο οργανισμός συνθέτει δομικά συστατικά, αναδομείται (αναβολισμός) από τα τελικά προϊόντα της πεπτικής διαδικασίας, ενώ

κατά τη διάρκεια της νηστείας, δηλαδή της μη λήψης τροφής ή της μη απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών της τροφής ο οργανισμός αποδομείται (καταβολισμός).

Βέβαια, η λέξη μεταβολισμός χρησιμοποιείται για να περιγράψει και το σύνολο των διαδικασιών που σχετίζονται με την πέψη και τη μεταφορά των ουσιών εντός των κυττάρων και μεταξύ αυτών. Άρα ο μεταβολισμός, εμπεριέχει όλες τις διεργασίες, που χρειάζεται το σώμα για να λειτουργήσει.

### 1.3 Βασικός μεταβολικός ρυθμός

Ως BMR ορίζεται, το ελάχιστο ποσοστό των ενεργειακών δαπανών των ενδόθερμων οργανισμών, ανά μονάδα χρόνου, σε κατάσταση σωματικής και ψυχολογικής ηρεμίας, κατά την μετα-απορροφητική κατάσταση (δηλαδή όχι στην ενεργή πέψη ή αφομοίωση των τροφίμων), σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον (δηλαδή σε θερμοκρασία ίδια με εκείνη του σώματος) [2]. Εκτός του BMR, υπάρχει και μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (Resting Metabolic Rate (RMR)), οι δυο αυτοί μεταβολικοί ρυθμοί είναι παρόμοιοι και διαφέρουν μόνο από το γεγονός ότι για την μέτρηση του RMR, οι απαιτούμενες συνθήκες είναι λιγότερο αυστηρές καθώς αρκεί το άτομο να βρίσκεται σε άνετο περιβάλλον, σε κατάσταση ηρεμίας και νηστείας για δυο έως τέσσερις ώρες. Έτσι, συμπεριλαμβάνεται στη μέτρηση κι ένα ποσοστό ενεργειακής δαπάνης για την πέψη, με αποτέλεσμα ο RMR να καταγράφεται ελαφρώς υψηλότερος περίπου κατά 10% από τον BMR [3].

Ο μεταβολικός ρυθμός (βασικός ή/και ηρεμίας), μετράται σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδα χρόνου και αντικατοπτρίζει τις ενεργειακές δαπάνες που απαιτούνται, προκειμένου να διασφαλιστεί η διατήρηση της ζωής, μέσω της λειτουργίας των επιμέρους οργάνων του σώματος όπως της καρδιάς των νεφρών του ήπατος, των

πνευμόνων κ.ά. Αφορά, το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής δαπάνης θερμίδων, αφού αντιπροσωπεύει περίπου το 60-80% αυτής. Το μεγαλύτερο ποσοστό του BMR (27%) δαπανάται από το ήπαρ, το 19% από τον εγκέφαλο, το 18% από τους σκελετικούς μύες (οι οποίοι αποτελούν το 40% της σωματικής μάζας), το 10% από τους νεφρούς, το 7% από την καρδιά και το υπόλοιπο 19% δαπανάται από όλα τα υπόλοιπα όργανα του ανθρώπινου σώματος [4]. Ωστόσο, οι συνεισφορές των μεμονωμένων οργάνων και ιστών, στη διακύμανση του BMR, ποικίλει κατά τη διάρκεια της πορείας ζωής, με σημαντικές διαφορές στα παιδιά, στους εφήβους και στους ηλικιωμένους [5].

#### 1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το Μεταβολικό Ρυθμό

Πολλές μελέτες διερεύνησαν την επίδραση ενδογενών και εξωγενών παραγόντων [6- 25] στο μεταβολικό ρυθμό (Πίνακας 1). Παράγοντες, τροποποιήσιμοι και μη, διαφορετικής σημαντικότητας σε σχέση με την επίπτωση (αρνητική ή θετική) που ασκούν στο μεταβολικό ρυθμό, αναφέρονται ακολούθως.

##### 1.4.1 Μη τροποποιήσιμοι παράγοντες

###### I. Εθνικότητα και φυλή

Ορισμένες μελέτες αναφέρουν την εθνικότητα ως παράγοντα που επηρεάζει τα επίπεδα BMR [26]. Αυτό μπορεί να οφείλεται και σε διαφορές που σχετίζονται με τη διατροφή, τη σωματική δραστηριότητα μεταξύ αυτών των φυλών, [27] αλλά πιθανώς και με την ερευνητική μεθοδολογία [28]. Γενικά, οι Καυκάσιοι φαίνεται να έχουν υψηλότερα επίπεδα BMR από ότι οι μη καυκάσιοι [29, 30], ενώ διαφορές ανιχνεύονται επίσης μεταξύ των ιθαγενών και μη-ιθαγενών, οι οποίες αποδίδονται



στις διαφορετικές αντιδράσεις του θυρεοειδούς αδένος στους περιβαλλοντικούς παράγοντες [30].

## II. Οικογενής προδιάθεση

Σε έρευνες αναζήτησης οικογενειακών επιρροών σε παράγοντες μεταβολικού κινδύνου, βρέθηκε ότι υπήρχε γενετική κληρονομικότητα στο 30% του πληθυσμού [31]. Αποδεικτικά στοιχεία για τη γενετική σύνδεση της λεπτίνης με την ανθρώπινη παχυσαρκία, έχουν αναφερθεί μόνο σε εξαιρετικά παχύσαρκα άτομα, καθώς έχουν αναφερθεί μόνο δύο περιπτώσεις ανεπάρκειας λεπτίνης, σε δύο νεαρά παχύσαρκα ξαδέλφια με ελάχιστα ανιχνεύσιμα επίπεδα παρεκκλίσεων στο μόριο λεπτίνης [32].

## III. Φύλο

Οι γυναίκες εμφανίζουν χαμηλότερο BMR από τους άνδρες [33], ανεξάρτητα από τις διαφορές στη σύνθεση του σώματος και τη σωματική δραστηριότητα [34], ενώ φαίνεται να διαδραματίζουν ρόλο και τα διαφορετικά επίπεδα δραστηριότητας του συμπαθητικού νευρικού συστήματος [35].

## IV. Ηλικία

Έρευνες υποστηρίζουν την αρνητική συσχέτιση που ασκεί η ηλικία στο μεταβολικό ρυθμό [36]. Φαίνεται ότι ο BMR επιβραδύνεται με την πάροδο της ηλικίας [37] περίπου κατά 1-2% ανά 10ετία μετά την ηλικία των 20 ετών [38], κυρίως εξαιτίας της μείωσης της μυϊκής μάζας αλλά και του περιορισμού της μάζας των ζωτικών οργάνων [39, 40]. Ενώ, μελέτες που εξετάζουν τη σχέση μεταξύ ελεύθερης λίπους μάζας σώματος (Free Fat Mass (FFM)) και μεταβολικού ρυθμού σε μεγαλύτερες ηλικίες, υποστηρίζουν ότι θα μπορούσαν να αντικατοπτρίζουν το

επίπεδο υγείας του οργανισμού, καθώς υψηλότερα ποσοστά μεταβολικού ρυθμού έχουν συνδεθεί με πολυνοσηρότητα και θνησιμότητα [41- 43]. Έτσι, παράγοντες που σχετίζονται με το μεταβολισμό οργάνων και ιστών και διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη, φαίνεται να επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη μεταβολική ικανότητα του οργανισμού [44].

Αντίστροφα αποτελέσματα σε σχέση με τη γήρανση, φαίνεται να ασκούνται στο BMR κατά την περίοδο της ανάπτυξης, καθώς τα άτομα που βρίσκονται σε φάση σωματικής και βιολογικής ανάπτυξης, χαρακτηρίζονται από αυξημένο BMR [45].

## V. Ύψος Σώματος

Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής επιφάνειας σώματος, τόσο υψηλότερος είναι ο BMR [46], καθώς σχετίζεται με απώλεια θερμότητας μέσω της εφίδρωσης. Όταν όμως ο BMR εκφράζεται ανά κιλό σωματικού βάρους ή FFM, τα ψηλά άτομα έχουν χαμηλότερες τιμές από τα κοντύτερα [47].

### 1.4.2 Τροποποιήσιμοι παράγοντες

#### I. Σύνθεση σώματος

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν το BMR αφορά τη σύσταση σώματος, δηλαδή τη μυϊκή μάζα και το ποσοστό λίπους. Όσο μεγαλύτερη είναι μυϊκή μάζα σώματος τόσο μεγαλύτερος είναι ο BMR [46]. Ακόμη, η σχέση μεταξύ ποσοστού σωματικού λίπους και BMR εξαρτάται από το μέγεθος, το είδος του λιπώδους ιστού (λευκού ή φαιώδους) και την κατανομή του. Καθώς, ο λευκός λιπώδης ιστός έχει θεωρηθεί ότι παίζει παθητικό ρόλο εμπλεκόμενος στην αποθήκευση ενέργειας και ο καφέ λιπώδης ιστός είναι υπεύθυνος για τη

θερμογένεση, τη ρύθμιση του μεταβολισμού των τριγλυκεριδίων και της γλυκόζης, αλλά και τη ρύθμιση της ενεργειακής δαπάνης [48, 49].

Ο λιπώδης ιστός, τις δυο τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται ως ενεργό ενδοκρινικό όργανο, το οποίο απελευθερώνει ελεύθερα λιπαρά οξέα (Free Fat Acids (FFA)) και αδιποκίνες όπως, λεπτίνη, αδιπονεκτίνη, Tumor necrosis factor alpha (TNF $\alpha$ ), ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και πρωτεΐνη δέσμησης ρετινόλης-4 (Retinol binding protein 4 (RBP-4)), τα οποία μπορούν να δράσουν σε άλλους ιστούς, συμπεριλαμβανομένου του εγκεφάλου, του ήπατος και των μυών, για να ρυθμίσουν την πρόσληψη τροφής, την ενεργειακή ισορροπία, την ευαισθησία στην ινσουλίνη, ακόμη και την αναπαραγωγή [49].

Εκτός των προαναφερομένων παραγόντων που σχετίζονται με το λιπώδη ιστό, σημαντική είναι και η κατανομή του [50]. Η αύξηση του ενδοκοιλιακού / σπλαχνικού λίπους συσχετίζεται με υψηλό κίνδυνο μεταβολικής νόσου, ενώ η περίσσεια υποδόριου λίπους στους μηρούς και τους γοφούς ασκεί μικρό ή καθόλου κίνδυνο. Πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι αυτές οι λειτουργικές διαφορές μπορεί να είναι εγγενείς στους διαφορετικούς τύπους λιποκυττάρων που διαμένουν στις διάφορες αποθήκες. Ακόμη, ιστολογική ανάλυση έχει δείξει ότι πολλές αποθήκες λιπώδους ιστού είναι ένα μίγμα λευκών και καφέ λιποκυττάρων, όπου η ισορροπία επηρεάζεται από την ηλικία, το γενετικό υλικό, το περιβάλλον, τη διατροφή και τα φάρμακα.

Ο κεντρικός ρόλος που διαδραματίζει ο καφέ λιπώδης ιστός στο φυσιολογικό μεταβολισμό, υποδηλώνει ότι οι μεταλλάξεις σε ορισμένα γονίδια, ειδικά στα Uncoupling Protein 1 (UCP-1) που σχετίζονται με αυτό, θα μπορούσαν να έχουν σημαντικές επιδράσεις στην ομοιοστασία ενέργειας ολόκληρου του σώματος. Αν και

έχουν βρεθεί παραλλαγές αλληλουχίας στο ανθρώπινο γονίδιο UCP-1, μέχρι σήμερα δεν έχει εντοπιστεί καμία βαθιά επίδραση [49].

## **II. Διατροφή**

Η κατανάλωση γεύματος, μπορεί να οδηγήσει σε θερμογένεση επαγόμενη από τη διατροφή και ανάλογη με τη σύνθεση του γεύματος [51, 52], το κλάσμα πρωτεϊνών και αλκοολών της διατροφής, το ενεργειακό περιεχόμενο [53], τον αριθμό των κύκλων μάσησης και τη διάρκεια γεύματος [54].

Ο υποσιτισμός, σχετίζεται αρνητικά με τον μεταβολικό ρυθμό, ως αποτέλεσμα ενός αμυντικού μηχανισμού προσαρμογής του οργανισμού, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, στη μικρότερη διαθεσιμότητα τροφής [55]. Περιοριστικές διατροφές απώλειας βάρους (χαμηλών θερμίδων), μπορεί να προκαλέσουν πτώση κατά 20% [56].

## **III. Αλκοόλ**

Σε σχέση με την κατανάλωση αλκοόλης παρουσιάζονται αντικρουόμενα αποτελέσματα μεταξύ των μελετών, αναφορικά με την επίδραση που ασκεί στο μεταβολικό ρυθμό, τα οποία σχετίζονται πιθανότατα με τη διαφορετική συμπεριφορά των ατόμων που καταναλώνουν αλκοόλη (π.χ. χαμηλότερη δραστηριότητα, διαφορετική διατροφή κ.α.) [57].

## **IV. Βιολογικό Ρολόι**

Η διάρκεια του ύπνου μπορεί να είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της μεταβολικής υγείας [58]. Πρόσφατα ευρήματα δείχνουν ότι ο μεταβολισμός και οι κερκάδιοι ρυθμοί είναι στενά συνδεδεμένοι [59]. Δεδομένα από

εργαζόμενους σε νυχτερινή βάρδια (συνήθως από τις 22:00 έως τις 6:00 το πρωί) και άτομα με διαταραχές ύπνου, παρέχουν στοιχεία τα οποία υποδηλώνουν ότι ο μεταβολισμός και οι κερκαδικοί ρυθμοί είναι στενά συνδεδεμένοι [59].

## V. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Η **θερμοκρασία** του περιβάλλοντος, φαίνεται να παίζει ρόλο στο μέγεθος του μεταβολικού ρυθμού, καθώς η έκθεση σε υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία φαίνεται να τον επηρεάζει, ως απάντηση στην προσπάθεια του οργανισμού να διατηρήσει σταθερή τη θερμοκρασία σώματος (ομοιόσταση) [46, 60].

## VI. Ορμονικά επίπεδα

Η διακύμανση του BMR σχετίζεται με το *νευροενδοκρινικό σύστημα*, το οποίο ελέγχεται από την υπόφυση και τον υποθάλαμο και από ορμονικούς παράγοντες, που τον επηρεάζουν μέσω των επαγόμενων λειτουργιών τους. Οι λειτουργίες αυτές σχετίζονται με το μηχανισμό επιβίωσης, όπως τη ρύθμιση της καρδιακής συχνότητας και των σπλαχνικών δραστηριοτήτων, έκκριση των ορμονών (π.χ. θυρεοειδικών), τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος, την παραγωγή και ρύθμιση συναισθημάτων (π.χ. φόβου, επιθετικότητας, γαλήνης κ.ά.), τη ρύθμιση της ποσότητας νερού στο σώμα (μέσω της δίψας και της αποβολής με τα ούρα), την πρόσληψη τροφής μέσω της λεπτίνης και της γκρελίνης, κ.ά.[18].

Ο *θυρεοειδής αδένας*, επηρεάζει το μεταβολικό ρυθμό και οποιαδήποτε μεταβολή στη δραστηριότητα του θυρεοειδούς αντανακλάται στο μεταβολικό προφίλ. Εάν ο θυρεοειδής είναι υπερδραστήριος (υπερθυρεοειδισμός), ο μεταβολισμός μπορεί να αυξηθεί σε ποσοστό έως και 75% και εάν υπολειτουργεί, τότε ο μεταβολισμός μπορεί να μειωθεί από 30% έως 40%. Ομοίως και η αυξημένη

έκκριση αδρεναλίνης και νορεπινεφρίνης μπορεί να αυξήσουν το μεταβολικό ρυθμό αλλά σε μικρότερο βαθμό. Επίσης, οι αυξητικές ορμόνες που διεγείρουν το σχηματισμό νέου ιστού, ευθύνονται για τον υψηλότερο μεταβολισμό που παρατηρείται γενικά σε βρέφη, παιδιά και εφήβους. Ακόμη, οι διακυμάνσεις των επιπέδων λεπτίνης στο πλάσμα, μπορεί να προκαλέσουν διακύμανση μεταξύ 8 -21% στο BMR [18].

## VII. Σωματική Δραστηριότητα

Η ποσότητα ενέργειας που δαπανάται, μπορεί να επηρεάσει εμμέσως το μεταβολικό ρυθμό, αυξάνοντας τη μυϊκή μάζα αλλά και τη συνολική δαπάνη ενέργειας (Total Energy Expenditure (TEE)). Διαφέρει δε, ανάλογα με το είδος της φυσικής δραστηριότητας και τροποποιείται από τη σχετική ένταση του μυ, τις χρησιμοποιούμενες ομάδες μυών και το εύρος της σχετικής κίνησης. Για παράδειγμα, απαιτείται 22% περισσότερη ενέργεια για την εκτέλεση της ίδιας εργασίας σε υψηλή ένταση παρά σε χαμηλή ένταση. Έτσι, ορισμένες δραστηριότητες μπορεί να παρέχουν επιρροή στο ενεργειακό ισοζύγιο [32]. Ωστόσο, το πραγματικό αποτέλεσμα για το BMR είναι αμφιλεγόμενο, καθώς μελέτες υποδηλώνουν ότι ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας των εκπαιδευμένων μυών είναι περίπου 55 kJ (13 Kcal) ανά κιλό ανά ημέρα. Έτσι, ακόμη και μια σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας, θα είχε μικρή μόνο επίδραση στο BMR [61, 62].

## VIII. Κύηση

Μελέτες αναφέρουν αυξημένα επίπεδα BMR κατά τη διάρκεια της κύησης, λόγω της αυξημένης βιοσύνθεσης. Οι αυξήσεις κυμαίνονται από 8 έως 35%. Ορισμένοι από τους παράγοντες που επιδρούν σε αυτή την αύξηση, σχετίζονται με

την ανάπτυξη των μητρικών και εμβρυϊκών ιστών, την αλλαγή της ορμονικής λειτουργίας, τη σταδιακή αύξηση του καρδιακού και αναπνευστικού ρυθμού και την αύξηση του σωματικού βάρους. Ωστόσο, έχει αναφερθεί ευρεία μεταβλητότητα του BMR η οποία επηρεάζεται από το προ της κνήσεως σωματικό βάρος και λίπος [30].

## IX. Φάρμακα

Έχει αναφερθεί ότι τα συμπαθομιμητικά φάρμακα μπορεί να αυξήσουν το BMR καθώς και φάρμακα όπως οι αμφεταμίνες, η εφεδρίνη και ορισμένα αντικαταθλιπτικά. Στο πλαίσιο της οξείας περίθαλψης, η χορήγηση φαρμάκων που επηρεάζουν το κεντρικό νευρικό σύστημα έχει μέσες μειώσεις BMR που κυμαίνονται από 262 έως 680 kcal/d σε άτομα ηλικίας 15 έως 67 ετών. Η παράλυση των σκελετικών μυών με pancuronium, vecuronium ή atracurium έχει φανεί ότι μειώνει το BMR κατά μέσο όρο από 11% έως 33%, σε τρεις μελέτες [63]. Οι καρδιαγγειακοί παράγοντες προπρανολόλη, ατενολόλη, καρβεδιλόλη και δισοπρολόλη έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν σημαντικά το BMR, κατά 4% έως 12% [64]. Μείωση προκαλούν επίσης και η ρεσερπίνη και βαιτανιδίνη [26]. Ακόμη, έχει αναφερθεί αύξηση σωματικού βάρους σε ασθενείς που λαμβάνουν αντιδιαβητικούς παράγοντες για σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Μία μελέτη έδειξε ότι η σουλφονουλουρία γλιπιζίδη, μείωσε ελαφρώς το BMR κατά 3,5% σε σύγκριση με τη μετφορμίνη σε ασθενείς με διαβήτη τύπου 2. Δύο άλλες μελέτες υποδεικνύουν ότι η μετφορμίνη δεν μεταβάλλει το BMR στους παχύσαρκους διαβητικούς τύπου 2.

Η μακροχρόνια χρήση ανασυνδυσασμένης ανθρώπινης αυξητικής ορμόνης σε ασθενείς με ανεπάρκεια αυξητικής ορμόνης έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει το BMR κατά 12%.

Η θεραπεία με θυροξίνη για υποθυρεοειδισμό μπορεί να προκαλέσει κλινικά σημαντική ή δυνητικά σχετική αύξηση του BMR, ανάλογα με τη δοσολογία. Όπως και αύξηση κατά 17% του BMR μπορεί να συμβεί όταν αντιμετωπίζεται σημαντικός υποθυρεοειδισμός με λεβοθυροξίνη.

Η χημειοθεραπεία μειώνει επίσης την κατανάλωση ενέργειας. Οι ασθενείς με λευχαιμία, καρκίνο του μαστού και διάφορους συμπαγείς όγκους έχουν μειωμένες δαπάνες ενέργειας από 6% έως 11% κατά την επαγωγή χημειοθεραπείας. Η αιτιολογία είναι ασαφής και δεν οφείλεται σε προσαρμογή στη μείωση της πρόσληψης τροφής. Δεν είναι σαφές όμως, εάν αυτή η μείωση της ενεργειακής δαπάνης είναι παροδική ή διατηρήσιμη [64].

## **X. Stress**

Με τον όρο στρες εννοούμε τις καταστάσεις όπως το έγκαυμα, το τραύμα και τον πυρετό. Άτομα σε τέτοιες καταστάσεις εμφανίζουν μεγαλύτερο μεταβολικό ρυθμό, ως απάντηση της επιβαρυνμένης κατάστασης στην οποία βρίσκονται [46]. Ο πυρετός, φαίνεται ότι αυξάνει το BMR κατά 7% περίπου για κάθε μονάδα πάνω από τους 37<sup>0</sup>C. Ακόμη, διαφοροποιήσεις του BMR καταγράφονται και σε ασθενείς που βρίσκονται σε κατάσταση υποθερμίας [46].

## **XI. Άλλοι παράμετροι**

Η **καφεΐνη** και η **νικοτίνη** μπορούν να αυξήσουν το BMR. Σε μελέτη φάνηκε ότι το κάπνισμα τεσσάρων τσιγάρων νικοτίνης των 0,8 mg, αύξησε το BMR κατά 3,3% σε διάστημα μέτρησης 3 ωρών. Σε μη καπνιστές η πρόσληψη 200 mg καφεΐνης αύξησε το BMR κατά 6,7%, ποσοστό που δεν διαφέρει σημαντικά από τη



συνδυασμένη θερμική επίδραση των τσιγάρων και της καφεΐνης, καθώς η καμπύλη αύξησης του BMR, λόγω της κατανάλωσης καφεΐνης, ήταν παρόμοια στους καπνιστές και μη καπνιστές [65].

Η **κοινωνικοοικονομική κατάσταση**, έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας ακόμη από τους παράγοντες που ασκούν επιρροή στο μεταβολικό ρυθμό, καθώς η χαμηλότερη κοινωνικοοικονομική κατάσταση συνδέεται με χαμηλότερα επίπεδα BMR [66].

Ο **έμμηνος κύκλος**, είναι ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει θετικά τον BMR κατά το δεύτερο μισό του έμμηνου κύκλου, προκαλώντας μια αύξηση  $\approx 150$  kcal ανά ημέρα [67].

Το μεγάλο **υψόμετρο**, μπορεί επίσης να προκαλέσει αύξηση του BMR, ως ανταπόκριση στην αύξηση της αναπνευστικής συχνότητας [68].

Έτσι λοιπόν, ο μεταβολικός ρυθμός του οργανισμού, μεταβάλετε τόσο κατά τη διάρκεια του 24ωρου, όσο και κατά την πάροδο του χρόνου, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής. Για το λόγο αυτό, όταν δεν υπάρχει δυνατότητα μέτρησης, θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτική επιλογή των εξισώσεων που θα χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη του μεταβολικού ρυθμού.

## 1.5 Τρόποι μέτρησης του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού

Σε βάθος χρόνου, έχει δημιουργηθεί ένας μεγάλος αριθμός εξισώσεων για την εκτίμηση του BMR [69- 82], ορισμένες από τις οποίες αναφέρονται στον **Πίνακα 2**. Το 2013 σε βιβλιογραφική έρευνα που διεξήγαγε ο Sabounchi et al. αποκάλυψε την ύπαρξη **248** εξισώσεων [83].

Για τον προσδιορισμό του BMR μέσω των εξισώσεων πρόβλεψης, λαμβάνονται υπόψη φυσικά χαρακτηριστικά και παράμετροι, που μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των ποικίλων εξισώσεων και διαφοροποιούνται ανάλογα με το επίπεδο υγείας ή ασθένειας. Έτσι, για τους υγιείς χρησιμοποιούνται συνήθως χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται εύκολα, όπως το φύλο, η ηλικία, το σωματικό βάρος, το ύψος και η σύσταση του σώματος (πχ. Fat Mass (FM) και FFM). Στις περιπτώσεις κλινικών περιστατικών, απαιτούνται επιπλέον παράγοντες όπως η κατάσταση θρέψης, η σοβαρότητα της ασθένειας, οι φαρμακολογικές επιδράσεις, η ύπαρξη τραυμάτων και πληγών, η παρουσία πυρετού, λοιμώξεων, η σωματική δραστηριότητα κ.ά.

Η αξιολόγηση των ενεργειακών αναγκών (Πίνακας 3) με τη χρήση εξισώσεων, συνήθως υπολογίζει τον BMR [84- 85], το RMR [84, 88], τις βασικές ενεργειακές δαπάνες (Basal Energy Expenditure (BEE)) [46- 89] τις ενεργειακές δαπάνες ανάπαυσης (resting energy expenditure (REE)) [90- 91] και τη συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (total energy expenditure (TEE)) [90- 93]. Η TEE προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας με το κατάλληλο επίπεδο φυσικής δραστηριότητας (Physical Activity Level, PAL), σύμφωνα με την έκθεση των FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2001, ή τον παράγοντα Stress όπως ορίζεται από την American Dietetic Association [78]. Παρόλο που οι όροι BMR, RMR και REE διαφέρουν κατά περίπου 10%, χρησιμοποιούνται συχνά σε μελέτες με τον ίδιο τρόπο, προκαλώντας σύγχυση και παρανοήσεις.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων, παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα, που είναι όμως ιδιαίτερα σημαντικά τόσο σε κλινικό όσο και σε φυσικό περιβάλλον. Έτσι, για τον πιο ασφαλή προσδιορισμό των ενεργειακών απαιτήσεων, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι άμεσης [46 - 93] ή έμμεσης θερμιδομετρίας (IC ) [93- 104]. Για τον

προσδιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας σε κατάσταση ηρεμίας, αλλά και για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας, χρησιμοποιούνται σταθερές ή κινητές συσκευές [46, 93, 105- 107] (Πίνακας 4). Στις μεθόδους αυτές συγκαταλέγεται και η έμμεση θερμιδομετρία η οποία διενεργείται σε πλήρη ανάπαυση και ηρεμία, σε απόλυτη ησυχία, σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον, σε απόσταση από τη λήψη τροφής, σε ύπτια θέση με τη χρήση μάσκας προσώπου, επιστομίου ή θόλου [94]. Οι μετρήσεις καταλήγουν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου τελικά με τη χρήση λογισμικού υπολογίζεται το BMR του ατόμου.

#### 1.6 Αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης μεταβολικού ρυθμού

Η ακόλουθη θεματική ενότητα αναφέρεται σε μελέτες που σχετίζονται με την αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης του BMR σε πολλαπλούς πληθυσμούς (Πίνακας 5).

Σχετικά με την επικύρωση των υπολογιστικών εξισώσεων για τον BMR (estimated BMR (BMR<sub>e</sub>)), μελέτη που συνέκρινε την ακρίβεια τεσσάρων ευρέως χρησιμοποιούμενων εξισώσεων (Harris Benedict (H-B), Owen, Mifflin-St Jeor (M-SJ) και WHO/FAO/UNU (W/F/U) με τις μετρούμενες τιμές του BMR (measured BMR (BMR<sub>m</sub>)) που προέκυψαν από το μεταβολικό αναλυτή MedGem (MG) [95], διαπίστωσε υποτίμηση των τιμών από τις εξισώσεις Owen και M-SJ και υπερεκτίμηση των τιμών από τις εξισώσεις H-B και W/F/U. Ωστόσο, κατά την εξέταση ολόκληρου του δείγματος, οι εξισώσεις παρείχαν παρόμοια επίπεδα συμφωνίας όταν συγκρίθηκαν με τον BMR<sub>m</sub> χρησιμοποιώντας τη συσκευή MG [95].

Σε συγχρονική αναδρομική μελέτη που διεξήχθη με δεδομένα από 2528 άτομα ηλικίας 5-91 ετών, που ζουν σε μια σύγχρονη κοινωνία αφθονίας στη Γερμανία, διαπιστώθηκε ότι οι εξισώσεις πρόβλεψης W/F/U υπερεκτιμούν συστηματικά την υπολογιζόμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (estimated Resting Energy Expenditure (REEe)) σε χαμηλές τιμές μετρούμενης ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας (measured REE (REEm)), αλλά την υποτιμούν σε υψηλές τιμές REEm. Επισημάνθηκε δε, ότι παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις σε συγκεκριμένες ομάδες BMI (ελλιποβαρείς και νορμοβαρείς) [96].

Σε μελέτη που διενεργήθηκε για την αξιολόγηση των εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (estimated Resting Metabolic Rate (RMRe)), ((1) H-B, (2) H-B με τη χρήση του προσαρμοσμένου βάρους σε παχύσαρκα άτομα, (3) Owen, και (4) M-SJ), με τις μετρούμενες τιμές RMR (measured RMR (RMRm)) σε 130 ενήλικες, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με την εξίσωση M-SJ παρέχεται ακριβέστερη εκτίμηση των πραγματικών RMR και μικρότερη υπερεκτίμηση στα παχύσαρκα άτομα με την εξίσωση H-B με τη χρήση του προσαρμοσμένου βάρους, [108]. Ο ίδιος ερευνητής σε μια μεταγενέστερη μελέτη, εξετάζοντας την εγκυρότητα των εξισώσεων H-B, M-SJ, Owen, και W/F/U διαπίστωσε ότι η εξίσωση M-SJ ήταν η πιο αξιόπιστη και μεταξύ αυτών των εξισώσεων [109].

Κατά την αξιολόγηση των εξισώσεων Schofield, Henry και Cole, από 175 δημοσιευμένες μελέτες, χωρισμένες σε τρεις ηλικιακές ομάδες και τρεις ομάδες BMI, διαπιστώθηκε ότι μικρότερα σφάλματα, δόθηκαν από την εξίσωση Henry στους άνδρες και από την εξίσωση Cole στις γυναίκες [110]. Σε άλλη μελέτη κατά την αξιολόγηση της εγκυρότητας των εξισώσεων H-B και M-SJ σε 48 υγιείς του Πουέρτο Ρίκο, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ REEe και REEm με IC και για τις δυο ελεγχόμενες εξισώσεις. [111].

## 1.7 Αξιολόγηση των εξισώσεων σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ανθρώπους

Οι ακόλουθες αναφερόμενες μελέτες, διερευνούν την αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης μεταβολικού ρυθμού σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα (Πίνακας 6). Μελέτη που διεξήχθη σε παιδιατρική κλινική, σε παιδιά ηλικίας 7-18 ετών [112], διαπίστωσε ετερογενές εύρος μεταξύ REEe και REEm, με μέση θερμιδική διαφορά από 197- 307 kcal/day, με τις εξισώσεις H-B, Lazzer και Molnar. Η χρήση της εξίσωσης H-B σε νέους με παχυσαρκία 3<sup>ου</sup> βαθμού, απέδωσε με μεγαλύτερη ακρίβεια την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών σε σχέση με τις άλλες εξισώσεις, με μεγάλο όμως δυναμικό σφάλματος κατά τη σύγκριση της με την IC [112].

Κατά την αξιολόγηση των εξισώσεων Schofield, H-B, James & Lean και W/F/U, σε 28 άνδρες και 168 γυναίκες, διαπιστώθηκε σημαντικά υψηλότερη διακύμανση μεταξύ REEe και REEm στην κατηγορία των υπέρβαρων και παχύσαρκων, σε σύγκριση με εκείνη των ατόμων με φυσιολογικό βάρος [113]. Κατά σύγκριση των εξισώσεων H-B, Ravussin, Cunningham, W/F/U και Schofield, σε παχύσαρκο παιδιατρικό πληθυσμό, διαπιστώθηκε ότι οι εξισώσεις Ravussin και Cunningham σε όλες τις υποομάδες εκτίμησαν χαμηλότερα το BMRe από το BMRm. Η εξίσωση H-B εκτίμησε χαμηλότερα τις τιμές BMRe από εκείνες των BMRm, κυρίως στα αγόρια ηλικίας 3-18 ετών, αλλά και στο σύνολο των ηλικιακών ομάδων των ανδρών, ενώ εκτίμησε υψηλότερες τιμές στα κορίτσια 11-18 ετών. Ωστόσο, η νέα εξίσωση ( $BMR = 775 + (28.4 \times FFM) - (37 \times AGE) + (.3,3 \times FM) + (SEX \times 82)$ ) που αναπτύχθηκε, παρήγαγε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα μεταξύ των εξισώσεων που χρησιμοποιήθηκαν [81]. Σε άλλη μελέτη κατά τη σύγκριση μεταξύ των τιμών REEm με IC και των τιμών REEe από 14 εξισώσεις, σε 1032 παχύσαρκους άνδρες και

γυναίκες, διαπιστώθηκε ότι οι τιμές από τις εξισώσεις Livingston, Mifflin, Muller και Bernstein ήταν σημαντικά διαφορετικές, αλλά σε μία κλίμακα των 100 kcal/24 h, ενώ οι μέσες τιμές που υπολογίστηκαν με τις εξισώσεις Owen, Robertson- Reid και W/F/U, δεν ήταν σημαντικά διαφορετικές από τη συνολική μέτρηση. Κατά την ομαδοποιημένη σύγκριση ανά φύλο, στις γυναίκες, η καλύτερη απόδοση παρατηρήθηκε με την εξίσωση Muller και στους άνδρες με την εξίσωση Cunningham. Αλλά κατά τη μεμονωμένη σύγκριση, καλύτερη απόδοση εκδηλώθηκε με την εξίσωση Owen μόλις στο 38% των γυναικών και την εξίσωση Robertson- Reid μόλις στο 34% των ανδρών. Έτσι, οι περισσότερες εξισώσεις, φάνηκαν αποδοτικές για τη διαχείριση ομάδων, αλλά όχι στην περίπτωση της μεμονωμένης ενεργειακής εκτίμησης στους παχύσαρκους ανθρώπους [114]. Σε άλλη μελέτη σύγκρισης των εξισώσεων M-SJ, Owen και W/F/U, σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες από την Αυστραλία, διαπιστώθηκε ότι ο RMRm ήταν σημαντικά υψηλότερος στους παχύσαρκους παρά στους υπέρβαρους συμμετέχοντες. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η ακρίβεια της πρόβλεψης δεν βελτιώθηκε με τη χρήση των συγκεκριμένων εξισώσεων για υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα ή με την εφαρμογή των κοινώς γνωστών εξισώσεων που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία. Κατά τη μελέτη αυτή, ο RMRe ήταν εντός του  $\pm 10\%$  της τιμής του RMRm μόνο στο  $\sim 40\%$  του χρόνου, ανεξάρτητα από το φύλο και την κατηγορία BMI [115].

Στα πλαίσια μιας άλλης μελέτης, όπου ελέγχθηκαν 27 εξισώσεις πρόβλεψης με το σύστημα IC Vmax Encore, σε Αμερικανούς και Ολλανδούς η εξίσωση M-SJ αποτέλεσε τη βέλτιστη επιλογή για τους Αμερικανούς, ενώ για τους Ολλανδούς δεν προκρίθηκε αντίστοιχη εξίσωση που να ανταποκρίνεται με ακρίβεια [116]. Σε άλλη μελέτη που βασίστηκε σε σαράντα παχύσαρκες γυναίκες οι οποίες ακολουθούσαν πρόγραμμα θεραπείας για την παχυσαρκία, μικρότερη μεροληψία (<5%), μεταξύ 12

εξισώσεων πρόβλεψης, εκδήλωσαν οι εξισώσεις H-B και F/W/U, τόσο πριν όσο και μετά τη θεραπεία. Ωστόσο, με την ανάλυση Bland-Altman, δεν καταγράφηκε καλή συμφωνία μεταξύ έμμεσης θερμιδομετρίας και των εξισώσεων αυτών [117].

### **1.8 Αξιοπιστία της προβλεπτικής ικανότητας των εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού σε νοσηλευόμενους ασθενείς.**

Αρκετές δημοσιευμένες κλινικές μελέτες (Πίνακας 7) έχουν διερευνήσει την αξιοπιστία των εξισώσεων πρόβλεψης για το μεταβολισμό, σε νοσηλευόμενους ασθενείς. Μια πρόσφατη μελέτη εξέτασε το βαθμό συμφωνίας μεταξύ REEm και REEe με τις εξισώσεις H-B και M-SJ, σε 60 τυχαία επιλεγμένους ασθενείς που ταξινομήθηκαν ανάλογα με το φύλο και τη διάγνωση. Η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά, παρατηρήθηκε με την εξίσωση M-SJ, όταν οι ασθενείς κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το φύλο τους. Σε επίπεδο ομάδας, η εξίσωση H-B προκρίθηκε ως πιο κατάλληλη για την πρόβλεψη του REE, αλλά σε ατομικό επίπεδο οι δύο εξισώσεις παρουσίασαν ευρεία όρια συμφωνίας και κλινικά σημαντικές διαφορές του REEe [118]. Σε μια άλλη μελέτη όπου διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της REE και TEE σε 87 ασθενείς με περιτοναϊκή κάθαρση, με τη χρήση μεθόδου διπλά σεσημασμένου ύδατος και σάρωση DEXA, για την άλιπη μάζα σώματος (Lean Body Mass (LBM)), διαπιστώθηκε μια συσχέτιση μεταξύ των REE και TEE με τη χρήση μιας επικυρωμένης εξίσωσης για ασθενείς σε αιμοκάθαρση με την προσθήκη όμως της μετρούμενης με σάρωση DEXA, LBM [119].

Σε άλλη πρόσφατη μελέτη σε 488 Ιάπωνες ασθενείς με κίρρωση ήπατος, διαπιστώθηκε ότι ο REEm ήταν σημαντικά χαμηλότερος από τη BEE που προβλέπεται από την εξίσωση H-B (H-BEE) και μη σημαντικά διαφορετικός από τη

διαιτητική πρόσληψη αναφοράς (Dietary Reference Intake (DRI)). Επίσης η H-BEE ήταν σημαντικά υψηλότερη από το REEm στο πρώτο και δεύτερο τεταρτημόριο του BMI, ενώ ήταν σημαντικά διαφορετική στα υψηλότερα και χαμηλότερα τεταρτημόρια του BMI. Επιπροσθέτως, η μέση πρόσληψη ενέργειας ήταν 1,4 φορές μεγαλύτερη από το REE. Έτσι, η DRI αναγνωρίστηκε ως ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση του REE σε ασθενείς στο δεύτερο και τρίτο τεταρτημόριο του BMI. Αλλά, για τη διασφάλιση της παροχής επαρκούς διατροφικής φροντίδας σε ασθενείς με κίρρωση ήπατος, συστήθηκε η χρήση του REEm [120].

Μια ακόμη πρόσφατη μελέτη σύγκρισης των REE με τη χρήση των εξισώσεων H-B, Ireton-Jones, Owen, M-SJ και των συστάσεων της ESPEN με τις REEm, σε 76 νοσηλευόμενους ασθενείς με εντερική ανεπάρκεια, διαπίστωσε ότι το μέσο αποτέλεσμα των REEm ήταν  $1181 \pm 322$  kcal/d. Τα όρια της συμφωνίας μεταξύ των δύο μεθόδων, κυμάνθηκαν μεταξύ  $-780$  έως  $+396$  kcal/d. Από τη μελέτη αυτή επισημάνθηκε πως όπου είναι ανέφικτη η μέτρηση REE με IC, η χρήση της εξίσωσης Ireton-Jones και η σύσταση της ESPEN για 20 kcal/kg/d, παρέχουν την καλύτερη προσέγγιση σε ασθενείς με παρεντερική διατροφή [121].

Από την αξιολόγηση 28 εξισώσεων πρόβλεψης REE, σε 1726 συμμετέχοντες, σε κλινική διατροφής, για υποσιτισμό, διατροφικές διαταραχές ή παχυσαρκία, διαπιστώθηκε ότι η εξίσωση H-B, παρείχε τις ακριβέστερες προβλέψεις στην ομάδα των νορμοβαρών (73%), με ακόλουθη την κατηγορία  $BMI \geq 40$  kg/m<sup>2</sup> (62.4%), ενώ οι προβλέψεις στην κατηγορία  $BMI < 16$  kg/m<sup>2</sup> προσέγγισαν το 39,3%. Η εξίσωση Huang με παραμέτρους σύνθεσης σώματος, παρείχε ακριβέστερη πρόβλεψη στους ελιποβαρείς (42.7%) και στα άτομα με  $BMI > 40$  kg/m<sup>2</sup> (66%). Από τα παραπάνω ευρήματα, καταδεικνύεται ότι για άτομα με ακραίο BMI οι συνήθεις υπολογιστικές εξισώσεις REE, δεν προσφέρουν ασφαλή πρόγνωση [122].



Σε άλλη μελέτη, η αξιολόγηση της αξιοπιστίας 23 εξισώσεων, σε 194 υποσιτιζόμενους ηλικιωμένους ασθενείς κατά την εισαγωγή τους στο νοσοκομείο και τρεις μήνες μετά την έξοδο τους, έδειξε ότι οι καλύτερες εξισώσεις προέβλεψαν με ακρίβεια σε ποσοστό 40% κατά την εισαγωγή στο νοσοκομείο και σε ποσοστό 63% τρεις μήνες μετά την έξοδο. Οι εξισώσεις που συνδύαζαν FFM, ύψος ή παράγοντα ασθένειας παρουσιάστηκαν ελαφρώς καλύτερες. Επιπλέον, όλες οι υπολογιστικές εξισώσεις παρουσίασαν υπερεκτίμηση στις χαμηλές τιμές REEm και υποτίμηση στις υψηλές τιμές REEm [123].

### 1.9 Αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης σε παιδιά και εφήβους

Αυτό το τμήμα αναφέρεται σε κλινικές μελέτες που διερεύνησαν την αξιοπιστία των εξισώσεων πρόβλεψης σε εφήβους (Πίνακας 8). Η εφηβεία θεωρείται ότι είναι μια εποχή ταχείας ανάπτυξης και μεταβαλλόμενων ενεργειακών απαιτήσεων και είναι μια επικίνδυνη περίοδος ανάπτυξης της παχυσαρκίας.

Μελέτη από δεδομένα που προήλθαν από 6770 άρθρα και 12 ανασκοπήσεις, σε υγιείς μη παχύσαρκους εφήβους, υποστηρίζει σημαντικά υψηλότερο απόλυτο BMR/RMR κατά τη διάρκεια της εφηβείας και σημαντικά υψηλότερη απόλυτη συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (Total Daily Energy Expenditure (TDEE)), με διαφορές 12% και 18% σε απόλυτες τιμές BMR/RMR και TDEE, αντίστοιχα. Οι διαφορές αποδόθηκαν σε μεγάλο βαθμό στη FFM, μεταξύ άλλων πιθανών παραγόντων όπως οι ορμόνες που σχετίζονται με την ανάπτυξη και την εφηβεία. Αυτή η αναθεώρηση υποστηρίζει την περαιτέρω έρευνα σχετικά με τις ορμονικές επιδράσεις στο εφηβικό ενεργειακό ισοζύγιο και τις επακόλουθες επιπτώσεις στον κίνδυνο παχυσαρκίας [124].

Μια άλλη μελέτη, σε 152 υγιείς ινδούς σπουδαστές, ηλικίας μεταξύ 18 και 20 ετών, διαπίστωσε ότι οι εξισώσεις που προτείνονται στη βιβλιογραφία (Henry, Schofield και Cole), δεν ήταν σε θέση να προβλέψουν το BMR για τον εφηβικό πληθυσμό της Ινδίας. Έτσι και η μελέτη αυτή τόνισε την ανάγκη δημιουργίας κατάλληλων εξισώσεων πρόβλεψης BMR για τις διάφορες ηλικιακές ομάδες [125].

Σε άλλη πρόσφατη μελέτη στην οποία συμμετείχαν 43 υγιείς κινέζοι φοιτητές ηλικίας 18-25 ετών, διαπιστώθηκε ότι ο REEm ήταν σημαντικά χαμηλότερος από ότι ο REEe με εξαίρεση τις εξισώσεις Liu, Owen, και M-SJ στους άρρενες και τις εξισώσεις Liu και Owen στις θήλυνες. Ο REEe υπολογιζόμενος με το ιδανικό βάρος σώματος ήταν σημαντικά υψηλότερος από ότι τον υπολογιζόμενο REEe με το τρέχων σωματικό βάρος, με μόνη εξαίρεση την εξίσωση H-B στους άρρενες. Η εξίσωση Owen με τη χρήση του τρέχοντος σωματικού βάρους παρουσίασε λιγότερη μεροληψία. Έτσι, οι εξισώσεις Liu's, Owen και M-SJ, προκρίθηκαν ως κατάλληλες για την πρόβλεψη των REE σε νεαρούς ενήλικες κινέζους, ωστόσο επισημάνθηκε ότι η χρήση του ιδανικού σωματικού βάρους στις εξισώσεις, δεν αυξάνει την ακρίβεια τους [126].

Σε μελέτη επικύρωσης των εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού, WHO, Schofield, H-B και Tverskaya, σε 114 παιδιά του Μεξικού, ηλικίας 9 έως 12 ετών όλων των κατηγοριών BMI, η εξίσωση WHO δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά με την θερμιδομετρία ενώ οι εξισώσεις H-B, Schofield και Tverskaya έδειξαν υποτίμηση. Μεγαλύτερη συμφωνία στο σύνολο των κατηγοριών BMI, παρουσίασε η εξίσωση Tvershaya. Η συμφωνία αυτή αποδόθηκε στη χρήση των μεταβλητών FM και FFM από την εξίσωση αυτή, καθιστώντας την ως πιο κατάλληλη κυρίως σε κλινικές συνθήκες [127].

Σε μελέτη που διεξήχθη για την ακρίβεια 16 εξισώσεων πρόβλεψης REE, σε 76 παιδιά κανονικού βάρους και 52 παχύσαρκα, ηλικίας 7-18 ετών, από την Κορέα, διαπιστώθηκε μεγαλύτερη ακρίβεια σε παχύσαρκους και μη παχύσαρκους, από την εξίσωση Molnar. Υψηλότερη ακρίβεια για τους μη παχύσαρκους εκδηλώθηκε από τις εξισώσεις Owen, Maffeis, Mifflin και IOM2 ενώ για τους παχύσαρκους από τις εξισώσεις H-B Mifflin και Liu [128].

### **1.10 Αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης RMR σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.**

Ο προσδιορισμός των ενεργειακών αναγκών των γυναικών μετά την εμμηνόπαυση, πρέπει να είναι ασφαλής για την εκπόνηση προγραμμάτων πρόληψης της παχυσαρκίας. Ωστόσο, κατά την βιβλιογραφική ανασκόπηση, εντοπίστηκε μόνο μια μελέτη αξιολόγησης των εξισώσεων πρόβλεψης ενεργειακών απαιτήσεων, που να αφορά μόνο τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και όχι το σύνολο των γυναικών (προ και μετά την εμμηνόπαυση). Σε αυτή τη μελέτη κατά τη σύγκριση των τιμών μεταξύ RMR<sub>m</sub> και RMR<sub>e</sub> (από τις εξισώσεις H-B, Henry, M-SJ, W/F/U, Female Brazilian Population), σε 43 ανενεργείς, μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, διαπιστώθηκε ότι όλες οι εξισώσεις έδειξαν σημαντική διαφορά τιμών, με την εξίσωση W/F/U να υπερεκτιμά την τιμή RMR (>300 kcal/ημέρα). Καμία από τις ελεγχόμενες εξισώσεις της μελέτης αυτής δεν έδειξε ακρίβεια στην RMR<sub>e</sub>. Όλες οι εξισώσεις πρόβλεψης υπερεκτίμησαν το RMR, ωστόσο, η εξίσωση M-SJ έδειξε την μεγαλύτερη προσέγγιση [129].

### 1.11 Αξιοπιστία των μεταβολικών συστημάτων μέτρησης

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται μελέτες σχετικά με την αξιοπιστία και την ακρίβεια των μεταβολικών συστημάτων μέτρησης σε διαφορετικούς πληθυσμούς (Πίνακας 9). Σε μια πρόσφατη πιλοτική μελέτη, μια συστοιχία δειγμάτων συνέκρινε τις μέσες τιμές μεταξύ της φορητής συσκευής και της παραδοσιακής έμμεσης θερμιδομέτρησης και έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά (δοκιμή t-test κατά ζεύγη δειγμάτων). Ενώ κατά τη σύγκριση μεταξύ RMR<sub>m</sub> και RMR<sub>e</sub>, διαπιστώθηκε ότι η φορητή έμμεση θερμιδομετρία είναι αξιόπιστη και έγκυρη για την αξιολόγηση του RMR, σε σύγκριση με την παραδοσιακή έμμεση θερμιδομετρία ή τις προγνωστικές εξισώσεις [101].

Σε μελέτη αξιολόγησης της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας του μεταβολικού συστήματος Fitmate, για την εκτίμηση του RMR, σε 60 υγιείς ενήλικες, ηλικίας 19-65 ετών, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του συστήματος Douglas Bag και Fitmate [98]. Σε μια παρόμοια μελέτη σύγκρισης μεταξύ του συστήματος μέτρησης μεταβολισμού Cosmed Fitmate, με το προηγούμενο επικυρωμένο σύστημα Cosmed QUARK CPET, σε 30 υγιείς ενήλικες, διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων για τη μέτρηση του RMR [99]. Ομοίως, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές και κατά την αξιολόγηση μεταξύ των μεταβολικών συστημάτων μέτρησης Fitmate και Delta Trac II (DT), σε περιπατητικούς και νοσηλευόμενους ασθενείς. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε σύγκριση με τις υπολογιστικές εξισώσεις H-B, το Fitmate βρέθηκε να είναι ανώτερο σε ακρίβεια. Έτσι, επιβεβαιώνεται και από αυτή τη μελέτη ότι το μεταβολικό σύστημα Fitmate παρέχει σωστή αξιολόγηση και σε μηχανικά αεριζόμενους ασθενείς [100].

Σε μια άλλη μελέτη, όπου διερευνήθηκε η αξιοπιστία και η εγκυρότητα του περιβραχιόνιου SenseWear Pro 2 Armband (SWA) κατά τη διάρκεια ανάπαυσης και άσκησης, σε σχέση με την IC, σε παχύσαρκους ενήλικες και σε 25 ενήλικες νορμοβαρείς και υπέρβαρους, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ως ομάδα σύγκρισης, διαπιστώθηκε ότι η επαναληψιμότητα των μετρήσεων με SWA σε παχύσαρκα άτομα ήταν υψηλή. Το SWA όμως, υποτίμησε την REE και υπερεκτίμησε κατά πολύ την ενεργειακή δαπάνη (Energy Expenditure (EE)) κατά τη διάρκεια των ασκήσεων στα παχύσαρκα άτομα. Στην ίδια κατηγορία BMI, οι μετρήσεις το SWA παρουσίασαν χαμηλή συμφωνία με τις μετρήσεις με την IC, σε αντίθεση με τις μετρήσεις στους νορμοβαρείς και υπέρβαρους, όπου καταγράφηκε μια πολύ καλή συμφωνία. Έτσι, από τα παραπάνω ευρήματα επισημαίνεται η περιορισμένη ακρίβεια του SWA κυρίως στους παχύσαρκους με υψηλό REEm με IC [102].

Μια άλλη μελέτη, αξιολόγησε το κύρος της συσκευής IC χειρός MedGem (MG) για τον προσδιορισμό της REE η οποία μετρήθηκε σε 100 παιδιά με το MG (σε όρθια θέση) και με το σύστημα της DT (σε ύπτια θέση). Η μέση διαφορά της REE μεταξύ των συσκευών MG και DT, ήταν σχετικά μικρή (103 kcal/d), αλλά σημαντική. Ωστόσο, ένα μέρος αυτής της διαφοράς αποδόθηκε στη διαφοροποίηση της θέσης των ελεγχόμενων. Οι ερευνητές αυτής της μελέτης αποφάνθηκαν ότι τα στοιχεία αυτά δείχνουν ότι το MG είναι ένα εργαλείο πολλά υποσχόμενο για την έγκυρη εκτίμηση της REE στα παιδιά [103].

Από μια πρόσθετη μελέτη που βασίστηκε σε βιβλιογραφία 54 δημοσιευμένων άρθρων για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των θερμιδομετρητών χειρός για τη μέτρηση του RMR, προέκυψε σημαντική συμφωνία ( $p=0.286$ ) μεταξύ Douglas Bag σε σύγκριση με τη συσκευή MG και οι θερμιδομετρητές χειρός βρέθηκε να

υπερέχουν σε αξιοπιστία από τις προγνωστικές εξισώσεις, καθιστώντας τους θερμιδομετρητές ως βιώσιμες λύσεις αξιολόγησης RMR [104].

Σε μια άλλη μελέτη που διενεργήθηκε από τον Cooper et al. (2009), συγκρίθηκαν πέντε διαφορετικά συστήματα μέτρησης RMR με το μεταβολικό Monitor Deltatrac (DTC) [130]. Ο RMR μετρήθηκε με το DTC και τουλάχιστον ένα άλλο μέσο σε 38 συμμετέχοντες. Τα πέντε διαφορετικά συστήματα έμμεσης θερμιδομετρίας περιελάμβαναν το MedGraphics CPX Ultima, το MedGem, το Vmax Encore 29 System, το TrueOne 2400 και το Korr ReeVue. Τα αποτελέσματα ήταν αρκετά απογοητευτικά, επειδή κανένα από τα άλλα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν δεν ισοφάρισε την αξιοπιστία του DTC. Τα συστήματα Vmax και TrueOne ήταν τα πιο έγκυρα κατά τη σύγκριση με το DTC, τόσο ως προς το RMR, όσο και ως προς την αξιολόγηση της αναλογίας αναπνευστικής ανταλλαγής αερίων. Περαιτέρω δοκιμές είναι αναγκαίες για τον εντοπισμό ενός συστήματος μέτρησης που να ανταγωνίζεται την αξιοπιστία και την εγκυρότητα του [29]. Επιπλέον, βάσει στοιχείων που προήλθαν από 174 δημοσιεύσεις, μεταξύ του 1914 και 2001, από 13910 άνδρες, γυναίκες και παιδιά, διαπιστώθηκε μια μικρή επίπτωση  $\approx 1\%$  μεταξύ των δύο μεθόδων (κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος) [29].

### 1.12 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Από την παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση, προκύπτει η πιθανότητα σφάλματος για όλες σχεδόν τις εξισώσεις BMR, επηρεάζοντας έτσι το εκτιμώμενο αποτέλεσμα. Μεταξύ των διαφόρων ερευνών, οι ίδιες εξισώσεις, έδειξαν μερικές φορές υποτίμηση και άλλες φορές υπερεκτίμηση, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οι ίδιες εξισώσεις απέδειξαν μεγαλύτερη αξιοπιστία, γεγονός που καθιστά την αξιολόγηση ιδιαίτερα δύσκολη. Οι διαφορές των εξισώσεων στις περισσότερες

έρευνες κυμαίνονταν μεταξύ 5% με 38%, κατά τη σύγκριση με συσκευές θερμιδομέτρησης. Από όλες τις εξισώσεις που περιλαμβάνονται στην παρούσα ανασκόπηση, οι εξισώσεις H-B και M-SJ είναι εκείνες που κατέδειξαν την υψηλότερη αξιοπιστία. Ίσως μια μετα-ανάλυση των δεδομένων που πηγάζουν από τη σχετική βιβλιογραφία, θα μπορούσε να προσδώσει μεγαλύτερη αξιοπιστία σε κάποιες από τις αναφερθείσες μεθόδους και να ωθήσει τους ερευνητές στην υιοθέτηση μόνο ολιγάριθμων διεθνώς αποδεκτών μεθόδων, οι οποίες θα ανεβάσουν και θα εξασφαλίσουν το κύρος των μεταβολικών μετρήσεων.

Κατά την αξιολόγηση μεταξύ των συστημάτων μέτρησης του μεταβολικού ρυθμού, δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της συσκευής Douglas Bag και των συσκευών Fitmate και MG, καθώς και μεταξύ των συστημάτων Fitmate, QUARK CPET και DTC. Η συσκευή SWA παρουσίασε τη χαμηλότερη συμφωνία με τις μετρήσεις IC και μια σχετικά μικρή διαφορά της μέσης REE μεταξύ του MG και DTC. Κατά τη σύγκριση του συστήματος DTC με τα συστήματα MedGraphics CPX Ultima, MedGem, Vmax Encore 29, TrueOne 2400 και Korr ReeVue, κανένα από αυτά δεν προσέγγισε την αξιοπιστία του DTC. Τα συστήματα Vmax και TrueOne απέδειξαν μεγαλύτερη εγκυρότητα σε σύγκριση με το DTC.

Αναφορικά με την ετερογένεια των αποτελεσμάτων η οποία προκύπτει από τις παραπάνω μελέτες σε σχέση με την αξιοπιστία και την ικανότητα πρόβλεψης των διαφόρων εξισώσεων, αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό μπορεί δυνητικά να οφείλεται στην ετερογένεια του ελεγχόμενου πληθυσμού, στις διαφορές των μεθόδων και τεχνικών που ακολουθήθηκαν, καθώς και στις διαφορετικές συσκευές θερμιδομετρίας που χρησιμοποιήθηκαν. Η πλειοψηφία των προγνωστικών εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού προτάθηκαν πριν από δεκαετίες και βασίζονται σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες με διαφορετικά βιολογικά και μεταβολικά χαρακτηριστικά από

αυτά του σημερινού πληθυσμού. Συνεπώς, η πραγματοποίηση περισσότερων μελετών είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό των πολύπλοκων και ποικίλων παραγόντων που περιλαμβάνονται στη διαφοροποίηση του BMR, έτσι ώστε οι επαγγελματίες υγείας να έχουν ένα πραγματικά ισχυρό εργαλείο για τη διαχείρισή του σωματικού βάρους.

Ως εκ τούτου, το έναυσμα για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης, αποτέλεσε η διαπίστωση απουσίας ερευνητικών δεδομένων για την αναζήτηση της ακρίβειας και εγκυρότητας των προγνωστικών εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού σε ελληνικό πληθυσμό, σε αντίθεση με την πληθώρα των διεθνών βιβλιογραφικών αναφορών.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## 2.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η αξιολόγηση της πιθανής συμφωνίας στην ακρίβεια και την απόλυτη απόκλιση, μεταξύ των τιμών που προέκυψαν από τις εξισώσεις πρόβλεψης βασικού μεταβολικού ρυθμού (BMR<sub>estimated</sub> (BMR<sub>e</sub>)) (Harris & Benedict, Roza & Shizgal, HB Abbreviated, Schofield, Owen, FAO-WHO-UNU, Mifflin, και Harrington) και των τιμών BMR που προέκυψαν από τη μέτρηση μέσω της συσκευής IC Fitmate (BMR measurement (BMR<sub>m</sub>)). Επιπλέον, στόχος της μελέτης ήταν ο προσδιορισμός των δυνητικών παραγόντων που επηρεάζουν την προβλεψιμότητα των εξισώσεων και τελικά η προσπάθεια να δημιουργηθεί μια νέα εξίσωση, που να μπορεί να ανταποκρίνεται καλύτερα στον πληθυσμό της μελέτης.

## 2.2 Υλικά- Μέθοδοι

### Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Όλες οι μετρήσεις έγιναν από εκπαιδευμένο και πιστοποιημένο διατροφολόγο-διαιτολόγο, με τυποποιημένο πρωτόκολλο.

Το σωματικό βάρος μετρήθηκε με διαβάθμιση βάρους 0,1 kg με Ζυγό Tanita (TBF-300A Total Body Composition Analyzer, Tokyo) χωρίς ρούχα και παπούτσια. Στους ελεγχόμενους δόθηκαν οδηγίες για αποφυγή κατανάλωσης αλκοόλ τουλάχιστον για 48 ώρες πριν τη μέτρηση, για αποφυγή έντονης αθλητικής άσκησης τις τελευταίες 12 ώρες, αποφυγή κατανάλωσης τροφής, καφέ, τσιγάρου και νερού για 4 ώρες και απόσταση 3 ωρών από τον ύπνο πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης.

Το ύψος μετρήθηκε με ακρίβεια 0,5 cm με αναστημόμετρο Seca (Seca, 213, Hamburg, Germany), με το καθιερωμένο πρωτόκολλο (χωρίς παπούτσια, με

ευθυσμό του κορμού, με τους γλουτούς, τους ώμους και το κεφάλι να αγγίζουν την κάθετη επιφάνεια του αναστημόμετρου και το βλέμμα σε οριζόντια ευθυγράμμιση).

Ως δείκτης διατροφικής κατάστασης με βάση τη μάζα (βάρος) και το ύψος του ατόμου, χρησιμοποιήθηκε ο ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης BMI, οποίος υπολογίζεται με το σωματικό βάρος σε kg, διαιρούμενο με το τετράγωνο του ύψους σε m (βάρος/ύψος<sup>2</sup> · kg/m<sup>2</sup>) [131].

Για λόγους συντομογραφίας, στατιστικής ευκολίας και έλλειψης ή χαμηλής παρουσίας των υπόλοιπων κατηγοριών, ο δείκτης BMI χωρίστηκε σε 5 αριθμητικές τιμές:

- 1 = κατηγορία κανονικού βάρους (BMI 18.5-24.9 Kg/m<sup>2</sup>),
- 2 = κατηγορία προ-παχυσαρκίας (BMI 25.0-29.9 Kg/m<sup>2</sup>)
- 3 = κατηγορία παχυσαρκίας I (BMI 30.0-34.9 Kg/m<sup>2</sup>)
- 4 = κατηγορία παχυσαρκίας II (BMI 35.0-39.9 Kg/m<sup>2</sup>)
- 5 = κατηγορία παχυσαρκίας III (BMI >40.0 Kg/m<sup>2</sup>)

#### **Δημογραφικά χαρακτηριστικά**

Το **εκπαιδευτικό επίπεδο** χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες σύμφωνα με το επίπεδο εκπαίδευσης που δηλώθηκε από τους συμμετέχοντες κατά τη χρονική στιγμή που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Έτσι, κατατάχθηκαν (α) στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όλοι εκείνοι οι οποίοι δεν ολοκλήρωσαν κάποιο κύκλο σπουδών ή ολοκλήρωσαν το δημοτικό σχολείο ή το γυμνάσιο ή κάποια κατώτερη σχολή, (β) στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, εκείνοι οι οποίοι δήλωσαν ότι τελείωσαν το λύκειο (γενικό, επαγγελματικό, τεχνικό, ενιαίο) ή κάποια μεταλυκειακή σχολή και (γ) στην

τριτοβάθμια εκπαίδευση, εκείνοι οι οποίοι ολοκλήρωσαν ανώτερες ή ανώτατες σπουδές.

Ο υπολογισμός της **ηλικίας** έγινε με βάση την ημερομηνία γέννησης κατά την ημέρα της εξέτασης, όπως αυτή εμφανίζονταν στην αστυνομική ταυτότητα ή στο βιβλιάριο υγείας, ή στο δίπλωμα οδήγησης. Τέλος, διαμορφώθηκαν πέντε ηλικιακές κατηγορίες

- I. 10-18 ετών,
- II. 19-30 ετών,
- III. 31-45 ετών,
- IV. 46-60 ετών,
- V. >60 ετών.

### **Μέτρηση μεταβολικού ρυθμού με συσκευή IC**

Στην παρούσα μελέτη, για τη μέτρηση του BMR χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Fitmate (desktop metabolic system, Cosmed). Η συσκευή αυτή, αποτελεί μια χρηστική λύση σε κλινικό και μη κλινικό περιβάλλον, η αξιοπιστία και το κύρος της οποίας έχει διερευνηθεί από σειρά μελετών [99, 100, 132] κι έχει χρησιμοποιηθεί σε έρευνες για τον προσδιορισμό της ενεργειακής πρόσληψης σε διάφορους πληθυσμούς [133, 134]. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με μάσκα που καλύπτει τη μύτη και το στόμα του ελεγχόμενου ατόμου, μετά από ολονύκτια νηστεία, απουσία ασθένειας ή λοίμωξης, με κατά το δυνατόν ελάχιστη συναισθηματική διαταραχή του ελεγχόμενου, σε ήρεμο περιβάλλον (απουσία θορύβων) σε άτομα με φυσιολογική κατάσταση θρέψης. Οι ελεγχόμενοι έλαβαν οδηγίες για 24ωρη αποχή από σωματική δραστηριότητα και 12ωρη αποχή από νικοτίνη, καφεΐνη και διεγερτικά, πριν από την

εξέταση. Ζητήθηκε από τους ελεγχόμενους να ξεκουραστούν σε ύπτια θέση σε στρώμα για 20 λεπτά και στη συνέχεια διεξήχθη η μέτρηση για 12 λεπτά, σε θερμοουδέτερο περιβάλλον (22°C έως 25°C). Τα πρώτα 5 λεπτά της μέτρησης παραλείφθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τα τελευταία 7 λεπτά [90].

### **Χρήση εξισώσεων Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού**

Για το BMR<sub>e</sub>, χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις Harris & Benedict (HB) [69], Roza and Shizgal [70], HB Abbreviated [78], Schofield [75], Owen [77], FAO-WHO-UNU (F/W/U) [74], Mifflin [71] και Harrington [76]. Κατόπιν, οι εξισώσεις ομαδοποιήθηκαν σε 5 κατηγορίες ανάλογα με τις παραμέτρους που περιείχαν (Πίνακας 12)

- I. Κατηγορία 1- βάρος, ύψος, ηλικία και φύλο (HB, Roza & Shizgal, Mifflin),
- II. Κατηγορία 2- βάρος, ύψος, ηλικιακή ομάδα και φύλο (FWU (1)),
- III. Κατηγορία 3, βάρος, φύλο και ηλικία (FWU (2) και Schofield),
- IV. Κατηγορία 4 - βάρος και φύλο (Owen and HB Abbreviated),
- V. Κατηγορία 5 - BMI, ηλικία και φύλο (Harrington)

### **2.3 Πληθυσμός μελέτης**

Σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα (Πίνακας 10) από 383 Καυκάσιους συμμετέχοντες (105 άνδρες και 278 γυναίκες), ηλικίας 10-77 ετών (μέσος όρος: 37.5 ± 14.4 ετών), με BMI από 16,6 έως 60.2 Kg /m<sup>2</sup> (μέσο όρο ηλικίας 30.5 Kg / m<sup>2</sup> ± 7.5 Kg / m<sup>2</sup>), με εύρος σωματικού βάρους μεταξύ 42.7 -177 Kg (μέση τιμή 85.3 Kg ± 23.2 Kg) και εύρος ύψους από 1.44 έως 1.98 m). Λίγες ομάδες συμμετεχόντων έλειπαν από το σύνολο του δείγματος (Πίνακας 11), όπως οι γυναίκες ηλικίας > 60 ετών στην κατηγορία του φυσιολογικού βάρους (BMI 18.5-

24.9), και οι άνδρες των ηλικιακών ομάδων 10-18 ετών και > 60 ετών, στην κατηγορία της παχυσαρκίας II (BMI 35-39.9). Επιπλέον, η κατηγορία των ελλιποβαρών (BMI < 18.5) δεν συμπεριλήφθηκε στη στατιστική ανάλυση λόγω του ιδιαίτερα χαμηλού αριθμού ατόμων στο δείγμα (n = 3).

Από τη μελέτη εξαιρέθηκαν άτομα

- I. με ενεργή λοίμωξη, πυρετό κ.ά.
- II. με βηματοδότη ή άλλες ιατρικές συσκευές
- III. με φαρμακευτική αγωγή που επηρεάζει το μεταβολικό ρυθμό
- IV. με ειδική δίαιτα
- V. με τρέχουσα κύηση, γαλουχία ή εμμηνορρυσία
- VI. και παιδιά ηλικίας κάτω των 10 ετών

#### **2.4 Μέγεθος δειγματοληψίας REv1**

Η διαδικασία δειγματοληψίας ακολούθησε την καταγραφή των πρώτων εισερχομένων που επισκέφθηκαν τυχαία ή ανά ημερομηνία το εργαστήριο, δημιουργώντας έτσι μια φυσική διαδοχή των αριθμών δειγματοληψίας (αναγνώρισης). Μια προκαταρκτική μελέτη με τους πρώτους 150 εισερχόμενους συμμετέχοντες, έδειξε γενικώς αποδεκτά αποτελέσματα για την ποσοστιαία απόκλιση του BMR<sub>m</sub> από το BMR<sub>e</sub>, αλλά όχι και για τις στατιστικές μεθόδους, που προορίζονταν για τις αναλύσεις των φυσικών μεταβλητών. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε ο υπερδιπλασιασμός του μεγέθους της δειγματοληψίας για λόγους ασφαλείας.

## 2.5 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα BMR<sub>m</sub> συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες τιμές BMR<sub>e</sub>, σύμφωνα με τον τύπο  $|μέση (BMR_m) - μέση (BMR_e)|$  (τον αποκαλούμενο ως απόλυτη μεροληψία ή παρέκκλιση- bias) [136]. Η εκατοστιαία απόκλιση των εκτιμώμενων τιμών (γνωστή ως ακρίβεια) εκφράστηκε ως η απόλυτη παρέκκλιση, διαιρούμενη με τη μέση τιμή (BMR<sub>e</sub>) και πολλαπλασιασμένη επί 100. Η εκατοστιαία απόκλιση των τιμών BMR<sub>m</sub> υπολογίστηκε με παρόμοιο τρόπο (απόλυτη παρέκκλιση διαιρούμενη με μέση τιμή (BMR<sub>m</sub>) επί 100). Υψηλότερες τιμές υποδεικνύουν χαμηλότερη ακρίβεια και γενικά αποκλίσεις κάτω του 10%, είναι ενδεικτικές της επαρκούς ακρίβειας. Οι απόλυτες παρεκκλίσεις του BMR (σε επίπεδο ατομικών μετρήσεων) εξετάστηκαν ως εξαρτημένη μεταβλητή σε σχέση με τις κατηγορίες BMI, ηλικιακών ομάδων και φύλου, εφαρμόζοντας την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης και την προοδευτική απαλοιφή (backward elimination) των μη στατιστικά σημαντικών ανεξάρτητων μεταβλητών που εισέρχονται στο μοντέλο προς εξέταση [135]. Η εξίσωση της παλινδρόμησης αποπειράθηκε σε όλες της μεθόδους εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού. Η στήλη των παρεκκλίσεων μετασχηματίστηκε με στόχο την προσέγγιση των στοιχείων στην κανονική κατανομή με συντελεστές λ, οι οποίοι στις διάφορες μεθόδους εκτίμησης κυμαίνονταν μεταξύ 0.34 και 0.41 (ζώνη του logX και  $\sqrt{X}$ ). Επίσης, τα φυσικά χαρακτηριστικά που εκφράζονται ανά ηλικιακές ομάδες, φύλο και επίπεδο εκπαίδευσης, διασταυρώθηκαν με τις κατηγορίες BMI, χρησιμοποιώντας την δοκιμασία  $\chi^2$  του Pearson για την ανίχνευση πιθανής αλληλεπίδρασης μεταξύ τους (έλεγχος της ανεξαρτησίας των μεταβλητών). Οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές ελέγχθηκαν χρησιμοποιώντας τα τυποποιημένα υπολείμματα (st. Res). Τιμές μεγαλύτερες από  $|2|$  δείχνουν σημαντική επίδραση. Τέλος, αποπειράθηκε η

καθιέρωση μιας εξίσωσης παλινδρόμησης μεταξύ του BMR της IC ως εξαρτημένη μεταβλητή και των ανεξάρτητων κατηγοριών BMI, όπως η βιβλιογραφία δείχνει την ύπαρξη μιας τέτοιας σχέσης [36,137,138]. Όλες οι στατιστικές αναλύσεις εκτελέστηκαν από το στατιστικό λογισμικό Minitab 17 (Minitab Inc., Pennsylvania, USA).



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### 3.1 Αποτελέσματα

Οι συγκρίσεις μεταξύ των τιμών BMR<sub>m</sub> και εκείνων των εξισώσεων πρόβλεψης παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Σε όλες τις περιπτώσεις, τα διαστήματα εμπιστοσύνης 95% των μέσων παρεκκλίσεων που δεν περιλαμβάνουν το μηδέν, σημαίνει ότι δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συμφωνία, μεταξύ του IC BMR<sub>m</sub> και του υπολογιζόμενου BMR<sub>e</sub>. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ότι μια σημαντική προσέγγιση προς την εμφάνιση συμφωνίας της παρούσης συσκευής με σχεδόν όλες τις σχετικές εξισώσεις διαμορφώνεται αν εξετάσουμε τις τιμές με τα κατώτερα 95% όρια εμπιστοσύνης των παρεκκλίσεων. Αυτή η τάση μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω αυξάνοντας το μέγεθος του δείγματος και λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις επιδράσεις των φύλων και των ηλικιακών ομάδων στη διαμόρφωση των εξισώσεων. Η ποσοστιαία απόκλιση είτε BMR<sub>m</sub> είτε BMR<sub>e</sub> ήταν μικρότερη από την ευρέως αποδεκτή 10%, σε επτά από τις εννιά εξισώσεις Πίνακας 13.

Η εξίσωση Harrington, βρέθηκε η πιο αξιόπιστη σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης (2.3% και 2.2% αντιστοίχως) ενώ οι εξισώσεις F/W/U (1) και H-B (Abbr) ήταν οι λιγότερο αποδεκτές. Υπενθυμίζεται ότι η μέγιστη προσέγγιση της συσκευής ως προς την παρέκκλιση και συμφωνία (ταύτιση) με τον τύπο του Harrington πραγματοποιήθηκε με την προσθήκη του BMI, την ηλικία και το φύλο (+37 μονάδες απόκλισης, CI = 2.0-71.2) ενώ στην ελάχιστη προσέγγιση με τον τύπο H-B Abbr. ενσωματώθηκε το βάρος και το φύλο (+388 kcal). Όλες οι παρεκκλίσεις υπερεκτίμησαν το RMR (θετικές τιμές) εκτός από τον τύπο Owen (-82 μονάδες, ακρίβεια 5.1%) και κυμαίνονταν μεταξύ -82 και +388 kcal / ημέρα (για τον τύπο H-B (Abbr)). Η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης έδειξε ότι η απόκριση της απόλυτης παρέκκλισης επηρεάζεται μόνο από 4 εξισώσεις πρόβλεψης (Πίνακας 14). Από το

BMI επηρεάζονται οι εξισώσεις H-B Abrev., Owen, Schofield και F/W/U (2), από το φύλο οι εξισώσεις Owen και F/W/U (2) και από την ηλικιακή ομάδα η εξίσωση F/W/U (2). Τα αποτελέσματα διασαφηνίζονται καλύτερα στην [Εικόνα 1](#) στην οποία, πρωτίστως, ο BMI αυξάνει την απόλυτη παρέκκλιση με την αύξηση των κατηγοριών BMI, ειδικότερα, από την κατηγορία παχυσαρκίας I και προς τα πάνω. Αυτή η αυξανόμενη τάση απόκρισης της απόκλισης απεικονίζεται σαφέστερα στην εξίσωση H-B Abrev. σε όλες τις κατηγορίες BMI, προσεγγίζοντας ένα μεγάλο μέγεθος διαφοράς 600 μονάδων (800-200). Οι άρρενες ανταποκρίνονται εντονότερα στην παρέκκλιση χρησιμοποιώντας την εξίσωση F/W/U (2) συγκριτικά με την εξίσωση Owen. Στην τελευταία, η απόκλιση της απόκρισης, αυξάνεται σταθερά με την ηλικιακή ομάδα μετά το σημείο όπου τα άτομα φθάνουν την ηλικία των 30-45 ετών.

Στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα (εξαρτήσεις) εντοπίστηκαν μεταξύ των κατηγοριών BMI, φύλου, ηλικιακών ομάδων και επιπέδου εκπαίδευσης ([Πίνακας 15](#)). Οι άρρενες, συνολικά, συναντώνται συχνότερα στην κατηγορία BMI >40 Kg/m<sup>2</sup> (st. Res = + 2.12) και σπανιότερα (st. Res = -2.74) στην κατηγορία BMI του υγιούς βάρους (BMI 18,5 - 24,9 Kg/m<sup>2</sup>).

Όσον αφορά τις **ηλικιακές ομάδες**, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία τα οποία δείχνουν ότι η κατηγορία BMI υγιούς βάρους συναντάται σπάνια στις ηλικίες άνω των 60 ετών (st. Res = -2.14). Στους νέους ηλικίας 10-18 και στην ηλικιακή ομάδα άνω των 60 ετών, συναντάται συχνότερα η κατηγορία BMI της σοβαρής παχυσαρκίας (BMI>40 Kg/m<sup>2</sup>) (st. Res = + 2.84)), ενώ στην ηλικιακή ομάδα 19-30 ετών, η ίδια κατηγορία BMI (>40Kg/m<sup>2</sup>) εμφανίζεται σπανιότερα (st. Res = - 2.12).

Τα άτομα με υψηλό μορφωτικό επίπεδο (τριτοβάθμια εκπαίδευση) συναντώνται συχνότερα από το αναμενόμενο, όταν διασταυρώνονται με την κατηγορία BMI κανονικού βάρους (st. Res = + 2.03).

Οι κατηγορίες BMI και η εκτιμώμενη BMRm εξετάστηκαν περαιτέρω για πιθανή γραμμική τάση χρησιμοποιώντας την ανάλυση παλινδρόμησης μετά από λογαριθμικό μετασχηματισμό προκειμένου να συμμορφωθούν με τις προϋποθέσεις της κανονικής κατανομής. Η απόκριση BMRm μειώνεται γραμμικά με την αύξηση του σωματικού βάρους, ξεκινώντας από 21.7 Kcal/KgBW/day και καταλήγοντας σε 17.0 Kcal/KgBW/day (Εικόνα 2A, Πίνακας 16). Εκφραστικά, περισσότερες θερμίδες ανά Kg /BW καταναλώνονται από τα άτομα που ανήκουν στην κατηγορία του κανονικού (υγιούς) βάρους από εκείνα που ανήκουν σε υψηλότερες κατηγορίες BMI. Επιπλέον, η πτώση είναι στατιστικά σημαντική μεταξύ των κατηγοριών BMI 18.5-24.9Kg/m<sup>2</sup> και BMI 25-29.9 Kg/m<sup>2</sup>, όπως υποδηλώνουν τα μη αλληλοεπικαλυπτόμενα 95% όρια εμπιστοσύνης (Πίνακας 16).

Η βέλτιστη γραμμή παλινδρόμησης περιγράφεται από την λογαριθμική εξίσωση:  $BMR (Kcal / Kg BW / 24h) = 21.53x (BMI)^{-0.152} (R^2 = 98.9\%)$

ή σε γραμμική μορφή:  $\log_{10} (BMR) = 1.333 - 0.1522 \times \log_{10} (BMI)$

Η παραπάνω εξίσωση εξηγεί ότι η αύξηση του BMI κατά 1 κατηγορία προκαλεί μείωση του BMR ίση με 0.1522 Kcal/KgBW/ημέρα.

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να διευρυνθεί περαιτέρω διαχωρίζοντας το φύλο σε άρρενες (Σχήμα 2B):

$BMR_{males} (Kcal / Kg BW / 24h) = 25.41 \times (BMI)^{-0.2115} (R^2 = 91.9\%)$

και  $\log_{10} (BMR_{males}) = 1.405 - 0.2115 \times \log_{10} (BMI)$

και θήλυς (Εικόνα 2b) )

$BMR_{females} (Kcal/Kg BW/24h) = 21.09 \times (BMI)^{-0.1786} (R^2 = 97.8\%)$

και  $\log_{10} (BMR_{females}) = 1.324 - 0.1786 \times \log_{10} (BMI)$ .

Η διαμόρφωση/σχηματισμός των παραπάνω εξισώσεων απεικονίζεται στον Πίνακα 17.

### 3.2 Συζήτηση

Ο καθορισμός συμφωνίας μεταξύ BMRm και BMRe βασίστηκε εν μέρει στη μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας του Michels et al [136]. Η παρούσα μελέτη συνέκρινε τις εξισώσεις πρόβλεψης με βάση τους συγκεκριμένους παράγοντες, που χρησιμοποιούνται συνήθως (βάρος, ύψος, ηλικία, φύλο, BMI) και εξέτασε την προβλεπτική αξιοπιστία των απαντήσεών τους. Ειδικότερα, η μελέτη υποστηρίζει ευρήματα προηγούμενων εργασιών, που έδειξαν ότι η χρήση του BMI, που περιλαμβάνει όλους τους ιστούς του σώματος (μέσω της χρήσης του σωματικού βάρους διαιρούμενου με το τετράγωνο του ύψους), καθιστά τις εξισώσεις πιο αξιόπιστες [36, 137].

Τα ευρήματα αυτής της μελέτης, συμφωνούν με σχετικές έρευνες, οι οποίες υποστηρίζουν ότι τα χαρακτηριστικά του φύλου, της ηλικίας, του ύψους και του σωματικού βάρους, συσχετίζονται με το μεταβολικό ρυθμό. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν εύκολα να καταγραφούν και έχει αναφερθεί η σημαντική επίδρασή τους στην αξιοπιστία των εξισώσεων [37, 137-139]. Ακόμη, βρέθηκε μια στενή προσέγγιση αλλά όχι σημαντική όσον αφορά τη συμφωνία των εξισώσεων που χρησιμοποιούν μεταβλητές όπως το βάρος, το ύψος και το φύλο, ενώ περιορίζεται με την ενσωμάτωση των ηλικιακών ομάδων, ως πρόσθετου παράγοντα συνδιαμόρφωσης.

Ενδιαφέρον εύρημα της παρούσας μελέτης αποτελεί η επιβεβαίωση ευρημάτων προηγούμενων μελετών που θεωρούν την ηλικία ως ένα σημαντικό παράγοντα που αυξάνει την προβλεψιμότητα των εξισώσεων [96], πιθανά λόγω των τροποποιήσεων των μεμονωμένων ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών που εμφανίζονται με την πάροδο του χρόνου, όπως η σύνθεση του σώματος [37, 41] και ο ρυθμός

μεταβολισμού οργάνων και ιστών, τα οποία δύναται να ασκήσουν περαιτέρω επιρροή στο μεταβολικό ρυθμό [140 , 141].

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής, είναι σε καλή συμφωνία με τα ευρήματα ερευνών που υποστηρίζουν την αντίστροφη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού επιπέδου και BMI, όπως στη NHANES 1999/2000 [142], στη μελέτη WHO MONICA [143], EPIC-PANACEA [144] και πολλές άλλες [145, 146].

Όπως φάνηκε από τα συνολικά ευρήματα, η παρούσα μελέτη δείχνει σταθερά και σημαντικά υψηλότερες τιμές BMR στα άτομα με χαμηλότερο BMI, κυρίως στην κατηγορία των νορμοβαρών και εμφανίζει τις τιμές να βαίνουν πιο ομαλά μειούμενες (με λογαριθμικό γραμμικό τρόπο) από την κατηγορία των υπέρβαρων, στην κατηγορία της παχυσαρκίας III (χωρίς να λαμβάνει υπόψη την επιμέρους ανάλυση σύστασης του σώματος (FM and FFM)), ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών που αναφέρουν ότι τα άτομα με αυξημένο BMI παρουσιάζουν χαμηλότερο BMR [147].

Η προτεινόμενη λογαριθμική εξίσωση, που δημιουργήθηκε στη μελέτη αυτή, βασίστηκε στην επίδραση του BMI στις αποκρίσεις BMR που ελήφθησαν από τη συσκευή IC. Ο παράγοντας φύλο, που παρέχει αξιόπιστες εκτιμήσεις και για τα δύο φύλα (καθορισμένοι συντελεστές μεγαλύτεροι από 90%), ενσωματώθηκε επίσης στην εξίσωση. Γεγονός που υποστηρίζεται και από πολλές άλλες μελέτες [144], πιθανά λόγω της διαφορετικής κατανομής των FM [37] και FFM [37-150], αλλά και των διαφορετικών ορμονικών παραγόντων [151].

Ωστόσο, οι μαθηματικές εξισώσεις BMR (BMI) που δημιουργήθηκαν δεν είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες από την άποψη του πρακτικού επιπέδου ατομικών

υπολογισμών, καθώς η αξιοπιστία τους περιορίζεται σε επίπεδο ομάδας (κατηγορίες BMI).

### 3.3 Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν ότι όλες οι ελεγχόμενες εξισώσεις υπερεκτίμησαν το BMR εκτός από την εξίσωση Owen η οποία κατέγραψε υποεκτίμηση του BMR. Από όλες τις γνωστές εξισώσεις που δοκιμάστηκαν, η εξίσωση Harrington (βασισμένη σε BMI, ηλικία και φύλο), αποδείχτηκε ότι είναι η πλέον κατάλληλη για την πρόβλεψη του BMR του ελεγχόμενου πληθυσμού.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούν μεταβλητές, όπως βάρος, ύψος, ηλικία και φύλο, έδειξαν μεγαλύτερη συμφωνία από τις εξισώσεις που χρησιμοποιούν μόνο το βάρος και το φύλο. Το υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο συσχετίστηκε θετικά με το φυσιολογικό βάρος, ενώ υψηλότερη θερμιδική αναλογία βρέθηκε στην κατηγορία των ατόμων φυσιολογικού βάρους. Παρατηρήθηκε επίσης μια αντίστροφη σχέση μεταξύ BMI και BMR.

Οι νέες εξισώσεις που αναπτύχθηκαν σε αυτή τη μελέτη, δημιουργούν μια βάση για περαιτέρω έρευνα, καθώς θα πρέπει να δοκιμαστούν και να επικυρωθούν με ένα μεγαλύτερο ανεξάρτητο δείγμα, με διαφορετικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.

### 3.4 Πρακτικές εφαρμογές

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης είναι ιδιαίτερα σημαντικά καθώς τα στοιχεία που παρουσιάζονται

- I. παρέχουν στη διεθνή βιβλιογραφία, πληροφορίες σχετικά με την αξιολόγηση των εξισώσεων πρόβλεψης BMR, σε δείγμα ελληνικού πληθυσμού
- II. παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την αναγκαιότητα εξέτασης του BMI στις εξισώσεις πρόβλεψης του BMR, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη απόδοση και στενότερη συμφωνία μέτρησης με τις διάφορες συσκευές μέτρησης μεταβολικού ρυθμού.
- III. παρέχουν δεδομένα σχετικά με το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν στην απόλυτη παρέκκλιση της απόκρισης ορισμένων εξισώσεων BMR, οι μεταβλητές της ηλικιακής ομάδας και του φύλου
- IV. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση διαφορών μεταξύ κατηγοριών BMI
- V. προάγουν την καλύτερη κατανόηση των μετρούμενων παραμέτρων, αυξάνοντας την προβλεπτική αξιοπιστία των εξισώσεων
- VI. υποστηρίζουν τις ενδείξεις που σχετίζονται με τη συστηματική υπερεκτίμηση και υποεκτίμηση των εξισώσεων πρόβλεψης
- VII. επιβεβαιώνουν τις προηγούμενες αναφορές για την καλά εδραιωμένη αντίστροφη σχέση μεταξύ BMI και BMR
- VIII. ενισχύουν τις αναφορές για τις σχετικά υψηλότερες θερμοδικές απαιτήσεις στις χαμηλότερες κατηγορίες BMI
- IX. ενισχύουν τη θεωρία η οποία συνδέει στενά το ανώτερο επίπεδο εκπαίδευσης με το φυσιολογικό (υγιές) βάρος.
- X. παρέχουν δεδομένα νέων εξισώσεων πρόβλεψης μεταβολικού ρυθμού, οι οποίες αναπτύχθηκαν με βάση τον ελληνικό πληθυσμό



- XI. δημιουργούν μια σημαντική βάση για περαιτέρω διερεύνηση των αποτελεσμάτων τους και ανάπτυξη νέων εξισώσεων

### 3.5 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί της Έρευνας

Ένα από τα **πλεονέκτημα** της παρούσας μελέτης σχετίζεται με τον επαρκή αριθμό του πληθυσμού της μελέτης. Επιπλέον πλεονεκτήματα, αφορούν, τη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε και την πλήρη συμμόρφωση στα πρωτόκολλα, σε ότι αφορά τις συνθήκες μέτρησης, ρύθμισης της συσκευής και παροχής των κατάλληλων οδηγιών στους συμμετέχοντες. Αναλυτικότερα, αναφέρεται ότι η συσκευή φορητής θερμιδομετρίας Fitmate η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, έχει αποδειχθεί μέσω πολυάριθμων μελετών ότι παρέχει γενικά μια ισχυρή αξιολόγηση BMR [152]. Ωστόσο, για να αποφευχθούν σφάλματα μέτρησης, πρέπει να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση με τα πρωτόκολλα [153]. Οι βέλτιστες πρακτικές πριν από τη μέτρηση περιλαμβάνουν, την καλή υγεία του ελεγχόμενου ατόμου, την κατάλληλη περίοδο νηστείας, την αποχή από τη νικοτίνη και την καφεΐνη και τον περιορισμό της σωματικής δραστηριότητας. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης, οι βέλτιστες πρακτικές αφορούν: τη διασφάλιση των κατάλληλων περιβαλλοντικών συνθηκών του περιβάλλοντος της μέτρησης (θερμοκρασία, έλλειψη θορύβου), την κατάλληλη θέση του σώματος, την περίοδο ανάπαυσης πριν από την έναρξη της μέτρησης, την ώρα της ημέρας, αλλά και την επιλογή της ημέρας προς εξέταση. Από τη χρήση της συσκευής, τα αίτια που μπορούν να αλλάξουν τη μέτρηση είναι κυρίως: η διάρκεια της μέτρησης, ο χρόνος απόρριψης και ο ρυθμός αναπνοής (RQ) (ο οποίος ρυθμίζεται στο 0,85 από προεπιλογή ή μπορεί να ρυθμιστεί από το χρήστη και τον τύπο των συσκευών συλλογής αερίων) [153].

Οι **περιορισμοί** της έρευνας αφορούν την έλλειψη από το πληθυσμιακό δείγμα (α) των ελλιποβαρών (β) των γυναικών άνω των 60 ετών της κατηγορίας φυσιολογικού βάρους (BMI: 18.5-24.9 Kg/m<sup>2</sup>), (γ) των ανδρών άνω των 60 ετών της κατηγορίας της παχυσαρκίας II (BMI: 35 - 39.9.9 Kg/m<sup>2</sup>) και (δ) των αγοριών 10-18 ετών της ίδιας κατηγορίας (BMI: 35 - 39.9.9 Kg/m<sup>2</sup>). Ακόμη, ένας περιορισμός αφορά την ένταξη στο δείγμα παιδιών ηλικιακής ομάδας 10-18 ετών, αν και η συμμετοχή τους αφορούσε μόλις το 7% του συνολικού δείγματος. Επιπλέον, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η χρήση της μάσκας σιλκόνης που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη υστερεί από εκείνη του κελύφους (Canopy). Ακόμη, δεν καταγράφηκε η περίοδος μέτρησης του BMR (εποχή του χρόνου), καθώς δεν έχουν αναφερθεί μεταβολές του μεταβολικού ρυθμού λόγω των εποχιακών αλλαγών σε ανθρώπους που ζουν σε ένα σύγχρονο δυτικό περιβάλλον και δεν εκτίθενται σε κρύο κλίμα.

### 3.6 Προοπτική

Σχεδιάζεται μελλοντικά νέα έρευνα, στην οποία το πληθυσμιακό δείγμα θα προσεγγίζει την κατανομή του ελληνικού πληθυσμού προς τις ηλικιακές ομάδες και το φύλο, θα περιλαμβάνει όλες τις κατηγορίες BMI, ενώ η μέτρηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού θα πραγματοποιηθεί με συσκευή μέτρησης του αναπνευστικού πηλίκου (respiratory quotient: RQ) ή της αναλογίας ανταλλαγής αναπνευστικών αερίων RER (respiratory exchange ratio) ( $RER = VCO_2\text{produced} / VO_2\text{consumed}$ ). Για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων, σχεδιάζεται πραγματοποίηση δυο μετρήσεων για τον κάθε συμμετέχοντα (σε ένα εύλογο μεσοδιάστημα). Σε περίπτωση μεγάλης διαφοράς μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης, θα πραγματοποιείται και τρίτη μέτρηση. Από τις μετρήσεις αυτές, θα χρησιμοποιείται τελικά ο μέσος όρος των δυο πλησιέστερων μετρήσεων. Επιπλέον, θα

χρησιμοποιηθούν και άλλες στατιστικές μέθοδοι συσχέτισης (Spearman's and Kendall's tau-b correlation) και ανάλυσης (Bland-Altman), για την αξιολόγηση της συμφωνίας μεταξύ RMRe και RMRm. Στόχος της νέας αυτής ερευνητικής μελέτης θα είναι η προσπάθεια δημιουργίας μιας νέας εξίσωσης, που να προσεγγίζει το BMRm του σύγχρονου ελληνικού πληθυσμού, σε ατομικό επίπεδο.

### **3.7 Προτάσεις**

Επιβεβλημένες θεωρούνται επιπλέον έρευνες σε ικανό στατιστικό πληθυσμιακό δείγμα της Ελλάδας, ώστε να θα διερευνηθούν περαιτέρω οι παράγοντες που ασκούν επίδραση στο μεταβολικό ρυθμό.

### **Χρηματοδότηση**

Η έρευνα αυτή δεν έλαβε καμία ειδική επιχορήγηση από οργανισμούς χρηματοδότησης στους δημόσιους, εμπορικούς ή μη κερδοσκοπικούς τομείς.

### **Ανταγωνιστικά συμφέροντα**

Η συγγραφέας δεν έχει καμία σύγκρουση συμφερόντων να δηλώσει.

---

## Βιβλιογραφία

1. Astrup A, Gotzsche PC, van de Werken K, Thomas McCurdy. Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69 (6):1117–1122.
2. Henry CJ. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr.* 2005; 8 (7A):1133–1152.
3. Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences, National Research Council. *Recommended Dietary Allowances, 10th ed.* Washington, DC: National Academy Press, 1989;24-38
4. Elia M. Energy expenditure in whole body. In: Kinney MJ, Tucker HN (eds). *Energy Metabolism.* Raven Press: New York, 1992; pp 19–60.
5. Müller MJ, Geisler C, Hübers M, Pourhassan M, Braun W, Bosy-Westphal A. Normalizing resting energy expenditure across the life course in humans: challenges and hopes. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2018; 72:628–637 <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0151-95>
6. Bogardus C, Lillioja S, Ravussin E, Abbott W, Zawadzki J, Young A, et al. Familial Dependence of the Resting Metabolic Rate. *N Engl J Med.* 1986; 315:96-100. doi:10.1056/NEJM198612253152613
7. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(5):941-8. DOI:10.1093/ajcn/82.5.941

- 
8. Otterstetter R, Miller B, Fridline M, et al. RMR Estimation Model Accuracy Using Air Displacement Plethysmography-Derived Body Composition Measures in Young Adults, *Journal of the American College of Nutrition*. 2015; 0:1-7. DOI:10.1080/07315724.2015.1005196.
  9. Black AE, Coward WA, Cole TJ, Prentice AM. Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur J Clin Nutr*. 1996; 50:72-92.
  10. Liu HY, Lu YF, Chen WJ. Predictive equations for basal metabolic rate in Chinese adults: a cross-validation study. *J Am Diet Assoc*. 1995; 95:1403-8. doi:10.1016/S0002-8223(95)00369-X
  11. Cheng Y, Yang X, Na LX, Li Y, Sun CH. Gender- and Age-Specific REE and REE/FFM Distributions in Healthy Chinese Adults. *Nutrients*. 2016; 8 (9). pii: E536. doi: 10.3390/nu8090536.
  12. Douglas CC, Lawrence JC, Bush NC, Oster RA, Gower BA, Darnell BE. Ability of the Harris Benedict formula to predict energy requirements differs with weight history and ethnicity. *Nutr Res*. 2007; 27(4): 194–199. doi:10.1016/j.nutres.2007.01.016.
  13. Hellwege JN, Velez Edwards DR, Acra S, Chen K, Buchowski MS, Edwards TL. Association of gene coding variation and resting metabolic rate in a multi-ethnic sample of children and adults. *BMC Obesity*. 2017; 4:12. doi: 10.1186/s40608-017-0145-5

- 
14. Henry CJ. Mechanisms of changes in basal metabolism during ageing. *Eur J Clin Nutr.* 2000; 54:S77-91.
  15. Karl JP, Roberts SB, Schaefer EJ, Gleason JA, Fuss P, Rasmussen H, et al. Effects of carbohydrate quantity and glycemic index on resting metabolic rate and body composition during weight loss. *Obesity (Silver Spring).* 2015; 23:2190-8. doi: 10.1002/oby.21268.
  16. Santa-Clara H, Szymanski L, Ordille T, Fernhall B. Effects of exercise training on resting metabolic rate in postmenopausal African American and Caucasian women. *Metabolism.* 2006; 55:1358-64. doi:10.1016/j.metabol.2006.06.006
  17. Aristizabal JC, Freidenreich DJ, Volk BM, Kupchak BR, Saenz C, Maresh CM, et al. Effect of resistance training on resting metabolic rate and its estimation by a dual-energy X-ray absorptiometry metabolic map. *Eur J Clin Nutr.* 2015; 69:831-6. doi: 10.1038/ejcn.2014.216.
  18. Müller MJ, Langemann D, Gehrke I, Later W, Heller M, Glüer CC, et al. Effect of constitution on mass of individual organs and their association with metabolic rate in humans - a detailed view on allometric scaling. *PLoS ONE.* 2011; 6(7):e22732. . doi: 10.1371/journal.pone.0022732
  19. Ravussin E, Swinburn BA. 1996. Energy expenditure and obesity. *Diab. Rev.* 4: 403–422.
  20. Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR. *Modern nutrition in health and disease.* Eleventh Edition. 2014. Lippincott Williams & Wilkins; Baltimore/Philadelphia; pp, 88-101.

- 
21. Danforth E. Diet and obesity. *Am J Clin Nutr.* 1985;41:1132-45
  22. Djafarian K, Speakman JR, Stewart J, Jackson DM. Body composition and basal metabolic rate in pre-school children: no sex difference. *J Nutr Sci & Diet* 2015; 1(2): 86-92.
  23. Shook RP, Hand GA, Paluch AE, Wang X, Moran R, Hébert JR, et al. High respiratory quotient is associated with increases in body weight and fat mass in young adults. *Eur J Clin Nutr.* 2016; 70:1197-202. doi: 10.1038/ejcn.2015.198.
  24. Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, et al. A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr.* 1987; 46:875-85. doi: 10.1093/ajcn/46.6.875
  25. Speakman JR, Selman C. Physical activity and resting metabolic rate. *Proc Nutr Soc.* 2003; 62:621-34.
  26. Butte NF, Caballero BH. Energy needs: Assessment and requirements. In *Modern Nutrition in Health and Disease*. Eleventh Edition. 2012. (pp. 88-101). Wolters Kluwer Health Adis (ESP).
  27. Lovejoy JC, Champagne CM, Smith SR, de Jonge L, Xie H. Ethnic differences in dietary intakes, physical activity, and energy expenditure in middleaged, premenopausal women: the Healthy Transitions Study. *Am J Clin Nutr* 2001 ;74 (1): 90-5. DOI:10.1093/ajcn/74.1.90
  28. Gannon B, DiPietro L, Poehlman ET. Do African Americans have lower energy expenditure than Caucasians? *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000; 24(1): 4-13.

- 
- 29.** Cole TJ, Henry CJ. The Oxford Brookes basal metabolic rate database – a reanalysis. *Public Health Nutr.* 2005; 8:1202-12.
- 30.** Taousani E, Savvaki D, Tsirou E, Poulakos P, Mintziori G, Zafrakas M, et al. Regulation of basal metabolic rate in uncomplicated pregnancy and in gestational diabetes mellitus. *Hormones (Athens).* 2017; 16(3):235-250. doi: 10.14310/horm.2002.1743.
- 31.** Bosy-Westphal A, Wolf A, Bührens F, Hitze B, Czech N, Mönig H, et al. Familial influences and obesity-associated metabolic risk factors contribute to the variation in resting energy expenditure: the Kiel Obesity Prevention Study. *Am J Clin Nutr.* 2008; 87(6):1695-701. DOI:10.1093/ajcn/87.6.1695
- 32.** Weinsier RL, Hunter GR, Heini AF, Goran MI, Sell SM. The Etiology of Obesity: Relative Contribution of Metabolic Factors, Diet, and Physical Activity. *Am J Med.* 1998; 105:145–150. doi.org/10.1016/S0002-9343(98)00190-9
- 33.** Andrea C, Buchholz M, Rafii, Pencharz PB. Is resting metabolic rate different between men and women? *British Journal of Nutrition.* 2001; 86(6):641-6. <https://doi.org/10.1079/BJN2001471>
- 34.** Arciero PJ, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *J Appl Physiol (1985).* 1993;75(6):2514-20. doi:10.1152/jappl.1993.75.6.2514
- 35.** Poehlman ET, Toth MJ, Ades PA, Calles-Escandon J. Gender differences in resting metabolic rate and noradrenaline kinetics in older individuals. *Eur J Clin Invest.* 1997;27(1):23-8.
-



- 
- 36.** Park Jin, Park H.J, So Y W. Relationship between bioelectrical impedance-derived estimates of basal metabolic rate and body composition parameters in female Korean college students. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 2015; 37:87-98
- 37.** Lazzer S, Bedogni G, Lafortuna CL, Marazzi N, Busti C, Galli R, et al. Relationship Between Basal Metabolic Rate, Gender, Age, and Body Composition in 8,780 White Obese Subjects. *Obesity*. 2010; 18:71–8. doi: 10.1038/oby.2009.162
- 38.** Keys A, Taylor HL, Grande F. Basal metabolism and age of adult man. *Metab Clin Exp*. 22(4):579-87.
- 39.** Todd M. Manini. Energy Expenditure and Aging. *Ageing Res Rev*. 2010; 9(1): 1. doi:10.1016/j.arr.2009.08.002.
- 40.** Yu DN, Xian TZ, Wang LJ, Cheng B, Sun MX, Guo LX. Analysis of body composition and resting metabolic rate of 858 middle-aged and elderly people in urban area of Beijing. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*. 2018; 39(5):686-688. doi: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.05.029.
- 41.** Geisler C, Braun W, Pourhassan M, Schweitzer L, Glüer CC, Bosy-Westphal A., et al. Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians. *Nutrients*. 2016; 1:8. pii: E322. doi: 10.3390/nu8060322.
- 42.** Ruggiero C, Metter EJ, Melenovsky V, Cherubini A, Najjar SS, Ble A, et al. High basal metabolic rate is a risk factor for mortality: The baltimore longitudinal

---

study of aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2008; 63:698-706.  
doi:10.1093/gerona/63.7.698

**43.** Fabbri E, An Y, Schrack JA, Gonzalez-Freire M, Zoli M, Simonsick EM, et al. Energy metabolism and the burden of multimorbidity in older adults: Results from the baltimore longitudinal study of aging. *J. Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2015; 70:1297-303. doi:10.1093/gerona/glu209.

**44.** Gallagher D, Belmonte D, Deurenberg P, Wang Z, Krasnow N, Pi-Sunyer FX, et al. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. *Am J Physiol.* 1998; 275(2):E249-58. doi: 10.1152/ajpendo.1998.275.2.E249.

**45.** Ravussin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am J Clin Nutr.* 1989; 49(5 Suppl):968-75. doi: 10.1093/ajcn/49.5.968.

**46.** Mahan L Kathleen, Raymond L Janice. *Krause's Food & the Nutrition Care Process.* 14 ed. Canada: Elsevier. 2017.

**47.** Censi L, Toti E, Pastore G, Ferro-Luzzi A. The basal metabolic rate and energy cost of standardised walking of short and tall men. *European Journal of Clinical Nutrition.* 1998; 52(6):441-6. doi: 10.1038/sj.ejcn.1600585

**48.** Schulz TJ, Tseng YH. Brown adipose tissue: development, metabolism and beyond. *Biochem J.* 2013; 453(2): 10. doi: 10.1042/BJ20130457

- 
- 49.** Cypess AM, Kahn CR. The Role and Importance of Brown Adipose Tissue in Energy Homeostasis. *Curr Opin Pediatr.* 2010; 22(4): 478–84. doi: 10.1097/MOP.0b013e32833a8d6e
- 50.** Tataranni PA, Larson DE, Ravussin E. Body fat distribution and energy metabolism in obese men and women. *J Am Coll Nutr.* 1994;13(6):569-74.
- 51.** Welle S, Campbell RG. Stimulation of thermogenesis by carbohydrate overfeeding. Evidence against sympathetic nervous system activation. *J. Clin. Invest.* 1983; 71: 916–25. 41.
- 52.** Welle S, Lilavivat U, Campbell RG. Thermic effect of feeding in man: increased plasma norepinephrine levels following glucose but not protein or fat consumption. *Metabolism.* 1981; 30: 953–8.
- 53.** Westerterp KR. Diet induced thermogenesis. *Nutr Metab (Lond).* 2004; 1: 5. doi: 10.1186/1743-7075-1-5
- 54.** Hamada Y, Kashima H, Hayashi N. The number of chews and meal duration affect diet-induced thermogenesis and splanchnic circulation. *Obesity (Silver Spring).* 2014 ;22(5):E62-9. doi: 10.1002/oby.20715.
- 55.** Luke A, Schoeller DA. Basal metabolic rate, fat-free mass, and body cell mass during energy restriction. *Metabolism.* 1992; 41(4): 450-6.
- 56.** Benedict FG. The Factors Affecting Normal Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1915 ;1(2):105-9.

- 
- 57.** Liangpunsakul S, Crabb DW, Qi R. Relationship between alcohol intake, body fat, and physical activity – a population-based study. *Ann Epidemiol.* 2010; 20(9): 670–5. doi: 10.1016/j.annepidem.2010.05.014
- 58.** Deng HB, Tam T, Zee BC, Chung RY, Su X, Jin L, et al. Short Sleep Duration Increases Metabolic Impact in Healthy Adults: A Population-Based Cohort Study. *Sleep.* 2017; 40(10). doi: 10.1093/sleep/zsx130.
- 59.** Eckel-Mahan K, Sassone-Corsi P. Metabolism and the Circadian Clock Converge. *Physiol Rev.* 2013; 93(1): 107–135. doi: 10.1152/physrev.00016.2012
- 60.** Froehle AW. Climate variables as predictors of basal metabolic rate: new equations. *Am J Hum Biol.* 2008; 20:510-29. doi: 10.1002/ajhb.20769.
- 61.** Campbell W, Crim M, Young V, Evans W. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr.* 1994; 60 (2): 167–175. doi:10.1093/ajcn/60.2.167
- 62.** Pratley R, Nicklas B, Rubin M, Miller J, Smith A, Smith M, et al. Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-year-old men. *J Appl Physiol* (1985). 1994; 76 (1): 133–7. doi:10.1152/jappl.1994.76.1.133
- 63.** Dickerson RN, Roth-Yousey L. Medication Effects on Metabolic Rate: A Systematic Review (Part 1). *J Am Diet Assoc.* 2005; 105(5):835-43. DOI:10.1016/j.jada.2005.03.021

- 
- 64.** Dickerson RN, Roth-Yousey L. Medication Effects on Metabolic Rate: A Systematic Review (Part 2). *J Am Diet Assoc.* 2005; 105(6):1002-9. DOI:10.1016/j.jada.2005.04.022
- 65.** Collins CL, Cornelius MF, Vogel LR, Walker FJ, Stamford B. Effect of caffeine and/or cigarette smoking on resting energy expenditure. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1994;18(8):551-6.
- 66.** Dinachandra Singh K, Nagdeve DA. Differentials in basal metabolic rate, body mass index and diabetes in selected states of India. XXVII IUSSP International Population Conference. Busan, Republic of Korea. 2013; 26-31.
- 67.** Webb, P. 24-hour energy expenditure and the menstrual cycle. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1986;44: 614-619
- 68.** Williams MH. *Nutrition for Health, Fitness & Sport.* 5th edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1976
- 69.** Harris JA, Benedict FG. A biometric study of human basal metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1918;4(12):370-3. DOI:10.1073/pnas.4.12.370
- 70.** Roza MA, Shizgal MH. The Harris Benedict equation reevaluated. *Am J Clin Nutr.* 1984; 40(1): 168-82. DOI:10.1093/ajcn/40.1.168
- 71.** Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 1990; 51 (2): 241–7. DOI:10.1093/ajcn/51.2.241

- 
- 72.** Molnar D, Jeges S, Erhardt E, Schutz Y. Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J Pediatr* 1995; 127:571–577. DOI:10.1016/s0022-3476(95)70114-1
- 73.** Maffeis C, Schutz Y, Micciolo R, Zocante L, Pinelli L. Resting metabolic rate in six- to ten-year-old obese and nonobese children. *J Pediatr*. 1993; 122:556–562. DOI:10.1016/s0022-3476(05)83535-8
- 74.** FAO/WHO/UNU Expert Panel. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation; World Health Organ Tech Rep Ser. 1985. p. 1-206.
- 75.** Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39:5–41.
- 76.** Harrington ME, St. Jeor ST, Silverstein LJ. Predicting resting energy expenditure from body mass index: practical applications and limitations: annual conference proceedings. North American Association for the Study of Obesity. *J Obesity Res* 1997;5 (Supl.):AO66
- 77.** Owen OE: Resting metabolic requirements of men and women. *Mayo Clin Proc*. 1988; 63:503–510. DOI:10.1016/s0025-6196(12)65649-3
- 78.** American Dietetic Association. *Manual of Clinical Dietetics*. Sixth Edition. Chicago, Illinois. 2000; USA
- 79.** Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr*. 1980; 33: 2372-4. doi:10.1093/ajcn/33.11.2372

- 
- 80.** Lazzer S, Agosti F, De Col A, Sartorio A. Development and cross-validation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr.* 2006; 96(5):973-9.
- 81.** Tverskaya R, Rising R, Brown D, Lifshitz F. Comparison of several equations and derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *J Am Coll Nutr.* 1998; 17:333–6.
- 82.** Ireton-Jones C, Jones JD. Improved equations for predicting energy expenditure in patients: The Ireton-Jones equations. *Nutr Clin Pract.* 2002; 17 (1):29-31. DOI:10.1177/011542650201700129
- 83.** Sabounchi NS, Rahmandad H, Ammerman A. Best fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations. *Int J Obes.* 2013; 37 (10):1364–70. doi: 10.1038/ijo.2012.218.
- 84.** Gibney J Michael, Vorster H. Hester, Kok J Frans. Introduction to Human Nutrition, 1st Edition. 2002. Page 39
- 85.** ASPEN. American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. The science and practice of nutritional support. Kendal/Hunt Publishing Company, USA.2001; pp. 118-123
- 86.** Ravussin E, Bogardus C. A brief overview of human energy metabolism and its relationship to essential obesity. *Am J Clin Nutr.* 1992; 55(1):242S-245S. doi: 10.1093/ajcn/55.1.242s.
- 87.** Barasi E. Mary. Nutrition at a Glance, 1st Edition. 2007; Parisianou SA. pp.

- 
- 88.** National Research Council. 1989. *Recommended Dietary Allowances: 10th Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/1349>.
- 89.** Trumbo P, Schlicker S, Yates AA, Poos M; Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Institute of Medicine. *J Am Diet Assoc*. 2003 May;103(5):563.
- 90.** Gropper S. Sareen, Smith L. Jack. Groff L. James. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. 6th Edition. 2012; pp. 620-3
- 91.** World Health Organization. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. (WHO. Technical Report Series No. 724). Geneva.1985
- 92.** Matarese LE. Indirect calorimetry: Technical aspects. *J Am Diet. Assoc*. 1997; 97(10 Suppl 2):S154-60.
- 93.** Manios Giannis. *Nutritional assessment*. 2006. Broken Hill Publishers LTD, Cyprus. ISBN 960-399-468-5. pp. 121-124
- 94.** Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2006; 106 (6):881–903.
- 95.** Hasson RE, Howe CA, Jones BL, Freedson PS. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: effects of sex, body mass index, age, and



---

race/ethnicity. *J Sci Med Sport.* 2011; 14(4):344-51. doi: 10.1016/j.jsams.2011.02.010.

**96.** Müller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, Kreymann G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M, et al. 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. *Am J Clin Nutr.* 2004; 80 (5):1379-90. DOI:10.1093/ajcn/80.5.1379

**97.** McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology — Energy, Nutrition, and Human Performance.* Williams and Wilkins Ltd, London, 3rd edn. 1991

**98.** Nieman DC, Austin MD, Benezra L, Pearce S, McInnis T, Unick J, et al. Validation of Cosmed's FitMate in measuring oxygen consumption and estimating resting metabolic rate. *Res Sports Med.* 2006; 14(2):89-96. DOI:10.1080/15438620600651512

**99.** Vandarakis Det, Salacinski AJ, Broeder CE. A comparison of Cosmed metabolic systems for the determination of resting metabolic rate. *Res Sports Med.* 2013; 21(2):187-94. doi: 10.1080/15438627.2012.757226.

**100.** Lupinsky L, Singer P, Theilla M, Grinev M, Hirsh R, Lev S, et al. Comparison between two metabolic monitors in the measurement of resting energy expenditure and oxygen consumption in diabetic and non-diabetic ambulatory and hospitalized patients. *Nutrition.* 2015; 31(1):176-9. doi: 10.1016/j.nut.2014.07.013.

- 
- 101.** Henes ST, Johnson A, Toner M, Mamaril K4, Kelkar M4, Xiao Y, et al. Assessing Resting Metabolic Rate in Overweight and Obese Adolescents With a Portable Indirect Calorimeter: A Pilot Study for Validation and Reliability. *Nutr Clin Pract.* 2016; 31(3):355-61. doi: 10.1177/0884533615603966.
- 102.** Papazoglou D, Augello G, Tagliaferri M, Savia G, Marzullo P, Maltezos E, et al. Evaluation of a Multisensor Armband in Estimating Energy Expenditure in Obese Individuals. *Obesity (Silver Spring).* 2006; 14 (12):2217-23. DOI:10.1038/oby.2006.260
- 103.** Fields DA, Kearney JT, Copeland KC. MedGem hand-held indirect calorimeter is valid for resting energy expenditure measurement in healthy children. *Obesity (Silver Spring).* 2006;14 (10): 1755-61. DOI:10.1038/oby.2006.202
- 104.** Hipskind Peggy, Glass Cathy, Charlton Denise, Nowak Diane, Dasarathy Srinivasan. Do Hand-held Calorimeters Have a Role in Assessment of Nutrition Needs in Hospitalized Patients? A Systematic Review of Literature. *Nutr Clin Pract.* 2011; 26(4):426-33. doi: 10.1177/0884533611411272.
- 105.** Miller D S. Mumford P. Stock M J. Thermogenesis in overeating man. *The American journal of clinical nutrition.* 1967; 20 (11): 1223-9. Journal code: 0376027. ISSN: 0002-9165. L-ISSN: 0002-9165.
- 106.** Bloom L. Walter, Eidex F. Marshall. The comparison of energy expenditure in the obese and lean. *Metabolism - Clinical and Experimental.* 1967; 16 ( 8): 685–692. doi.org/10.1016/0026-0495(67)90016-9

- 
- 107.** Greenfield NS, Fellner CH. Resting level of physical activity in obese females. *Am J Clin Nutr.* 1969; 22:1418. doi:10.1093/ajcn/22.11.1418
- 108.** Frankenfield DC, Rowe WA, Smith JS, Cooney RN. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *J Am Diet Assoc.* 2003; 103:1152-1159. doi:10.1016/j.jada.2005.02.005
- 109.** 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;105:775–89. doi:10.1016/j.jada.2005.02.005
- 110.** Ramirez-Zea M. Validation of three predictive equations for basal metabolic rate in adults. *Public Health Nutr.* 2005; 8:1213-28
- 111.** De la Torre CL, Ramírez-Marrero FA, Martínez LR, Nevárez C. Predicting resting energy expenditure in healthy Puerto Rican adults. *J Am Diet Assoc.* 2010; 110:1523-26 doi: 10.1016/j.jada.2010.07.006.
- 112.** Henes ST, Cummings DM, Hickner RC, Houmard JA, Kolasa KM, Lazorick S, et al. Comparison of predictive equations and measured resting energy expenditure among obese youth attending a pediatric healthy weight clinic: one size does not fit all. *Nutr Clin Pract.* 2013; 28:617-24. doi: 10.1177/0884533613497237.
- 113.** O’Riordan CF, Metcalf BS, Perkins JM, Wilkin TJ. Reliability of energy expenditure prediction equations in the weight management clinic. *J Hum Nutr Diet.* 2010; 23:169-75. doi: 10.1111/j.1365-277X.2009.01032.x.

- 
- 114.** Schusdziarra V, Wolfschläger K, Hausmann M, Wagenpfeil S, Erdmann J. Accuracy of resting energy expenditure calculations in unselected overweight and obese patients. *Ann Nutr Metab.* 2014; 65:299-309. doi: 10.1159/000364953.
- 115.** Wright TG, Dawson B, Jalleh G, Guelfi KJ. Accuracy of resting metabolic rate prediction in overweight and obese Australian adults. *Obes Res Clin Pract.* 2015; 10: S74-S83. doi: 10.1016/j.orcp.2015.07.008.
- 116.** Weijts JM Peter. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65 y. *Am J Clin Nutr.* 2008; 88: 959-70
- 117.** Poli VF, Sanches RB, Moraes AD, Fidalgo JP, Nascimento MA, Andrade-Silva SG, et al. Resting energy expenditure in obese women: comparison between measured and estimated values. *Br J Nutr.* 2016; 116(7):1306-1313. doi:10.1017/S0007114516003172
- 118.** Amirkalali B, Hosseini S, Heshmat R, Larijani B. Comparison of Harris Benedict and M-SJ equations with indirect calorimetry in evaluating resting energy expenditure. *Indian J Med Sci.* 2008; 62:283-90.
- 119.** El-Kateb S, Sridharan S, Farrington K, Davenport A. Comparison of resting and total energy expenditure in peritoneal dialysis patients and body composition measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr.* 2016; 70:1337-39. doi: 10.1038/ejcn.2016.120.
- 120.** Teramoto A, Yamanaka-Okumura H, Urano E, Nakamura-Kutsuzawa T, Sugihara K, Katayama T, et al. Comparison of measured and predicted energy

---

expenditure in patients with liver cirrhosis. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2014; 23:197-204. doi: 10.6133/apjcn.2014.23.2.12.

**121.** Ławiński M, Singer P, Gradowski Ł, Gradowska A, Bzikowska A, Majewska K. Predicted versus measured resting energy expenditure in patients requiring home parenteral nutrition. *Nutrition.* 2015; 31:1328-32. doi: 10.1016/j.nut.2015.05.002.

**122.** Jésus P, Achamrah N, Grigioni S, Charles J, Rimbart A, Folope V, et al. Validity of predictive equations for resting energy expenditure according to the body mass index in a population of 1726 patients followed in a Nutrition Unit. *Clin Nutr.* 2015; 34:529-35. doi: 10.1016/j.clnu.2014.06.009.

**123.** Neelemaat F, Van Bokhorst-de van der Schueren MA, Thijs A, Seidell JC, Weijs PJ. Resting energy expenditure in malnourished older patients at hospital admission and three months after discharge: predictive equations versus measurements. *Clin Nutr.* 2012; 31:958-66. doi: 10.1016/j.clnu.2012.04.010.

**124.** Cheng HL, Amatory M, Steinbeck K. Energy expenditure and intake during puberty in healthy nonobese adolescents: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2016; 104:1061-74. DOI:10.3945/ajcn.115.129205

**125.** Patil SR, Bharadwaj J. Development of new equations for basal metabolic rate for adolescent student Indian population. *J Postgrad Med.* 2013; 59:25-29. doi: 10.4103/0022-3859.109491.

**126.** Rao ZY, Wu XT, Liang BM, Wang MY, Hu W. Comparison of five equations for estimating resting energy expenditure in Chinese young, normal weight healthy adults. *Eur J Med Res.* 2012 ;17:26. doi: 10.1186/2047-783X-17-26.

- 
- 127.** Balas-Nakash M, Villanueva-Quintana A, Vadillo-Ortega F, Perichart-Perera O. Validation of resting metabolic rate estimation equations in 9- to 12- year-old Mexican children with and without obesity. *Rev Invest Clin.* 2008; 60(5):395-402.
- 128.** Myung-Hee Kim, Jae-Hee Kim, Eun-Kyung Kim. Accuracy of predictive equations for resting energy expenditure (REE) in non-obese and obese Korean children and adolescents. *Nutr Res Pract.* 2012; 6(1): 51–60. doi:10.4162/nrp.2012.6.1.51
- 129.** Bonganha V, Libardi CA, Santos CF, De Souza GV, Conceição MS, Chacon-Mikahil MP, et al. Predictive equations overestimate the resting metabolic rate in postmenopausal women. *J Nutr Health Aging.* 2013; 17:211-4. doi: 10.1007/s12603-012-0395-3.
- 130.** Cooper JA, Watras AC, O'Brien MJ, Luke A, Dobratz JR, Earthman CP, et al. Assessing Validity and Reliability of Resting Metabolic Rate in Six Gas Analysis Systems. *American Dietetic Association.* 2009; 109: 128–132. doi: 10.1016/j.jada.2008.10.004.
- 131.** World Health Organization. Report of a WHO consultation on obesity. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva. World Health Organization. 1998.
- 132.** Lee JM, Bassett DR Jr, Thompson DL, Fitzhugh EC. Validation of the Cosmed Fitmate for prediction of maximal oxygen consumption. *J Strength Cond Res.* 2011; 25:2573-9. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181fc5c48.

- 133.** Shaneshin M, Jessri M, Rashidkhani B. Validity of energy intake reports in relation to dietary patterns. *J Health Popul Nutr.* 2014; 32:36-45.
- 134.** El Ghoch M, Alberti M, Capelli C, Calugi S, Dalle Grave R. Resting Energy Expenditure in Anorexia Nervosa: Measured versus Estimated. *J Nutr Metab.* 2012; Article ID 652932, 6 pag. doi: 10.1155/2012/652932.
- 135.** Πετρίδης Δ. Εφαρμοσμένη στατιστική με έμφαση στην επιστήμη τροφίμων 4η έκδοση. Back-office press, Θεσσαλονίκη 2016 pp 671.
- 136.** Michels WM, Grootendorst DC, Verduijn M, Elliott EG, Dekker FW, Krediet RT. Performance of the Cockcroft-Gault, MDRD, and New CKD-EPI Formulas in Relation to GFR, Age, and Body Size. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2010; 5: 1003–9. doi: 10.2215/CJN.06870909
- 137.** Herrmann DS, McMurray RG, Kim Y, Willis EA, Kang M, McCurdy T. The influence of physical characteristics on the resting energy expenditure of youth: A meta-analysis. *Am J Hum Biol* 2016; 29 (3): 1-14. doi: 10.1002/ajhb.22944.
- 138.** Lee M, Kwon DY, Kim MS, Choi CR, Park MY, Kim AJ. Genome-wide association study for the interaction between BMR and BMI in obese Korean women including overweight. *Nutr Res Pract.* 2016; 10:115-24. doi: 10.4162/nrp.2016.10.1.115.
- 139.** Amaro-Gahete FJ<sup>1,2</sup>, Sanchez-Delgado G<sup>3</sup>, Alcantara JMA<sup>4</sup>, Martinez-Tellez B<sup>5,6</sup>, Muñoz-Hernandez V<sup>7</sup>, Merchan-Ramirez E<sup>8</sup>, et al. Congruent Validity of Resting Energy Expenditure Predictive Equations in Young Adults. *Nutrients.* 2019 Jan 22;11(2). pii: E223. doi: 10.3390/nu11020223.

- 
- 140.** Gbenga BJ. The assessment of anthropometry and selected body composition parameters as predictor of basal metabolic rate of female university undergraduates. *Journal of pure and applied sciences*. 2015; V (1): 26-30. ISSN: 2278-8779
- 141.** Wang Z, Ying Z, Bosy-Westphal A, Zhang J, Schautz B, Later W, et al. Specific metabolic rates of major organs and tissues across adulthood: Evaluation by mechanistic model of resting energy expenditure. *Am. J. Clin. Nutr.* 2010; 92:1369-77. doi: 10.3945/ajcn.2010.29885
- 142.** Zhang Q, Wang Y. Trends in the Association between Obesity and Socioeconomic Status in U.S. Adults: 1971 to 2000. *Obesity Res.* 2004; 12:1622-32 doi:10.1038/oby.2004.202
- 143.** Molarius A, Seidell JC, Sans S, Tuomilehto J, Kuulasmaa K. Educational level, relative body weight, and changes in their association over 10 years: an international perspective from the WHO MONICA Project. *Am. J. Public Health*.2000; 90:1260–8. doi:10.2105/ajph.90.8.1260
- 144.** Hermann S, Rohrmann S, Linseisen J, May AM, Kunst A, Besson H., et al. The association of education with body mass index and waist circumference in the EPIC-PANACEA study. *BMC Public Health.* 2011; 11: 169. doi: 10.1186/1471-2458-11-169
- 145.** Maddah M, Eshraghian MR, Djazayeri A, Mirdamadi R. Association of body mass index with educational level in Iranian men and women. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57: 819–23. doi:10.1038/sj.ejcn.1601615.



- 
- 146.** Van Lenthe FJ, Droomers M, Schrijvers CT, Mackenbach JP. Socio-demographic variables and 6 year change in body mass index: longitudinal results from the GLOBE study. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000; 24:1077–84.
- 147.** Rosales-Velderrain A, Goldberg RF, Ames GE, Stone RL, Lynch SA, Bowers SP. Hypometabolizers: characteristics of obese patients with abnormally low resting energy expenditure. *Am Surg.* 2014; 80:290-4.
- 148.** Malina R M, Bouchard C, & Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2nd ed. Champaign, IL: Human kinetics; 2004.
- 149.** Meeuwssen S, Horgan G, Elia M. The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clin Nutr.* 2010; 29:560–6. doi:10.1016/j.clnu.2009.12.011.
- 150.** Laforgia J, van der Ploeg GE, Withers RT, Gunn SM, Brooks A, Chatterton B. Impact of indexing resting metabolic rate against fat-free mass determined by different body composition models. *Eur J Clin Nutr.* 2004; 58:1132–41. doi:10.1038/sj.ejcn.1601941.
- 151.** Ho KY, Evans WS, Blizzard RM, Veldhuis JD, Merriam GR, Somojlik E, et al. Effects of sex and age on the 24-hour profile of growth hormone secretion in man: importance of endogenous estradiol concentrations. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1987; 64:51–8. doi:10.1210/jcem-64-1-51
- 152.** Pavlidou E, Petridis D, Fasoulas A, Giaginis C. Current clinical status on the estimation of energy requirement: Searching for an identical equation to predict basal

energy expenditure in multiple populations. *Current Nutrition & Food Science*, 2018; 14: 1-11. doi: 10.2174/1573401313666170714145028

**153.** Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L, & Evidence Analysis Working Group. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: A systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2006; 106: 881–903. doi:10.1016/j.jada.2006.02.009

## **ΠΙΝΑΚΕΣ**

**Table 1.** Clinical studies investigating the intrinsic and extrinsic effects on the basal metabolic rate

Clinical Sample	Main results	Ref
People aged 2-95 y (n = 1614)	Positive correlation between TEE, BMR, AEE, weight and height and 11% less average energy in female	(Black et al)
Healthy Chinese adults (n = 223)	Higher BMR values, in men, owing to a greater fat-free mass, body cell mass, and muscle mass	(Liu et al)
Healthy population aged 20-79 y (n = 540)	Decrease of REE according to age to both genders and higher in men	(Cheng et al)
Adults (n = 341)	Positive correlation between RQ and increase of BW and FM, on the contrary to negative correlation between low RMR and increase of BW or FM during the same period	(Shook et al)
Men, aged 18-82 y (n = 60)	Positive correlation between BW and RMR, no effect between regional distribution of fat and RMR, as well as trivial effect of age on RMR	(Owen et al)
Nondiabetic adult (n = 130)	Metabolic rate is a family trait and is independent of differences in FFM, age, and sex. The low metabolic rate is not necessarily associated with obesity	(Bogardus et al)
Longitudinal and cross-sectional studies	Diverse factors lead to wide variation of BMR in elderly individuals	(Henry )
Healthy population aged 20-79 y (n = 540)	No correlation, among glycolipid metabolism, eating behaviors and REE	(Cheng et al)
142 studies in 5397 young individuals, aged 1-18 y,	Physical characteristics such as age, height, and body mass, led to a more accurate predictive ability of the equations than the predictive ability obtained by the body composition measurements or BMI measurements.	(Herrmann D Stephen.)
Meta-analysis of published BMR	Significant effect on BMR, of the mean annual temperature as well as the high heat index temperature	(Froehle )
Adults obesity (n = 91)	Significantly lower RMRm during the first period after losing weight, when compared to the RMRe. The content of nutrition in carbohydrate and GI, does not affect the metabolic adjustment during the loss of weight	(Karl et al)
Postmenopausal women Caucasian (CA), African American (AA)	No RMR change in the CA race A significant reduction in AA race was found over time	(Santa-Clara et al)
Healthy adults, n = 51 (~ 9 months) - 96 training sessions	Differentiation of RMR by ~ 5% after nine months of activity, however great variation among the individuals, probably because of FFM changes and the hormone changes	(Aristizabal et al )

AEE, activity energy expenditure; BMR, basal metabolic rate; BW, body weight; FFM, fat-free mass; FM, fat mass; REE, resting energy expenditure; REEe, estimated REE; REEm, measured REE; RMR, resting metabolic rate; RQ, respiratory quotient; TEE, total energy expenditure

**Table 2.** Equations for Estimating Energy Expenditure

Parameters	Predictive equations	Population Description	Age	Male	Female
Weight (wt), Height (ht), age	Harris-Benedict in kcal/d (1919)	n=239 136 men & 103 women, 16-63y	Adult	$(13.75 \times wt) + (5,003 \times ht) - (6.755 \times age) + 66.47$	$(9.563 \times wt) + (1.850 \times ht) - (4.676 \times age) + 655.1$
	Roza & Shizgal in kcal/d (1984)	n = 98	Adult	$(13.397 \times wt) + (4.799 \times ht) - (5.677 \times age) + 88.362$	$(9.247 \times wt) + (3.098 \times ht) - (4.330 \times age) + 442.593$
	Mifflin in kcal/d (1990)	n = 498, 19-78 y	Adult	$(9.99 \times wt) + (6.25 \times ht) - (4.92 \times age) + 5$ or $(10 \times wt) + 6,25 \times ht) - (5 \times age) + 5$	$(9.99 \times wt) + (6.25 \times ht) - (4.92 \times age) - 161$ or $(10 \times wt) + 6,25 \times ht) - (5 \times age) - 161$
	Molnar in kJ/d (1995)	n=371, 10-18 y	10-18	$(50.9 \times wt) + (25.3 \times ht) - (50.3 \times age) + 26.9$	$(51.2 \times wt) + (24.5 \times ht) - (207.5 \times age) + 1629.8$
	Maffeis in kJ/d(1993)	n=130, 6-10 y	6-10	$(28.6 \times wt) + (23.6 \times ht) - (69.1 \times age) + 1287$	$(35.8 \times wt) + (15.6 \times ht) - (36.3 \times age) + 1552$
Wt and Ht	FAO/WHO/UNU in kcal/d (1985)	n = 11.000. Many Ethnic groups and broad BMI range	18- 30	$(15.4 \times wt) - (27 \times ht) + 717$	$(13.3 \times wt) + (334 \times ht) + 35$
			30-60	$(11.3 \times wt) + (16 \times ht) + 901$	$(8.7 \times wt) - (25 \times ht) + 865$
			>60	$(8,8 \times wt) + (1128 \times ht) - 1072$	$(9,2 \times wt) + (637 \times ht) - 302$
Weight and Age	Schofield in kcal/d (1985)	Male	< 3	$(59.512 \times wt) - 30.4$	$(58.317 \times wt) - 31.1$
			Female	137	
		3-10	$(22.706 \times wt) + 504.3$	$(20.315 \times wt) + 485.9$	
		10-18	$(17,686 \times wt) + 658.2$	$(13.384 \times wt) + 692.6$	
		18-30	$(15,057 \times wt) + 692.2$	$(14.818 \times wt) + 486.6$	
		3-60 y	n=7173, 3-60 y	30-60	$(11,472 \times wt) + 873.1$
> 60	50	38	$(11,711 \times wt) + 587.7$	$(9.082 \times wt) + 658.5$	
BMI and Age	Harrington in kcal/d (1997)	Same population as Mifflin	Adult	$(BMI \times 28,15) - (age \times 6,44) + 1290$	$(BMI \times 28,15) - (age \times 6,44) + 905$
			Weight	Owen in kcal/d (1986 & 1987)	n = 60 M, 18-82 y n = 44 F, 18-65 y
Lean body mass (LBM)	Cunningham in cal/d (1980)	n=1483	mean values of 29 y	$500 + (22 \times LBM)$	
			Weight	H-B Abbreviated in kcal/d	Version for persons with normal height and weight <sup>9</sup>
Sex, age, wt, ht, FFM, FM	Lazzer-Sartorio in kJ/d (2006)	n=574 obese Caucasian children and adolescents aged 7-18 years	8-18	$[(sex \times 892.68) - (age \times 115.93) + (wt \times 54.96) + (ht \times 1816.23) + 1484.50] / 4.18$	
			8-18	$[(sex \times 909.12) - (age \times 107.48) + (FFM \times 68.39) + (FM \times 55.19) + 3631.23] / 4.18$	
Sex, age, wt, ht, FFM, FM	Tverskaya in kcal/d (1998)	n=110, 3-18 y	3-18	$(28.4 \times FFM) - (37 \times age) + (3.3 \times FM) + (82 \times sex) + 775$ (sex= 1 for males and 0 for females),	
Sex, age, wt, ht, burn trauma (T), obesity (O)	Ireton-Jones kcal/d (2002)	n=300-patient population		2002 version (revised 1997 equation): $1784 - (11 \times age) + (5 \times wt) + (244 \times sex) + (239 \times T) + (804 \times B)$ 1992 version $1925 - (10 \times age) + (5 \times wt) + (281 \times sex) + 292 \times T + 851 \times B$ Spontaneously Breathing: $IIEE(s) = 629 - (11 \times age) + (25 \times wt) - (609 \times O)$	

A = age (yrs); Sex= 1 for males and 0 for females; W = actual wt(kg); Height in m; Fat Free Mass ( FFM) and Fat MASS (FM) in kg; O=obesity( if present=1, absent=0)

**Table 3.** Energy Expenditure Estimation

Energy metabolism	Definition	% Total Energy Expenditure	Remarks	Ref
<b>BMR</b>	Basal Metabolic Rate	50-70%	Measured at the meta-absorbent stage, i.e. after 12-hour starvation and 48-hour abstain from vigorous exercise/physical activity, during physical and mental rest, within a neutral thermant, quiet and low-light environment, in horizontal position of an angle $\approx 10$ degrees.	(Gibney et al; ASPEN; Ravussin et al)
<b>BEE</b>	Basal Energy Expenditure	50-70%	May be expressed in terms of surface area: kcal or kJ m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> , this allows a fair comparison among infants, adults, the lean, the obese, etc.	(Trumbo P, National Research Council; Mahan et al)
<b>TEE</b>	Total Energy Expenditure	100%	It occurs by the sum between BEE or REE + physical activity or exercise effect (20-40%) + Thermic Effect of Food (TEF). It ranges between 5-30%+ sometimes adaptive thermogenesis <sup>5,6</sup> or Stress parameter	(Groper et al; Matarese; Manios)
<b>RMR</b>	Resting Metabolic Rate	60-75% $\approx 3$ -10% greater than BMR	Measured after a 2-4 hour starvation, during physical and mental rest.	(Gibney et al; Barasi et al; National Research Council)
<b>REE</b>	Resting Energy Expenditure	60-75%	The largest component of total daily energy expenditure. Occurs by converting RMR into kcal or kJ /24h	(Groper et al; Matarese; Manios)

**Table 4.** Methods of Measuring Energy Expenditure

<b>Direct Calorimetry</b>		<b>Ref</b>
<b>Calorimeter Chamber</b>	Specialized chamber (room-calorimeter), used to measure the expelled heat generated from human body. A difficult and expensive method, non-representative for free living people, allowing moderate activity	(Mahan et al; Manios)
<b>Indirect Calorimetry</b>		
<b>Respiration Chamber</b>	Limited range of motion in people inside the chamber.	(Manios)
<b>Portable Spirometer</b>	Closed circuit, in which the volume of air that can be expired is collected in the spirometer and then analyzed. The difference in the composition of inhaled and exhaled air reflects the release of energy from the human body.	(Manios; McArdle et al)
<b>Douglas Bag</b>	Open circuit, where the person inhales the ambient air, calculating the respiratory quotient (oxygen uptake and carbon dioxide excretion)	(Manual of Clinical Dietetics)
<b>Fitmate</b>	Portable device for measuring oxygen consumption both at rest and during exercise, by using a mask.	(Lupinski et al; Vandarakis et al)
<b>Cosmed QUARK</b>	Device for measuring oxygen consumption and carbon dioxide production, by dilution with canopy, or by mask	(Henes et al)
<b>Sensewear Pro2 Armband (SWA)</b>	Measures both movement and physiological response. It has three sensors to monitor physical activity, Accelerometer, Heat Flux, Galvanic Skin Response- Portable	(Papazoglou et al)
<b>MedGem- Health Tech</b>	Breath test - Has four sensors, works by measuring the difference between the amount of oxygen inhaled and exhaled. The sensors take into account surrounding air conditions—the pressure, humidity, temperature and oxygen levels—and from that it calculates how much oxygen is used with each breath.- Portable	(Fields et al; Hipskind et al)
<b>Vmax Encore 29 System</b>	Cardiopulmonary stress testing and indirect calorimetry testing in one metabolic cart.	(Hipskind et al)
<b>TrueOne 2400</b>	Metabolic measurement system for cardiopulmonary stress testing, indirect calorimetry, and maximal O <sub>2</sub> consumption measurement.	(Hipskind et al)
<b>Korr ReeVue</b>	Measures the concentration of oxygen breathed out by each patient. The patient merely breathes through a mouthpiece as all the exhaled air is collected and analyzed.	(Hipskind et al)
<b>Other methods of Measuring Energy Expenditure</b>		
<b>Use of Doubly labeled water</b>	Administering stable isotope of water (2H <sup>2</sup> <sup>18</sup> O) to the controlled and evaluating its disappearance several days later. The goal is to measure the renewal water cycle and the carbon dioxide production, but not measure the oxygen consumption by using the food quotient.	(ASPEN)
<b>Pedometer</b>	Recording of pace within a certain period of time. Advantages: Low cost and weight, small-sized, easy to handle. Disadvantages: Inability to determine the exact time and intensity of the exercise.	(Miller et al)
<b>Accelerometer</b>	Scanning ability via sensors of the movements of human body. Disadvantages: Inability to determine the energy needed for each activity, high cost, laborious process of extracting results.	(Manios)
<b>Special watch</b>	It is placed on the body; it works when the person is standing and stops working when the person is sitting.	(Bloom et al)
<b>Reclined seat</b>	Recording of movements of the lean and obese people	(Greenfield et al)
<b>Physical Activity Calendar</b>	Calculating caloric expenditure of activity during the day in Kcal/min, at an average price of body surface. Used in large-scale studies, due to low cost and convenience. Disadvantages: Overestimation of physical activity during self-completion	(Mahan)
<b>Socially Acceptable Monitoring Instruments (SAMI)</b>	Conversion of heartbeats into caloric expenditure. Advantages: Providing reliable data on the intensity of exercise. Disadvantages: Requiring good contact between electrodes after the recording as well, long timing, high cost, high-tech equipment, technical knowledge, close examiner-controlled cooperation	(Manios)

**Table 5: Clinical studies investigating the validation of predictive equations for basal metabolic rate**

Clinical Sample	Main results	Ref.
Healthy individuals (n = 362)	During the comparison of the H-B, Owen, M-SJ and W/F/U equations with the BMR <sub>m</sub> , an underestimation of BMR <sub>e</sub> was recorded based on the Owen and M-SJ equations and overestimation based on the H-B and W/F/U equations	(Hasson et al)
Subjects aged 5-91 y (n = 2528)	During the investigation of the reliability of the W/F/U equations, it was found that there was a consistent overestimation of REE, at low values of REE but underestimate the REE at high values of REE	(Muller et al)
Non-hospitalized adult (n = 130)	Among the equations H-B, H-B along with the use of the adjusted weight in obese individuals, using the Owen and M-SJ equations, it was found that the M-SJ equation provided a more accurate estimation of the real RMR	(Frankenfield et al)
Healthy Nonobese and Obese Adults	Among the H-B, M-SJ, Owen and W/F/U equations it was found that the M-SJ equation was the most reliable	(Frankenfield et al)
A total of 261 groups of men and women from 175 studies	High reliability of the Henry equation in men, at a wide age range and BMI, among the Schofield, Henry and Cole equations	(Ramirez-Zea et al)
Healthy Puerto Rican, aged 21-60 y (n = 48)	Reliability of the H-B and M-SJ prediction equations in people who live in the tropical Puerto Rico	(De la Torre et al)

BMR, basal metabolic rate; BMR<sub>e</sub>, estimated; BMR<sub>m</sub> measured, BMR<sub>m</sub>; Harris-Benedict, H-B; Mifflin-St Jeor, M-SJ; REE, resting energy expenditure; WHO / FAO /UNU (W/F/U)



**Table 6.** Clinical studies investigating the evaluation of equations in overweight and obese people

Clinical Sample	Main results	Ref
Aged 7-18 y, $\geq 95$ th percentile BMI (n = 80)	In morbidly obese young people, it was found that the H-B equation was the safest on the contrary to other equations, having though a great potential of failure when compared with the IC method	(Henes et al)
Subjects with BMI of 19-67 kg m(-2), (n = 196)	During the comparison of the Schofield, H- B, James & Lean and W/F/U equations between REEe and REEm, a significantly high variation was found between the overweight and obese people, on the contrary to the variation found in people with normal weight	(O'Riordan et al)
Healthy obese subjects, aged 3- 18 y (n = 110)	During the comparison of the H-B, Ravussin, Cunningham, W/F/U and Schofield equations, an underestimation was recorded by Ravussin and Cunningham in all the subgroups and underestimation in men by the H-B equation as well as overestimation in women aged 11-18 years	(Tverskaya et al)
Overweight & obese men (n = 1032)	During the comparison of 14 REEe equations, a better performance in women was observed only during the grouped comparison by using the Muller equation and in men by using the Cunningham equation and none of them during the individual comparison	(Schusdziarra et al)
Australian participants overweight & obese (n = 575)	The prediction accuracy was low during the comparison of RMRm with RMRe using the M-SJ, Owen and W/F/U equations	(Wright et al)
United States (n = 338) Netherlands (n = 208) Aged <65 y, BMI: 25-40 kg/m2.	During the control of 27 equations using the IC Vmax Encore system, the M-SJ equation consisted the best prediction choice for the Americans and the Dutch, the W/F/U equation for the overweight people and the Lazzer equation for the obese.	(Weijs et al)

BMR, basal metabolic rate; Harris-Benedict, H-B; IC, Indirect Calorimetry; Mifflin-St Jeor, M-SJ; REE, resting energy expenditure; REEe, estimated REE; REEm, measured REE; WHO / FAO /UNU, W/F/U;

**Table 7.** Clinical studies investigating the reliability of predictive equations for metabolism in patients

Clinical Sample	Main results	Ref
Randomly selected patients, aged 18 - 83 y, (n = 60)	During the comparison of the H-B and M-SJ equations, the H-B equation was suggested as the most suitable at a group level, however at an individual level the two equations presented clinically significant differences	(Amirkalaliet al)
Peritoneal dialysis patients (n = 87)	An association between REE and TEE, using a recently validated equation which is derived from dialysis patients	(El-Kateb et al)
Japanese inpatients with cirrhosis (n = 488)	Significant differences between REE <sub>e</sub> and REE <sub>m</sub> in patients with cirrhosis, nevertheless the DRI was recognized as a useful tool for the estimation of REE in patients at the second and third quartile of BMI	(Teramoto et al)
Hospitalized patients suffering from intestinal failure, ages 21-85 y (n = 76)	During the comparison of the H-B, Ireton-Jones, Owen, M-SJ equation και of the compositions of ESPEN with the REE <sub>m</sub> , the use of the Ireton-Jones equation and the composition of ESPEN for 20 kcal/kg/d, provide the closer approximation	(Lawinsky et al)
Patients without acute or chronic high-grade inflammatory diseases, in a Nutrition Unit for malnutrition (n = 1726)	During the comparison of 28 REE prediction equations, the H-B provided the most accurate predictions in the group of the normal weight people and the Huang in the underweight people	(Jesus et al)
Malnourished hospitalized older patients (n = 194)	Usual predictive equations of REE are not suitable for predicting REE in patients with extreme BMI  An increased divergence of REE using the 23 controlled prediction equations. The equations that combined FFM, height or disease factor were slightly more accurate	(Neelemaat et al)

BMI, body mass index; REE, resting energy expenditure; REE<sub>e</sub>, estimated REE; REE<sub>m</sub>, measured REE; TEE, total energy expenditure

**Table 8.** Clinical studies investigating the evaluation of equations in adolescents

Clinical Sample	Main results	Ref
6770 articles, with 12 included for review	Adolescents present higher values of BMR / RMR and TDEE than prepubertal adolescents	(Cheng et al)
Healthy Indian adolescent student aged 18- 20 y (n = 152)	Low predictability of the existing BMR equations (Henry, Schofield, Cole), in Indian adolescents	(Patil et al)
Healthy Chinese college students, aged 18- 25 y (n = 43)	Suitability of the equations Liu, Owen, and Mifflin for the prediction of REE in young Chinese adults, using the current body weight	(Rao et al)
114 children from Mexico aged 9 - 12 y.	Tvershaya equation exhibited the best agreement with calorimetry in all BMI classes.	(Balas-Nakash M, et al)
Normal weight (n=76) and obese children (n=52), aged 7-18 y.from Korea	Greater accuracy in obese and non-obese children than those obtained by the use of Molnar equation	(Myung-Hee Kim, et al)

BMR, basal metabolic rate; REE, resting energy expenditure; RMR ,resting metabolic rate;

TDEE, total daily energy expenditure

**Table 9.** Clinical studies investigating the reliability of metabolic measurement systems

<b>Clinical Sample</b>	<b>Main results</b>	<b>Ref</b>
Aged 17-19 y, $\geq 85$ th percentile BMI (n = 19)	Reliable and valid use of the portable IC when compared to the traditional IC	(Henes et al)
Healthy adults, aged from 19-65 y (n = 60)	No significant differences were found between the Douglas Bag and the Fitmate system	(Nieman et al)
Healthy adults (n = 30)	Reliability of the canopy dilution system FitMate when compared to the system Quark CPET, for the measurement of RMR, in healthy adults	(Vandarakis et al)
Patients (n = 37)	Consistency between the measurements by the Fitmate using a mask and the DT, in nonventilated patients	(Lupinsky et al)
Lean, overweight and obese adults (n = 142)	Low accuracy of the REE measurement in obese adults using the SWA device, when compared to IC	(Papazoglou et al)
Healthy Children (n = 100)	The mean difference of REE between the MG and DT was relatively small (103 kcal/d), but significant.	(Fields et al)
54 published articles	Significant agreement between the Douglas Bag compared to the MG device. The hand-held calorimeters were more reliable than the prediction equations.	(Hipskind et al)
Six gas analysis systems	During the comparison of DTC with five indirect calorimetry systems (MedGraphics CPX Ultima, MedGem, Vmax Encore 29 System, TrueOne 2400, Korr ReeVue), the Vmax and TrueOne were the more valid.	(Cooper et al)
174 papers published between 1914- 2001 (n = 13.910)	Small impact $\approx 1\%$ between the two closed-circuit methods and the open-circuit methods	(Cole et al)

DT, Delta Trac; IC, Indirect Calorimetry; MG, MedGem; REE, Resting Energy Expenditure

**Table 10.** Descriptive statistics of measured metabolic rates according to anthropometric factors of the subjects (n=383)

	<b>Mean ± St.Dev (Lowest- Highest value)</b>	
	<b>Male</b>	<b>Female</b>
<b>Age</b>	37.5 ±15 (10-77)	37.5 ±14 (12-76)
<b>BMI<sup>(1)</sup></b>	32.0 ±6.9 (16.6-57.8)	29.8 ±7.6 (17.3-60.2)
<b>Weight</b>	100.1 ±23.1 (59-177)	79.7 ±20 (42.7-166)
<b>Height</b>	1.76 ±0.08 (1.44-1.98)	1.63 ±0.06 (1.48-1.86)

<sup>(1)</sup> RMRm means and their 95% confidence intervals in the BMI classes (kcal/kg body weight/day)

**Table 11.** Physical characteristics of the subjects as cross-tabulated by BMI classes, Age group and Gender

<b>Age Group</b>	<b>10-18</b>		<b>19-30</b>		<b>31-45</b>		<b>46-60</b>		<b>&gt;60</b>		<b>All</b>
	<b>Female</b>	<b>Male</b>	<b>Female</b>	<b>Male</b>	<b>Female</b>	<b>Male</b>	<b>Female</b>	<b>Male</b>	<b>Female</b>	<b>Male</b>	
<b>BMI classes</b>											
Underweight	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
Normal Weight	3	2	24	4	37	1	10	2	0	1	84
Overweight	4	3	33	8	31	14	16	8	5	1	123
Obese Class I	2	1	12	3	17	8	17	8	5	4	77
Obese Class II	2	0	4	3	9	4	8	3	4	0	37
Obese Class III	2	8	3	4	12	3	7	11	8	1	59
Total	14	14	78	22	106	30	58	32	22	7	383

**Table 12.** Equations for Estimating Energy Expenditure

Parametrs	Predictive equations	Population Description	Age	R <sup>2</sup> Male	R <sup>2</sup> Female	Male	Female		
Weight (Wt), Height (Ht), Age and Gender	<b>Harris-Benedict in kcal/d (1919)</b>	n=239, white normal-weight, 16-63y, 136 males (M) (weight mean 61.1 ±10.3 Kg and mean ages 27±9 y.) 103 females (F) (mean weight 56.5±11.5 Kg and mean ages 31±4y.), Over a ten y. period n = 337, 168 M.	adult	0.75	0.53	(13.75 x wt) + (5,003 x ht) - (6.755 x age) + 66.47	(9.563 x wt) + (1.850 x ht) - (4.676 x age) + 655.1		
	<b>Rosa &amp; Shizgal in kcal/d (1984)</b>	169 F., (with wider age range from original H-B)	adult	0.88	0.77	(13.397 x wt) + ( 4.799 x ht)-(5.677 x age) + 88.362	(9.247 x wt) + ( 3.098 x ht)-(4.330 x age) + 447.593		
	<b>Mifflin in kcal/d (1990)</b>	n = 498, 19-78 y (mean ages 44±14 y) 251 M (mean weight 87.5 ±14.4 Kg ) 247 F (mean weight 70.2±14.1 Kg	adult		0.71	(9.99 x wt) + (6.25 x ht) - (4.92 x age) + 5	(9.99 x wt) + (6.25 x ht) - (4.92 x age) - 161		
Wt, Ht, Age Groups and Gender	<b>FAO/WHO/UNU in kcal/d (1985)</b>	n = 11.000. Many Ethnic groups and broad BMI range	10-18			(16.6 x wt) - (77 x ht) + 572	(7.4 x wt) + (482 x ht) + 217		
			18- 30	0.42	0.53	(15.4 x wt) - (27 x ht) + 717	(13.3 x wt) + (334 x ht) + 35		
			30-60	0.36	0.49	(11.3 x wt) + (16 x ht) + 901	(8.7 x wt)- (25 x ht) + 865		
			>60	0.71	0.67	(8.8 X wt) + (1128 X ht) -1072	(9.2 X wt)+( 637 X ht) -302		
Wt, Gender and Age Groups	<b>FAO/WHO/UNU in kcal/d (1985)</b>	n = 11.000. Many Ethnic groups and broad BMI range	< 3	0.97	0.97	(60.9 x wt) - 54	(61.3 x wt) - 51		
			3-10	0.86	0.85	(22.7 x wt) + 495	(22.43 x wt) + 499		
			10-18	0.90	0.75	(17.5 x wt) + 651	(12.2 x wt) + 746		
			18-30	0.65	0.72	( 15.3x wt) + 679	(14.7x wt) + 496		
			30-60	0.60	0.70	( 11.6 x wt) + 879	(8.7 x wt) + 829		
			> 60	0.79	0.74	( 13.5x wt) + 487	( 10.5x wt) +596		
Wt, Gender	<b>Schofield in kcal/d (1985)</b>	n	n						
		162	137	< 3			(59.512 x wt) - 30.4	(58.317 x wt) - 31.1	
		338	413	3-10			(22.706 x wt) + 504.3	(20.315 x wt) + 485.9	
		n=7173, of whom the 3396 Italians 3-60 y, 4809 M, 2364 F	734	575	10-18			(13.384 x wt) + 692.6	(17.686 x wt) +658.2
		2879	829	18-30	0.42	0.53	(15.057 x wt) + 692.2	(14.818 x wt) + 486.6	
		646	372	30-60	0.36	0.46	(11.472 x wt) +873.1	(8.126 x wt) + 845.6	
Wt and Gender	<b>Owen in kcal/d (1986 &amp; 1987)</b>	n = 60 M, Caucasian, Negro, and Oriental volunteers 18-82 y, 60-171 kg n = 44 F (included 8 athletes), No specific racial/ethnic information provided, 18-65 y, 43-143 kg.	adult		0.71	879 + 10.2 x wt	795 + 7.18 x wt		
		<b>H-B Abbreviated in kcal/d</b>	Version for persons with normal height and weight	adult			(wt x 1kcal/kg) x 24 hr	(wt x 0.95 kcal/kg) x 24 hr	
BMI, Age and Gender	<b>Harrington in kcal/d (1997)</b>	Same population as Mifflin	adult		0.62	(BMI x 28,15) - (age x 6,44) + 1290	(BMI x 28.15) - (age x 6.44) + 905		

A = age (yrs); Sex= 1 for males and 0 for females; W = actual wt(kg); Height in m; Fat Free Mass ( FFM) and Fat MASS (FM) in kg; O=obesity( if present=1, absent=0)

**Table 13.** Descriptive statistics and further relationships between RMRm (with IC) and RMRe

	Equation	Min	Max	Mean	St.dev	Mean bias	95% CI of bias	RMRm%	N
Weight (wt), Height (ht), Age and Gender	RMRm	717	3189	1591	457.8				
	H-B	1227	3227	1687	340.0	+96	62.2-129.3	6.0 %	149
	Roza & Shizgal	1213	3183	1678	338	+83	54.0-121.6	5.2 %	143
	Mifflin	1242	2769	1718	260	+127	91.8-162.8	8.0 %	129
Wt, Ht, Age Groups and Gender	FWU (1)	1124	3387	1849	571	+258	211.0-305.3	16.2%	125
	FWU (2)	1124	3362	1695	336	+105	70.9-138.2	6.6 %	145
Wt, Gender and Age Groups	Schofield	1119	3364	1688	344	+97	62.0-132.3	6.1 %	139
	Owen	1102	2684	1509	291	-82	-115.8- - 47.6	5.1 %	131
Wt, Age and Gender	H-B (Abbr)	973	4248	1979	560	+388	343.5-432.8	24.4 %	93
BMI, Age and Gender	Harrington	1166	2775	1627	283	+37	2.0-71.2	2.3 %	153

Mean bias=RMRe-RMRm (individual estimates), RMRm%= (absolute bias)\*100/meanRMRm, N=number of times RMRm% is ≤10%



**Table 14.** Regression effects of gender, BMI and age on the absolute bias response

$\lambda$	<b>Bias response</b>	<b>Gender</b>	<b>BMI</b>	<b>Age-group</b>
0.41	<b>H-B Abbrev.</b>		<0.001	
0.41	<b>Owen</b>	0.036	<0.001	
0.38	<b>Schofield</b>		0.023	
0.34	<b>FWU (2)</b>	<0.001		0.023

The coefficient  $\lambda$  refers to optimal data transformation which approximates the square root.

**Table 15.** Tabulated statistics between BMI classes and gender, age groups and education level

<b>BMI vs gender</b>			
	<b>Female</b>	<b>Male</b>	<b>All</b>
<b>1</b>	74	10	84
	1.6944	<b>-2.7421</b>	
<b>2</b>	89	34	123
	-0.0014	0.0023	
<b>3</b>	53	24	77
	-0.3649	0.5905	
<b>4</b>	27	10	37
	0.0432	-0.0700	
<b>5</b>	32	27	59
	-1.6371	2.6494	
<b>All</b>	275	105	380

Pearson Chi-Square = 20.578; DF = 4; P-Value = 0.000

<b>BMI vs age</b>						
	<b>10-18</b>	<b>19-30</b>	<b>31-45</b>	<b>46-60</b>	<b>&gt;60</b>	<b>All</b>
<b>1</b>	5	28	38	12	1	84
	-0.396	1.361	1.448	-1.770	<b>-2.137</b>	
<b>2</b>	7	41	45	24	6	123
	-0.588	1.647	0.148	-0.951	-1.105	
<b>3</b>	3	15	25	25	9	77
	1.056	-1.090	-0.487	1.584	1.289	
<b>4</b>	2	7	13	11	4	37
	-0.388	-0.823	-0.067	0.756	0.700	
<b>5</b>	10	7	15	18	9	59
	<b>2.837</b>	<b>-2.106</b>	-1.331	1.077	<b>2.119</b>	
<b>All</b>	27	98	136	90	29	380

Pearson Chi-Square = 45.523; DF = 16; P-Value = 0.000

<b>BMI vs education</b>				
	<b>Primary</b>	<b>Secondary</b>	<b>Tertiary</b>	<b>All</b>
<b>1</b>	7	28	49	84
	-0.3396	-1.8090	<b>2.0314</b>	
<b>2</b>	7	60	56	123
	-1.3630	0.3141	0.3095	
<b>3</b>	9	39	29	77
	0.6314	0.4881	-0.7995	
<b>4</b>	4	18	15	37
	0.2642	0.1606	-0.2893	
<b>5</b>	9	33	17	59
	1.4426	1.0202	-1.7282	
<b>All</b>	36	178	166	380

Pearson Chi-Square = 17.130; DF = 8; P-Value = 0.029

Standardized residuals with values greater than |2| are shown in bold.

**Table 16.** BMRm means and their 95% confidence intervals in the BMI classes (kcal/kg body weight/day)

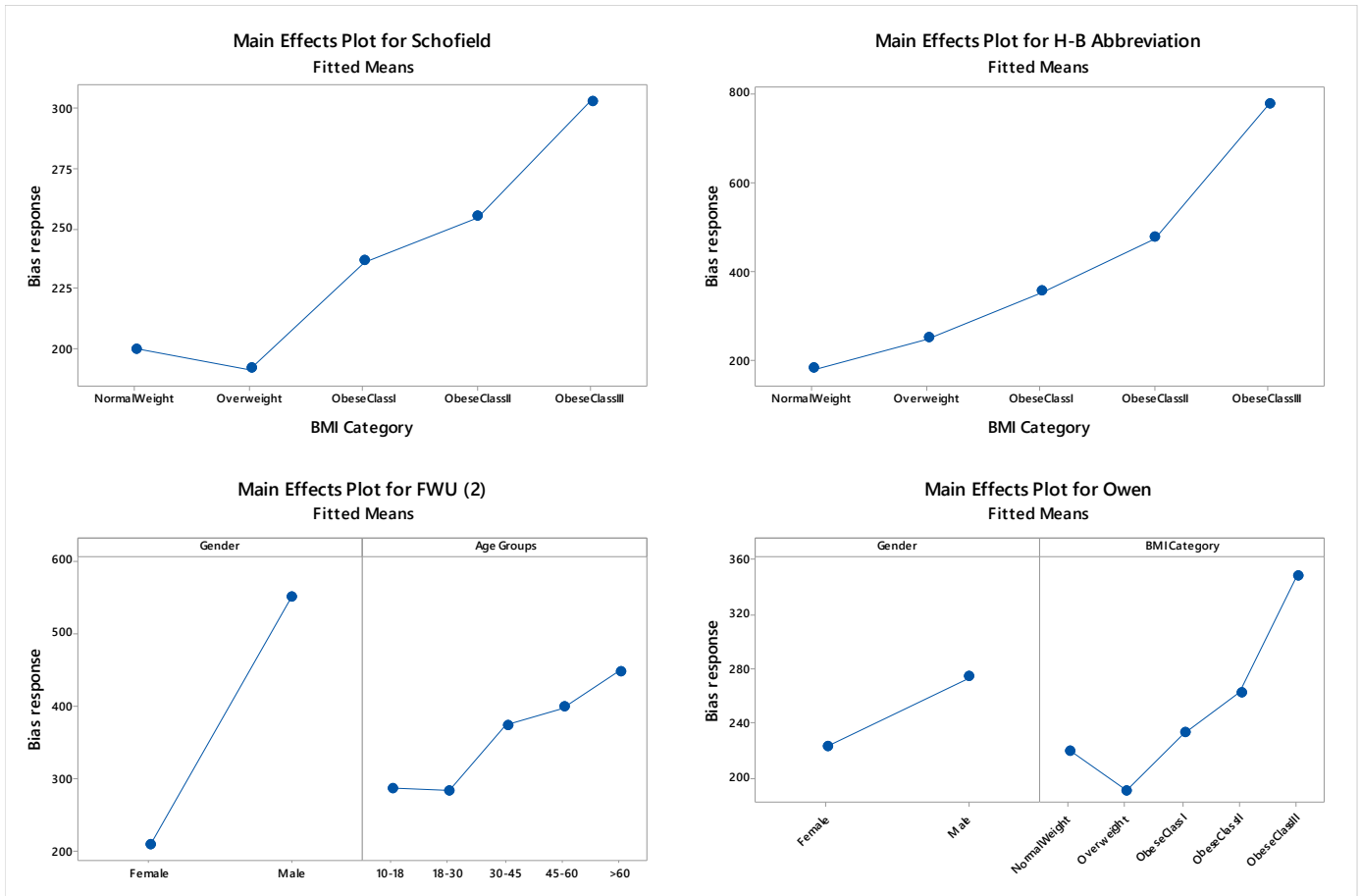
<b>BMI classes</b>	<b>Mean</b>	<b>95% C.I</b>	<b>N</b>
<b>Normal Weight</b>	21.7	20.8-22.6	84
<b>Overweight</b>	19.1	18.3-19.8	123
<b>Obese Class I</b>	18.2	17.3-19.1	77
<b>Obese Class II</b>	17.4	16.3-18.7	37
<b>Obese Class III</b>	17.0	15.9-18.1	59

**Table 17.** Stages of evolution of the proposed BMR equation

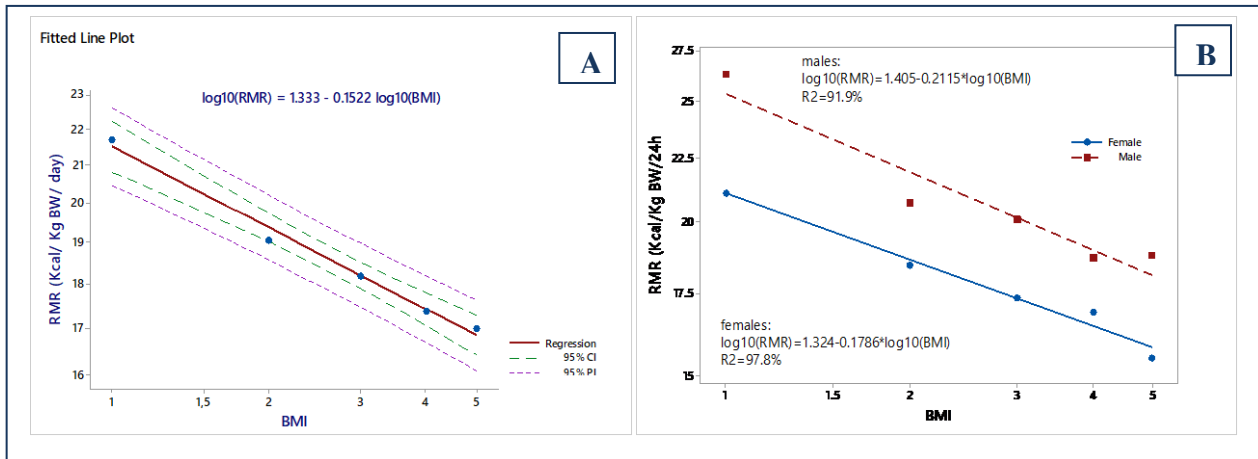
<b>New equations in the initial form</b>				
<b><math>\log_{10}(\text{BMR}) = 1.333 - 0.1522 \log_{10}(\text{BMI})</math> or <b>BMR (Kcal /24h)= 21.53 X (BMI)<sup>-0.152</sup></b></b>				
<b>RMR equation for both sexes</b>	<b>BMI</b>	<b>Individual multiplications</b>		
	<b>R<sup>2</sup>= 98.9%,</b>			
	<b>n=383</b>	Normal Weight=1	(1) <sup>-0.152</sup> = 0.848	(21.53 X 0.848) =18.26
	<b>(males=106,</b>	Overweight=2	(2) <sup>-0.152</sup> = 1.848	(21.53 X 1.848)=39.79
	<b>females=277),</b>	Obesity class I=3	(3) <sup>-0.152</sup> = 2.848	(21.53 X 2.848)=62.32
	<b>age=10-77 y.</b>	Obesity class II=4	(4) <sup>-0.152</sup> = 3.848	(21.53 X 3.848)=82.85
	Obesity class III=5	(5) <sup>-0.152</sup> = 4.848	(21.53 X 4.848)=104.38	
<b><math>\log_{10}(\text{BMR}) = 1.324 - 0.1786 \times \log_{10}(\text{BMI})</math> or <b>BMR (Kcal/Kg BW/24h)= 25.41 x (BMI)<sup>-0.2115</sup></b></b>				
<b>RMR equation for Males</b>	<b>BMI</b>	<b>Individual multiplications</b>		
	<b>R<sup>2</sup>=97.8%,</b>			
	<b>n= 105</b>	Normal Weight=1	(1) <sup>-0.2115</sup> = 0.7885	(25.41 x 0.7885) =20.3
	<b>males,</b>	Overweight=2	(2) <sup>-0.2115</sup> = 1.7885	(25.41 x 1.7885)=45.50
	<b>Age=10-77 y</b>	Obesity class I=3	(3) <sup>-0.2115</sup> = 2.7885	(25.41 x 2.7885)=70.85
		Obesity class II=4	(4) <sup>-0.2115</sup> = 3.7885	(25.41 x 3.7885)=96.26
	Obesity class III=5	(5) <sup>-0.2115</sup> = 4.7885	(25.41 x 4.7885)=121.67	
<b><math>\log_{10}(\text{BMR}) = 1.405 - 0.2115 \times \log_{10}(\text{BMI})</math> or <b>BMR (Kcal/Kg BW/24h)= 21.09 x (BMI)<sup>-0.1786</sup></b></b>				
<b>RMR equation for Females</b>	<b>BMI</b>	<b>Individual multiplications</b>		
	<b>R<sup>2</sup>= 91.9%,</b>			
	<b>n= 278</b>	Normal Weight=1	(1) <sup>-0.1786</sup> = 0.8214	(21.09 x 0.8214 ) =17.32
	<b>females,</b>	Overweight=2	(2) <sup>-0.1786</sup> = 1.8214	(21.09 x 1.8214 ) =38.41
	<b>Age=10-77 y.</b>	Obesity class I=3	(3) <sup>-0.1786</sup> = 2.8214	(21.09 x 2.8214 ) =59.50
		Obesity class II=4	(4) <sup>-0.1786</sup> = 3.8214	(21.09 x 3.8214 ) =80.59
	Obesity class III=5	(5) <sup>-0.1786</sup> = 4.8214	(21.09 x 4.8214 ) =101.68	

## **ΣΧΗΜΑΤΑ**

**Figure 1.** Main effects plots between transformed absolute bias response and the categorical variables, BMI-classes, Age-groups, Gender.



**Figure 2.** Log-linear relationship between BMRm and BMI-classes for the whole population (A) and according to gender (B)







Ελπίζω, η εκπόνηση της έρευνας αυτής, να πέτυχε το στόχο της, έτσι ώστε να υπάρχουν δεδομένα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των εξισώσεων πρόβλεψης στον ελληνικό πληθυσμό. Επιπλέον, ευελπιστώ ότι θα συμβάλει αποφασιστικά στον περιορισμό των λαθών των μεταγενέστερων ερευνών, με τα δυνατά και αδύναμα σημεία της και εύχομαι να αποτελέσει ερέθισμα για μεγαλύτερη συμμετοχή των ερευνητών σε μια βαθύτερη αναζήτηση.

Ευχαριστώ το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και το Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, στο οποίο εκπονήθηκε αυτή η ερευνητική εργασία.

