



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΧΗΡΑ ΟΛΓΑ Α. Μ. 20237

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**“ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΣΤΟΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ”**



Τριμελής Επιτροπή

Κάβουρας Σταύρος (Λέκτορας-Υπεύθυνος της πτυχιακής μελέτης)

Συντώσης Λάμπρος (Αναπληρωτής Καθηγητής)

Γιαννακούλια Μαίρη (Λέκτορας)

Αθήνα 2006

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την εθελοντική προσφορά των φοιτητών και φοιτητριών των τμημάτων της Διαιτολογίας και της Γεωγραφίας καθώς και των άλλων εργαζόμενων στο χώρο του Πανεπιστημίου, που όχι μόνο βοήθησαν συμμετέχοντας στις μετρήσεις του βασικού μεταβολικού ρυθμού αλλά συμβάλλοντας και στην αναζήτηση άλλων εθελοντών. Τους ευχαριστώ πολύ, όπως και τους κ. Σταύρο Κάβουρα, Λέκτορα του Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου και κ. Μιχάλη Μακρυλλό, υποψήφιο διδάκτορα, για την συνεργασία τους και τις κατευθυντήριες γραμμές που μου έδωσαν κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της πτυχιακής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

«Αξιολόγηση εξισώσεων βασικού μεταβολικού ρυθμού στον ελληνικό πληθυσμό»

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR) μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια εξισώσεων, γεγονός που αποτελεί τον πιο κοινό και πρακτικό τρόπο παρέμβασης από τους ειδικούς στην καθημερινή κλινική πράξη. Έχοντας πάντα υπόψη ότι ο πληθυσμός από τον οποίον προέκυψε η κάθε εξίσωση δεν ταιριάζει πάντα με τον πληθυσμό στον οποίο εφαρμόζεται, είναι σκόπιμη η αξιολόγηση των εξισώσεων αυτών στους διάφορους πληθυσμούς εφαρμογής.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν μια πιλοτική αξιολόγηση των βασικών εξισώσεων εκτίμησης BMR στον ελληνικό πληθυσμό για την εύρεση κάποιων τάσεων σχετικά με την αξιοπιστία του εκτιμώμενου BMR. Για αυτό το σκοπό μετρήθηκε ο βασικός μεταβολικός ρυθμός 75 ατόμων (38 αντρών, 37 γυναικών, ηλικίας 18-30 ετών, Ελλήνων, φυσιολογικού βάρους) με την μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας (μέθοδος αναφοράς) με απώτερο στόχο τη σύγκριση των τιμών αυτών με τις τιμές που προκύπτουν από τις βασικές εξισώσεις εκτίμησης του BMR. Οι εθελοντές προσήλθαν στο εργαστήριο κατόπιν 12ωρης νηστείας, αποχής από έντονη φυσική δραστηριότητα τη προηγούμενη μέρα και αποχής από το κάπνισμα το πρωί. Εκεί μετρήθηκε το βάρος και το ύψος τους και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε 45λεπτη μέτρηση του BMR τους, κάτω από συνθήκες απόλυτης ηρεμίας. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Bland-Altman. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εξίσωση των Harris & Benedict υπερεκτιμάει το BMR ($10,2 \pm 9,6\%$) και ότι οι εξισώσεις του Mifflin και Van der Weg φαίνεται να εκτιμούν το BMR στις γυναίκες με τη μικρότερη απόκλιση ($3,3 \pm 9,8\%$ και $2,8 \pm 9,4\%$ αντίστοιχα), ενώ η εξίσωση του Owen φαίνεται να εκτιμάει το BMR με τη μικρότερη απόκλιση στους άντρες και σε όλο το δείγμα ($0,5 \pm 8,8\%$ και $-3,5 \pm 9,2\%$ αντίστοιχα).

Προτείνεται μελλοντική διερεύνηση σε μεγαλύτερο δείγμα για την ενίσχυση των παραπάνω τάσεων και την διασφάλιση εφαρμόσιμων αποτελεσμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. 1. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 5

1. 2. ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟΣ ΡΥΘΜΟΣ (BMR)

1. 2. 1. Ορισμός 6

1. 2. 2. Παράγοντες που επηρεάζουν το βασικό μεταβολικό ρυθμό 7

1. 3 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ

1. 3. 1. Άμεση θερμιδομετρία 15

1. 3. 2. Έμμεση θερμιδομετρία 16

1. 3. 3. Εξισώσεις 19

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ 20

3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3. 1. Σκοπός 31

3. 2. Μεθοδολογία 31

3. 3 Αποτελέσματα 33

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ 39

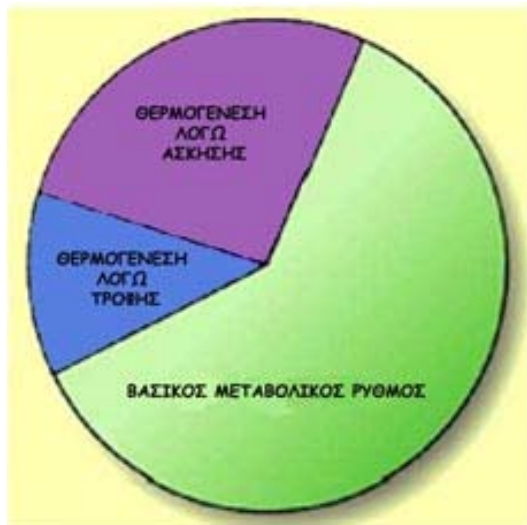
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 41

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ –ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. 1. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ανθρώπινος οργανισμός για να καλύψει της ενεργειακές του απαιτήσεις χρησιμοποιεί την ενέργεια που του δίνεται δια μέσου της τροφής και συγκεκριμένα την ενέργεια από τους υδατάνθρακες, τις πρωτεΐνες και τα λίπη που περιλαμβάνονται σε μια δίαιτα. Κατά τον μεταβολισμό των μακροθρεπτικών αυτών συστατικών εκλύεται η ενέργεια που περιέχουν και χρησιμοποιείται από τον οργανισμό για να πραγματοποιήσει τις βασικές του λειτουργίες, στις οποίες περιλαμβάνονται: χημικές αντιδράσεις για την βιοσύνθεση, οι μυϊκές συσπάσεις, η διατήρηση των ιοντικών βαθμίδων κατά μήκος των μεμβρανών καθώς και η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος (1).

Οι συνολικές ημερήσιες ενεργειακές δαπάνες του ανθρώπινου οργανισμού αποτελούνται από τρία μέρη:



το βασικό μεταβολικό ρυθμό ή BMR (Basal Metabolic Rate), τη θερμογένεση λόγω άσκησης ή TEE(Thermic Effect of Exercise) και τη θερμογένεση λόγω τροφής ή TEF (Thermic Effect of Food), που αφορά το ενεργειακό κόστος της πέψης – απορρόφησης – μεταφοράς – αποθήκευσης της ενέργειας που προσλαμβάνεται μέσω της τροφής. Όπως φαίνεται και στην **εικόνα 1**, στους περισσότερους ανθρώπους, ο βασικός μεταβολικός ρυθμός αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής τους δαπάνης (60-70%), ενώ η θερμογένεση λόγω τροφής το μικρότερο (5-10%). Το ποσοστό που καλύπτει η θερμογένεση λόγω άσκησης μεταβάλλεται ανάλογα με την

Εικόνα 1. Ενεργειακή δαπάνη ατόμου.

φυσική δραστηριότητα του ατόμου (2).

1. 2. ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟΣ ΡΥΘΜΟΣ (BMR)

1. 2. 1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR) αντιπροσωπεύει τις ενεργειακές απαιτήσεις των πολλών διαφορετικών διεργασιών των κυττάρων και των ιστών που είναι απαραίτητες για τη συνέχεια των φυσιολογικών δραστηριοτήτων (συστολή της καρδιάς, αναπνοή, έκκριση ορμονών, δραστηριότητα του νευρικού συστήματος) σε κατάσταση ηρεμίας και νηστείας.

Η μέτρησή του γίνεται στο άτομο ενώ αυτό είναι ξύπνιο και σε κατάσταση απόλυτης ηρεμίας κάτω από ουδέτερες περιβαλλοντικές συνθήκες (20-28° C, χαμηλό φωτισμό), μετά από τουλάχιστον 12ωρη νηστεία, αποχή από έντονη φυσική δραστηριότητα τη προηγούμενη μέρα, αποχή από το κάπνισμα πριν τη μέτρηση και κατά προτίμηση λίγο μετά το πρωινό ξύπνημα (2, 3). Η διάρκεια της νηστείας επιτρέπει να ολοκληρωθεί η πέψη με αποτέλεσμα να εξαλειφθούν οι ενεργειακές της απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της μέτρησης (4). Επίσης, η απόλυτη ηρεμία του ατόμου είναι βασική, γιατί το αυξημένο στρες ανυψώνει το BMR (5, 6).

Σε αρκετές περιπτώσεις αναφέρεται και ο όρος RMR, ο οποίος είναι ο λεγόμενος **μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας** και χρησιμοποιείται ισοδύναμα με το BMR. Υπάρχουν όμως κάποιες διαφορές στους δυο όρους, οι οποίες εντοπίζονται στο τρόπο μέτρησής τους. Συγκεκριμένα, ενώ ο βασικός μεταβολικός ρυθμός μετριέται κάτω από αυστηρές συνθήκες (12ωρη νηστεία, πλήρη ηρεμία), στη μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας απαιτείται νηστεία μόνο 2 με 4 ώρες πριν τη μέτρηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ποσοστό του RMR να αποτελείται από το ενεργειακό κόστος της πέψης. Έτσι, ο RMR είναι ελαφρώς υψηλότερος από τον BMR λόγω των πιο χαλαρών συνθηκών μέτρησης και έχει βρεθεί ότι είναι κατά περίπου 10% υψηλότερος από το BMR (2).

1. 2. 2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟ ΡΥΘΜΟ

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός εξαρτάται και επηρεάζεται από διάφορους γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι τον καθιστούν μοναδικό για κάθε άτομο. Κάποιοι από τους γενετικούς παράγοντες που επηρεάζουν το BMR είναι το φύλο (7), η ηλικία (8), η ορμονική δραστηριότητα και ο όγκος του σώματος. Επίσης σε κάποιο βαθμό και η σύσταση του σώματος καθορίζεται γενετικά και επηρεάζει το BMR. Περιβαλλοντικοί παράγοντες που έχουν αποδειχθεί ότι επηρεάζουν το BMR είναι η καφεΐνη, το κάπνισμα, οι περιβαλλοντικές συνθήκες (9) και σε σημαντικότερο βαθμό η άσκηση. Υπάρχουν όμως κάποιες έρευνες που έρχονται σε αντίθεση με τα παραπάνω (10, 11, 12). Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον βασικό μεταβολικό ρυθμό παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

1. Ηλικία.

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός σχετίζεται άμεσα και αντιστρόφως ανάλογα με την ηλικία. Είναι γεγονός ότι ο BMR επηρεάζεται και καθορίζεται σε μεγάλο ποσοστό από την άλιπη μάζα σώματος (FFM) με αποτέλεσμα να είναι υψηλότερος σε περιόδους γρήγορης ανάπτυξης, κυρίως στα δύο πρώτα χρόνια ζωής του ατόμου. Κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, όπου παρατηρείται η μέγιστη βιολογική και σωματική ανάπτυξη, είναι ιδιαίτερα αυξημένος, γεγονός το οποίο δικαιολογεί τις ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις των ατόμων αυτής της ηλικίας (13). Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ενήλικα παρατηρείται σταθερή μείωση του βασικού μεταβολισμού, η οποία υπολογίζεται σε 2%-3% περίπου για κάθε δεκαετία (14). Αυτό οφείλεται εν μέρει στη μείωση τη κυτταρικής μάζας που επέρχεται με το χρόνο, καθώς και στη μείωση του μυϊκού ιστού, του μυϊκού τόνου και της φυσικής δραστηριότητας του ατόμου (15). Βέβαια, έρευνες έχουν δείξει ότι ο BMR ηλικιωμένων ατόμων είναι σημαντικά μειωμένος σε σχέση με αυτό νεαρών ατόμων, ακόμη και μετά από προσαρμογή στη σύσταση του σώματος (15-18). Η μείωση αυτή πιθανόν να ερμηνεύεται, κατά ένα μέρος, από δομικές και λειτουργικές αλλαγές που συμβαίνουν στα όργανα και στους ιστούς κατά το γήρας, που έχουν ως αποτέλεσμα την μειωμένη χρησιμοποίηση του οξυγόνου και συνεπώς τη μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση (15, 20).

2. Σύσταση του σώματος.

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα του μεταβολικά ενεργού ιστού που διαθέτει το άτομο, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι καθορίζεται αποκλειστικά από αυτόν.

Πίνακας 1 Ενεργειακή δαπάνη των οργάνων σε ενήλικες (1).

Όργανο	% του RMR	Όπως φαίνεται και στον πίνακα 1, κατά
Ήπαρ	29	την ηρεμία ιστοί, όπως η καρδιά, το ήπαρ,
Εγκέφαλος	19	οι νεφροί και άλλα εσωτερικά όργανα
Καρδιά	10	είναι πιο ενεργοί μεταβολικά από ότι οι
Νεφρά	7	μυϊκοί ιστοί, οι οποίοι όμως είναι πιο
Μυϊκός Ιστός (ηρεμία)	18	ενεργοί μεταβολικά από ότι το λίπος. Μια
Άλλα όργανα	17	

αλλαγή στην αναλογία αυτών των ιστών επιφέρει και ανάλογες αλλαγές στο BMR (1). Στον πίνακα 2, όπου παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση ενηλίκων σε συνθήκες ηρεμίας, φαίνεται ότι για δεδομένο βάρος η ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό του σωματικού λίπους. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι όσο πιο αυξημένο είναι το ποσοστό της μυϊκής μάζας στο σώμα τόσο πιο αυξημένος είναι και ο βασικός μεταβολικός ρυθμός. Έτσι οι αθλητές εμφανίζουν περίπου 5% υψηλότερο BMR σε σχέση με μη αθλητές λόγω της μεγαλύτερης μυϊκής μάζας που διαθέτουν (21). Επίσης αυτός είναι και ένας λόγος για τον οποίον οι άντρες έχουν κατά μέσο όρο μεγαλύτερο βασικό μεταβολικό ρυθμό από τις γυναίκες, καθώς φυσιολογικά έχουν περισσότερο μυϊκό ιστό και άρα και μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις.

Πίνακας 2. Φυσιολογικές τιμές κατανάλωσης ενέργειας ενηλίκων σε συνθήκες ανάπαυσης.

Βάρος σώματος σε kg				
Σωματικό λίπος%	50	60	70	80
5	0,98	1,12	1,27	1,39
10	0,93	1,08	1,22	1,34
15	0,88	1,03	1,17	1,29
20	0,83	0,96	1,12	1,24
25	0,79	0,93	1,08	1,20
30	-	0,88	1,03	1,15

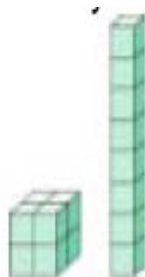
Στοιχεία των Davidson S et al 1979.

3. Φύλο

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί δείχνουν την ύπαρξη διαφορών στο BMR στα δύο φύλα . Ο βασικός μεταβολισμός των γυναικών είναι κατά 5-10% χαμηλότερος από εκείνο των ανδρών του ίδιου βάρους και ύψους (1). Αυτό ίσως συμβαίνει, γιατί ανάμεσα στα δύο φύλα υπάρχουν γενετικές διαφορές στη σύνθεση του σώματος. Οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερα ποσοστά απαραίτητου λίπους. Αντίθετα, οι άνδρες έχουν εκ φύσεως πιο ανεπτυγμένο μυϊκό σύστημα. Σχετικά πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι οι γυναίκες έχουν μειωμένο BMR προσαρμοσμένο στη άλιπη μάζα σώματος (FFM) σε σχέση με τους άντρες (15,22,23,24). Αυτή η διαφορά υπάρχει και μεταξύ γυναικών στην εμμηνόπαυση και αντρών της ίδιας ηλικίας (23). Μια πρόσφατη έρευνα δείχνει μειωμένο BMR προσαρμοσμένο στο σωματικό βάρος στις γυναίκες σε σχέση με τους άντρες. Όταν όμως στην ίδια έρευνα έγινε προσαρμογή του BMR στην άλιπη μάζα σώματος οι διαφορές του φύλου εξαφανίστηκαν. Αντίθετα, όταν ο BMR προσαρμόστηκε στη κυτταρική μάζα σώματος (BCM), που αποκλείει διάφορους ιστούς που περιλαμβάνονται στην άλιπη μάζα σώματος (FFM), οι γυναίκες πάλι παρουσίασαν μικρότερο BMR από τους άντρες (25). Σε τελική ανάλυση, παρόλα τα διαφορούμενα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, είναι φανερό ότι το φύλο επιδρά στο BMR των ενηλίκων .

4. Επιφάνεια του σώματος

Η επιφάνεια του σώματος είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς σχετίζεται με απώλεια σε θερμότητα που έχουμε μέσω της εφίδρωσης από το σώμα. Κατά συνέπεια, άτομα μεγάλωσώμα χάνουν σημαντικά ποσά ενέργειας από το σώμα τους και για αυτό έχουν μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις. Όπως διαπιστώνεται και από την εικόνα 2, αν δύο άτομα έχουν το ίδιο βάρος και το ένα από αυτά είναι υψηλότερο, τότε αυτό το άτομο με το μεγαλύτερο ύψος και κατά συνέπεια με τη μεγαλύτερη επιφάνεια σώματος έχει το μεγαλύτερο BMR (26). Τα ψηλά άτομα έχουν κατά κανόνα μεγαλύτερο BMR από ότι τα κοντά. Σε έρευνα βρέθηκε ότι σε 2 ομάδες ατόμων, κοντών ($1,65 \pm 0,03$ m) και υψηλών ($1,87 \pm 0,04$ m), όπου το % λίπους ήταν όμοιο, το BMR των υψηλών ατόμων ήταν κατά 20% μεγαλύτερο από αυτό των κοντών, αλλά 12% μικρότερο ανά άλιπη μάζα σώματος (FFM) και 10% μικρότερο ανά σωματικό βάρος. Οπότε, οι ψηλοί άνθρωποι έχουν χαμηλότερο BMR ανά κιλό σωματικού βάρους ή άλιπης μάζας σώματος (FFM) από τους κοντούς (27).



Εικόνα 2. Παρόλο που αποτελούνται από τον ίδιο αριθμό κύβων, η κατασκευή που είναι υψηλότερη έχει την μεγαλύτερη επιφάνεια.

5. Λειτουργία των ενδοκρινών αδένων.

Οι ενδοκρινείς αδένες εκκρίνουν ορμόνες, οι οποίες αποτελούν βασικούς ρυθμιστές της μεταβολικής δραστηριότητας του οργανισμού. Τέτοιες ορμόνες είναι οι θυρεοειδείς, οι ορμόνες της ενδοκρινούς μοίρας του παγκρέατος (ινσουλίνη, γλυκαγόνη), οι ορμόνες των επινεφριδίων, όπως η κορτιζόλη κ. ά. Ανάλογα λοιπόν με τα επίπεδα των ορμονών αυτών στον οργανισμό ρυθμίζεται ανάλογα και ο βασικός μεταβολισμός (28).

Οι διαταραχές του θυρεοειδούς αδένος ασκούν τις πιο εντυπωσιακές επιδράσεις στο βασικό μεταβολικό ρυθμό. Συγκεκριμένα στον υπερθυρεοειδισμό αυξάνονται η καρδιακή παροχή, η συσταλτικότητα, η πίεση σφυγμού, η ταχυκαρδία και μειώνεται συστηματική αγγειακή αντίσταση με αποτέλεσμα να παρατηρείται μια αύξηση του BMR έως και 50%. Στην περίπτωση του υποθυρεοειδισμού παρατηρούνται τα αντίθετα φαινόμενα και ο BMR μειώνεται έως και 50% (28).

6. Εγκυμοσύνη

Η εγκυμοσύνη σχετίζεται με αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά τη διάρκειά της, περιλαμβάνοντας και το ενεργειακό κόστος που προκύπτει από το αυξημένο BMR (29). Οι γυναίκες εμφανίζουν περίπου 15-26% υψηλότερο BMR στην εγκυμοσύνη (30) λόγω της αύξησης της μυϊκής μάζας της μήτρας, του πλακούντα, του εμβρύου και της αναπνευστικής και καρδιακής λειτουργίας. Επίσης, κατά την εγκυμοσύνη αυξάνονται συνήθως και τα ποσά των κυκλοφορούντων ορμονών. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί κατά ένα ποσοστό τις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις και την αυξημένη όρεξη της εγκύου (31).

7. Η διατροφική κατάσταση

Σύμφωνα με αρκετές μελέτες (32-36) καταστάσεις όπως ο υποσιτισμός ή η νηστεία προκαλούν μείωση του βασικού μεταβολισμού, ως αποτέλεσμα ενός αμυντικού μηχανισμού προσαρμογής του οργανισμού σε μικρότερη διαθεσιμότητα τροφής και κατ' επέκταση και ενέργειας. Για το λόγο αυτό, σε ένα πρόγραμμα απώλειας βάρους παρατηρείται μία σταδιακή μείωση του ρυθμού απώλειας με το πέρασ των ημερών. Στο παρακάτω πίνακα φαίνονται οι αλλαγές στο βασικό μεταβολικό ρυθμό μετά από πρόγραμμα μείωσης βάρους σε παλιότερες έρευνες.

Πίνακας 3. Αλλαγές στο βασικό μεταβολικό ρυθμό μετά από πρόγραμμα μείωσης βάρους.

Πηγή	Μείωση βάρους (kg)	BMR1 (kcal/ημέρα)	BMR2 (kcal/ημέρα)	Ποσοστό μείωσης
Bessard 1983 (37)	11,7	1661	1432	-13,8%
Schutz 1984 (38)	13,4	2275	1843	-19%
Welle 1984 (39)	10,8	1552	1380	-11,9%

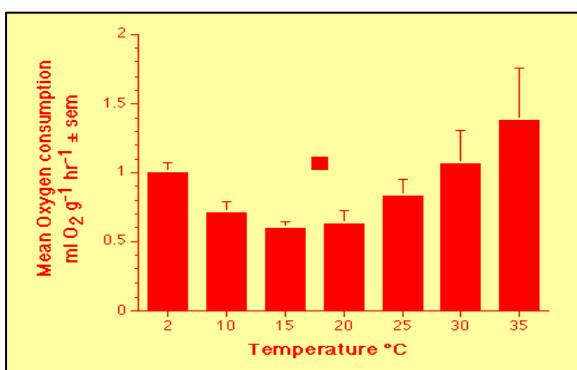
Επίσης σε άλλη έρευνα σε διαβητικούς τύπου 2 παρατηρήθηκε μείωση του BMR κατά 4,1% μετά από μια μείωση βάρους 5,3% . Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και σε μη διαβητικούς παχύσαρκους μετά από βραχυχρόνια μείωση της ενεργειακής τους πρόσληψης. Η μείωση του BMR, η οποία είναι μεγαλύτερη από ότι θα ήταν αν οφειλόταν μόνο στην απώλεια βάρους, μπορεί να προκληθεί από χαμηλά επίπεδα ορμονών του θυρεοειδούς (40).

8. Περιβαλλοντικές συνθήκες

Έρευνες που σχετίζονται με πληθυσμούς των αρκτικών περιοχών αποτελούν απόδειξη ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν το BMR. Συγκεκριμένα έχει διαπιστωθεί ότι αυτοί οι πληθυσμοί έχουν BMR/ kg FFM μεγαλύτερο από αυτό των πληθυσμών που ζουν σε εύκρατες περιοχές (41-44). Γενικά φαίνεται ότι άτομα που ζουν σε τροπικό κλίμα έχουν 5%-20% υψηλότερο BMR σε σχέση με αυτούς που ζουν σε εύκρατες περιοχές (1). Από άλλη έρευνα προκύπτει ότι το χαμηλό BMR σε άτομα που ζουν σε τροπικές περιοχές φαίνεται να είναι ένα γενικό φαινόμενο στους ενήλικες (45). Μετά από έρευνες είναι γενικά αποδεκτό ότι άτομα που ζουν σε τροπικές περιοχές έχουν μικρότερο BMR (προσαρμοσμένο στο σωματικό βάρος ή στην άλιπη μάζα σώματος) σε σχέση με άτομα των εύκρατων περιοχών. Επίσης αρκετές μελέτες συγκρίνουν το BMR που μετρήθηκε σε άτομα των τροπικών περιοχών με τις τιμές που βρέθηκαν από τις εξισώσεις εκτίμησης του BMR του Schofield. Τα αποτελέσματα

δείχνουν ότι οι τιμές που προκύπτουν από τις εξισώσεις, οι οποίες έχουν προκύψει από ένα δείγμα ατόμων σχεδόν αποκλειστικά από εύκρατες περιοχές, είναι μεγαλύτερες από αυτές που μετρήθηκαν στους τροπικού (46-51). Οι Schofield et al. περιέλαβαν ένα μικρό δείγμα ($n=322$) νότιων Ασιατών (Ινδών) στο δείγμα τους που περιλάμβανε πάνω από 7000 άτομα και βρήκαν ότι εμφανίζουν BMR κατά 10% μικρότερο από αυτό που εκτιμάται από τις εξισώσεις (52). Οι Henry and Rees σε παρόμοια έρευνα έδειξαν ότι οι εξισώσεις των Schofield et al. υπερεκτιμούσαν σημαντικά το BMR των ατόμων τροπικών περιοχών. Άλλες έρευνες συγκρίνανε άμεσα τιμές μετρήσεων BMR ατόμων τροπικών και εύκρατων περιοχών αποκομίζοντας διαφορετικά αποτελέσματα (45). Γυναίκες από Σκωτία, Γκάμπια και Ταϊλάνδη δεν παρουσίασαν διαφορές στο BMR προσαρμοσμένο στην άλιπη μάζα σώματος (53), ενώ σε άντρες από τη Γκάμπια υπήρχαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με ένα δείγμα αντρών από τη Σουηδία (54). Άλλη έρευνα δείχνει ότι Νοτιοασιάτες έχουν σημαντικά μικρότερο BMR/kg BW από ευρωπαίους, αλλά όχι από νοτιοαμερικανούς (55). Ακόμη υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι το BMR μερικών πληθυσμών τροπικών περιοχών εκτιμάται καλά με την εξίσωση Schofield et al. που είχε βασιστεί σε άτομα εύκρατων περιοχών (56,57), αλλά και ότι αυτές οι εξισώσεις υπερεκτιμούν άτομα εύκρατων περιοχών του βόρειου Μεξικού και της νότιας Αυστραλίας (58,59,60).

Οι περισσότερες έρευνες υποστηρίζουν ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και το υψόμετρο, προκαλούν τις διαφορές στο BMR που παρατηρούνται στα διαφορετικής καταγωγής δείγματα και όχι λεγόμενες γενετικές διαφορές που οφείλονται στην διαφορετική εθνότητα. Αυτό υποστηρίζεται και από έρευνες που δείχνουν ότι άτομα τροπικής καταγωγής που έχουν μετακομίσει σε εύκρατες περιοχές παρουσιάζουν BMR όμοιο με αυτό των κατοίκων της εύκρατης περιοχής (61,62,63). Επίσης ενώ κάτοικοι της Σιβηρίας έχουν μεγαλύτερο BMR/kg FFM από ότι οι Ευρωπαίοι, Ρώσοι μετανάστες σε εκείνη την περιοχή παρόλο που είχαν έρθει από πιο εύκρατο κλίμα παρουσίασαν το ίδιο αυξημένο BMR (44). Έτσι η μετανάστευση σε πιο θερμά ή ψυχρά κλίματα οδηγεί σε αλλαγές στο BMR του ατόμου. Σε δύο άτομα κάτοικοι της Μεγάλης Βρετανίας παρατηρήθηκε αύξηση του BMR κατά 64% μετά από μια 70 ήμερη περίοδο ορειβασίας στην Ανταρκτική. Παρόλο που ένα μέρος της αύξησης πιθανόν να οφειλόταν σε αλλαγή της σύστασης σώματος λόγω της έντονης φυσικής δραστηριότητας, ένα μέρος της αύξησης του BMR ενδεχομένως οφειλόταν στις ακραίες θερμοκρασίες (64). Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3, σε υψηλές θερμοκρασίες παρατηρείται αύξηση του BMR λόγω επιτάχυνσης της καρδιαγγειακής λειτουργίας και της παραγωγής ιδρώτα (40).



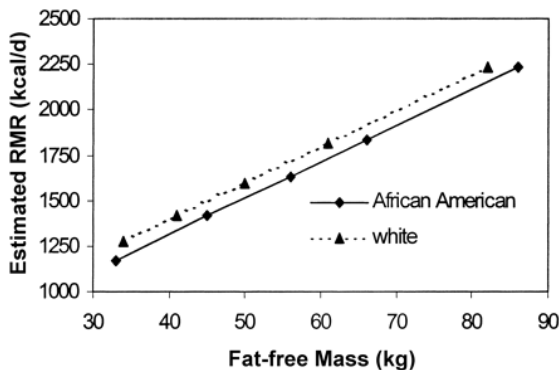
Εικόνα 3. Κατανάλωση οξυγόνου σε διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

9. Άσκηση

Η άσκηση επηρεάζει το BMR τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Συγκεκριμένα, μερικές έρευνες έχουν παρατηρήσει ότι μέτριας έντασης άσκηση αυξάνει το BMR για λίγα λεπτά έως και λίγες ώρες (67-71), ενώ άλλες παρατήρησαν αυξημένο BMR για χρονική περίοδο έως και 24 ώρες (72-78). Για αυτό το λόγο στο πρωτόκολλο μέτρησης του BMR με έμμεση θερμιδομετρία, ο εθελοντής θα πρέπει να απέχει από την άσκηση την προηγούμενη ημέρα. Επίσης άλλες έρευνες δεν παρατήρησαν καμία επίδραση της άσκησης στο BMR (79-80). Έρευνες που εξέτασαν τις επιδράσεις της άσκησης αντοχής στο BMR έδειξαν διφορούμενα αποτελέσματα. Μερικές δείχνουν αυξήσεις στο BMR (81-83), ενώ άλλες ότι το BMR παραμένει αμετάβλητο (84). Αντίθετα, η άσκηση αντιστάσεων αυξάνει το BMR μακροπρόθεσμα πράγμα που οφείλεται στην αύξηση της μυϊκής μάζας μέσω αυτού του τύπου άσκησης. Όπως έχει προαναφερθεί, αύξηση της άλιπης μάζας σώματος (FFM) οδηγεί και σε αύξηση του BMR (21).

10. Εθνικότητα

Πολλές έρευνες διαπραγματεύονται την εύρεση πιθανής επιρροής της εθνικότητας στο BMR. Στη



Εικόνα 4. BMR αφρικανοαμερικανών και λευκών γυναικών σε σχέση με την άλιπη μάζα σώματος.

βιβλιογραφία αναφέρεται συχνά χαμηλότερο BMR Ινδών έναντι των δυτικών αντίστοιχο με ηλικία, φύλο, επιφάνεια σώματος ή σωματικό βάρος, που ερμηνεύεται ως ύπαρξη εθνικής επιρροής στο BMR. Εξετάζοντας το BMR 96 Ινδών και 81 Αυστραλών (αντρών και γυναικών) βρέθηκε ότι ο απόλυτος BMR και ο BMR / σωματικό βάρος ήταν σημαντικά χαμηλότερος στους Ινδούς. Ωστόσο, ο BMR / FFM, δεν ήταν σημαντικά διαφορετικός (87). Για να υπάρχει αξιοπιστία σε αυτές τις έρευνες υποστηρίζεται ισχυρά η

χρήση της άλιπης μάζας σώματος (FFM) και όχι του βάρους για την εκτίμηση του BMR, έτσι ώστε να αποκλείεται η επιρροή της σύστασης του σώματος στα αποτελέσματα. Διαχρονική μελέτη RMR που έγινε σε παιδιά από Αφρική και Αμερική (λευκά)έδειξε, κατόπιν διόρθωσης για ηλικία, FM και FFM, ότι ο BMP ήταν σημαντικά υψηλότερος στα λευκά έναντι στα μαύρα παιδιά (~250 kJ/d). Η μελέτη αυτή ουσιαστικά υποστηρίζει ότι υπάρχει εθνική διαφορά στο BMP που δεν εξηγήθηκε από FFM (88). Σε άλλη μελέτη παρατηρήθηκε ότι αφρικανοαμερικάνες γυναίκες είχαν χαμηλότερο BMR σε σύγκριση με λευκές γυναίκες, κάτι που είχε παρατηρηθεί και σε άλλες έρευνες (89-91). Επίσης στη συγκεκριμένη μελέτη βρέθηκε ότι το ίδιο ισχύει αντίστοιχα και στους άντρες και ότι το μέγεθος της διαφοράς στη τιμή του BMR μεταξύ των δύο ομάδων διαφορετικής εθνικότητας είναι ίδιο για τους άντρες και τις γυναίκες.

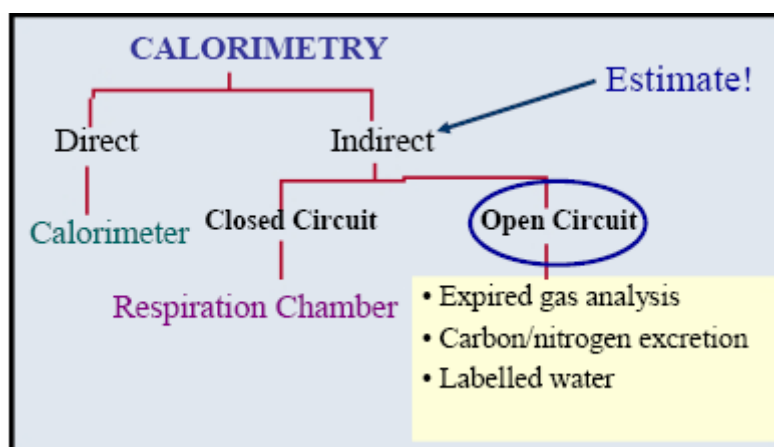
Άλλοι παράγοντες

- Το **στρες** επηρεάζει το BMR. Έρευνα σε ζώα που τέθηκαν υπό πίεση έδειξε αύξηση του BMR τους κατά 30%. Η σοβαρή ή/και παρατεταμένη συναισθηματική πίεση οδηγεί στην αυξημένη απαίτηση O_2 (92).
- Το **κάπνισμα** αυξάνει το BMR σε κάποιο βαθμό (40).
- Το **υψόμετρο** προκαλεί αύξηση του BMR λόγω της αύξησης της αναπνευστικής συχνότητας (40)
- Ο BMR μεταβάλλεται κατά τον **έμμηνο κύκλο**. Συγκεκριμένα παρατηρείται μια μέση αύξηση περίπου 150 Kcal/day στο δεύτερο μισό του κύκλου (93).
- Κατά την **ασθένεια** παρατηρούνται μεταβολές στο βασικό μεταβολικό ρυθμό, που εξαρτώνται από τον τύπο της ασθένειας. Οι λοιμώξεις ή ο πυρετός αυξάνουν το BMR περίπου 7% για κάθε $^{\circ}F$ ή 12-13% για κάθε βαθμό $^{\circ}C$ μεγαλύτερο από $37^{\circ}C$ (1). Σε σοβαρά άρρωστους με υποσιτισμό ο μετρηθείς BMR διαφέρει (70-140%) από τον εκτιμώμενο .

- Η **καφεΐνη** επιφέρει επίσης σημαντική αύξηση του BMR (94, 95, 96). Έρευνα έχει δείξει ότι 2-3 φλιτζάνια καφέ αυξάνουν το BMR κατά 10-12% (40). Επίσης 8 mg/kg ΣΒ καφεΐνης αυξάνουν το BMR μέχρι και 3 h αργότερα (94).

1. 3. ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ

Ο μεταβολικός ρυθμός μπορεί να μετρηθεί άμεσα ή έμμεσα ή/και να εκτιμηθεί με τη βοήθεια εξισώσεων, γεγονός που αποτελεί τον πιο κοινό και απλό τρόπο υπολογισμού του από τους ειδικούς στην καθημερινή κλινική πράξη.



Εικόνα 5. Είδη θερμιδομετρίας.

1. 3. 1 Άμεση θερμιδομετρία

Η **άμεση θερμιδομετρία** είναι μια μέτρηση κατά την οποία είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός ειδικά διαμορφωμένου θερμιδομετρικού θαλάμου. Αυτός ο θάλαμος είναι αεροστεγής και θερμικά μονωμένος έτσι ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η εκλυόμενη από τον άνθρωπο θερμότητα κάτω από αμετάβλητες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και συστάσεις του ατμοσφαιρικού αέρα. Η μέτρηση αυτή είναι αξιόπιστη για την εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης, διαθέτει όμως δύο σημαντικά μειονεκτήματα που καθιστούν την εφαρμογή της πρακτικά πολύ δύσκολη: απαιτείται η παραμονή του ατόμου στο θερμιδομετρικό θάλαμο για μεγάλο χρονικό διάστημα (>12 ώρες) και είναι σαφές ότι το κόστος για την κατασκευή ενός τέτοιου θαλάμου είναι τεράστιο (97). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η άμεση θερμιδομετρία και οι θερμιδομετρικοί θάλαμοι να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς (102).

1. 3. 2 Έμμεση θερμιδομετρία (97)

Αντίθετα, η **έμμεση θερμιδομετρία** αποτελεί μια απλή και οικονομική μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής δαπάνης ενός ατόμου, καθώς και της ποσοτικής εκτίμησης των μακροθρεπτικών συστατικών που κινητοποιούνται κατά τη διαδικασία του μεταβολισμού.

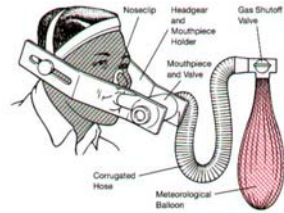
Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι ο μεταβολισμός των μακροθρεπτικών συστατικών απαιτεί κατανάλωση οξυγόνου και προκαλεί αύξηση της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα. Ουσιαστικά μετράει την θερμότητα που παράγεται από τις οξειδωτικές αντιδράσεις στον οργανισμό.

Γλυκόζη	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ $\text{RQ} = 6 \text{CO}_2 / 6 \text{O}_2 = 1$
Λίπη	$2\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 + 163 \text{O}_2 \rightarrow 114 \text{CO}_2 + 110 \text{H}_2\text{O}$ $\text{RQ} = 114 \text{CO}_2 / 163 \text{O}_2 = 0,7$

Εικόνα 6. Η ποσότητα του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται κατά την πλήρη οξείδωση ενός μορίου γλυκόζης και ενός μορίου λιπαρού οξέος.

Η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται υπολογίζεται από το λόγο παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα προς τη πρόσληψη οξυγόνου. Αυτός ο λόγος ονομάζεται αναπνευστικό πηλίκο (RQ-Respiratory quotient) και δείχνει επίσης το ποσοστό συμμετοχής των ενεργειακών υποστρωμάτων (υδατανθράκων και λιπιδίων) στην ολική παραγωγή ενέργειας. Ένα RQ ίσον με 1, 0 υποδεικνύει ότι οξειδώνονται υδατάνθρακες, γιατί όπως φαίνεται και στην εικόνα 6, κατά την οξείδωση της γλυκόζης το ποσό του οξυγόνου που απαιτείται είναι ίσο με το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται. Επίσης το RQ για τα λίπη είναι μικρότερο από 1, γιατί οξειδώνονται λιγότερο.

Για τον καθορισμό της κατανάλωσης οξυγόνου και της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται μέτρηση της ανταλλαγής αερίων στο άτομο συλλέγοντας τον εκπνεόμενο αέρα και αναλύοντας την σύστασή του σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Η μέτρηση της πρόσληψης του οξυγόνου βασίζεται στη μέτρηση του όγκου και της σύστασης του εμπνεόμενου αέρα και γίνεται συνήθως με τη μέθοδο του καλύμματος κεφαλής (canopy) έναντι στη μέθοδο του επιστομίου, γιατί διασφαλίζει πιο ελεύθερη αναπνοή και δεν χρειάζεται συνεργασία από το υποκείμενο της μελέτης. Επίσης με την ίδια μέθοδο γίνεται η μέτρηση της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα. Αφού μετρηθεί ο όγκος των αερίων, μπορεί να υπολογιστεί η παραγωγή θερμότητας πολύ εύκολα.

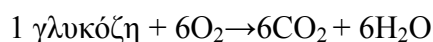
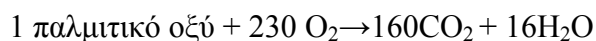
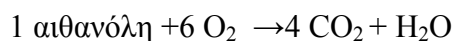
Έμμεση θερμιδομετρία	Παραδείγματα	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
Εργοσπειρόμετρο	SensorMedics 	Αυτόματη ανάλυση της ροής και του όγκου των αερίων Ικανότητα βαθμονόμησης μηχανήματος πριν από κάθε μέτρηση Επιτρέπει την λεπτό προς λεπτό παρακολούθηση της μέτρησης Ευρεία χρήση	Μεγάλο μηχάνημα με περιορισμένη κινητικότητα Απαιτεί εκπαιδευμένα άτομα για την βαθμονόμηση και την μέτρηση Απαιτεί τουλάχιστον 30 λεπτά για την βαθμονόμηση και την μέτρηση Υψηλό κόστος
Handheld device	BodyGem/MedGem 	Μικρό, ελαφρύ, φορητό Αποτελέσματα σε 8 με 10 λεπτά Φθηνότερο σε σχέση με εργοσπειρόμετρο	Έρευνες έδειξαν σημαντική διαφορά από εργοσπειρόμετρο ($\pm 90 \text{ kcal}$) Δεν υπάρχει δυνατότητα παρακολούθησης της μέτρησης (δίνεται μια τελική τιμή στο τέλος της μέτρησης)
Douglas bag		Ιστορικά θεωρείται η χρυσή μέθοδο, αξιόπιστο, έγκυρο Χαμηλό κόστος	Πιθανή μόλυνση του αέρα που συλλέγεται Η ξεχωριστή συγκέντρωση και ανάλυση είναι χρονοβόρα

Πίνακας 4. Μηχάνημα έμμεσης θερμιδομετρίας (98)

Η ανάλυση που γίνεται δίνει μια τιμή κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) και μια τιμή παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2). Για την μετατροπή των VO_2 και VCO_2 σε μονάδες ενεργειακής κατανάλωσης (kcal/min) χρησιμοποιείται η απλοποιημένη εξίσωση του Weir $\text{Kcal/min} = (3.9 \cdot \text{VO}_2) + (1.1 \cdot \text{VCO}_2)$.

Πίνακας 5. Ερμηνεία τιμών αναπνευστικού πηλίκου

$$RQ = \frac{VCO_2}{VO_2}$$



<u>Υπόστρωμα που χρησιμοποιείται</u>	<u>RQ</u>
Οξείδωση λίπους	0,71
Μεικτή οξείδωση υποστρωμάτων (CHO και FAT)	0,71-0,99
Οξείδωση υδατάνθρακα	$\geq 1,0$

Χρήση και σημασία έμμεσης θερμιδομετρίας

Η έμμεση θερμιδομετρία αποκτά μεγάλη σημασία στον κλινικό και εργαστηριακό τομέα, όπως σε περιπτώσεις σοβαρών τραυματισμών, όπου μια μέτρηση του BMR είναι σημαντική για τον προσδιορισμό των αυξημένων ενεργειακών αναγκών που παρουσιάζονται μετά το τραύμα. Γενικά, ο υπολογισμός του BMR είναι απολύτως αναγκαίος για τη σωστή εκτίμηση των διατροφικών αναγκών, μιας και η υπερπλήρωση ή η ελλιπής κάλυψη αυτών οδηγούν δυνητικά σε νόσο. Επίσης η έμμεση θερμιδομετρία καθίσταται ιδιαίτερος χρήσιμη σε νεαρούς ή υπερήλικες ασθενείς, στους οποίους η ενεργειακή πρόσληψη μπορεί να διαφέρει σε σημαντικό ποσοστό από εκείνη που εκτιμούν οι διάφορες εξισώσεις, που βασίζονται σε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (ύψος, βάρος).

1. 3. 3 Εξισώσεις

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί εξισώσεις για τον υπολογισμό του βασικού μεταβολικού ρυθμού, οι οποίες προέκυψαν από μετρήσεις άμεσης ή έμμεσης θερμιδομετρίας σε διάφορους πληθυσμούς, και καθιερώθηκαν ως η πλέον εύχρηστη μέθοδος υπολογισμού BMR μιας και βασίζονται σε ανθρωπομετρικά

δεδομένα(βάρος, ύψος, ηλικία) τα οποία μπορούν να μετρηθούν πολύ εύκολα χωρίς κανένα κόστος (102). Οι πιο βασικές εξισώσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 6. Οι εξισώσεις εκτίμησης του BMR θα πρέπει να περιλαμβάνουν όλα τα δυνατά ανθρωπομετρικά δεδομένα και να είναι ειδικές για τους άντρες και τις γυναίκες, έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα (103). Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή και χρήση των εξισώσεων αυτών στον κλινικό τομέα έχοντας πάντα υπόψη ότι ο πληθυσμός από τον οποίον προέκυψε η κάθε εξίσωση δεν ταιριάζει πάντα και στον ίδιο βαθμό με τον πληθυσμό στον οποίο εφαρμόζεται (104).

Ερευνητές	Φύλο(♂= άρρεν, ♀= θήλυ)-ηλικία	Εξισώσεις βασικού μεταβολικού ρυθμού
Mifflin-St Jeor 1990	♂	$9,99 * \text{βάρος (kg)} + 6,25 * \text{ύψος (cm)} - 4,92 * \text{ηλικία (έτη)} + 5$
	♀	$9.99 * \text{βάρος (kg)} + 6.25 * \text{ύψος (cm)} - 4.92 * \text{ηλικία (έτη)} - 161$
Harris Benedict 1919	♂	$66,47 + 13,75 * \text{βάρος (kg)} + 5,0 * \text{ύψος (cm)} - 6,75 * \text{ηλικία (έτη)}$
	♀	$665,09 + 9,56 * \text{βάρος (kg)} + 1,84 * \text{ύψος (cm)} - 4,67 * \text{ηλικία (έτη)}$
Owen 1986-1987	♂	$879 + 10,2 * \text{βάρος (kg)}$
	♀	$795 + 7,18 * \text{βάρος (kg)}$
WHO/FAO/UNU 1985	♂	
	18-30	$15,3 * \text{βάρος (kg)} + 679$
	31-60	$11,6 * \text{βάρος (kg)} + 879$
	>60	$13,5 * \text{βάρος (kg)} + 487$
	♀	
	18-30	$14,7 * \text{βάρος (kg)} + 496$
	31-60	$8,7 * \text{βάρος (kg)} + 829$
	>60	$10,5 * \text{βάρος (kg)} + 596$
	♂	
	18-30	$15,4 * \text{βάρος (kg)} - 27 * \text{ύψος (cm)} + 717$
	31-60	$11,3 * \text{βάρος (kg)} + 16 * \text{ύψος (cm)} + 901$
	>60	$8,8 * \text{βάρος (kg)} + 1,128 * \text{ύψος (cm)} - 1,071$
	♀	
	18-30	$13,3 * \text{βάρος (kg)} + 334 * \text{ύψος (cm)} + 35$
	31-60	$8,7 * \text{βάρος (kg)} - 25 * \text{ύψος (cm)} + 865$
	>60	$9,2 * \text{βάρος (kg)} + 637 * \text{ύψος (cm)} - 302$
Siervo 2003	♀	$11,5 * \text{βάρος (kg)} + 542,2$
Schofield 1985	♀	
	18-30	$14.818 * \text{βάρος (kg)} + 486.6$
	30-60	$8.126 * \text{βάρος (kg)} + 845.6$
	♂	
	18-30	$15.057 * \text{βάρος (kg)} + 692.2$
	30-60	$11.472 * \text{βάρος (kg)} + 873.1$
Vander Weg 2004	♀	$(\text{kJ/day}) 616.93 - 14.9 * \text{ηλικία (έτη)} + 35.12 * \text{βάρος (kg)} + 19.83 * \text{ύψος (cm)}$

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Στο παρελθόν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που προσπαθούν να αξιολογήσουν τις ήδη υπάρχουσες εξισώσεις βασικού μεταβολικού ρυθμού ή/και να προτείνουν κάποια καινούρια εξίσωση, που να αντιπροσωπεύει καλύτερα τον πληθυσμό τον οποίο εξετάζουν. Από τις εξισώσεις που έχουν εξαχθεί

για τον υπολογισμό του βασικού μεταβολικού ρυθμού, αυτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο και ερευνάται η αξιοπιστία τους είναι αυτές των Harris και Benedict, Owen, World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University WHO/FAO/UNU και των Mifflin-St Jeor (102).

Harris & Benedict

Η εξίσωση των Harris – Benedict εξήχθη βασισμένη σε μελέτες που έγιναν από το 1907-1917 σε 136 Καυκάσιους άνδρες, φυσιολογικού βάρους, ηλικίας 16-63 ετών και σε 103 Καυκάσιες γυναίκες, φυσιολογικού βάρους, ηλικίας 15-74 ετών. Η συγκεκριμένη εξίσωση, ως η πιο παλιά και ακόμη χρησιμοποιούμενη στον κλινικό τομέα, αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας των περισσότερων μελετών αξιολόγησης εξισώσεων BMR, οι οποίες δείχνουν γενικά ότι η εξίσωση αυτή υπερεκτιμά συστηματικά το BMR σε ποσοστό περίπου 5%, ενώ άλλες έρευνες παρατήρησαν ένα σφάλμα έως και 10-15% (105, 112). Ο ίδιος ο Benedict είχε τονίσει ότι η εκτίμηση του BMR στις γυναίκες ήταν κατά 5% υψηλότερη με την εξίσωση του (106), πράγμα το οποίο πιστοποιήθηκε και από άλλους ερευνητές. Με τη συγκεκριμένη εξίσωση, η ακριβής εκτίμηση του BMR σε όλες τις έγκυρες μελέτες αφορούσε το 45% - 80% του πληθυσμού, ενώ συχνό ήταν το φαινόμενο των υπερεκτιμήσεων (102). Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι έρευνες αξιολόγησης της εξίσωσης των Harris & Benedict, που έχουν πραγματοποιηθεί καθώς και τα αποτελέσματά τους.

Πίνακας 6. Έρευνες αξιολόγησης της εξίσωσης BMR των Harris&Benedict (πηγή 102)

Ερευνητής, χρονολογία	Ηλικία, αριθμός δείγματος, φύλο	Κατηγορία βάρους (BMI, ποσοστό λίπους σώματος)	Ποιότητα έρευνας	Κάλυψη κριτηρίων έμμεσης θερμιδομετρίας (μη υπάρχουσες τεχνικές)	Ακριβής εκτίμηση ¹	Ανακριβής εκτίμηση ²	Μέγιστα σφάλματα ³
Arciero et al, 1993(108)	50-78 y 89 M	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 8%-33% λίπος σώματος	Ø	OXI (βαθμονόμηση, steady state)	ME	ME	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι: 19% υποεκτίμηση έως 9% υπερεκτίμηση
Arciero et al, 1993 (109)	50-81 y 75 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 20%-43% λίπος σώματος	Ø	OXI (βαθμονόμηση, steady state)	ME	ME	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι: 27% υποεκτίμηση έως 12% υπερεκτίμηση

Case et al, 1997 (110)	21-33 y 89 F	Μη παχύσαρκοι: 17-29	Ø	OXI (διάρκεια)	ME	ME	ME
Clark et al, 1991(111)	18-33 y 29 M	Μη παχύσαρκοι: 18-30	Ø	NAI	ME	ME	ME
Daly et al, 1985 (112)	22-52 y 35 M (Emory) 24-35 y 24 M (Sloan-Kettering) 29-53 y 39 F (Emory) 23-34 y 29 F (Sloan-Kettering)	Μη παχύσαρκοι: M: 95%-122% IBW (Emory) 95%-117% IBW(Sloan-Kettering) F: 92%-123% IBW (Emory) 86%-117% IBW (Sloan-Kettering)	Ø	OXI (εξειδίκευση, διάρκεια, άσκηση)	ME	ME	ME
DeLorenzo et al 2001 (113)	18-59 y 127 M 193 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: M: 18-59 F: 19-39	+	NAI	ME	ME	ME
Feurer et al, 1984 (114) Healthy controls only	21-32 y 20 M 22-30 y 52 F	Μη παχύσαρκοι: M: 94%-117% IBW F: 95%-113% IBW	-	OXI (άσκηση, νηστεία)	Μη παχύσαρκοι: 80%-81% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Μη παχύσαρκοι: 0% υποεκτίμηση έως 10% υπερεκτίμηση	Μη παχύσαρκοι: M: 10% υποεκτίμηση έως 19% υπερεκτίμηση ; F: 6% υποεκτίμηση έως 18% υπερεκτίμηση
Feurer et al, 1983 (115)	26-47 y 18 M 32-46 y 94 F	Παχύσαρκοι: M: 176%-246% IBW F: 178%-264% IBW	Ø	OXI (νηστεία)	Παχύσαρκοι: 39% 10% εντός ±10% του BMR	Παχύσαρκοι: 9%υποεκτίμηση έως 52% υπερεκτίμηση	Παχύσαρκοι:6 5% υποεκτίμηση έως 43% υπερεκτίμηση
Forman et al, 1998 (116)	Μαύροι, Αφρικανοί 33-35 y 25 F Λευκοί 32-34 y 22 F	Παχύσαρκοι: Μαύροι, Αφρικανοί 35-37 Λευκοί 34-38	Ø	OXI (βαθμονόμηση)	ME	ME	ME

Foster et al, 1988 (117)	32-52 y 80 F	Παχύσαρκοι: 32-46	Ø	OXI (άσκηση, νηστεία)	Παχύσαρκοι: 59% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Παχύσαρκοι: 21% υποεκτίμηση έως 20% υπερεκτίμηση	ME
Frankenfield et al, 2003 (105)	20-78 y 130 M, F 83 Μη παχύσαρκοι 47 παχύσαρκοι	Μη παχύσαρκοι: 16-30 Παχύσαρκοι: 31-99	+	NAI	Μη παχύσαρκοι: 69% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε Παχύσαρκοι: 64% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Μη παχύσαρκοι: 4% υποεκτίμηση έως 27% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 6% υποεκτίμηση έως 30% υπερεκτίμηση	Μη παχύσαρκοι: 15% υποεκτίμηση έως 20% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 28% υποεκτίμηση έως 28% υπερεκτίμηση
Fredrix et al, 1990 (118)	55-71 y 18 M 59-73 y 22 F	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι: 24-29 23-33	Ø	OXI (εξειδίκευση, Steady state)	ME	ME	ME
Garrel et al, 1996 (119)	18-33 y 67 M, F	Μη παχύσαρκοι: 20-26	-	NAI	ME	ME	ME
Heshka et al, 1993 (120)	29-49 y 53 M	Υπέρβαροι έως παχύσαρκοι: 28-56	Ø	OXI (βαθμονόμηση, εξειδίκευση, Steady state, άσκηση)	ME	ME	ME
Heshka et al, 1993 (120)	27-50 y 73 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 24-56	Ø	OXI (βαθμονόμηση, εξειδίκευση, Steady state, άσκηση)	ME	ME	ME
Hirano et al, 2001 (121)	19-38 y 19 F	Υπέρβαροι έως παχύσαρκοι: 26-59	+	NAI	ME	ME	ME
Liu et al, 1993 (122)	29-59 y 223 M, F	Μη παχύσαρκοι: 19-25	Ø	OXI (βαθμονόμηση)	ME	ME	ME
Mifflin-St Jeor et al, 1990 (123)	19-76 y 498 M, F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 19-42	+	NAI	ME	ME	ME
Owen et al, 1987 (124)	18-82 y 60 M	Μη παχύσαρκοι: 20. 4-29. 9 Παχύσαρκοι: 30. 4-60. 5	+	NAI	Μη παχύσαρκοι: 68% εντός ±10% του RMR που μετρήθηκε Παχύσαρκοι: 38%	Μη παχύσαρκοι: 2% υποεκτίμηση έως 30% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 6%	Μη παχύσαρκοι: 23% υποεκτίμηση έως 39% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι:

					εντός ±10% του RMR που μετρήθηκε	υποεκτίμησηd έως 56% υπερεκτίμηση	25% υποεκτίμηση έως 38% υπερεκτίμηση
Owen et al, 1986 (125)	18-65 y 44 F	Μη παχύσαρκοι: 18, 2-29, 3 Παχύσαρκοι: 18-50	+	NAI	Μη παχύσαρκοι: 45% Παχύσαρκοι: 38% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Μη παχύσαρκοι: 0% υποεκτίμηση έως 55% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 0% υποεκτίμησηd έως 62 % υπερεκτίμηση	Μη παχύσαρκοι: 7% υποεκτίμηση έως 42 % υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 7% υποεκτίμηση έως 35 % υπερεκτίμηση
Pavlou et al, 1986 (126)	30-60 y 31 M	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 25%-48% λίπος σώματος	+	NAI	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 64% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 0% υποεκτίμηση έως 36% υπερεκτίμηση	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 19% υποεκτίμηση έως 35% υπερεκτίμηση
Scalfi et al, 1993 (127)	18-32 y 104 F 74 Μη παχύσαρκοι 30 Παχύσαρκοι	Μη παχύσαρκοι: 19-29 Παχύσαρκοι: 30-42	+	NAI	ME	ME	ME
Siervo et al, 2003 (128)	18-31 y 157 F	Μη παχύσαρκοι: 21-25 Υπέρβαροι 26-29 Παχύσαρκοι: 31-39	+	NAI	ME	ME	ME
Taaffe et al, 1995 (129)	60-82 y 116 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 19-39	+	NAI	ME	ME	ME
van der Ploeg et al, 2002 (130)	31-59 y 41 M	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 20-32	+	NAI	ME	ME	ME
Vermeij et al, 1990 (131) Healthy controls only	22-48 y 50 (δεν αναφέρεται το φύλο)	Δεν αναφέρεται	-	OXI (άσκηση, νηστεία)	ME	?	20% υποεκτίμηση έως 20% υπερεκτίμηση

*M= άρρεν, F= θήλυ, y= έτη, ME= μη εφαρμόσιμο (not applicable), BMI=δείκτης μάζας σώματος,

Ποιότητα έρευνας: -= δείχνει ότι μεγάλο μέρος του σχεδιασμού της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής δεν καλύφθηκαν

Ø= δείχνει ότι ο σχεδιασμός της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής δεν ήταν ισχυρά ή δεν εφαρμόστηκε κατά γράμμα το πρωτόκολλο έμμεσης θερμιδομετρίας ή περιείχε κινδύνους που οδηγούν σε μη ακρίβεια/ορθότητα της έρευνας.

+ = δείχνει ότι ο σχεδιασμός της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής επιτελέστηκαν σωστά

¹Ποσοστό όλων των ατόμων του δείγματος, των οποίων ο εκτιμώμενος από την εξίσωση Harris & Benedict BMR ήταν μεταξύ 90-110% του μετρημένου BMR.

²Ποσοστό όλων των ατόμων του δείγματος, των οποίων ο εκτιμώμενος από την εξίσωση Harris & Benedict BMR ήταν <90% ή >110% του μετρημένου BMR.

³Η μικρότερη και μεγαλύτερη εκτίμηση ως ποσοστό του μετρημένου BMR.

Mifflin - St Jeor

Η εξίσωση των Mifflin - St Jeor εξήχθη από ένα δείγμα 498 ατόμων ηλικίας 19 έως 78 ετών, στα οποία συμπεριλαμβάνονταν άτομα με φυσιολογικό βάρος, υπέρβαροι και παχύσαρκοι (123). Δεν καταγράφηκε η εθνότητα των ατόμων αυτών και επίσης δεν υπήρξε επαρκής αριθμός ατόμων που να αντιπροσωπεύει τους ηλικιωμένους ηλικίας 75 έως 84. Στον πίνακα 7 περιλαμβάνονται οι έρευνες αξιολόγησης που έχουν πραγματοποιηθεί για την εξίσωση αυτή. Σε έρευνα υψηλής εγκυρότητας εφαρμόστηκε η εξίσωση των Mifflin - St Jeor σε ένα δείγμα 83 ενηλίκων ηλικίας 18-78 ετών, φυσιολογικού βάρους και βρέθηκε ότι σε 82% των περιπτώσεων η εκτίμηση του BMR ήταν $\pm 10\%$ του BMR που είχε μετρηθεί με έμμεση θερμιδομετρία (105). Σύμφωνα με τους Frankenfield et al (2005) είναι η πιο έγκυρη στην εκτίμηση του BMR με μέγιστη απόκλιση 10% από τις εκτιμήσεις της έμμεσης θερμιδομετρίας (μέθοδος αναφοράς), στην πλειοψηφία των νορμοβαρών και παχύσαρκων ενηλίκων, συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη εξίσωση, δίνοντας παράλληλα το μικρότερο εύρος σφάλματος.

Πίνακας 7. Έρευνες αξιολόγησης της εξίσωσης BMR του Mifflin (πηγή 102)

Ερευνητής, χρονολογία	Ηλικία, αριθμός δείγματος, φύλο	Κατηγορία βάρους (%λίπους σώματος ή BMI kg/m ²)	Ποιότητα έρευνας	Κάλυψη κριτηρίων έμμεσης θερμιδομετρίας (μη υπάρχουσες τεχνικές)	Ακριβής εκτίμηση ¹	Ανακριβής εκτίμηση ²	Μέγιστα σφάλματα ³
Arciero et al, 1993 (108)	50-78 y 89 M	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι 8%-33% λίπος σώματος	Ø	OXI (βαθμονόμηση, steady state)	ME	ME	18% υποεκτίμηση έως 5% υπερεκτίμηση
Arciero et al, 1993 (109)	50-81 y 75 F	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι 20%-43% λίπος σώματος	Ø	OXI (βαθμονόμηση, steady state)	ME	ME	31% υποεκτίμηση έως 7% υπερεκτίμηση
DeLorenzo et al, 2001 (113)	18-59 y 127 M 193 F	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι M: 18-59 F: 19-39	+	NAI	ME	ME	ME
Frankenfield et al, 2003 (105)	20-78 y 130 M, F 83 Μη παχύσαρκοι 47 παχύσαρκοι	Αδύνατοι έως παχύσαρκοι 16-99	+	NAI	Μη παχύσαρκοι: 82% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε Παχύσαρκοι: 70% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Μη παχύσαρκοι: 8% υποεκτίμηση έως 10% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 21% υποεκτίμηση έως 9% υπερεκτίμηση	Μη παχύσαρκοι: 18% υποεκτίμηση έως 15% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 20% υποεκτίμηση έως 15% υπερεκτίμηση
Garrel et al, 1996 (119)	18-33 y 67 M, F	Μη παχύσαρκοι 20. 1-25. 6	-	NAI	?	ME	ME
Heshka et al, 1993 (120)	29-49 y 53 M	Υπέρβαροι έως παχύσαρκοι 28-56	Ø	OXI (βαθμονόμηση, εξειδίκευση Steady state, άσκηση)	ME	ME	ME
Heshka et al, 1993 (120)	27-50 y 73 F	Υπέρβαροι έως παχύσαρκοι 24-56	Ø	OXI (βαθμονόμηση, εξειδίκευση Steady state, άσκηση)	ME	ME	ME
Liu et al, 1993 (122)	29-59 y 223 M, F	Μη παχύσαρκοι 19-25	Ø	OXI (βαθμονόμηση	ME	ME	ME

	ση)						
Scalfi et al, 1993 (127)	18-32 y 74 F	Αδύνατοι έως υπέρβαροι 19-29 Παχύσαρκοι 30-42	+	NAI	ME	ME	ME
Siervo et al, 2003 (128)	18-31 y 157 F	Μη παχύσαρκοι 21-25 υπέρβαροι 26-29 παχύσαρκοι 31-39	+	NAI	ME	ME	ME
Taaffe et al, 1995 (129)	60-82 y 116 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι 19-39	+	NAI	ME	ME	ME

*M= άρρεν, F= θήλυ, y= έτη, ME= μη εφαρμόσιμο (not applicable), BMI=δείκτης μάζας σώματος,

Ποιότητα έρευνας: -= δείχνει ότι μεγάλο μέρος του σχεδιασμού της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής δεν καλύφθηκαν

Ø= δείχνει ότι ο σχεδιασμός της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής δεν ήταν ισχυρά ή δεν εφαρμόστηκε κατά γράμμα το πρωτόκολλο έμμεσης θερμιδομετρίας ή περιείχε κινδύνους που οδηγούν σε μη ακρίβεια/ορθότητα της έρευνας.

+ = δείχνει ότι ο σχεδιασμός της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής επιτελέστηκαν σωστά

¹Ποσοστό όλων των ατόμων του δείγματος, των οποίων ο εκτιμώμενος από την εξίσωση Mifflin BMR ήταν μεταξύ 90-110% του μετρημένου BMR.

²Ποσοστό όλων των ατόμων του δείγματος, των οποίων ο εκτιμώμενος από την εξίσωση Mifflin BMR ήταν <90% ή >110% του μετρημένου BMR.

³Η μικρότερη και μεγαλύτερη εκτίμηση ως ποσοστό του μετρημένου BMR.

Owen

Η εξίσωση του Owen για τους άνδρες, βασίστηκε σε ένα δείγμα 60-ατόμων ηλικίας 18-82 ετών, που περιλάμβανε 24 φυσιολογικού βάρους και 15 παχύσαρκους. Η αντίστοιχη εξίσωση για τις γυναίκες βασίστηκε σε 44 γυναίκες ηλικίας 18-65 ετών, που περιλάμβανε φυσιολογικού βάρους και παχύσαρκες. Στον πίνακα 8 περιλαμβάνονται 13 μελέτες αξιολόγησης, που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση της εξίσωσης από τους Frankenfield et al (2005). Η μεγαλύτερης εγκυρότητας έρευνα έδειξε ότι η ακριβής εκτίμηση του BMR αφορούσε το 73% του πληθυσμού (105). Οι υποεκτιμήσεις του BMR ανέρχονταν σε ποσοστό 21% και οι υπερεκτιμήσεις σε ποσοστό 6%. Η μέγιστη υποεκτίμηση ήταν 24% και η μέγιστη υπερεκτίμηση ήταν 28% του BMR που μετρήθηκε (105).

Πίνακας 8. Έρευνες αξιολόγησης της εξίσωσης BMR του Owen (πηγή 102).

Ερευνητής, χρονολογία	Ηλικία, αριθμός δείγματος, φύλο	Κατηγορία βάρους	Ποιότητα έρευνας	Κάλυψη κριτηρίων έμμεσης θερμιδομετρίας (μη υπάρχουσες τεχνικές)	Ακριβής Εκτίμηση ¹	Ανακριβής Εκτίμηση ²	Μέγιστα σφάλματα ³
Arciero et al, 1993 (109)	50-81 y 75 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 20%-43% λίπος σώματος	Ø	OXI (βαθμονόμηση, Steady state)	ME	ME	27% υποεκτίμηση έως 12% υπερεκτίμηση
Clark and Hoffer, 1991 (111)	18-33 y 29 M	Μη παχύσαρκοι: 18-30	Ø	NAI	ME	ME	ME
DeLorenzo et al, 2001(113)	18-59 y 127 M 193 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: M: 18-59 F: 19-39	+	NAI	ME	ME	ME
Frankenfield et al, 2003 (105)	20-78 y 83 M, F	Μη παχύσαρκοι: 16-30 Παχύσαρκοι: 31-99	+	NAI	Μη παχύσαρκοι: 73% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε Παχύσαρκοι: 51% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	Μη παχύσαρκοι: 21% υποεκτίμηση έως 6% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 43% υποεκτίμηση έως 6% υπερεκτίμηση	Μη παχύσαρκοι: 24% υποεκτίμηση έως 28% υπερεκτίμηση Παχύσαρκοι: 37% υποεκτίμηση έως 15% υπερεκτίμηση
Fredrix et al, 1990 (118)	55-71 y 18 M 59-73 y 22 F	Μη παχύσαρκοι: M: 24-29 F: 23-33	Ø	OXI (εξειδίκευση Steady state)	ME	ME	ME
Garrel et al, 1996 (119)	18-33 y 67 M, F	Μη παχύσαρκοι: 20-26 _	-	NAI	Μη παχύσαρκοι: 80% εντός ±10% του BMR που μετρήθηκε	ME	ME
Heshka et al, 1993 (120)	27-50 y 73 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 24-56	Ø	OXI (βαθμονόμηση εξειδίκευση, Steady state, άσκηση)	ME	ME	ME

Heshka et al, 1993 (120)	29-49 y 53 M	Υπέρβαροι έως παχύσαρκοι: 28-56	Ø	OXI (βαθμονόμηση εξειδίκευση, Steady state, άσκηση)	ME	ME	ME
Liu et al, 1993 (122)	29-59 y 223 M, F	Μη παχύσαρκοι: 19-25	Ø	OXI (βαθμονόμηση)	ME	ME	ME
Mifflin-St Jeor et al, 1990 (123)	19-76 y 498 M, F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 19-42	+	NAI	ME	ME	ME
Scalfi et al, 1993 (127)	18-32 y 74 F	Μη παχύσαρκοι: 19-29 Παχύσαρκοι: 30-42	+	NAI	ME	ME	ME
Siervo et al, 2003 (128)	18-31 y 157 F	Μη παχύσαρκοι: 21-25 Υπέρβαροι: 26-29 Παχύσαρκοι: 31-39	+	NAI	ME	ME	ME
Taaffe and colleagues, 1995 (129)	60-82 y 116 F	Μη παχύσαρκοι έως παχύσαρκοι: 19-39	+	NAI	ME	ME	ME

*M= άρρεν, F= θήλυ, y= έτη, ME= μη εφαρμόσιμο (not applicable), BMI=δείκτης μάζας σώματος,

Ποιότητα έρευνας: -= δείχνει ότι μεγάλο μέρος του σχεδιασμού της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής δεν καλύφθηκαν

Ø= δείχνει ότι ο σχεδιασμός της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής δεν ήταν ισχυρά ή δεν εφαρμόστηκε κατά γράμμα το πρωτόκολλο έμμεσης θερμιδομετρίας ή περιείχε κινδύνους που οδηγούν σε μη ακρίβεια/ορθότητα της έρευνας.

+ = δείχνει ότι ο σχεδιασμός της έρευνας και τα κριτήρια εφαρμογής επιτελέστηκαν σωστά

¹Ποσοστό όλων των ατόμων του δείγματος, των οποίων ο εκτιμώμενος από την εξίσωση Owen BMR ήταν μεταξύ 90-110% του μετρημένου BMR.

²¹Ποσοστό όλων των ατόμων του δείγματος, των οποίων ο εκτιμώμενος από την εξίσωση Owen BMR ήταν <90% ή >110% του μετρημένου BMR.

³Η μικρότερη και μεγαλύτερη εκτίμηση ως ποσοστό του μετρημένου BMR.

Schofield

Η μελέτη και οι εξισώσεις του Schofield που βασίστηκαν σε μια μεγάλη βάση δεδομένων 114 δημοσιευμένων μελετών βασικού μεταβολικού ρυθμού (>7000 άτομα από 23 διαφορετικές χώρες) αποτελεί την μεγαλύτερη και πιο περιεκτική μελέτη του BMR (52). Αν και οι εξισώσεις του Schofield εκτιμούν με ακρίβεια το BMR ατόμων σε εύκρατο κλίμα, φαίνεται ότι είναι λιγότερο ακριβείς στην εκτίμηση του BMR σε πληθυσμούς τροπικών περιοχών (9) και της Βόρειας Αμερικής (111). Επίσης φαίνεται να υπερεκτιμούν το BMR σε πολλούς πληθυσμούς. (55, 63). Μια έρευνα έδειξε ότι η εξίσωση του Schofield υπερεκτιμάει το βασικό μεταβολικό ρυθμό σε δείγμα 128 νεαρών Αυστραλών ηλικίας 18-30 ετών και θεωρήθηκε ως μη αξιόπιστη για την εκτίμηση του BMR σε αυτό το πληθυσμό (59). Σε έρευνα των Hayter and Henry βρέθηκε ότι το 45% των ατόμων από τη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε από τον Schofield για την δημιουργία των εξισώσεων του αποτελούνται από Ιταλούς, οι οποίοι στην ίδια έρευνα βρέθηκε ότι έχουν υψηλότερο BMR σε σχέση με τους άλλους πληθυσμούς, γεγονός το οποίο προτρέπει σε επαναπροσδιορισμό της βάσης αυτής (135) και εξηγεί εν μέρει τις διαφορές που υπάρχουν στην εφαρμογή των εξισώσεων αυτών σε άλλους πληθυσμούς.

Πίνακας 9. Ποσοστό υπερεκτίμησης (+) ή υποεκτίμησης (-) του βασικού μεταβολικού ρυθμού χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Schofield σε πληθυσμούς διαφορετικής εθνικότητας (ηλικίας 18-60 ετών)

Εθνικότητα	Άντρες		Γυναίκες	
	Μέσος όρος(%)	Δείγμα	Μέσος όρος (%)	Δείγμα
Philippino	+9. 6	82	+ 0. 3	16
Indian	+ 12. 7	48	+ 12. 9	7
Japanese	+ 8. 3	123	+ 7. 9	71
Brazilian	+ 8. 1	122	-	-
Chinese	+ 8. 2	232	+ 3. 4	156
Malay	+ 9. 3	62	-	-
Javanese	+ 5. 1	82	-	-
Mayan	+ 0. 0	68	-	-
Chippewa Indian	- 18. 5	5	- 18. 5	5

(Πηγή Henry & Rees 1988)

WHO/FAO/UNU

Η εξισώσεις WHO/FAO/UNU βασίστηκαν κυρίως σε στοιχεία από μελέτες των Schofield και James σε δείγμα 2. 279 ανδρών και 247 γυναικών με ηλικιακό εύρος 19-82 ετών. Η πρώτη εξίσωση χρησιμοποιεί μόνο το βάρος και η δεύτερη το βάρος και το ύψος. Οι εξισώσεις αυτές υπερεκτιμούν το BMR τροπικών πληθυσμών κατά περίπου 8% (9). Η εφαρμογή αυτών των εξισώσεων σε γερμανικό δείγμα 2528 ατόμων με μεγάλο εύρος ηλικίας 5-91 έδειξε συστηματικές υπερεκτιμήσεις του BMR σε άτομα με χαμηλό BMR και υποεκτιμήσεις σε άτομα με υψηλό BMR (136).

Πρόσφατες εξισώσεις

Εκτός των παραπάνω εξισώσεων, που αποτελούν τις πλέον χρησιμοποιούμενες για την εκτίμηση του BMR, το τελευταίο καιρό έχουν αναπτυχθεί και κάποιες άλλες με σκοπό την πιο έγκυρη εκτίμηση του BMR σε συγκεκριμένους πληθυσμούς. Δύο από τις πιο πρόσφατες είναι αυτές των Siervo και Van der Weg. Η εξίσωση των **Siervo et al** (2003) βασίστηκε σε ένα δείγμα 157 γυναικών ηλικίας 18-35 ετών, ενώ η εξίσωση των **Van der Weg et al** (2004) βασίστηκε σε ένα δείγμα 239 γυναικών ηλικίας 18-39 ετών. Και οι δύο εξισώσεις δεν έχουν αποτελέσει ακόμη αντικείμενο έρευνας της αξιοπιστίας τους, συμπεριλήφθηκαν όμως στην παρούσα έρευνα.

Εφαρμογή των εξισώσεων εκτίμησης του BMR σε μη Καυκάσιους πληθυσμούς

Μετά από την δημοσίευση τους οι εξισώσεις αυτές έγιναν αντικείμενο μελέτης για την εγκυρότητα της εφαρμογής τους και σε διάφορους άλλους πληθυσμούς και κυρίως στους τροπικούς, όπου φαίνεται ότι οι εξισώσεις αυτές υπερεκτιμούν το BMR. Παράδειγμα τέτοιων ερευνών είναι και αυτή που πραγματοποιήθηκε σε νεαρές γυναίκες της Βραζιλίας όπου αξιολογήθηκαν οι εξισώσεις των Harris-Benedict και WHO/FAO/UNU και βρέθηκε ότι υπερεκτιμούν 18,9% και 12,5% αντίστοιχα το BMR. Αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του BMR βασίζονται σε δείγματα κυρίως Καυκάσιων πληθυσμών είναι λογική η ύπαρξη υπερεκτιμήσεων που εμφανίζεται με την εφαρμογή τους σε άλλους μη καυκάσιους πληθυσμούς.

3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3. 1. Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν μια αρχική διερεύνηση η αξιολόγηση των κύριων εξισώσεων βασικού μεταβολικού ρυθμού (Harris και Benedict, Owen, World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University WHO/FAO/UNU, Mifflin-St Jeor, Schofield, Siervo, Van der Weg) στον ελληνικό πληθυσμό. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων βασικού μεταβολικού ρυθμού με έμμεση θερμιδομετρία σε προκαθορισμένο δείγμα αντρών και γυναικών με φυσιολογικό βάρος. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση, η οποία στόχευε στην εύρεση της εξίσωσης εκτίμησης του BMR, που προσδιορίζει με μικρότερο σφάλμα το BMR του δείγματος που μετρήθηκε.

3. 2. Μεθοδολογία

Δείγμα

Αποφασίστηκε η συγκεκριμένη μελέτη να πραγματοποιηθεί αρχικά σε ένα δείγμα ατόμων φυσιολογικού βάρους. Το συγκεκριμένο δείγμα αποτελούνταν από 37 άντρες ηλικίας 18-30 ετών και 38 γυναίκες ηλικίας 19-28 ετών του ελληνικού πληθυσμού με φυσιολογικό βάρος σύμφωνα με τον δείκτη μάζας σώματος, δηλαδή άτομα με BMI (βάρος σε $\text{kg}/\text{ύψος}^2$ σε m) $18-25 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά δείγματος.

N=75	Ηλικία (έτη)	Βάρος (kg)	Ύψος (m)	Δείκτης μάζας σώματος (BMI) (Kg/m^2)
38 γυναίκες	22,3±2,3	58,9±5,4	166,5±5,7	21,3±1,8
37 άντρες	23±3,5	73,5±9,1	178,5±8,7	23±1,7

Ύψος και βάρος



Πριν την μέτρηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού μετρήθηκε το ύψος (με αναστήμετρο Seca) και το βάρος (με ηλεκτρονικό ζυγό Seca, εικόνα7) του κάθε εθελοντή, χωρίς παπούτσια και με ελαφρά ενδυμασία.

Εικόνα 7. Ηλεκτρονικός ζυγός Seca

Έμμεση θερμιδομετρία



Εικόνα 8. Έμμεση θερμιδομετρία με τη μέθοδο canopy.

Για την μέτρηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού χρησιμοποιήθηκε το εργοσπειρόμετρο SensorMedics Vmax 290. Πριν την έναρξη της έμμεσης θερμιδομετρίας ήταν απαραίτητη η διασφάλιση της σωστής λειτουργίας του εργοσπειρόμετρου με τη διαδικασία της βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση γινόταν κάθε φορά πριν την έναρξη των μετρήσεων στον μετρητή ροής με τη βοήθεια μιας σύριγγας βαθμονόμησης σταθερού όγκου τριών λίτρων, καθώς και στους αναλυτές O_2 και CO_2 με τη χρήση δύο

διαφορετικών αερίων βαθμονόμησης πριν από κάθε μέτρηση. Τα αέρια βαθμονόμησης ήταν δύο :ένα παρόμοιο με τη σύσταση του εκπνεόμενου αέρα (O_2 16% και CO_2 4%) και το άλλο με υψηλότερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο (O_2 26% και CO_2 0%).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν βάση ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου. Αρχικά κάθε εθελοντής κλήθηκε να προσέλθει στο χώρο της μέτρησης το πρωί μετά από 12ωρη νηστεία και αποχή από έντονη φυσική δραστηριότητα την προηγούμενη μέρα, καθώς και να μην καπνίσει πριν τη μέτρηση. Μετά από μια εξοικείωση με το χώρο, το σκοπό και τη διαδικασία της μέτρησης ο εθελοντής κλήθηκε να ξαπλώσει στην διαθέσιμη κλίνη σε ύπτια θέση, όπου του τοποθετήθηκε το διαφανές, πλαστικό κάλυμμα (canopy) για τη συλλογή των αερίων και τότε πραγματοποιήθηκε η έναρξη της μέτρησης. Η διάρκεια της μέτρησης ήταν 45 λεπτά κάτω από συνθήκες απόλυτης ηρεμίας στο χώρο, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η απουσία εξωτερικών παραγόντων που θα μπορούσαν να διαταράξουν την ηρεμία του εθελοντή. Το εργοσπειρόμετρο ανέλυε την περιεκτικότητα του εκπνεόμενου αέρα σε O_2 και CO_2 σε κάθε αναπνοή.

Στο τέλος, και αφού είχε αποσυνδεθεί πλέον ο εθελοντής, έγινε ομαδοποίηση των μετρήσεων που έκανε το εργοσπειρόμετρο κατά τη διάρκεια της μέτρησης, αποκλείοντας τα αρχικά λεπτά της μέτρησης που ήταν η περίοδο προσαρμογής του εθελοντή στην όλη διαδικασία και κατά συνέπεια παρατηρούνται αυξημένες τιμές λόγω ανησυχίας.

Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα περιγράφονται ως μέσοι όροι με την τυπική τους απόκλιση (mean $\pm$ SD). Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδο των Bland and Altman (147), με την οποία προσδιορίστηκε ο βαθμός συσχέτισης/συμφωνίας μεταξύ του BMR που εκτιμήθηκε με τις υπάρχουσες εξισώσεις και του BMR που μετρήθηκε με έμμεση θερμιδομετρία.

3.3 Αποτελέσματα

Στον **πίνακα 11** φαίνονται για κάθε εξίσωση εκτίμησης του BMR που μελετήθηκε, οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ της τιμής της εξίσωσης και της τιμής που βρέθηκε μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας. Παρατηρείται ότι η εξίσωση των Harris & Benedict φαίνεται να υπερεκτιμάει το BMR που μετρήθηκε στο δείγμα. Το ίδιο συμβαίνει και για τις εξισώσεις των Mifflin, WHO/FAO/UNU, Schofield, Van der Weg. Αντίθετα, οι εξισώσεις των Owen και Siervo φαίνεται να υποεκτιμάνε το BMR που μετρήθηκε στο δείγμα. Οι εξισώσεις του Mifflin και Van der Weg δίνουν για τις γυναίκες το μικρότερο ποσοστό διαφοράς ($3,3\pm 9,8\%$ και $2,8\pm 9,4\%$ αντίστοιχα). Για τους άντρες και για όλο το δείγμα, το μικρότερο ποσοστό διαφοράς έχει η εξίσωση του Owen ($0,5\pm 8,8$ και $3,5\pm 9,2$ αντίστοιχα). Παρατηρείται όμως μια αρκετά μεγάλη τυπική απόκλιση της διαφοράς DELTA, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μεγαλύτερη από την τιμή της διαφοράς DELTA.

Εξίσωση εκτίμησης	Φύλο	Delta	Delta %
Harris & Benedict	♀	106,4±112,5	8,8±9,6
	♂	181,1±143,8	11,7±9,5
	ΟΛΟΙ	143,2±133,4	10,2±9,6
Mifflin	♀	34,5±120,1	3,3±9,8
	♂	108,6±141,6	7,4±9,2
	ΟΛΟΙ	106,8±150,7	7,4±10,5
Owen	♀	-106,4±108,5	-7,4±7,9
	♂	-4,5±143,7	0,5±8,8
	ΟΛΟΙ	-56,2±136,2	-3,5±9,2
WHO/FAO/UNU (βάρους)	♀	37,8±115	3,5±9,4
	♂	170,2±145,6	11,2±9,6
	ΟΛΟΙ	103,2±146,2	7,3±10,2
WHO/FAO/UNU (βάρους-ύψους)	♀	50,5±117,8	4,4±9,7
	♂	167,4±145,5	11±9,6
	ΟΛΟΙ	108,2±143,9	7,7±10,1
Siervo	♀	-104,6±110,4	-7,3±8,2
Schofield	♀	37,8±115	3,5±9,4
	♂	165,6±145,2	10,9±9,6
	ΟΛΟΙ	99,6±145,56	7,1±10,2
Van der Weg	♀	27,5±115,1	2,8±9,4

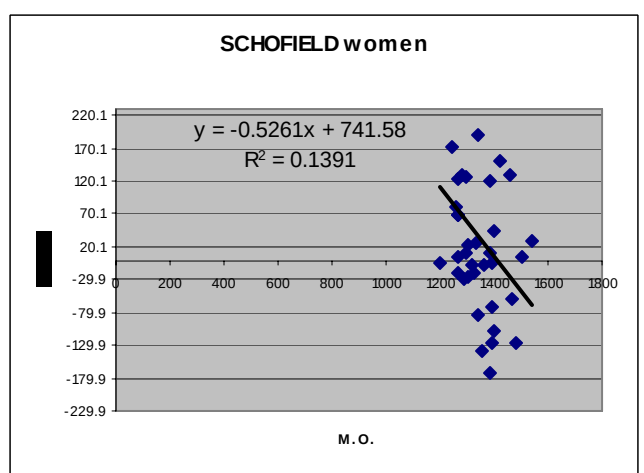
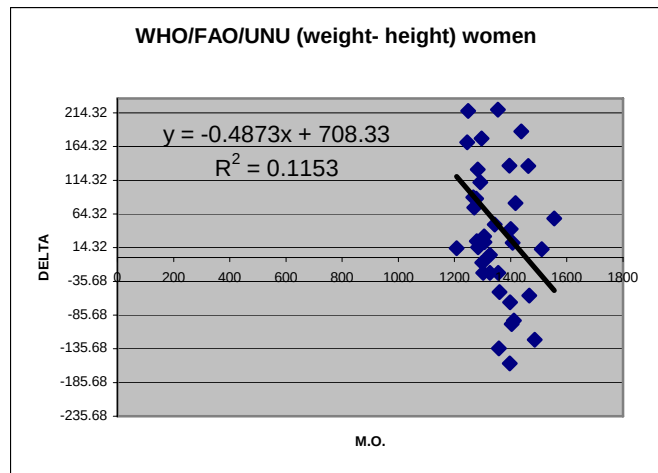
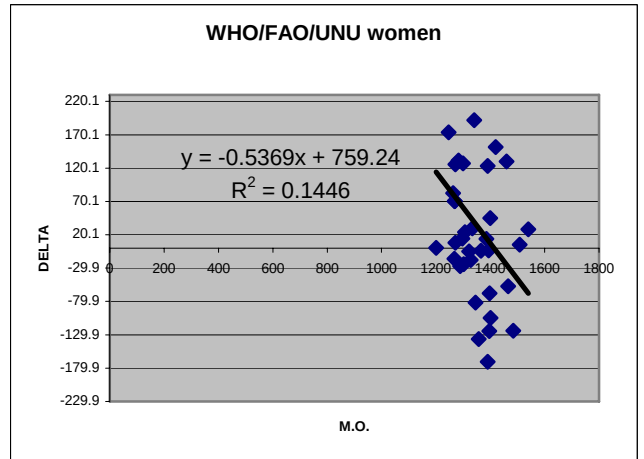
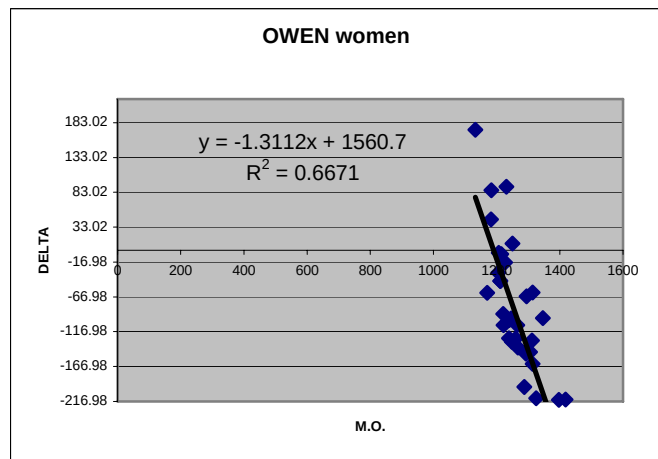
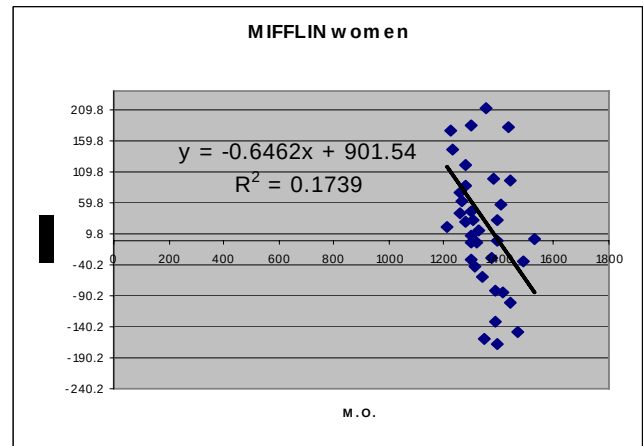
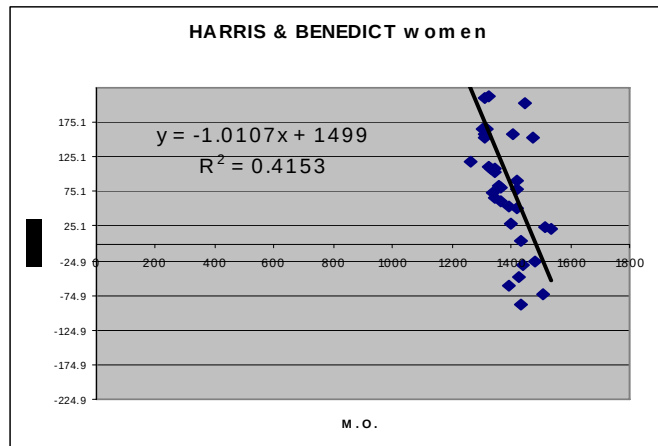
Πίνακας 11. Η διαφορά DELTA (kcal από εξίσωση εκτίμησης-kcal από έμμεση θερμιδομετρία) και το ποσοστό DELTA με την τυπική απόκλιση για γυναίκες και άντρες ξεχωριστά και για όλο το δείγμα.

Στον **πίνακα 12** φαίνεται η συσχέτιση των τιμών BMR, που προέκυψαν από τις εξισώσεις εκτίμησης με τις τιμές BMR από τις μετρήσεις έμμεσης θερμιδομετρίας. Οι μεγαλύτεροι συντελεστές συσχέτισης παρατηρούνται στις εξισώσεις Harris & Benedict, Mifflin, Owen, WHO/FAO/UNU και Schofield, και συγκεκριμένα στη κατηγορία των αντρών και κυμαίνονται γύρω στο 0,6. Αντίθετα στις γυναίκες, σε όλες τις εξισώσεις παρατηρείται ένας αρκετά μικρός συντελεστής συσχέτισης, που κυμαίνεται γύρω στο 0,3. Όσον αφορά όλο το δείγμα, ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης παρατηρείται στην εξίσωση των Harris & Benedict ($R=0.8181$), ενώ και στις υπόλοιπες εξισώσεις οι συντελεστές συσχέτισης κυμαίνονται γύρω στο 0,8.

Εξισώσεις BMR	Φύλο	Εξισώσεις συσχέτισης	R^2	R
Harris & Benedict	♀	$y = 0.1467x + 1236.8$	$R^2 = 0.0935$	$R=0.3057$
	♂	$y = 0.5656x + 890.49$	$R^2 = 0.4158$	$R=0.6448$
	ΟΛΟΙ	$y = 0.8547x + 357.83$	$R^2 = 0.6694$	$R=0.8181$
Mifflin	♀	$y = 0.178x + 1123.3$	$R^2 = 0.0746$	$R=0.2731$
	♂	$y = 0.4723x + 970.46$	$R^2 = 0.3959$	$R=0.6292$
	ΟΛΟΙ	$y = 0.9798x + 136.64$	$R^2 = 0.6634$	$R=0.8144$
Owen	♀	$y = 0.1204x + 1058.8$	$R^2 = 0.1286$	$R=0.3586$
	♂	$y = 0.3147x + 1114.6$	$R^2 = 0.3723$	$R=0.6101$
	ΟΛΟΙ	$y = 0.8116x + 222.07$	$R^2 = 0.645$	$R=0.8031$
WHO/FAO/UNU (βάρος)	♀	$y = 0.2464x + 1036.1$	$R^2 = 0.1286$	$R=0.3586$
	♂	$y = 0.472x + 1032.5$	$R^2 = 0.3723$	$R=0.6101$
	ΟΛΟΙ	$y = 0.9342x + 200.34$	$R^2 = 0.6578$	$R=0.8110$
WHO/FAO/UNU (βάρος-ύψος)	♀	$y = 0.2423x + 1054.3$	$R^2 = 0.1143$	$R=0.3380$
	♂	$y = 0.4688x + 1034.9$	$R^2 = 0.372$	$R=0.6099$
	ΟΛΟΙ	$y = 0.9065x + 246.3$	$R^2 = 0.6536$	$R=0.8084$
Siervo	♀	$y = 0.1928x + 964.7$	$R^2 = 0.1286$	$R=0.3586$
Schofield	♀	$y = 0.2484x + 1031$	$R^2 = 0.1286$	$R=0.3586$
	♂	$y = 0.4645x + 1040$	$R^2 = 0.3723$	$R=0.6101$
	ΟΛΟΙ	$y = 0.9282x + 205.61$	$R^2 = 0.6572$	$R=0.8106$
Van der Weg	♀	$y = 0.1496x + 1154$	$R^2 = 0.0798$	$R=0.2824$

Πίνακας 12. Συσχέτιση των τιμών BMR από τις εξισώσεις εκτίμησης με τις τιμές BMR από τις μετρήσεις έμμεσης θερμιδομετρίας.

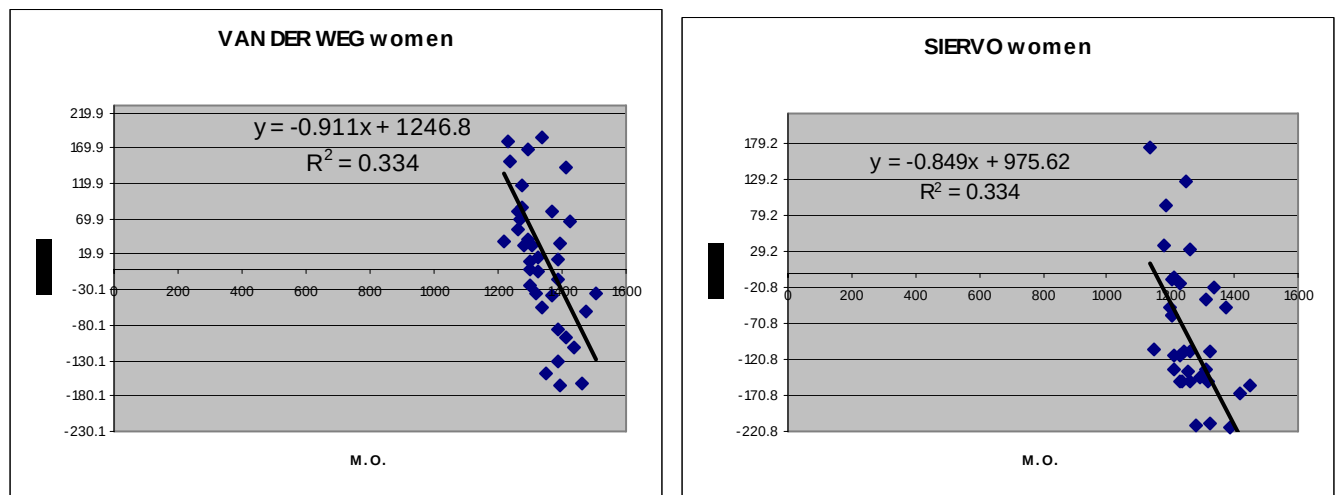
ΓΥΝΑΙΚΕΣ



Σχήμα 1. (Συνέχεια)

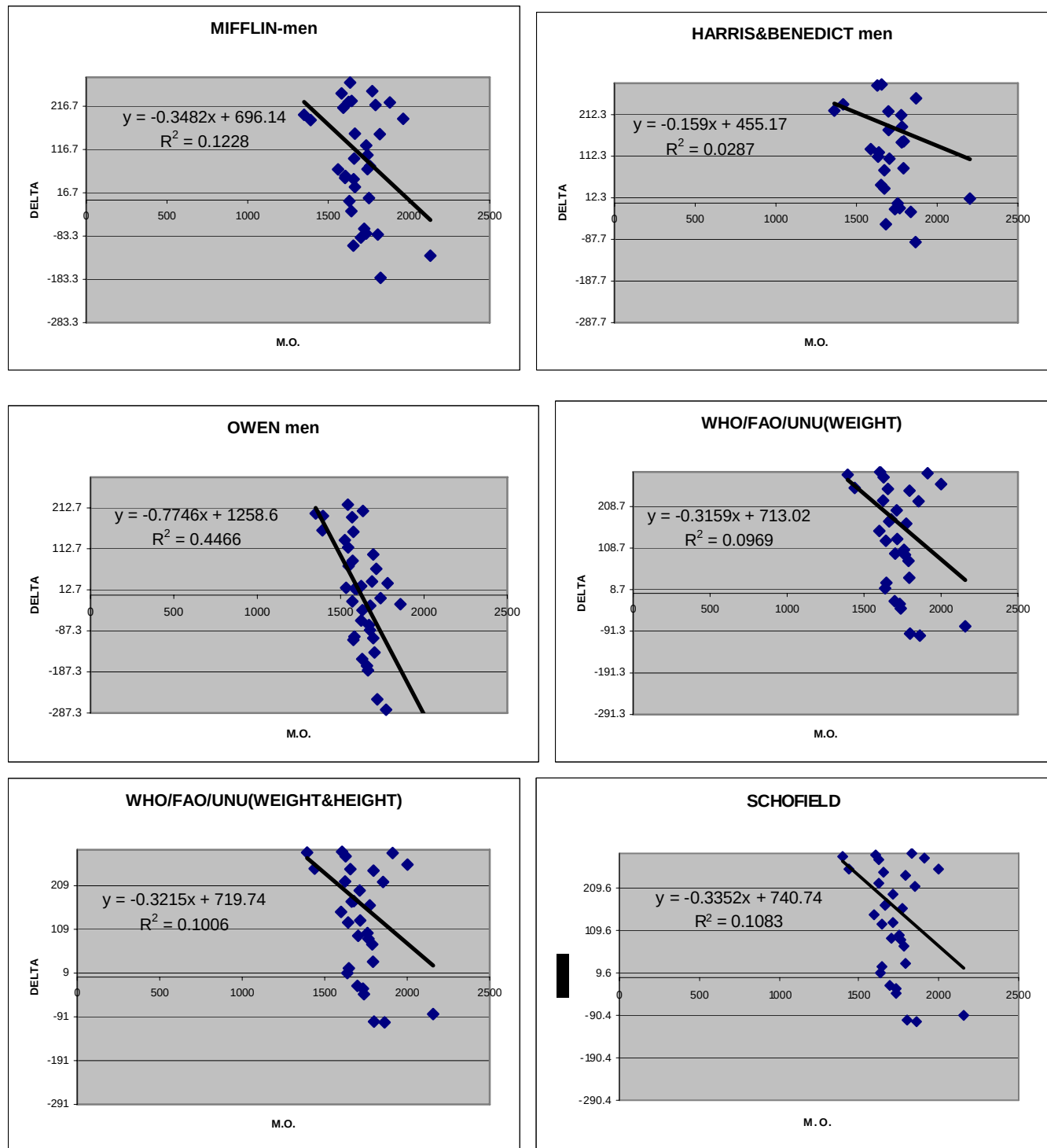
Στο **σχήμα 1** φαίνεται η συσχέτιση του σφάλματος των εξισώσεων για το σύνολο των γυναικών. Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής συσχέτισης R , τόσο μεγαλύτερο και το συστηματικό σφάλμα. Παρατηρείται μεγάλο συστηματικό σφάλμα για την εξίσωση του Owen ($R^2=0,6671$), ενώ το μικρότερο συστηματικό σφάλμα παρατηρείται για την εξίσωση WHO/FAO/UNU βάρους-ύψους ($R^2=0,1153$). Στο **σχήμα 2** φαίνεται η συσχέτιση του συστηματικού σφάλματος των εξισώσεων για το σύνολο των αντρών. Παρατηρείται μεγάλο συστηματικό σφάλμα για την εξίσωση του Owen ($R^2=0,4466$), ενώ το μικρότερο παρατηρείται για την εξίσωση Harris & Benedict ($R^2=0,0287$).

Όσον αφορά όλο το δείγμα, στο **σχήμα 3**, παρατηρείται ότι η εξίσωση Mifflin ($R^2=0,093$) έχει το μεγαλύτερο συστηματικό σφάλμα, ενώ αυτή του Owen το μικρότερο ($R^2=0,0003$).

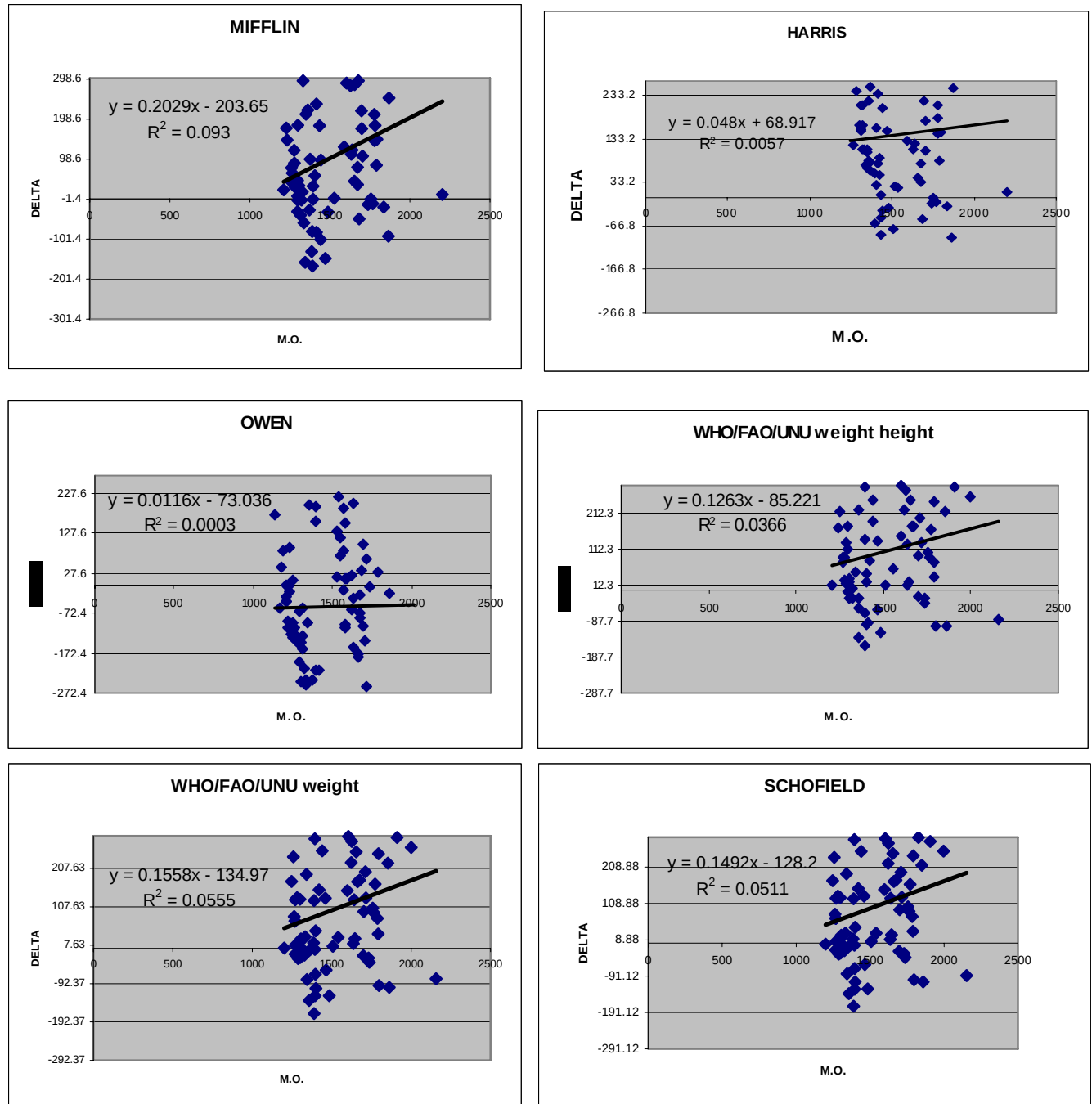


Σχήμα 1. Διαγράμματα Bland-Altman, όπου απεικονίζεται για κάθε εξίσωση εκτίμησης BMR που μελετήθηκε, η διαφορά “BMR από εξίσωση- το BMR από μέτρηση” (DELTA) ως προς το μέσο όρο τους “(BMR από εξίσωση+ το BMR από μέτρηση)/2”(M. O.), για τις γυναίκες του δείγματος. Η κλίμακα της DELTA είναι οι ± 2 τυπικές αποκλίσεις της.

ANTPEΣ



Σχήμα 2. Διαγράμματα Bland-Altman, όπου απεικονίζεται η διαφορά “BMR από εξίσωση- το BMR από μέτρηση” (DELTA) ως προς το μέσο όρο τους “(BMR από εξίσωση + το BMR από μέτρηση)/2” (M. O.), για τους άντρες του δείγματος. Η κλίμακα της DELTA είναι οι ± 2 τυπικές αποκλίσεις της.



Σχήμα 3. Διαγράμματα Bland-Altman, όπου απεικονίζεται η διαφορά “BMR από εξίσωση- το BMR από μέτρηση” (DELTA) ως προς το μέσο όρο τους “(BMR από εξίσωση + το BMR από μέτρηση)/2” (M. O.), για όλο το δείγμα. Η κλίμακα της DELTA είναι οι ± 2 τυπικές αποκλίσεις της.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα αποτέλεσε τη πρώτη προσέγγιση στο θέμα της αξιολόγησης των εξισώσεων εκτίμησης του BMR στον ελληνικό πληθυσμό και ουσιαστικά είχε ως στόχο μια πιλοτική διερεύνηση της εφαρμογής των πιο βασικών εξισώσεων εκτίμησης του BMR σε νορμοβαρείς (BMI 18-25 kg/m²) άντρες και γυναίκες, νεαρής ηλικίας (18-30 ετών) του ελληνικού πληθυσμού. Συγκεκριμένα δεν σκόπευε στην δημιουργία μιας νέας εξίσωσης, αλλά στον έλεγχο αξιοπιστίας ήδη υπαρχόντων εξισώσεων εκτίμησης στο δείγμα του πληθυσμού που επιλέχθηκε και στην εύρεση κάποιων τάσεων ως προς το ποια εξίσωση φαίνεται να προσδιορίζει με μικρότερο σφάλμα το BMR του δείγματος που μετρήθηκε. Έρευνες αξιολόγησης εξισώσεων εκτίμησης του BMR έχουν γίνει και σε άλλους ευρωπαϊκούς πληθυσμούς, όπως στην Ιταλία (113, 127) και τη Γερμανία (136), με μεγαλύτερο όμως δείγμα από το δικό μας (n=320, Ιταλία, Delorenzo et al και n=2528, Γερμανία, Mueller et al).

Από τα αποτελέσματά μας φαίνεται αρχικά ότι κάποιες εξισώσεις υπερεκτιμούν και άλλες υποεκτιμούν το BMR που μετρήθηκε στο δείγμα. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι οι εξισώσεις των Harris & Benedict, Mifflin, WHO/FAO/UNU, Schofield, Van der Weg υπερεκτιμούν το BMR, ενώ οι εξισώσεις των Owen και Siervo φαίνεται να υποεκτιμάνε το BMR που μετρήθηκε στο δείγμα. Οι εξισώσεις του Mifflin και Van der Weg δίνουν για τις γυναίκες τη μικρότερη απόκλιση (3,3±9,8% και 2,8±9,4% αντίστοιχα) στη εκτίμηση του BMR. Για τους άντρες και για όλο το δείγμα, τη μικρότερη απόκλιση έχει η εξίσωση του Owen (0,5±8,8 και 3,5±9,2 αντίστοιχα). Θα μπορούσε δηλαδή να ειπωθεί, ότι οι εξισώσεις των Mifflin και Van der Weg αποτελούν τις καλύτερες εκτιμήτριες εξισώσεις BMR για νέες γυναίκες του ελληνικού πληθυσμού, καθώς και η εξίσωση του Owen για τους νέους άντρες (ηλικίας 18-30 ετών). Η μεγάλη όμως τιμή τυπικής απόκλισης της διαφοράς μεταξύ του BMR από εκτίμηση και του BMR από μέτρηση που υπάρχει σε όλες τις περιπτώσεις (άντρες-γυναίκες-όλοι) μας καθιστά επιφυλακτικούς στην διεξαγωγή έγκυρων και εφαρμόσιμων συμπερασμάτων, δηλαδή ποια εξίσωση εκτιμάει καλύτερα το BMR στα νεαρά άτομα του ελληνικού πληθυσμού και θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε αυτό το πληθυσμό. Ουσιαστικά αυτές οι τάσεις που παρατηρήθηκαν, μπορούν να ενισχυθούν και να επιβεβαιωθούν με ανάλογες μελλοντικές έρευνες, με μεγαλύτερο αριθμό δείγματος ώστε να διασφαλιστούν εφαρμόσιμα αποτελέσματα.

Πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με την αξιολόγηση της εξίσωσης των Harris & Benedict σε διάφορους πληθυσμούς (105, 108-130) και δείχνουν γενικά ότι η εξίσωση αυτή υπερεκτιμά συστηματικά το BMR σε ποσοστό περίπου 5%, ενώ άλλες έρευνες παρατηρούν ένα σφάλμα έως και 10-15% (105, 112). Η παρούσα μελέτη έρχεται να συμπληρώσει τα συμπεράσματα αυτών των μελετών για τη

συγκεκριμένη εξίσωση , παρατηρώντας επίσης μια υπερεκτίμηση $10,2 \pm 9,6$ % του BMR στο δείγμα του ελληνικού πληθυσμού που μετρήθηκε σε συνδυασμό με ένα πολύ μικρό συστηματικό σφάλμα (σχήμα 3). Διαφαίνεται επομένως ότι οι εικασίες περί υπερεκτίμησης του BMR με την εξίσωση των Harris & Benedict στον ελληνικό πληθυσμό, οι οποίες έχουν προκύψει επηρεαζόμενες από τα αποτελέσματα των προαναφερόμενων ερευνών σε άλλους ευρωπαϊκούς πληθυσμούς, αποκτούν πλέον κάποια συγκεκριμένη μορφή με τη παρούσα μελέτη.

Ένα σημείο στο οποίο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε τέτοιου είδους μελέτες αξιολόγησης, είναι ο τρόπος αξιολόγησης των εξισώσεων εκτίμησης του BMR. Μια απλή συσχέτιση της εξίσωσης εκτίμησης του BMR με τη μέθοδο αναφοράς, χωρίς να γίνεται περαιτέρω διερεύνηση ενός πιθανού συστηματικού σφάλματος χρησιμοποιώντας μια μέθοδο όπως τη μέθοδο των Bland-Altman (147), έχει ως συνέπεια ένα ίσως μη έγκυρο αποτέλεσμα καθώς και ένα πιθανά εσφαλμένο συμπέρασμα για κάποιες εξισώσεις. Ένα ακραίο παράδειγμα για το πώς οι μέσοι όροι ενός δείγματος μπορούν να αποκρύψουν μεγάλα ατομικά σφάλματα στην εκτίμηση του BMR θα ήταν μια εξίσωση η οποία εκτιμάει σε ποσοστό 100% το BMR που μετρήθηκε (μέσος όρος BMR εξίσωσης/ μέσος όρος BMR μέτρησης = $1 \rightarrow 100\%$ εκτίμηση), αλλά 50% των μετρήσεων ήταν 500 kcal πάνω από το μέσο όρο του δείγματος και το άλλο 50% ήταν 500 kcal κάτω από το μέσο όρο του δείγματος. Η συγκεκριμένη εξίσωση θα φαινόταν ισχυρή με μια απλή ανάλυση του μέσου όρου του δείγματος, παρόλο που θα υπήρχε ένα σφάλμα ± 500 kcal που είναι κλινικά σημαντικό (102).

Σε τελική ανάλυση, η παρούσα έρευνα έκανε το πρώτο βήμα της αξιολόγησης των εξισώσεων του BMR στον ελληνικό πληθυσμό, βάζοντας έτσι το λιθαράκι για μελλοντικές έρευνες, που θα πρέπει να επικεντρωθούν σε περισσότερες ηλικιακές ομάδες, καθώς και σε άλλες κατηγορίες βάρους, έτσι ώστε να υπάρξει μια πλήρη εικόνα για την ακρίβεια της εφαρμογής των εξισώσεων αυτών στον ελληνικό πληθυσμό.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Mahan L. K., Escott-Stump S. Krause's Food, Nutrition, & Diet Therapy. 2000. Laura E. Matarese.
2. Keim N. L., Blanton C. A, Kretsch M. J, America's Obesity Epidemic: Measuring Physical Activity to Promote an Active Lifestyle. Journal of the American Dietetic Association. 2004; 104 91398-1409
3. Ulijaszek SJ. Human energetics methods in biological anthropology. Yearbook of Physical Anthropology. 1992; 35: 215-242.
4. Ganong WF. 1965. Review of Medical Physiology. Los Altos, CA: Lange Medical Publications.
5. Schmidt WD, O'Connor PJ, Cochrane JB, Cantwell M. Resting metabolic rate is influenced by anxiety in college men. Journal of Applied Physiology. 1996; 80: 638-642
6. Morgan WP. Psychogenic factors and exercise metabolism: a review. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1985; 17:309-316.
7. Poehlman ET, Toth MJ, Webb GD. Sodium-potassium pump activity contributes to the age-related decline in resting metabolic rate. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 1993; 76:1054-1057.
8. Hunter GR, Weinsier RL, Gower BA, Wetzstein C. Age-related decrease in resting energy expenditure in sedentary white women: Effects of regional differences in lean and fat mass. American Journal of Clinical Nutrition. 2001; 73:333-337
9. Henry CJ, Rees DG. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. Eur J Clin Nutr. 1991; 45: 177-85.
10. Lawrence M, Thongprasert K, Durnin JVGA. Between-group differences in basal metabolic rates: an analysis of data collected in Scotland, The Gambia and Thailand. European Journal of Clinical Nutrition. 1988; 42:877-891.
11. Katch VL, Marks CC, Becque MD, Moorehead C, Rocchini A. Basal metabolism of obese adolescents: evidence for energy conservation compared to normal and lean adolescents. American Journal of Human Biology. 1990; 2:543-552.
12. Sathyaprabha TN. Basal metabolic rate and body composition in elderly Indian males. Indian Journal of Physiology & Pharmacology. 2000; 44:179-184.
13. Torun B et al. Energy requirements and dietary recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. European Journal of Clinical Nutrition. 1996; 50:37

14. Poehlmann ET. Regulation of energy expenditure in aging humans. *Geriatric Bioscience*. 1993; 41:552
15. Piers LS, Soares MJ, McCormack LM, O' Dea K. Is there evidence for an age-related reduction in metabolic rate? *J Appl Physiol* . 1998; 85(6): 2196-2204
16. Visser, M., P. Deurenberg, W. A. van Staveren, and J. G. A. J. Hautvast. Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis in young and elderly subjects: relationship with body composition, fat distribution, and physical activity level. *Am. J. Clin. Nutr.* 1995 ;61: 772-778
17. Klausen, B., S. Toubro, A. Astrup. Age and sex effects on energy expenditure. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996; 65: 895-907
18. Morgan, J. B., D. A. York. Thermic effect of feeding in relation to energy balance in elderly men. *Ann. Nutr. Metab.* 1983; 27: 71-77
19. Fukagawa, N. K., L. G. Bandini, J. B. Young. Effect of age on body composition and resting metabolic rate. *Am. J. Physiol.* 259 (Endocrinol. Metab. 22): E233-E238,
20. Poehlman ET, Toth MJ, Webb GD. Sodium-potassium pump activity contributes to the age-related decline in resting metabolic rate. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 1993;76:1054-1057.
21. Poehlman, E. T. A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1989; 21: 515–525
22. Ferraro R, Lilloja S, Fontvieille AM, Rising R, Bogardus C, Ravussin E. Lower sedentary metabolic rate in women compared with men. *Journal of Clinical Investigation*. 1992; 90:780-784
23. Arciero P J , Goran, M. I. , Poehlman, E. T. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *Journal of Applied Physiology*. 1993; 75(6): 2514-2520
24. Poehlman ET, Toth MJ. Mathematical ratios lead to spurious conclusions regarding age- and sex-related differences in resting metabolic rate. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1995; 61:482-485.
25. Buccholz AC, Rafii M, Pencharz PB. Short communication: Is resting metabolic rate different between men and women? *British Journal of Nutrition*. 2001;86:641-646.
26. Whitney EN, Rolfes SR. *Understanding Nutrition*. ed 9. Belmont, California. 2002. Wadsworth-Thomson Learning.
27. Censi L, Toti E, Pastore G, Ferro-Luzzi A. The basal metabolic rate and energy cost of standardised walking of short and tall men. *Eur J Clin Nutr.* 1998 ; 52(6): 441-6.

28. Danzi S, Klein I. Thyroid hormone and blood pressure regulation. *Curr Hypertens Rep.* 2003; 5(6): 513-20.
29. Prentice A, Spaaij C, Goldberg G, et al. Energy requirements of pregnant and lactating women. *Eur J Clin Nutr.* 1996; 50: S82–111.
30. Butte NF, Hopkinson JM, Mehta N, Moon JK, Smith EO. Adjustments in energy expenditure and substrate utilization during late pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1999;69:299–307.
31. Goldberg GR et al . Longitudinal assessment of energy expenditure in pregnancy by the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr.* 1993;57:494
32. Yamashita J, Hayashi S. Changes in the basal metabolic rate of a normal woman induced by short-term and long-term alterations of energy intake. *Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 1989 Aug; 35(4): 371-81
33. J. S. Garrow and Joan D. Webster Effects on weight and metabolic rate of obese women of a 3,4 MJ (800 kcal) diet. *The Lancet.* Volume 333, Issue 8652, 24 June 1989, 1429-1431
34. Luke A, Schoeller DA. Basal metabolic rate, fat-free mass, and body cell mass during energy restriction. *Metabolism.* 1992; 41(4): 450-6.
35. Soares MJ, Shetty PS. Basal metabolic rates and metabolic economy in chronic undernutrition. *Eur J Clin Nutr.* 1991; 45(7): 363-73.
36. Abdul G Dulloo and Jean Jacque. Adaptive reduction in basal metabolic rate in response to food deprivation in humans: a role for feedback signals from fat stores. *Am J Clin Nutr* 1998;68:599–606.
37. Bessard T, Schutz Y, Jéquier E. Energy expenditure and postprandial thermogenesis in obese women before and after weight loss. *Am J Clin Nutr.* 1983 Nov;38(5):680–693
38. Schutz Y, Golay A, Felber JP, Jequier E. Decreased glucose-induced thermogenesis after weight loss in obese subjects: a predisposing factor for relapse of obesity? *Am J Clin Nutr.* 1984 Mar;39(3):380-7
39. Welle SL, Amatruda JM, Forbes GB, Lockwood DH. Resting metabolic rates of obese women after rapid weight loss. *J Clin Endocrinol Metab.* 1984 Jul; 59(1): 41–44
40. Williams MH . *Nutrition for Health, Fitness & Sport.* 5th edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1976
41. Katzmarzyk PT, Leonard WR, Crawford MH, Sukerink RI. 1994. Resting metabolic rate and daily energy expenditure between two indigenous Siberian populations. *American Journal of Human Biology* 6:719-730.

42. Rode A, Shephard RJ. 1995. Basal metabolic rate of Inuit. *American Journal of Human Biology* 7:723-729.
43. Sorensen MV, Leonard WR, Mosher MJ, Spencer GJ, Spitsyn V, Shenin V. Correlates of variation in basal metabolism of the Buriat of southern Siberia. *American Journal of Human Biology*. 1999. 11: 130.
44. Galloway VA, Leonard WR, Ivakine E. Basal metabolic adaptation of the Evenki reindeer herders of Central Siberia. *American Journal of Human Biology*. 2000. 12: 75-87.
45. Henry CJK, Rees DG. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1991. 45:177-186.
46. McNeill G, Rivers JPW, Payne PR, de Britto JJ, Abel R. Basal metabolic rate of Indian men: no evidence of metabolic adaptation to a low plane of nutrition. *Human Nutrition: Clinical Nutrition*. 1987. 41C: 473-783.
47. Soares MJ, Shetty PS. Validity of Schofield's predictive equations for basal metabolic rate of Indians. *Indian Journal of Medical Research*. 1988. 88: 253-260.
48. Spurr GB, Reina JC. 1988. Basal metabolic rate of normal and marginally undernourished mestizo children in Colombia. *European Journal of Clinical Nutrition* 42:753-764.
49. Spurr GB, Reina JC, Hoffmann RG. 1992. Basal metabolic rate of Colombian children 2-16 y of age: Ethnicity and nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition* 56:623-629.
50. Magalhães CC, da Silva AF, dos Anjos LA. 1999. Basal metabolic rate is overestimated by predictive equations in college aged women of Rio de Janeiro, Brazil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 49:232-137.
51. Leung R, Woo J, Chan D, Tang N. 2000. Validation of prediction equations for basal metabolic rate in Chinese subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* 54:551-554.
52. Schofield WN, Schofield C, James WPT. 1985. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutrition: Clinical Nutrition* 39C: 5-41.
53. Lawrence M, Thongprasert K, Durnin JVGA. 1988. Between-group differences in basal metabolic rates: an analysis of data collected in Scotland, The Gambia and Thailand. *European Journal of Clinical Nutrition* 42:877-891.
54. Minghelli G, Schutz Y, Charbonnier A, Whitehead R, Jequier E. 1990. Twenty-four-hour energy expenditure and basal metabolic rate measured in a whole-body indirect calorimeter in Gambian men. *American Journal of Clinical Nutrition* 51:563-570.

55. Soares MJ, Francis DG, Shetty PS. 1993. Predictive equations for basal metabolic rates of Indian males. *European Journal of Clinical Nutrition* 47:389-394.
56. Spurr GB, Dufour DL, Reina JC, Hoffmann RG, Waslien CI, Staten LK. 1994. Variation of the basal metabolic rate and dietary energy intake of Colombian women during 1 y. *American Journal of Clinical Nutrition* 59:20-27.
57. Ferro-Luzzi A, Petracchi C, Kuriyan R, Kurpad AV. 1997. Basal metabolism of weight-stable chronically undernourished men and women: Lack of metabolic adaptation and ethnic differences. *American Journal of Clinical Nutrition* 66:1086-1093.
58. Valencia ME, Moya SY, McNeill G, Haggarty P. 1994. Basal metabolic rate and body fatness of adult men in northern Mexico. *European Journal of Clinical Nutrition* 48:205-211.
59. Piers LS, Diffey B, Soares MJ, Frandsen SL, McCormack LM, O'Dea K. 1997. The validity of predicting the basal metabolic rate of young Australian men and women. *European Journal of Clinical Nutrition* 51:333-337.
60. Van der Ploeg GE, Gunn SM, Modra AC, Keeves JP, Chatterton BE. 2001. Predicting the resting metabolic rate of young Australian males. *European Journal of Clinical Nutrition* 55:145-152.
61. Henry CJK, Piggot S, Emery B. 1987. Basal metabolic rate and diet-induced thermogenesis in Asians living in Britain. *Human Nutrition: Clinical Nutrition* 41C: 397-402.
62. Ulijaszek SJ, Strickland SS. Basal metabolic rate and physique of Gurkha and British soldiers stationed in Britain, UK. *Annals of Human Biology*. 1991;18:245-252.
63. Hayter JE, Henry CJK. Basal metabolic rate in human subjects migrating between tropical and temperate regions: A longitudinal study and review of previous work. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1993; 47:724-734.
64. Stroud MA. Increased basal metabolic rate after sustained exercise in a cold environment. 1987; *The Lancet* 8545:1327.
65. Leonard WR, Galloway VA, Ivakine E, Osipova L, Kazakovtseva M, Int J Circumpolar Health. Nutrition, thyroid function and basal metabolism of the Evenki of central Siberia. 1999 Oct; 58(4):281-95.
66. Dauncey MJ, Ingram DL. Influence of environmental temperature and energy intake on skeletal muscle respiratory enzymes and morphology. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988; 58(3):239-44
67. Bahr R, Gronnerod O & Sejersted OM. Effect of supramaximal exercise on excess post exercise O₂ consumption. *Med Sci Sports Exerc*. 1989; 24, 66–71.

68. Melby C, Scholl C, Edward G & Bullough R. Effect of acute resistance exercise on post exercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J Appl Physiol.*1993; 75, 1847–1853.
69. Smith J & McNaughton L. The effects of intensity of exercise on excess post exercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. *Eur J Appl Physiol.* 1993; 67, 420–425.
70. Quinn TJ & Vroman NB. Post exercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc.* 1994; 26, 908–913.
71. Almuzaini KS, Potteiger JA & Gree SB. Effects of split exercise sessions on excess post exercise oxygen consumption and resting metabolic rate. *Can J Appl Physiol.* 1994; 23, 433–443.
72. Maehlum S, Grandmontagne M, Newsholme EA & Sejersted OM. 1986; Magnitude and duration of excess post exercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism* 35,425–429.
73. Weststrate JA & Hautvast GAJ. The effects of short-term carbohydrate overfeeding and prior exercise on resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis. *Metabolism.* 1990; 39,1232–1239.
74. Herring JL, Mole PA, Meredith CN & Stern JS Effect of suspending exercise training on resting metabolic rate in women. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24, 59–65.
75. Williamson DL & Kirwan JP. A single bout of concentric resistance exercise increases basal metabolic rate 48 hours after exercise in healthy 59-77-year-old men. *J Gerontol* .1997; 52A,M352–M355.
76. Borsheim E, Knardahl S, Hostmark AT & Bahr R. Adrenergic control of post-exercise metabolism. *Acta Physiol.*1998; Scand 162, 313–323.
77. Osterberg KL & Melby CL. Effect of acute resistance exercise on post exercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10, 71–81.
78. Melanson EL, Sharp TA, Seagle HM, et al. Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrition oxidation. *J Appl Physiol* 92. 2002; 1045–1052.
79. Freedman-Akabas S, Colt E, Kissilef HR & Pi-Sunyer FX. Lack of sustained increase in VO₂ following exercise in fit and unfit subjects. *Am J Clin Nutr.*1985; 41:545–549.
80. Weststrate JA, Weys P, Poortvliet E, Deurenberg P &Hautvast JGAJ. Lack of a systematic sustained effect of prolonged exercise bouts on resting metabolic rate in fastingsubjects. *Eur J Clin Nutr* 1990; 44 : 91–97.
81. Ballor, D. L., E. T. Poehlman. Resting metabolic rate and coronary-heart-disease risk factors in aerobically and resistance trained women. *Am. J. Clin. Nutr.* 56: 968–974, 1992.

82. Broeder, C. E., K. A. Burrhus, L. S. Svanevik, and J. H. Wilmore. The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992; 55: 802–810,
83. Whatley, J. E., W. J. Gillespie, J. Honig, M. J. Walsh, A. L. Blackburn, and G. L. Blackburn. Does the amount of endurance exercise in combination with weight training and a very-low energy diet affect resting metabolic rate and body composition? *Am. J. Clin. Nutr.* 1994; 59: 1088–1092
84. Sjodin, A. M., A. H. Forslund, K. R. Westerterp, A. B. Andersson, J. M. Forslund, and L. M. Hambræus. The influence of physical activity on BMR. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1996; 28:85–91
85. Shetty PS et al. Energy requirements of adults: an update on basal metabolic rates (BMRs) and physical activity levels (PALs). *European Journal of Clinical Nutrition.* 1996; 50: 11
86. Mirjam P. E. Adriaens, Paul F. M. Schoffelen and Klaas R. Westerterp Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing British *Journal of Nutrition.* 2003; 90, 419–423
87. Soares MJ, Piers LS, O'Dea K, Shetty PS No evidence for an ethnic influence on basal metabolism: an examination of data from India and Australia. *Br J Nutr.* 1998 Apr; 79(4):333-41.
88. Sun M, Gower A B, Bartolucci A A, Hunter G R, Figueroa-Colon R, Goran M I. A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African American and white children1–3 *Am J Clin Nutr.* 2001; 73:308–15.
89. Gannon B, DiPietro L, Poehlman ET. Do African Americans have lower energy expenditure than Caucasians? *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disorders.* 2000; 22:4-13
90. Weyer C, Snitker S, Bogardus C, Ravussin E. Energy metabolism in African Americans: potential risk factors for obesity. *American Journal Of Clinical Nutrition.* 1999; 70:13-20
91. Sharp T. A., Bell M. L, Grunwald G. K., Schmitz K. H., Sidney S., Lewis C. E., Tolan K, Hill J. O. Differences in Resting Metabolic Rate between White and African-American Young Adults. *Obesity Research.* 2002; 10: 726-732
92. Hildesheimer M, Muchnik C, Rubinstein M, Molho M. Basic metabolic rate in emotional stress: its potential influence on cochlear function. *Laryngoscope.* 1985; 95(1): 63-6.
93. Webb, P. 24-hour energy expenditure and the menstrual cycle. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1986; 44:614-619
94. Acheson KJ, Zahorska-Markiewicz B, Pittet Ph, Anantharaman K, Jéquier E. Caffeine and coffee: their influence on metabolic rate and substrate utilization in normal and obese individuals. *Am J Clin Nutr* 1980;33:989–97.

95. Higgins HL, Means JH. The effect of certain drugs on the respiratory and gaseous metabolism in normal human subjects. *J Pharmacol Exp Ther* 1915; 7:1–9.
96. Dulloo AG, Geissler CA, Horton T, Collins A, Miller DS. Normal caffeine consumption: influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *Am J Clin Nutr* 1989;49:44–50.
97. Εργαστήριο Διατροφής και Κλινικής Διαιτολογίας, Διατροφή και Μεταβολισμός 1, Εργαστηριακές ασκήσεις, Αθήνα 2003
98. Marra M, Polito A, De Filippo E, Cuzzolaro M, Ciarapica D, Contaldo F, Scalfi L. Are the general equations to predict BMR applicable to patients with anorexia nervosa? *Eat Weight Disord.* 2002 ; 7(1): 53-9.
99. Lazzer S, Boirie Y, Bitar A, Montaurier C, Vernet J, Meyer M, Vermorel M. Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and Non-obese adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2003; Vol. 78, No. 3, 471-479, (duration)
100. Indirect calorimetry: Technical aspects. *Journal of the American Dietetic Association.* 1997; 97: S154-S160.
101. Battezzati A., Vigano R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetol.* 2001; 38:1
102. Frankenfield D., Roth-Yousey L., Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy non-obese and obese adults: A systematic review. *Journal of the American Dietetic Association.* 2005; 105: 775-788
103. Livigston EH, Kohlstadt I. Simplified resting metabolic rate-Predicting Formulas for Normal-Sized and Obese Individuals. *Obesity research.* 2005; 13:1255-1262
104. da Rocha, Eduardo E Moreira; Alves, Valeria Girard F; Silva, Monica Hissa N; Chiesa, Carlos A; da Fonseca, Rosana Barcellos V . Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care.* 2005; 8(3): 319-328
105. Frankenfield DC, Rowe WA, Smith JS, Cooney RN. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and non-obese people. *J Am Diet Assoc.* 2003; 103:1152-1159.
106. Frankenfield D. C., E. Muth and W. A. Rowe, The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: History and limitations. *J Am Diet Assoc* 98 (1998), pp. 439–445.
107. Henry, C J. K. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition.* 2005;8(7A): 1133-1152.

108. Arciero PJ, Goran MI, Gardner AM, Ades PA, TyzbirRS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older men. *Metabolism*. 1993;42:950-957.
109. Arciero PJ, Goran MI, Gardner AM, Ades PA, TyzbirRS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older females. *J Am Geriatr Soc*. 1993;41:389-395.
110. Case KO, Brahler CJ, Heiss C. Resting energy expenditures in Asian women measured by indirect calorimetry is lower than expenditures calculated from prediction equations. *J Am Diet Assoc*. 1997; 97: 1288-1292.
111. Clark HD, Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *Am J Clin Nutr*. 1991;53:21-26. Comment in: *Am J Clin Nutr*. 1991;54:613-614.
112. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzeff H, Grossman GD. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr*. 1985;42:1170-1174
113. DeLorenzo A, Tabliabue A, Andreoli A, Testolin G, Comelli M, Deurenberg P. Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59 y. *Eur J Clin Nutr*. 2001; 55:208-214.
114. Feurer ID, Crosby LO, Mullen JF. Measured and predicted resting energy expenditure in clinically stable patients. *Clin Nutr*. 1984; 3: 27-34.
115. Feurer ID, Crosby LO, Buzby GP, Rosato EF, Mullen JL. Resting energy expenditure in morbid obesity. *Ann Surg*. 1983; 197:17-21.
116. Forman JN, Miller WC, Szymanski LM, Fernahl B. Differences in resting metabolic rates of inactive obese African-American and Caucasian women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998; 22: 215-221. Comment in: *Am J Clin Nutr*. 1998; 67: 740-741.
117. Foster GD, Wadden TA, Mullen JL, Stunkard AJ, Wag J, Feurer ID, Pierson RN, Yang MU, Presta E, Van Itallie TB. Resting energy expenditure, body composition, and excess weight in the obese. *Metabolism*. 1988;37:467-472.
118. Fredrix EW, Soeters PB, Deerenberg IM, Kester AD, von Meyenfeldt MF, Saris WH. Resting and sleep in energy expenditure in the elderly. *Eur J Clin Nutr*. 1990;44:741-747.
119. Garrel DR, Jobin N, DeJonge LHM. Should we still use the Harris and Benedict equations? *Nutr Clin Pract*. 1996; 11:99-103.
120. Heshka, Feld K, Yang MU, Alllison DB, Heymsfield SB. Resting energy expenditure in the obese : A cross validation in the obese :A cross validation and comparison of of predictive equations. *J Am Diet Assoc*. 1993; 93:1031-1036

121. Hirano KM, Heiss CJ, Olson KE, Beerman KA, Brahler CJ. A comparison of calculated and measured resting energy expenditure in obese women. *Top Clin Nutr.* 2001; 16:61-69, 85-88.
122. Liu HY, Lu YF, Chen WJ. Predictive equations for basal metabolic rate in Chinese adults: A cross-validation study. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95:1403-1408.
123. Mifflin, M D; St Jeor, S T; Hill, L A; Scott, B J; Daugherty, S A; Koh, Y O. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American Journal Of Clinical Nutrition.* 1990; 51:241-247
124. Owen, O E; Holup, J L; D'Alessio, D A; Craig, E S; Polansky, M; Smalley, K J; Kavle, E C; Bushman, M C; Owen, L R; Mozzoli, M A; et al A reappraisal of the caloric requirements of men. *The American Journal Of Clinical Nutrition* 1987; 46(6): 875-885
125. Owen O. E. ; Kavle E. ; Owen R. S. ; et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women *A M. J. CLIN. NUTR* 1986; 44 (1): 1-19
126. Pavlou KN, Hoefer MA, Blackburn GL. Resting energy expenditure in moderate obesity. Predicting velocity of weight loss. *Ann Surg.* 1986; 203: 136-141.
127. Scalfi L, Coltorti A, Sapio C, Di Biase G, Borrelli R, Contaldo F. Predicted and measured resting energy expenditure in healthy young women. *Clin Nutr.* 1993; 12:1-7.
128. Siervo M, Boschi V, Falconi C. Which REE prediction equation should we use in normal-weight, overweight and obese women? *Clin Nutr.* 2003; 22:193-204.
129. Taaffe DR, Thompson J, Butterfield G, Marcus R. Accuracy of equations to predict basal metabolic rate in older women. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95:1387-1392.
130. Van der Ploeg GE, Withers RT. Predicting the resting metabolic rate of 30-60-year old Australian males. *Eur J Clin Nutr.* 2002; 56:701-708.
131. Vermeij CG, Feenstra BW, Oomen AM, de Graaf EJ, Zillikens MC, Swart GR, Bruining HA. Assessment of energy expenditure by indirect calorimetry in healthy subjects and patients with liver cirrhosis. *J Parenter Enteral Nutr.* 1991; 15:421-425.
132. Schofield C. An annotated bibliography of source material for basal metabolic rate data. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985; 39C (suppl 1): 42-91.
133. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985; 39C (suppl 1): 5-41.
134. James WP. Basal metabolic rate: Comments on the new equations. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985; 39C (suppl 1): 92-96.

135. Hayter JE, Henry CJF. A re-examination of basal metabolic predictive equations: The importance of geographic origin of subjects in sample selection. *Eur J Clin Nutr.* 1994; 48:702-707
136. Muller MJ, Bosy-Westphal A., Klaus S., Kreymann G., Luhrmann PM, Neuhauser-Berthold M., Noack, Pirke KM, Platte P, Selberg O, Steiniger J. World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2004; 80: 1379-90
137. Vander Weg MW, Watson JM, Klesges RC, Eck Clemens LH, Slaxson DL, McClanahan BS. Development and cross-validation of a prediction equation for estimating resting energy expenditure in healthy African-American and European-American women. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2004; 58: 474-480.
138. FAO/ WHO/ UNU. Energy and protein requirements. Report
139. Gannon B, Di Pietro L, Poehlman ET. Do African Americans have lower energy expenditure than Caucasians? *Int J Obes.* 2000; 24:4-13.
140. Foster GD, Wadden TA, Swain RM, Anderson DA, Vogt RA. Changes in resting energy expenditure after weight loss in obese African American and white women. *Am J Clin Nutr.* 1999;69:13-17.
141. Foster GD, Wadden TA, Vogt RA. Resting energy expenditure in obese African American and Caucasian women. *Obes Res.* 1997; 5:1-8. .
142. Wang Z., Heshka S, Zhang Kuan, Boozer C. N, Heymsfield S. B. Resting energy expenditure: Systematic organization and critique of prediction methods. *Obesity research.* 2001; 9: 331-336
143. Cruz CM, da Silva AF, dos Anjos LA. [Basal metabolic rate is overestimated by predictive equation in college-age women of Rio de Janeiro, Brazil] *Arch Latinoam Nutr.* 1999 Sep; 49(3): 232-7.
144. Leibel RL, Rosenbaum M, Hirsch J. Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *N Engl J Med* 332:621–628
145. Sharp TA, Bell ML, Grunwald GK, Schmitz KH, Sidney S, Lewis C, Tolan K, Hill JO. Differences in Resting Metabolic Rate between White and African-American Young Adults. *Obesity Research.* 2002; 10:726-732
146. Robertson, J. D., and D. D. Reid. Standards for the basal metabolism of normal people in Britain. *Lancet* 1: 940-943, 1952
147. Bland J M, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1: 307–310