



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Η ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΝΟΣΟ»**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδιασμός Και Έλεγχος Εγκυρότητας Εξίσωσης Εκτίμησης
Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας Στον Ελληνικό Πληθυσμό**

Ειρήνη Παρασκευή Παπαγεωργοπούλου
Διαιτολόγος-Διατροφολόγος

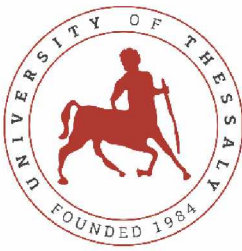
ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Οδυσσέας Ανδρούτσος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Διαιτολογίας-Διατροφολογίας
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Επιβλέπων Καθηγητής

Ποταμιάνος Σπυρίδων, Καθηγητής, Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Μέλος
Τριμελούς Επιτροπής

Καλλιόπη Γεωργακούλη, Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Διατροφής Και Διαιτολογίας, Τμήμα
Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 2022



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF MEDICINE
POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM
NUTRITION IN HEALTH AND DISEASE**



DIPLOMA THESIS

Design and Validity Testing of Resting Metabolic Rate Equations in the Greek Population

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	4
Περίληψη	5
Abstract	6
1.Εισαγωγή	7
1.2.Ορισμός του Βασικού μεταβολικού ρυθμού και Μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας	7
1.3.Παράγοντες που επηρεάζουν τον μεταβολικό ρυθμό	7
2.Γενικό μέρος	10
2.1 Τεχνικές μέτρησης	10
2.1.α.Άμμεση θερμιδομετρία	10
2.1.β.Έμμεση θερμιδομετρία	11
2.1.γ.Εξισώσεις υπολογισμού BMR/RMR	12
2.4.Συμπεράσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης	32
3.Ειδικό μέρος	33
3.1.Σκοπός της έρευνας	33
3.2.Πληθυσμός μελέτης και Μέθοδο	33
3.3.Μέτρηση βάρους, ύψους και ΔΜΣ	34
3.4.Μέτρηση σωματικών περιφερειών	35
3.5.Μέτρηση δερματικών πτυχών	35
3.6.Εκτίμηση σύστασης σώματος	36
3.7.Στατιστική ανάλυση	36
3.8.Αποτελέσματα	37
3.9.Συζήτηση	40
3.10.Συμπεράσματα	45
4.Βιβλιογραφία	46

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου Αναπληρωτή Καθηγητή, Δρ.Οδυσσέα Ανδρούτσο, για την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας αυτής της μελέτης αλλά και για την ευκαιρία που μου έδωσε να εμπλακώ σε μια υψηλών προδιαγραφών ακαδημαϊκή μελέτη.

Επίσης, είμαι ευγνώμων στον Δρ. Κανελλάκη Σπύρο για την ανιδιοτελή διαφώτιση και εκπαίδευση που μου παρείχε στις πτυχές της μεθοδολογίας και στατιστικής ανάλυσης της έρευνας αλλά και για την έμπνευση και τις προσδοκίες που γεννήθηκαν για μελλοντικές ερευνητικές αναζητήσεις.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τη συνεργάτη του εργαστηρίου ανάλυσης σύστασης σώματος Nutriscience Greece, που ενίσχυσε στην αρτιότερη περάτωση αυτής της εργασίας, Πρελορέντζου Τζώρτζια.

Περίληψη

Στη βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί εξισώσεις υπολογισμού του μεταβολικού ρυθμού που χρησιμοποιούν μεταβλητές όπως το βάρος και το ύψος. Μέρος αυτών χρησιμοποιεί πιο σύνθετες μεταβλητές όπως η άλιπη μάζα σώματος και ο λιπώδης ιστός, για τον προσδιορισμό των οποίων απαιτείται ειδικός εξοπλισμός που έχει μεγάλο κόστος και η διαδικασία είναι χρονοβόρα με αποτέλεσμα οι εξισώσεις αυτές συχνά να μην έχουν εφαρμογή στην κλινική πράξη.

Επιπρόσθετα, καμία από τις υπάρχουσες εξισώσεις για την εκτίμηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας δε λαμβάνει υπόψη τη σύσταση σώματος. Παράλληλα, περιφέρειες, σώματος (π.χ. μέσης, ισχίων), σχετίζονται ισχυρά με το ποσοστό λίπους και άλλες όπως η περιφέρεια πήχη και γαστροκνημίου με τη μυϊκή μάζα. Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτελεί ο προσδιορισμός ανθρωπομετρικών παραμέτρων που σχετίζονται με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και η δημιουργία νέων εξισώσεων μεταβολικού ρυθμού οι οποίες θα χρησιμοποιούν αυτές τις μεταβλητές.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 52 υγιών ατόμων Ελληνικής καταγωγής εκ των οποίων 25 ήταν άνδρες (μέση ηλικία 29,2 έτη, μέσος ΔΜΣ 26.1 kg/m^2) και 27 γυναίκες (μέση ηλικία 27,8 έτη, μέσος ΔΜΣ 22.4 kg/m^2). Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις βάρους, ύψους, δερματικών πτυχών και περιφερειών. Η σύσταση σώματος αξιολογήθηκε με βιοηλεκτρική εμπέδηση (Akern STA, Italy) και ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία. Επιπρόσθετα, οι εθελοντές χρησιμοποίησαν χειροδυναμόμετρο και συμπλήρωσαν τετραήμερο Ημερολόγιο καταγραφής τροφίμων. Η δημιουργία της εξίσωσης πραγματοποιήθηκε με γραμμική παλινδρόμηση, ενώ ο έλεγχος εγκυρότητας και η σύγκριση με τις εξισώσεις της βιβλιογραφίας με τη χρήση Intra Class Correlation Coefficient και Pearson Correlation.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περιφέρειες λαιμού, μηρού και των ισχίων έχουν στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό.

Συμπερασματικά, φαίνεται οι τρεις αυτές περιφέρειες να εκτιμούν με ακρίβεια το μεταβολικό ρυθμό, γεγονός το οποίο δεν έχει περιγραφεί ξανά βιβλιογραφικά και ανοίγει το δρόμο για το σχεδιασμό νέων μοντέλων τα οποία θα περιλαμβάνουν παρόμοιες μεταβλητές.

Abstract

Numerous equations have been documented in the literature regarding the calculation of resting metabolic rate (RMR). Usually these equations include variables such as height and weight, while some of them use more complex variables such as lean body mass and fat mass, which require specialized equipment, are expensive and time-consuming. Therefore, these equations are often not applicable in clinical practice.

None of the existing equations for the estimation of RMR use simple anthropometric variables such as circumferences and skinfolds. It is widely accepted that circumferences such as waist and hips, are correlated with body fat percentage and others such as forearm and calf circumference are correlated with muscle mass. This study aims to identify such correlations and design a new equation that will use simple anthropometric variables such as circumferences and skinfolds.

Fifty-two males ($n = 25$; body mass index (BMI): $26.1 \pm 4.4 \text{ kg/m}^2$; age: $29.2\% \pm 6.2\%$) and females ($n = 27$; BMI: $22.4 \pm 3.1 \text{ kg/m}^2$; age: $27.8\% \pm 8.9\%$) were evaluated. The reference RMR value was obtained from indirect calorimetry. All volunteers underwent anthropometric measurements (weight, height, skinfolds, circumferences). Body composition was assessed with bioelectrical impedance (Akern STA, Italy). Furthermore, all volunteers used hand dynamometer and filled out food records for four days. The creation of the new equation was performed with linear regression while the validity check and comparison with the equations in the literature were performed using Intra Class Correlation Coefficient and Pearson Correlation.

The new equation includes neck, thigh and hips circumferences and appears to be more reliable in the current population.

In conclusion, the new equation using these three simple anthropometric variables give a good prediction accuracy at population level. Further studies are needed to verify the reliability and usefulness of these new equations.

1.Εισαγωγή

Η εκτίμηση του RMR είναι πολύ σημαντική διότι μπορεί να βοηθήσει στον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών τόσο σε φυσιολογικές όσο και σε παθολογικές καταστάσεις, παραδείγματος χάρη γνωρίζουμε ότι το RMR αυξάνεται κατά το θηλασμό καθώς και σε καταστάσεις όπως το έγκαιμα και η σήψη. Συνεπώς η ακριβής εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης είναι ακρογωνιαίος λίθος για τη σωστή θρέψη σε φυσιολογικές και παθολογικές καταστάσεις αλλά και για τη ρύθμιση του σωματικού βάρους όποτε είναι απαραίτητο. Αναλυτικότερα η ολική ενεργειακή δαπάνη (TEE) αποτελείται κατά 60-75 % από τον Βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR), κατά 15-30 % από τη φυσική δραστηριότητα και κατά 10 % από τη θερμογενετική δράση της τροφής . Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR) αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών επομένως είναι πολύ σημαντικό να υπολογισθεί με μεγάλη ακρίβεια γεγονός το οποίο θα οδηγήσει σε αναλυτικό υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών.

1.2.Ορισμός του Βασικού μεταβολικού ρυθμού (BMR) και Μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR)

Το BMR είναι η ελάχιστη ενέργεια η οποία απαιτείται για τη πραγματοποίηση βασικών λειτουργιών του σώματος όταν αυτό βρίσκεται σε απόλυτη ηρεμία. Αναλυτικά οι ζωτικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος είναι η λειτουργία της αναπνοής, η λειτουργία των αδένων και των κυττάρων, η διατήρηση του μυϊκού τόνου, η επίτευξη της ομοιόστασης, η κυκλοφορία του αίματος και τέλος η ανάπτυξη του οργανισμού. Στην πράξη πολλές φορές δεν είναι εφικτό να τηρηθούν όλες οι προϋποθέσεις για το πρωτόκολλο της μέτρησης του BMR επομένως γίνεται η μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR). Ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (RMR) θεωρείται ότι είναι 10-20% αυξημένος συγκριτικά με το BMR. [1]

1.3.Παράγοντες που επηρεάζουν τον μεταβολικό ρυθμό

Ο Βασικός μεταβολισμός επηρεάζεται σε διαφορετικό ποσοστό από κάποιους παράγοντες οι οποίοι είναι οι εξής:

- Φύλο

Οι γυναίκες λόγω της διαφοράς στη σύνθεση σώματος καθώς και του ορμονικού τους προφίλ έχουν χαμηλότερο βασικό μεταβολικό ρυθμό.[2]

- Ηλικία

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Παρατηρείται έκπτωση της τάξης 1-2% ανά δεκαετία μετά την ηλικία των είκοσι ετών .Αυτό

θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της μείωσης της άλιπης μάζας σώματος με την πάροδο της ηλικίας.[3,4]

- Μέγεθος σώματος

Σε γενικές γραμμές τα ψηλά άτομα έχουν και μεγαλύτερο BMR από τα κοντά ενώ όταν το BMR εκφράζεται ανά κιλό σωματικού βάρους και άλιπης μάζας τότε τα ψηλά άτομα έχουν χαμηλότερο BMR από τα πιο κοντά.[5]

- Σύσταση σώματος

Η σύσταση του σώματος είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει με μεγάλο βαθμό το BMR. Η άλιπη μάζα σώματος και κυρίως η μυϊκή μάζα αυξάνει το BMR καθώς χαρακτηρίζεται ως πιο μεταβολικά ενεργή. Συμπερασματικά όσο μεγαλύτερη είναι η μυϊκή μάζα ενός ατόμου τόσο μεγαλύτερο είναι και το BMR του.[6]

- Πυρετός

Ο πυρετός αυξάνει το BMR και πιο συγκεκριμένα το BMR αυξάνεται κατά 7% για κάθε 1 βαθμό μετά τους 37 βαθμούς κελσίου.[7]

- Διατροφική κατάσταση

Η κατανάλωση τροφής αυξάνει το BMR καθώς αυξάνεται η θερμογενετική δράση της τροφής. Σημαντικός περιορισμός της τροφής μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη μείωση του BMR ως και 20% διότι μειώνεται η ενέργεια που χρειάζεται για τη μάσηση, την κατάποση και την απορρόφηση της τροφής και ο οργανισμός μπαίνει σε μια κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος συστηματική μείωση της προσλαμβανόμενης τροφής οδηγεί σε απώλεια μυϊκής μάζας και κατά συνέπεια σε περεταίρω μείωση του BMR.[8]

- Κλίμα

Το BMR αυξάνεται σε περιοχές με χαμηλότερη θερμοκρασία ενώ μειώνεται σε περιοχές με αυξημένη θερμοκρασία διότι ο οργανισμός προσπαθεί να διατηρήσει την ομοιόσταση του. Ενδιαφέροντα ρόλο σε αυτό φαίνεται να παίζει ο φαιός λιπώδης ιστός.[9]

- Ασθένεια

Το BMR μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί. Ασθένειες οι οποίες έχουν συνδεθεί με μειωμένο BMR είναι η νεφρική ανεπάρκεια, το Alzheimer και ο υποσιτισμός ενώ ασθένειες οι οποίες αυξάνουν το BMR είναι ο διαβήτης, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και ο καρκίνος του πνεύμονα.[10]

- Φάρμακα

Υπάρχουν φάρμακα τα οποία έχουν συνδεθεί με μείωση του BMR όπως αυτά που ανήκουν στην οικογένεια των β αποκλειστών, κατηγορία φαρμάκων που συχνά χρησιμοποιείται για θεραπεία της αρτηριακής πίεσης καθώς και φάρμακα τα οποία στοχεύουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Επιπλέον υπάρχουν φάρμακα τα οποία έχουν συνδεθεί με αύξηση του

BMR όπως η θυροξίνη σε ασθενείς με υποθυρεοειδισμό και η ανθρώπινη αυξητική ορμόνη.[11]

- Κάπνισμα

Όπως πολλοί πιστεύουν το κάπνισμα μπορεί να αυξήσει το BMR αλλά μόνο 3, 6 % κυρίως λόγω της διεγερτικής δράσης της νικοτίνης.[12]

2.Γενικό μέρος

Προσδιορισμός BMR/RMR

Για τον προσδιορισμό του BMR/RMR υπάρχουν οι εξής τεχνικές μέτρησης :

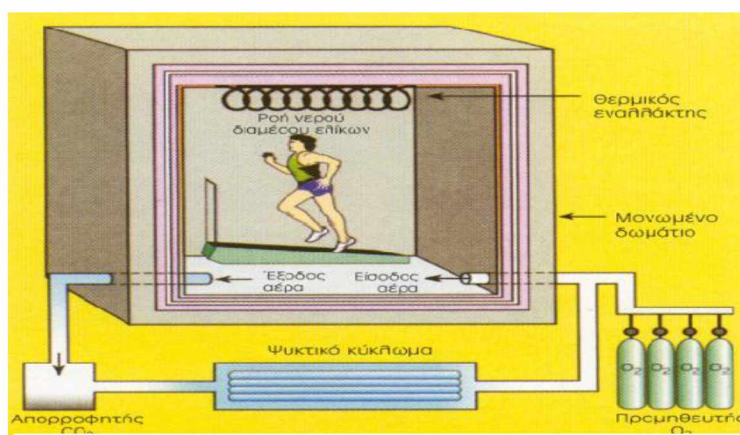
- Άμεση θερμιδομετρία
- Έμμεση θερμιδομετρία
- Μέθοδος διπλά επισημασμένου ύδατος
- Εξισώσεις υπολογισμού βασικού μεταβολισμού

2.1.Τεχνικές μέτρησης

2.1.α.Άμεση θερμιδομετρία

Η άμεση θερμιδομετρία αποτελεί το gold standard για τη μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού. Τα θεμέλια της άμεσης θερμιδομετρίας τέθηκαν τον 18ο αιώνα από τους Lavoisier και Laplace. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος διαπίστωσαν ότι οι καύσεις που πραγματοποιούνται στον ανθρώπινο οργανισμό παράγουν θερμότητα. Πιο συγκεκριμένα παρατήρησαν ότι το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα το οποίο παράγεται σχετίζεται με τη θερμότητα. Εν συνεχεία διαπίστωσαν ότι η θερμότητα που παράγεται είναι ανάλογη με την παραγόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια του πειράματος από τον ανθρώπινο οργανισμό.[13]

Στα τέλη του 19ου αιώνα δημιουργήθηκε το πρώτο στην ανθρώπινη ιστορία θερμιδόμετρο και χρησιμοποιήθηκε από τους Benedict και Atwater. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα μεμονωμένο θάλαμο που περιστοιχίζεται από νερό. Οι αλλαγές που παρατηρούνται στη θερμοκρασία του νερού που περιβάλλει το θάλαμο αντικατοπτρίζουν την ενέργεια που παράγει ο εθελοντής.[14,15,16]



Εικόνα 2.1 Άμεση θερμιδομετρία

Η άμεση θερμιδομετρία παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα άμεσης θερμιδομετρίας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Έχει πολύ μεγάλη ακρίβεια	Είναι ακριβή μέθοδος
Η απόκριση είναι γρήγορη	Απαιτεί προσωπικό ειδικά εκπαιδευμένο
Ενδείκνυται για αυστηρά ελεγχόμενες μελέτες	Μέσα στο θάλαμο πρέπει να γίνει υπολογισμός όλων των παραγόντων που παράγουν ενέργεια
	Δεν υπάρχουν πληροφορίες για τα μακροθρεπτικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της ενέργειας .

2.1.β. Έμμεση θερμιδομετρία

Η αρχή της έμμεσης θερμιδομετρίας είναι ότι η ενέργεια η οποία παράγεται στον ανθρώπινο οργανισμό είναι ανάλογη της κατανάλωσης οξυγόνου. Κατά τη διάρκεια της έμμεσης θερμιδομετρίας πραγματοποιείται μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου και μέτρηση της αποβολής διοξειδίου του άνθρακα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η έμμεση θερμιδομετρία μπορεί να είναι κλειστού κυκλώματος και ανοιχτού κυκλώματος.

Η μέτρηση του οξυγόνου μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής αναπνευστικούς θερμιδομετρητές:

- Φορητό αναπνευστικό θερμιδομετρητή
- Σάκο Douglas
- Αυτόματο εργοσπιρόμετρο

Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την ποσότητα της ενέργειας που μεταβολίστηκε θα πρέπει να γνωρίζουμε τον όγκο του οξυγόνου που καταναλώθηκε και τον όγκο του διοξειδίου του άνθρακα που παράχθηκε. Ο υπολογισμός του πηλίκου του όγκου του διοξειδίου του άνθρακα που έχει παραχθεί προς τον όγκο του οξυγόνου που έχει καταναλωθεί ονομάζεται αναπνευστικό πηλίκο (Respiratory Quotient,RQ).[17,18]

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του αναπνευστικού πηλίκου είναι ο εξής :

$$RQ=VCO_2/VO_2$$

Από το αναπνευστικό πηλίκο υπολογίζεται η συμμετοχή των μακροθρεπτικών υποστρωμάτων, η ποσόστωση δηλαδή των μακροθρεπτικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ενέργειας όπως φαίνεται στον πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2 Τιμές RQ μακροθρεπτικών συστατικών

Μακροθρεπτικό συστατικό	Τιμή αναπνευστικού πηλίκου
Υδατάνθρακας	1
Πρωτεΐνη	0,806
Λίπος	0,710
Αλκοόλ	0,663

Μέσω της εξίσωσης του Weir μπορεί να γίνει μετατροπή του VCO₂ και του VO₂ σε μονάδες ενεργειακής κατανάλωσης .[18] Η εξίσωση είναι η εξής :

$$\text{Kcal/min} = (3.9 \times \text{VO}_2) + (1.1 \times \text{VCO}_2)$$

Η μέθοδος της έμμεσης θερμιδομετρίας παρουσιάζει πλεονεκτήματα καθώς και μειονεκτήματα :

Πίνακας 2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της έμμεσης θερμιδομετρίας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Έχει μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία	Ακριβός εξοπλισμός
Ο θάλαμος ενδείκνυται για αυστηρά ελεγχόμενες μελέτες	Εκπαίδευση προσωπικού που θα εκτελέσει τη μέτρηση
Έχει ευρεία χρήση σε αθλητικές δραστηριότητες	Ο θάλαμος αποτελεί τεχνητό περιβάλλον
Μπορεί να υπολογισθεί η ποσότητα καθώς και το είδος των μακροθρεπτικών συστατικών	Ενδέχεται να προκαλέσει δυσφορία στον εθελοντή

2.1.γ.Εξισώσεις υπολογισμού BMR/RMR

Η μέτρηση του BMR/RMR παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα καθώς απαιτεί ακριβό εξοπλισμό, ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό και συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί και με πιο απλούς τρόπους, όπως με τη χρήση εξισώσεων.

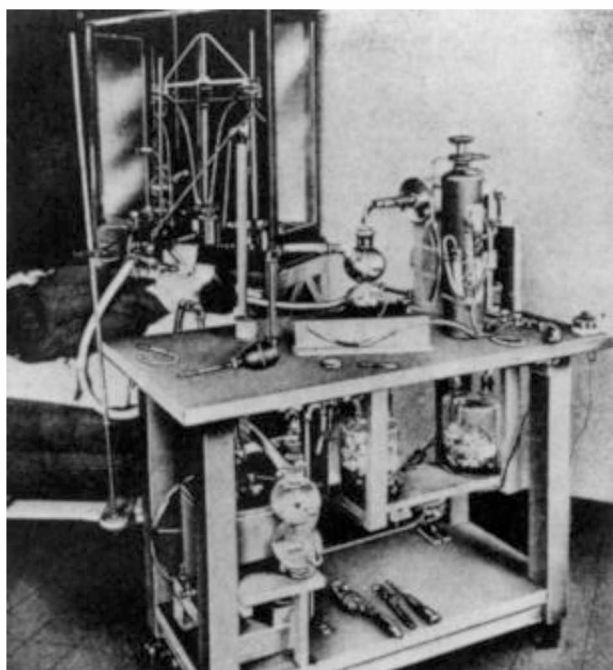
Στη βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί πάρα πολλές εξισώσεις εκτίμησης του BMR/RMR και παρακάτω θα παρατεθούν οι κυριότερες :

● **Harris J. and Benedict F. (1919)**

Άνδρες (kcal) $RMR = 66.47 + (13.75 \times B) + (5 \times Y) - (6.75 \times H)$

Γυναίκες (kcal) $RMR = 665.09 + (9.56 \times B) + (1.85 \times Y) - (4.67 \times H)$

Η εξίσωση Harris-Benedict δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας κυρίως λευκούς άνδρες κανονικού βάρους (n 136) ηλικίας 16 έως 63 ετών (μέσος όρος 27,9 έτη) καθώς επίσης και γυναίκες (n 103) ηλικίας 15 έως 74 ετών (μέσος όρος 31,14 έτη) σε μελέτες που διενεργήθηκαν για χρονικό διάστημα περίπου από το 1907 έως και το 1917 στο Carnegie Nutrition Laboratory στη Βοστώνη. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (θερμιδόμετρο το οποίο δημιουργήθηκε από το Carnegie institution και φαίνεται πιο αναλυτικά στην εικόνα 1.2). Ο Benedict εν συνεχεία αναγνώρισε και εξέφρασε την ανησυχία του ότι οι εξισώσεις υπερεκτίμησαν το BMR και συγκεκριμένα αυτό των νέων ηλικιακά γυναικών. Οι Daly συνεργάτες επιβεβαίωσαν ότι οι εξισώσεις αυτές υπερεκτίμησαν το BMR περίπου 10 –15%. Παρ'όλα αυτά, η απλότητα των εξισώσεων τις έκανε ιδιαίτερα δημοφιλής και χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα. Οι περιγραφές της βιβλιογραφίας προσδιορίζουν τις εξισώσεις Harris Benedict ως αντιπροσωπευτικές του βασικού μεταβολικού ρυθμού, στην πραγματικότητα, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν υπό ανάπαυση και όχι υπό βασικές συνθήκες. [19,20]



Εικόνα 2.2 Έμμεσο θερμιδόμετρο

● **Boothby and Sandiford - Mayo standards (1922)**

Αγόρια:

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

Κορίτσια:

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

Οι εξισώσεις Boothby and Sandiford προήλθαν από δείγμα 1467 ατόμων εκ των οποίων οι 639 ήταν άνδρες και οι 828 ήταν γυναίκες. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Haldane gas analysis apparatus).[1,21]

●Quenouille και συνεργατών (1951)

Άντρες από τη Βόρεια Ευρώπη :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (2,975 \times Y) + (8.90 \times B) + (11.7 \times A) + (3 \times \upsilon) - (4 \times \theta) + 293.8$$

υ =υγρασία, θ =θερμοκρασία

$$A=H \text{ επιφάνεια σώματος και υπολογίζεται από τον τύπο του DuBois: } A=B^{0,425} \times Y^{0,715} \times 71.84$$

Η εξίσωση Quenouille και συνεργατών προήλθε από δείγμα όλων των δημοσιευμένων μέχρι στιγμής μελετών του BMR, το οποίο ήταν μεγαλύτερο των 8600 ατόμων .Από τα 8600 άτομα τα 4300 είχαν εύρος ηλικίας 17-39,τα 800 ήταν πάνω από 40 χρονών και τα 3520 ήταν μικρότερα από ενός ετών. Η μελέτη συμπεριέλαβε δείγμα ατόμων τα οποία κατάγονται από τροπικές περιοχές δίνοντας έμφαση στην επιρροή της εθνικότητας και του κλίματος στο μεταβολικό ρυθμό.[1]

●Robertson και συνεργατών (1952)

Αγόρια:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 16.6 \times B \text{ (kg)} + 77 \times Y \text{ (m)} + 572$$

Κορίτσια:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 7.4 \times B \text{ (kg)} + 482 \times Y \text{ (m)} + 217$$

Οι εξισώσεις Robertson και συνεργατών προήλθαν από δείγμα 2310 ατόμων εκ των οποίων οι 987 ήταν άνδρες και οι 1323 ήταν γυναίκες . Το ηλικιακό εύρος ήταν 3-80 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Benedict-Roth Apparatus with kymograph).[22]

●Altman-Dittmer (1968)

Άνδρες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = [(0.818 \times B) + 21.09] \times 24$$

Γυναίκες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = [(0.788 \times B) + 24.11] \times 24$$

Οι εξισώσεις Altman-Dittmer δημιουργήθηκαν από βάση δεδομένων η οποία περιείχε 300 δημοσιευμένες μελέτες BMR νορμοβαρών παιδιών. Το ηλικιακό εύρος των οποίων ήταν 3-16 ετών.[23]

●Bernstein και συνεργατών (1983)

Για άνδρες:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (11.0 \times B) - (10.2 \times Y) - (5.8 \times H) - 1.032$$

Για γυναίκες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (7.8 \times B) - (0.42 \times Y) - (3.0 \times H) + 84.4$$

Η εξίσωση Bernstein και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 202 υπέρβαρων και παχύσαρκων ατόμων εκ των οποίων οι 48 ήταν άνδρες και οι 154 γυναίκες .Το εύρος των κλών ήταν 60-204. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (Beckman metabolic cart).[24]

●**James και συνεργατών (1984)**

Ηλικία (έτη) RMR (KCal)

Άντρες:

18–29.9 $692 + (15.1 \times B)$

30–59.9 $873 + (11.6 \times B)$

≥60 $588 + (11.7 \times B)$

Γυναίκες:

18–29.9 $487 + (14.8 \times B)$

30–59.9 $845 + (8.17 \times B)$

≥60 $658 + (9.01 \times B)$ [25]

●**Schofield και συνεργατών (1985)**

Ηλικία BMR (Kcal/ ημέρα)

Άνδρες :

10-17 $(17,7 Y B) + 657$

18-29 $(15,1 Y B) + 692$

30-59 $(11,5 Y B) + 873$

60-74 $(11,9 X B) + 700$

>75 $(8,4 Y B) + 821$

Γυναίκες :

10-17 $(13,4 X B) + 692$

18-29 $(14,8 Y B) + 487$

30-59 $(8,3 Y B) + 846$

60-74 $(9,2 X B) + 687$

>75 $(9,8 Y B) + 624$

Οι Schofield και συνεργάτες δημιούργησαν εξισώσεις και για τα δύο φύλα. Αυτά αποτέλεσαν τη βάση για τις εξισώσεις WHO/FAO/UNU . Η βάση δεδομένων Schofield περιείχε 114 δημοσιευμένες μελέτες BMR, συνολικού αριθμού 7173 υγιών ατόμων εκ των οποίων οι 4809 ήταν άνδρες και οι 2364 ήταν γυναίκες. Η φυλετική σύνθεση της μελέτης περιελάμβανε αποτελέσματα τα οποία ελήφθησαν από την Ευρώπη και την Βόρεια Αμερική, ενώ συμπεριελάμβανε λίγα άτομα από την τροπική περιοχή (322 Ινδούς και 615 κατοίκους τροπικών περιοχών) καθιστώντας την με αυτόν τον τρόπο ως κακή εκπροσώπηση για τον παγκόσμιο πληθυσμό. Το ηλικιακό εύρος ήταν 3-60 ετών.

Ένα αρκετά σημαντικό χαρακτηριστικό το οποίο προέκυψε από την ανάλυσή τους ήταν ότι το BMR των Ασιατικών Ινδιάνων χρησιμοποιώντας τις συγκεκριμένες εξισώσεις ήτανε υπερεκτιμημένο κατά 10-11%.[1]

● **World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University (1985)**

WHO/FAO/UNU (1985)

Με βάση το σωματικό βάρος : Με βάση το σωματικό βάρος και ύψος:

Ηλικία (έτη) PMR (KCal) PMR (KCal)

Άνδρες :

18-30	$(15,3 \times B) + 679$	$(15,4 \times B) - (27 \times Y) + 717$
31-60	$(11,6 \times B) + 879$	$(11,3 \times B) + (16 \times Y) + 901$
>60	$(13,5 \times B) + 487$	$(8,8 \times B) + (1.128 \times Y) - 1.701$

Γυναίκες :

18-30	$(14,7 \times B) + 496$	$(13,3 \times B) + (334 \times Y) + 35$
31-60	$(8,7 \times B) + 829$	$(8,7 \times B) - (25 \times Y) + 865$
>60	$(10,5 \times B) + 596$	$(9,2 \times B) + (637 \times Y) - 302$

Οι εξισώσεις WHO / FAO / UNU προήλθαν χρησιμοποιώντας δεδομένα από Schofield et al , κυρίως προερχόμενος από νέους Ευρωπαίους στρατιωτικούς και αστυνομικούς, συμπεριλαμβανομένων 2.279 ανδρών και 247 γυναικών εκ των οποίων το 45% ήτανε Ιταλικής καταγωγής . Το ηλικιακό εύρος του δείγματος ήταν 19 έως 82 ετών. Επομένως προκύπτει ότι ο γηραιότερος πληθυσμός εκπροσωπήθηκε ελάχιστα. Οι υπάρχουσες εξισώσεις FAO / WHO / UNU αποδεικνύεται ότι υπερεκτιμούν το BMR σε πολλούς πληθυσμούς. Αναπτύχθηκαν δύο εξισώσεις, στην πρώτη χρησιμοποιήθηκε μόνο το βάρος και στη δεύτερη το βάρος και το ύψος. Σε όλες τις εξισώσεις το βάρος είναι σε χιλιόγραμμα, και το ύψος σε εκατοστά εκτός από τις εξισώσεις WHO / FAO / UNU, όπου το ύψος είναι σε μέτρα και η ηλικία είναι σε χρόνια.[1]

● **Owen και συνεργατών (1986, 87)**

Άνδρες (kcal) $RMR = 879 + 10.2 \times B$

Γυναίκες (kcal) $RMR = 795 + 7.18 \times B$

Αθλητές (kcal) $RMR = 50.4 + 21 \times B$

Η εξίσωση Owen και συνεργατών για τους άνδρες προήλθε από ένα δείγμα μεγέθους 60 ατόμων, ηλικίας 18 έως 82 ετών συμπεριλαμβανομένων 24 νορμοβαρών, 11 παχύσαρκων και πέντε εξαιρετικά παχύσαρκων ατόμων. Η εξίσωση των γυναικών προήλθε από ένα δείγμα 44 γυναικών ηλικίας 18 έως 65 ετών το οποίο περιελάμβανε όλες τις κατηγορίες βάρους. Ένα άτομο ήταν λιποβαρή, 23 ήταν νορμοβαρή, τέσσερα ήταν υπέρβαρα, 10 ήταν παχύσαρκα και έξι ήταν εξαιρετικά παχύσαρκα. Καμία ηλικιωμένη γυναίκα δεν περιλαμβάνεται στο δείγμα. Η φυλετική σύνθεση της

μελέτης των γυναικών δεν έχει αναφερθεί ενώ το δείγμα των ανδρών περιελάμβανε λευκούς, μαύρους καθώς και Ασιάτες. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία [Beckman Metabolic Cart (Beckman Instruments, mc, Schiller Park, IL)].[26,27]

● **Mifflin-St. Jeor (1990)**

Ανδρες (Kcal) $RMR = (10 \times B) + (6,25 \times Y) - (5 \times H) + 5$

Γυναίκες (Kcal) $RMR = (10 \times B) + (6,25 \times Y) - (5 \times H) - 161$

Η εξίσωση Mifflin St Jeor προήλθε από δείγμα 498 νορμοβαρών, υπέρβαρων, παχύσαρκων καθώς και σοβαρά παχύσαρκων ατόμων ηλικίας 19 έως 78 ετών. Η φυλετική σύνθεση του δείγματος δεν προσδιορίζεται και η αναπαράσταση των ηλικιωμένων ενηλίκων (75 έως 84 ετών) ήταν περιορισμένη. Οι εξισώσεις Mifflin St. Jeor αποτελούν την πιο ακριβή μέθοδο εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού ανάπαυσης σε υγιή πληθυσμό, παρόλα αυτά το ποσοστό ακρίβειας αποδεικνύεται αρκετά χαμηλότερο σε παχύσαρκα άτομα. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι η έμμεση θερμιδομετρία (Metabolic Measurement Cart Horizons System, Sensor Medics, Anaheim, CA). Χρησιμοποιήθηκε δ

ερματοπτυχόμετρο Harpenden και το ποσοστό του σωματικού λίπους προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Jackson Pollock. Η ελεύθερη λίπους μάζα σώματος FFM στη συνέχεια προσδιορίζεται από τον τύπο $(BM - FM[BM \times \%BF])$

μάζα σώματος BM, μάζα λίπους FM, σωματικό λίπος BF .[28]

● **Swinamer και συνεργατών (1990)**

$RMR \text{ (Kcal/ ημέρα)} = (945) Y - (6.4) H + (108) \Theta\Sigma + (24.2) AP + (817) AO - 4243.$

AP= Αναπνευστικός ρυθμός, $\Theta\Sigma$ =Θερμοκρασία σώματος, AO= Αποπνεόμενος όγκος

Η εξίσωση Swinamer και συνεργατών δημιουργήθηκαν με βάση 112 άτομα τα οποία νοσηλεύονταν στην εντατική στην περιοχή του Καναδά. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (9000 iv computerized pulmonary function lab, Gould electronics).[29]

● **Cunningham και συνεργατών (1991)**

$RMR \text{ (Kcal/ ημέρα)} = 370 + (21,6 \times FFM)$

Για αθλητές $RMR \text{ (Kcal/ ημέρα)} = 503 + (21,6 \times FFM)$

Η Άλιπη Μάζα Σώματος (FFM σε κιλά) υπολογίζεται από τη σχέση:

$FFM = B - B \times (\Lambda/100)$ (κιλά)

Όπου B = πραγματικό βάρος σε κιλά και $\Lambda = \% \text{ λίπος του σώματος.}$

Η εξίσωση Cunningham και συνεργατών προήλθε από δείγμα 239 υγιών ενηλίκων οι οποίοι έχουν πάρει μέρος στις μελέτες των Harris και Benedict. [30]

● **Ireton-Jones (1992,2002)**

Παχύσαρκους ασθενείς χωρίς αναπνευστήρα (1992)

$RMR \text{ (Kcal/ ημέρα)} = 629 - (11 \times Y) + (25 \times B) - (609 \times \Pi)$

Νορμοβαρείς ασθενείς χωρίς αναπνευστήρα (1992)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 629 - (11 \times Y) + (25 \times B)$$

Ασθενείς με αναπνευστήρα (1992)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 1925 - (10 \times Y) + (5 \times B) + (281 \times \Phi) + (292 \times T) + (851 \times E)$$

Ασθενείς με αναπνευστήρα (2022)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 1784 - (11 \times Y) + (5 \times B) + (244 \times \Phi) + (239 \times T) + 804 \times E$$

Φ =Φύλο, Γυναίκες=0, Άντρες = 1

T=Τραύμα, Ύπαρξη τραύματος=1 Απουσία τραύματος=0

E=Εγκαύμα, Ύπαρξη εγκαύματος=1 Απουσία εγκαύματος=0

Οι εξισώσεις Ireton-Jones δημιουργήθηκαν από δείγμα 99 ατόμων τα οποία είχαν εγκαύματα και ανέπνεαν με αναπνευστήρα και από 201 άτομα τα οποία ανέπνεαν χωρίς αναπνευστήρα και ήταν εγκαυματίες. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (SensorMedics MMC Horizon).[31,32]

•Nelson και συνεργατών (1992)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 25.8 \times \text{FFM} + 4.04 \times \text{FM}$$

FFM=άλιπη μάζα, FM=Λιπώδης μάζα

Η εξίσωση Nelson και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 212 ατόμων εκ των οποίων οι 86 ήταν άνδρες και οι 127 γυναίκες. Το 62 % του δείγματος ήταν παχύσαρκοι (άνδρες>20% σωματικό λίπος και γυναίκες>30% σωματικό λίπος). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε Απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA) και ανθρωπομετρικά δεδομένα.[33]

•Soares and Shetty (1993)

$$\text{RMR (Kj/ ημέρα)} = (48.7 \times B) - (14.1 \times H) + 3599$$

Η εξίσωση Soares and Shetty προήλθε από 121 υγιείς άνδρες Ινδικής καταγωγής.[34]

•Maffeis και συνεργατών (1993)

Αγόρια :

$$\text{RMR (Kj/ ημέρα)} = (28.6 \times B) + (23.6 \times Y) - (69.1 \times H) + 1287$$

Κορίτσια :

$$\text{RMR (Kj/ ημέρα)} = (35.8 \times B) + (15.6 \times Y) - (36.3 \times H) + 1552$$

Η εξίσωση Maffeis και συνεργατών προήλθε από 130 νορμοβαρή και παχύσαρκα παιδιά εκ των οποίων τα 62 ήταν αγόρια και τα 68 κορίτσια. Το ηλικιακό εύρος ήταν 6-10 χρονών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac calorimeter, Instrumentarium Oy).[35]

•Arciero W και συνεργατών (1993)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 144 + 7.8(B) + 4.7(Y) - 39.5(EP)$$

EP=έμμηνος,ρύση:1=προ-εμμηνόπαυσης,2=περι-εμμηνοπαυσιακά,3=μετά την εμμηνόπαυση

Η εξίσωση Arciero W και συνεργατών δημιουργήθηκε με βάση 75 υγιείς γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 50-81 έτη και το εύρος του σωματικού λίπους 20-43%. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (δεν να αναφέρεται το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε).[36]

• **Arciero M και συνεργατών (1993)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 9.7 (B) - 6.1 (\Delta\Sigma) - 1.8 (H) + 0.1 (\Delta XE) + 1,060$$

$\Delta\Sigma$ = Δερματοπτυχή στήθους (mm) , ΔXE =Δραστηριότητα χαμηλής έντασης (Kcal/ ημέρα)

Η εξίσωση Arciero M και συνεργατών δημιουργήθηκε με βάση 89 υγιείς άνδρες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 50-78 έτη και το εύρος του σωματικού λίπους 8-33%. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (δεν να αναφέρεται το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε).[37]

• **Liu και συνεργατών (1995)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 54.34 + (13.88 \times B) + (4.16 \times Y) - (3.43 \times H) - (112.40 \times \Phi)$$

Φύλο (γυναίκες=0, άντρες=1)

Η εξίσωση Liu και συνεργατών προήλθε από ένα δείγμα μεγέθους 223 υγιών ατόμων κινέζικης καταγωγής, εκ των οποίων οι 102 είναι άνδρες και οι 121 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος είναι 20 με 78. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Beckman Horizon System) και πραγματοποιήθηκε βιοηλεκτρική εμπέδηση (Spectrum II). Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχναν ότι το BMR συνδέεται άμεσα την άλιπη μάζα.[38]

• **Molnar και συνεργατών (1995)**

Αγόρια :

$$\text{RMR (Kj/ ημέρα)} = (50.9 \times B) + (25.3 \times Y) - (50.3 \times H) + 26.9$$

Κορίτσια :

$$\text{RMR (Kj/ ημέρα)} = (51.2 \times B) + (24.5 \times Y) - (207.5 \times H) + 1629.8$$

Η εξίσωση Molnar και συνεργατών προήλθε από 371 νορμοβαρή και παχύσαρκα παιδιά εκ των οποίων τα 193 ήταν αγόρια και τα 178 κορίτσια με καταγωγή από την Ανατολική Ευρώπη. Το ηλικιακό εύρος ήταν 10-16 χρονών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Datex, Instrumentarium OY).[35]

• **Tverskaya και συνεργατών (1998)**

$$\text{RMR (Kj/ ημέρα)} = (28.4 \times \text{FFM}) - (37 \times H) + (3.3 \times \text{FM}) + (82 \times \Phi) + 775$$

FM=Λιπώδης μάζα, FFM= Άλιπη μάζα, Φ =Φύλο, Γυναίκες=1, Άντρες = 0

Η εξίσωση Tverskaya και συνεργατών προήλθε από 110 παχύσαρκα παιδιά εκ των οποίων τα 50 ήταν αγόρια και τα 60 κορίτσια με καταγωγή από την Ανατολική Ευρώπη. Το ηλικιακό εύρος ήταν 3-18 χρονών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Model MBM-100,

Sensor Medics Corporation). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε Βιοηλεκτρική εμπέδηση (Xitron Technologies, San Diego).[39]

●**Kraus και συνεργατών (2000)**

Άνδρες : $RMR = B \times 1 \times 24$ (kcal/ημέρα)

Γυναίκες : $RMR = B \times 0,95 \times 24$ (kcal/ημέρα)

B=Ιδανικό Βάρος

●**Wang και συνεργατών (2001)**

RMR (Kcal/ ημέρα) = $24.6(FFM) + 175$

Η εξίσωση Wang και συνεργατών έχει δημιουργηθεί από 6 διαφορετικές μελέτες. [40]

●**Lüthrmann και συνεργατών (2002)**

RMR (Kcal/ ημέρα) = $3169 + (50.0 \times B) - (15.3 \times H) + (746 \times \Phi)$

Φ =Φύλο, Γυναίκες=0, Άντρες = 1

Η εξίσωση Lüthrmann και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 286 Γερμανών άνω των 60 ετών εκ των οποίων οι 107 ήταν άνδρες και οι 179 γυναίκες. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac™ MBM-100, Hoyer, Bremen).[41]

●**Institute of Medicine of the National Academies IMNA (2002)**

Άνδρες :

RMR (Kcal/ ημέρα) = $68 - [43.3 \times H] + [712 \times (Y/100)] + [19.2 \times B]$

Γυναίκες :

RMR (Kcal/ ημέρα) = $189 - [17.6 \times H] + [625 \times (Y/100)] + [7.9 \times B]$

Η εξίσωση IMNA χρησιμοποίησε ως μέθοδο αναφοράς τη μέθοδο διπλά επισημασμένου ύδατος. [42]

●**Carrasco και συνεργατών (2002)**

Γυναίκες :

RMR (Kcal/ ημέρα) = $716 + (10.9 \times B) - (2.85 \times H)$

Άνδρες :

RMR (Kcal/ ημέρα) = $864 + (11.1 \times B) - (2.5 \times H)$

Η εξίσωση Carrasco και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 1257 ατόμων εκ των οποίων οι 816 ήταν γυναίκες (εύρος ΔΜΣ $18.5 - 69.7 \text{ kg/m}^2$) και οι 441 άντρες (εύρος ΔΜΣ $18,5- 67.9 \text{ kg/m}^2$) με καταγωγή από τη Χιλή . Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-74 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (VMAX 29 N, SensorMedics Corp).[43]

●**Faisy και συνεργατών (2003)**

RMR (Kcal/ ημέρα) = $(8) B + (14) Y + (32) KA + (94) \Theta\Sigma - 4834$

KA= Κατά λεπτόν αερισμός, $\Theta\Sigma$ = Θερμοκρασία σώματος

Η εξίσωση Faisy και συνεργατών δημιουργήθηκε με βάση 70 άτομα τα οποία νοσηλευόταν σε εντατική στην Γαλλία. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία [The Puritan-Bennett 7250 metabolic monitor (Puritan-Bennett, Carlsbad, CA)].[44]

●**Siervo και συνεργατών (2003)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 11.5 \times B + 542.2$$

Η εξίσωση Siervo και συνεργατών δημιουργήθηκε από 157 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-31 έτη και το δείγμα αποτελούνταν από νορμοβαρείς ,παχύσαρκες και υπέρβαρες γυναίκες .Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (V MAX 29n, SensoMedics, Yorba Linda, CA, USA).[45]

●**Penn State 2003a**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (0.85) \text{ Harris-Benedict} + (33) \text{ KA} + (175) \text{ MΘΣ} - 6433.$$

●**Penn State 2003b**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (0.96) \text{ Mifflin} + (167) \text{ MΘΣ} + (31) \text{ KA} - 6212.$$

KA= Κατά λεπτόν αερισμός, MΘΣ=Μέγιστη θερμοκρασία σώματος

Και οι δυο εξισώσεις PSU δημιουργήθηκαν με βάση 169 άτομα τα οποία νοσηλευόταν στην εντατική στην περιοχή της Πενσυλβάνια. Οι εξισώσεις εκτός από ανθρωπομετρικά δεδομένα χρησιμοποιούν και τη θερμοκρασία του σώματος καθώς και τον αερισμό κατά λεπτό. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία [SensorMedics Deltatrac MB-101 (Andrews, CA)], (Deltatrac MB-101).[46,47]

●**Huang και συνεργατών (2004)**

Διαβητικοί:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 71.767 - (2.337 \times Y) + (257.293 \times \Phi) + (9.996 \times B) + (4.132 \times Y) + 145.959$$

Μη διαβητικοί:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 71.767 - (2.337 \times Y) + (257.293 \times \Phi) + (9.996 \times B) + (4.132 \times Y)$$

Γυναίκες =0, Άντρες = 1

Βάρος σε κιλά , Ύψος σε εκατοστά

Η εξίσωση Huang και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 1038 παχύσαρκων ατόμων εκ των οποίων οι 279 ήταν άνδρες και οι 759 γυναίκες. Από το δείγμα αυτό οι 142 ήταν διαβητικοί εκ των οποίων οι 61 ήταν άνδρες και οι 81 γυναίκες. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac, Datex Division Instrumentarium Corp). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε βιοηλεκτρική εμπέδηση (Bodystat 1500).[48]

●**Van der Weg και συνεργατών (2004)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (B \times 8.4) + (Y \times 4.7) - (H \times 3.6) - (E \times 65) + 147$$

E=Εθνικότητα, Αφροαμερικάνες = 1, Ευρωπαίοαμερικανές=0

Η εξίσωση Vander Weg και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 471 γυναικών οι οποίες ήταν Αφροαμερικάνες (n=205) και Ευρωπαίοαμερικανές (n=266). Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-39, το μέσο βάρος 70,7 κιλά και ΔΜΣ 25,2 kg/m². Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Medical Graphics, St Paul). Η έρευνα έδειξε ότι η εξίσωση Vander Weg με βάση την παράμετρο της εθνικότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών Αφροαμερικανών και Ευρωπαίοαμερικανών γυναικών με ακρίβεια.[49]

● **Müller και συνεργατών (2004)**

ΔΜΣ RMR (KCal)

18.5–25 [(0.0222 x B) + (0.0212 x Y) + (0.884 x Φ) – (0.0119 x H) + 1.233] × 239

>25–<30 [(0.0451 x B) + (1.006 x Φ) – (0.0115 x H) + 3.928] × 239

≥30 [(0.05 x B) + (1.103 x Φ) – (0.0159 x H) + 2.924] × 239

Γυναίκες = 0, Άντρες = 1

Η εξίσωση Müller και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 2528 ατόμων εκ των οποίων τα 1027 ήταν άνδρες και 1501 γυναίκες. Υπήρξαν 9 γκρουπ με βάση την ηλικία τα οποία ήταν τα εξής :5–11, 12–17, 18 –29, 30–39, 40 – 49, 50 –59, 60 – 69, 70 –79 και >80. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac,™ MBM-100,Hoyer), (Mouthpiece/metabolic chamber), (Beckmann Horizon).[50]

● **McDuffie και συνεργατών [2004]**

Αγόρια ,με βάση το βάρος και το ύψος :

RMR (Kj/ ημέρα) = (0.037 x B) – (4.67 x 1/Y²) – (0.159 x R) - 6.792

Αγόρια ,με βάση τη σύσταση του σώματος :

RMR (Kj/ ημέρα) =(0.078 x FFM) + (0.026 x FM) – (2.646 x 1/Y²) – (0.244 x R) + 4.8

Κορίτσια με βάση το βάρος και το ύψος :

RMR (Kj/ ημέρα) = (0.046 x B) – (4.492 x 1/Y²) – (0.151 x R) + 5.841

Κορίτσια ,με βάση τη σύσταση του σώματος : RMR (Kj/ ημέρα) = (0.101 x FFM) + (0.025 x FM) + (0.293x Y³) – (0.185 x R) + 1.643

R=Φυλή, Μαύροι=1, Λευκοί=0, FM=Λιπώδης μάζα, FFM= Άλιπη μάζα

Η εξίσωση McDuffie και συνεργατών προήλθε από 502 μαύρα και λευκά. Το ηλικιακό εύρος ήταν 6-11 χρονών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (SensorMedics 2900 και Deltatrac; SensorMedics Corp). Η ανάλυση της σύστασης του σώματος πραγματοποιήθηκε με Απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA).[35]

● **Livingston και συνεργατών (2005)**

Για άνδρες :

RMR (Kcal/ ημέρα) = 293 B^{0.4330} – (5.92 x H)

Για γυναίκες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 248 \times \text{B}0.4356 - (5.09 \times \text{H})$$

Η εξίσωση Livingston και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 1422 υπέρβαρων και παχύσαρκων ατόμων εκ των οποίων οι 789 ήταν γυναίκες και οι 633 ήταν άνδρες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-96. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (SensorMedics Corp).[51] Οι εξισώσεις Livingston και Mifflin St. Jeor αποτελούν τις πιο αξιόπιστες εξισώσεις για την εκτίμηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας σε υγιή πληθυσμό .[52]

●Henry Oxford (2005)

Ηλικία (έτη) RMR (KCal)

Άνδρες :

$$18-30 \quad (60 \times \text{B}) + (13.1 \times \text{Y}) + 473$$

$$30-60 \quad (47.6 \times \text{B}) + (22.6 \times \text{Y}) - 574$$

$$60-70 \quad (47.8 \times \text{B}) + (22.6 \times \text{Y}) - 1070$$

Γυναίκες :

$$18-30 \quad (43.3 \times \text{B}) + (25.7 \times \text{Y}) - 1180$$

$$30-60 \quad (34.2 \times \text{B}) + (21 \times \text{Y}) - 49$$

$$60-70 \quad ((35.6 \times \text{B}) + (17.6 \times \text{Y}) + 45$$

Η εξίσωση Henry Oxford δημιουργήθηκε από δείγμα 10552 ατόμων εκ των οποίων οι 5794 ήταν άνδρες και οι 4708 γυναίκες .Το ηλικιακό εύρος ήταν 0-106 ετών. Τα άτομα Ιταλικής καταγωγής δεν συμμετείχαν στο δείγμα. Το δείγμα περιελάμβανε 4018 άτομα από τροπικές περιοχές. Το δείγμα προήλθε από βιβλιογραφική ανασκόπηση μελετών δημοσιευμένες στο MEDLINE, οι οποίες παρέχουν αναλυτικές πληροφορίες για τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση του BMR.[1]

●Cole και συνεργατών (2005)

Άντρες:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = e^{-0.1631} - 0.00255 \times \text{H} + 0.4721 \times \ln \text{B} + 0.2952 \times \ln \text{Y}$$

Άντρες άνω των 70 ετών :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = e^{-0.2630} - 0.00277 \times \text{H} + 0.4877 \times \ln \text{B} + 0.3367 \times \ln \text{Y}$$

Γυναίκες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = e^{-0.1934} - 0.00199 \times \text{H} + 0.4764 \times \ln \text{B} + 0.0194 \times \ln \text{Y}$$

Γυναίκες άνω των 70 ετών :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = e^{-0.0713} - 0.00209 \times \text{H} + 0.4075 \times \ln \text{B} + 0.3540 \times \ln \text{Y}$$

Οι εξισώσεις Cole και συνεργατών προήλθαν από τη βάση δεδομένων του Oxford Brookes.[53]

● Johnstone και συνεργατών (2006)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (90.2 \times \text{FFM}) + (31.6 \times \text{FM}) - (12.2 \times \text{H}) + 1613$$

FFM=Άλιπη μάζα, FM=λιπώδης μάζα

Η εξίσωση Johnstone και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 150 Καυκάσιων ενηλίκων από τη Σκωτία, εκ των οποίων οι 43 ήταν άνδρες και οι 107 γυναίκες. Το εύρος του ΔΜΣ ήταν 16.7-49.3 kg/m² και το ηλικιακό εύρος 21-64 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac II, MBM-200). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε Αεροπυκνόμετρία (BodPod Body Composition System, Life Measurement Instruments).[54]

● **Korth και συνεργατών (2007)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (41.5 \times B.) + (35.0 \times Y) + (1107.4 \times \Phi) - (19.1 \times H) - 1731.2$$

$$\Phi = \text{Φύλο, Γυναίκες}=0, \text{ Άντρες} = 1$$

Η εξίσωση Korth και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 104 ατόμων εκ των οποίων οι 50 ήταν άνδρες και οι 54 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 20-70 και το εύρος του ΔΜΣ 17.6-40.9 kg/m². Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Vmax Spectra 29n; SensorMedics BV Biltoven, Netherlands; software Vmax, version 12-1A).[55]

● **Lazzer και συνεργατών (2007)**

Άνδρες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (0.048 \times B) + (4.655 \times Y) - (0.020 \times H) - 3.605$$

Γυναίκες

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (0.042 \times B) + (3.619 \times Y) - 2.678$$

Το ύψος μετράται σε μέτρα.

Η εξίσωση Lazzer και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 287 παχύσαρκων παιδιών και ενηλίκων Καυκάσιας φυλής εκ των οποίων οι 121 ήταν άνδρες και οι 166 γυναίκες. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Vmax 29, Sensor Medics, Yorba Linda).[56]

● **Ganpule και συνεργατών (2007)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = [(48.1 \times B) + (23.4 \times Y) - (13.8 \times H) - (547.3 \times \Phi) - 423.5] / 4.186$$

$$\Phi = \text{Φύλο, Γυναίκες}=1, \text{ Άντρες} = 0$$

Η εξίσωση Ganpule και συνεργατών προήλθε από 137 υγιείς Ιάπωνες εκ των οποίων οι 71 ήταν άνδρες και οι 66 γυναίκες. Οι συμμετέχοντες ήταν 20 ετών και άνω. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (ARCO SYSTEM Inc., ARCO1000A-CH, Kashiwa, Japan), (ARCO SYSTEM Inc., FLB1, Kashiwa, Japan).[57]

● **Froehle και συνεργατών (2008)**

$$\text{Εξίσωση (1) RMR (Kcal/ ημέρα)} = (17.4 \times \text{FFM}) - (2.4 \times H) - (3.8 \times \text{TMEAN}) + (50.6 \times \Phi) + 752$$

$$\text{Εξίσωση (2) RMR (Kcal/ ημέρα)} = (13.1 \times B) + (168 \times \Phi) - (4.5 \times H) - (5.3 \times \text{TMEAN}) + 791$$

$$\text{Εξίσωση (3) RMR (Kcal/ ημέρα)} = (18 \times \text{FFM}) - (2.4 \times H) - (5.5 \times \text{HHIT}) + (26.7 \times \Phi) + 897$$

$$\text{Εξίσωση (4) RMR (Kcal/ ημέρα)} = (13.6 \times B) - (4.8 \times H) + (147 \times \Phi) - (4.3 \times \text{HHIT}) + 857$$

FFM: Άλιπη μάζα σώματος, TMEAN=Μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος, SEX=Φύλο, Γυναίκες = 0, Άντρες =1, HHIT: Μέση μηνιαία υψηλότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος, Το FFM και το Βάρος μετράται και σε kg, Ηλικία σε έτη, TMEAN και HHIT σε βαθμούς C.

Οι εξισώσεις που δημιουργήθηκαν από την έρευνα του Froehle και συνεργατών ενσωματώνουν τις επιπτώσεις του κλίματος στον μεταβολικό ρυθμό. Η παρούσα έρευνα αποτελεί μετά-ανάλυση των υπάρχων μελετών BMR.[9]

●Park και συνεργατών (2008)

Άνδρες αθλητές:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 436.6 - (34.1 \times H) + (2227.1 \times \text{WHR})$$

Άνδρες μη αθλητές :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 1185.1 + (2.95 \times B)$$

WHR: Περιφέρεια μέσης προς ισχίο

Η εξίσωση Park και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα ανδρών αθλητών και μη το ηλικιακό εύρος των οποίων ήταν 14-18 ετών. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία.[58]

●Horie and Waitzberg (2011)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 560.43 + (5.39 \times B) + (14.14 \times \text{FFM})$$

FFM=Άλιπη μάζα σώματος

Η εξίσωση Horie and Waitzberg δημιουργήθηκε από δείγμα 120 νοσηρά παχύσαρκων ατόμων τα οποία ήταν υποψήφιοι για γαστρικό bypass. Από το δείγμα των 120 ατόμων οι 37 ήταν άνδρες και οι 83 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18 με 62 και το εύρος του ΔΜΣ 34.4-61.0 kg/m². Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac Monitor II MBM-200, Datex-Engstrom Division; Instruments). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε βιοηλεκτρική εμπέδηση (Bodystat, QuadScan 4000).[59]

●Frankenfield και συνεργατών (2013)

Για Παχύσαρκους :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 865 + (10 \times B) - (5 \times H) + (\Phi \times 274)$$

Για νορμοβαρείς :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 838 + (11 \times B) - (6 \times H) + (\Phi \times 230)$$

Σε συνάρτηση με το ύψος :

Για Παχύσαρκους :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 440 + (10 \times B) + (3 \times Y) - (5 \times H) + (244 \times \Phi)$$

Για νορμοβαρείς :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 454 + (10 \times B) + (3 \times Y) - (5 \times H) + (207 \times \Phi)$$

Φ=Φύλο, Γυναίκες=0, Άντρες = 1

Η εξίσωση Frankenfield και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 337 ατόμων εκ των οποίων πάνω από 95 % ήταν Καυκάσιοι και το 72% ήταν γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-85. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Deltatrac MB-100).[52]

●**Patil και συνεργατών (2013)**

Άνδρες : $RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = (0.05147 \times B) + 3.49598$

Γυναίκες : $RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = (0.0468 \times B) + 2.4285$

Η εξίσωση Patil και συνεργατών προήλθε από ένα δείγμα μεγέθους 152 υγιών ατόμων Ινδικής καταγωγής, εκ των οποίων οι 98 ήταν άνδρες και οι 54 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος είναι 18 με 20 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση Cunningham που χρησιμοποιεί ως μεταβλητή την άλιπη μάζα σώματος. Για τον υπολογισμό της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε το δερματοπτυχόμετρο make Anand Agencies.[60]

●**Ikeda και συνεργατών (2013)**

$RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = (10 \times B) - (3 \times H) + (125 \times \Phi) + 750$

$\Phi = \Phi \acute{\upsilon} \lambda \omicron$, Γυναίκες=0, Άντρες = 1

Η εξίσωση Ikeda και συνεργατών προήλθε από 68 Ιάπωνες με διαβήτη τύπου I και διαβήτη τύπου II. Από το δείγμα των 68 ατόμων οι 39 ήταν άνδρες και οι 29 γυναίκες. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (AE300S, Minato Medical Science, Osaka, Japan).[61]

●**Kaneko και συνεργατών (2013)**

Αγόρια :

$RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = (14.4 \times B) + (5.09 \times Y) - (34.0 \times H) + 403$

Κορίτσια :

$RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = (7.64 \times B) + (4.22 \times Y) - (22.5 \times H) + 526$

Οι εξισώσεις Kaneko και συνεργατών προήλθαν από 226 άτομα Ιαπωνικής καταγωγής εκ των οποίων τα 118 ήταν αγόρια και τα 108 κορίτσια. Το ηλικιακό εύρος ήταν 16-17 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Model AR-1, ARCO System Co., Chiba).[62]

●**CALERIE Study (2014)**

$RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = 1279 + (18.3 \times B) + (2.3 \times H) - (2 \ 338 \times \Phi)$

$RMR (Kcal/ \eta \mu \epsilon \rho \alpha) = 454 + (38.7 \times FFM) + (2 \ 5.4 \times FM) + (4.7 \times Y) + (103 \times \Phi)$

$\Phi = \Phi \acute{\upsilon} \lambda \omicron$, Γυναίκες=1, Άντρες=0, FM=Λιπώδης μάζα, FFM= Άλιπη μάζα

Οι εξισώσεις CALERIE προήλθαν από 218 άτομα όλων των φυλών εκ των οποίων οι 66 ήταν άνδρες και οι 151 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος των αντρών ήταν 21-50 και των γυναικών 21-47 ετών. Το εύρος του ΔΜΣ ήταν 22-28 kg/m². Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία [Vista-MX metabolic cart (Vacumed)]. Η ανάλυση της σύστασης του σώματος πραγματοποιήθηκε με Απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (Hologic 4500A, Delphi W, ή Discovery A scanners).[63]

• **Quiroz-Olguín (2014)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (12.204 \times \text{ΠΒ}) - (244.892 \times \Phi) + (83.954 \times \text{ΠΜ}) - 402.204$$

ΠΒ=Πραγματικό βάρος, ΠΜ= Περιφέρειες μέσης, Φ=Φύλο, Γυναίκες =1, Άντρες = 0

Η εξίσωση Quiroz-Olguín δημιουργήθηκε από δείγμα 77 παχύσαρκων και υπέρβαρων Μεξικάνων εκ των οποίων οι 39 ήταν γυναίκες και οι 38 άντρες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-70 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Cosmed metabolic monitor).[64]

• **Lizzer και συνεργατών (2014)**

$$\text{RMR (Mj/ ημέρα)} = (B \times 0.044) + (Y \times 2.836) - (\Sigma\text{ΕΑ} \times 0.148) + (\Phi \times 0.781) - 0.551$$

$$\text{RMR (Mj/ ημέρα)} = (\text{FFM} \times 0.082) + (\text{FM} \times 0.037) - (\Sigma\text{ΕΑ} \times 0.125) + (\Phi \times 0.706) + 2.528$$

FM=Λιπώδης μάζα, FFM= Άλιπη μάζα, Φ=Φύλο, Γυναίκες=0, Άντρες = 1, ΣΕΑ=Στάδιο εφηβικής ανάπτυξης και έχει εύρος 1-5.

Οι εξισώσεις Lizzer και συνεργατών προήλθαν από 1696 παχύσαρκα παιδιά και εφήβους εκ των οποίων τα 682 ήταν αγόρια και τα 1014 κορίτσια και ανήκαν στην Καυκάσια φυλή. Το εύρος του ΔΜΣ ήταν 23.2-64.3 kg/m². Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Vmax29, Sensor Medics, Yorba Linda, CA, USA). Η ανάλυση της σύστασης του σώματος πραγματοποιήθηκε με βιοηλεκτρική εμπέδηση (Human-IM Scan, DS-Medigroup, Milan, Italy). Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνανε ότι με βάση το στάδιο εφηβικής ανάπτυξης η εκτίμηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας είναι ακριβέστερη.[65]

• **Singapore (2015)**

$$\text{Άνδρες : RMR (kJ/ημέρα)} = (52.6 \times B) + 2788$$

$$\text{Γυναίκες : RMR (kJ/ημέρα)} = (52.6 \times B) + 1960$$

Η εξίσωση Singapore δημιουργήθηκε από δείγμα 232 ατόμων με καταγωγή από τη Σιγκαπούρη, εκ των οποίων οι 121 ήταν άνδρες και οι 111 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 21-67 και το εύρος του ΔΜΣ 16–41 kg/m². Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (Quark CPET, COSMED). Η έρευνα έδειξε ότι η νέα εξίσωση αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο για την αξιολόγηση του BMR σε Κινεζικό πληθυσμό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα.[66]

• **Chun και συνεργατών (2017)**

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 24.5 \times \text{FFM (kg)} + 244.4$$

FFM=Άλιπη μάζα σώματος

Η εξίσωση Chun και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 50 ενηλίκων ατόμων εκ των οποίων οι 38 ήταν άνδρες και οι 12 γυναίκες. Και οι 50 είχαν κάκωση του νωτιαίου μυελού (KNM). Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (The Quark CPET system, Cosmed). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε Απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (GE Lunar Prodigy).[67]

●De Lorenzo και συνεργατών (2018)

Άνδρες:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = \{[3.941 \times (4.52 \times \text{FM})] + [1.106 \times (4.52 \times \text{FM}) \times 0.86]\} \times 1.44$$

Γυναίκες:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = \{[3.941 \times (5.27 \times \text{FM})] + [1.106 \times (5.27 \times \text{FM}) \times 0.84]\} \times 1.44$$

FM=Λιπώδης μάζα.

Η εξίσωση De Lorenzo και συνεργατών προήλθε από δείγμα μεγέθους 400 παχύσαρκων ατόμων, εκ των οποίων οι 174 ήταν άνδρες και οι 226 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-65 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (V-MAX spectra 29 n). Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε Απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA).[68]

●Nightingale και συνεργατών (2018)

Σε συνάρτηση με την άλιπη μάζα σώματος FFM:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (23.469 \times \text{FFM}) + 294.330$$

Σε συνάρτηση με την άλιπη μάζα σώματος FFM και περιφέρειες :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (23.995 \times \text{FFM}) + (6.189 \times \text{SAD}) + (6.384 \times \text{TAD}) - (6.948 \times \text{THIGH CIRC}) + 275.211$$

Σε συνάρτηση με την άλιπη μάζα σώματος FFM και ανθρωπομετρικά δεδομένα :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (19.789 \times \text{FFM}) + (5.156 \times \text{B}) + (8.090 \times \text{H}) - (15.301 \times \text{calf}) - 860.546$$

Σε συνάρτηση μόνο με ανθρωπομετρικά δεδομένα :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = (13.202 \times \text{H}) + (11.329 \times \text{B}) - (16.729 \times \text{TAD}) - 1185.445$$

SAD=Περιφέρεια μέσου λαγόνιας ακρολοφίας και κατώτερων πλευρών, TAD=Εγκάρσια κοιλιακή διάμετρος, THIGH CIRC=Περιφέρεια μέσου μηρού.

Οι εξισώσεις Nightingale και συνεργατών προήλθαν από δείγμα 30 ανδρών με κάκωση νωτιαίου μυελού (KNM) εκ των οποίων οι 21 είχαν παραπληγία και οι 9 τετραπληγία. Το ηλικιακό εύρος ήταν 3-80 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (COSMED K4b2). Η ανάλυση της σύστασης του σώματος πραγματοποιήθηκε με Απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (Lunar Prodigy Advance DXA scanner, Madison, WI).[69]

●Maraki και συνεργατών (2018)

Γυναίκες με BMI <30:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 97.9 \times 10^{-5} \times \text{B}^3 - 15.1 \times 10^{-4} \times \text{H}^3 + 43.1 \times 10^2 \times e^{1644 \times 10^{-7} \times \text{Y}} - 3324$$

Γυναίκες με BMI ≥30:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 15.4 \times 10^{-5} \times \text{B}^3 - 11.7 \times 10^{-4} \times \text{H}^3 + 35.5 \times 10^2 \times e^{1727 \times 10^{-6} \times \text{Y}} - 3172$$

Άντρες με BMI <30:

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 66.5 \times 10^{-5} \times \text{B}^3 - 18.9 \times 10^{-4} \times \text{H}^3 + 30.7 \times 10^3 \times e^{214 \times 10^{-7} \times \text{Y}} - 29410$$

Άντρες με BMI ≥ 30 :

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 28.6 \times 10^{-5} \times B^3 - 19.2 \times 10^{-4} \times H^3 - 5 \times 10^{-12} \times e^{1724 \times 10^{-4} \times Y} + 1718$$

$$e = 2,718281828$$

Οι εξισώσεις Maraki και συνεργατών προήλθαν από 226 Έλληνες ενήλικες εκ των οποίων οι 160 ήταν γυναίκες και οι 66 άνδρες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-60 χρονών και το εύρος του ΔΜΣ 17-68 kg/m². Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (SensorMedics, Vmax229, Yorba Linda, CA, USA). Οι εξισώσεις Maraki εμφανίζουν μεγαλύτερη ακρίβεια συγκριτικά με τις υπάρχον εξισώσεις σε επίπεδο πληθυσμού όσο και σε ατομικό επίπεδο για την εκτίμηση του μεταβολικού ρυθμού σε Ελληνικό πληθυσμό. Τέλος δεν παρουσιάζουν μεγάλη ακρίβεια σε αθλητές και σε άτομα με υψηλό μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας.[70]

●Heymtsfield και συνεργατών (2018)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 466 + (22.5 \times \text{FFM})$$

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 528 + (14.6 \times \text{FFM}) + (9.1 \times \text{AT})$$

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 114 + (227.2 \times \text{NS}) + (17.2 \times \text{MS}) + (205.4 \times \text{MET}) + (5.2 \times \text{AT})$$

FFM=Άλιπη μάζα σώματος, NS=Νευρικό σύστημα/εγκέφαλος, MS= Μυοσκελετικό σύστημα

AT=Λιπώδης ιστός, MET= Μεταβολικό σύστημα

Οι εξισώσεις Heymtsfield και συνεργατών προήλθαν από δείγμα 22 γυναικών οι οποίες ήταν νεότερες των 30 ετών. Το εύρος της λιπώδη μάζας ήταν 18.4-54,1 κιλά. Οι ιστοί και τα όργανα μετρήθηκαν με Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (PET scan) και αξονική τομογραφία (CT). Η μελέτη δημιούργησε εξισώσεις λαμβάνοντας υπόψη όργανα και ιστούς στο ανθρώπινο σώμα.[71]

●Pavlidou και συνεργατών (2018)

Άνδρες: $\log_{10} (\text{RMR}) = 1.324 - 0.1786 \times \log_{10}(\text{BMI})$ ή $\text{RMR (kcal/κίλό ΣΒ/ημέρα)} = 25.41 \times (\text{BMI}) - 0.2115$

	BMI	
Νορμοβαρείς = 1	(1)-0.2115=0.7885	(25.41 x 0.7885) = 20.3
Υπέρβαροι = 2	(2)-0.2115=1.7885	(25.41 x 1.7885) = 45.50
Παχυσαρκία I βαθμού = 3	(3)-0.2115=2.7885	(25.41 x 2.7885) = 70.85
Παχυσαρκία II βαθμού = 4	(4)-0.2115=3.7885	(25.41 x 3.7885) = 96.26
Παχυσαρκία III βαθμού = 5	(5)-0.2115=4.7885	(25.41 x 4.7885) = 121.67

Γυναίκες : $\log_{10} (\text{RMR}) = 1.405 - 0.2115 \times \log_{10}(\text{BMI})$ ή $\text{RMR(kcal/κίλό ΣΒ/ημέρα)} = 21.09 \times (\text{BMI}) - 0.1786$

	BMI	
Νορμοβαρείς = 1	(1)-0.1786=0.8214	(21.09 x 0.8214) = 17.32
Υπέρβαροι = 2	(2)-0.1786=1.8214	(21.09 x 1.8214) = 38.41
Παχυσαρκία I βαθμού = 3	(3)-0.1786=2.8214	(21.09 x 2.8214) = 59.50

$$\text{Παχυσαρκία II βαθμού} = 4 \quad (4) \cdot 0.1786 = 3.8214 \quad (21.09 \times 3.8214) = 80.59$$

$$\text{Παχυσαρκία III βαθμού} = 5 \quad (5) \cdot 0.1786 = 4.8214 \quad (21.09 \times 4.8214) = 101.68$$

Οι εξισώσεις Pavlidou και συνεργατών προήλθαν από δείγμα 383 Καυκάσιων εκ των οποίων οι 105 ήταν άνδρες και οι 278 γυναίκες. Το ηλικιακό εύρος ήταν 10-77 ετών, το εύρος του ΔΜΣ 16.6–60.2 Kg/m² και το εύρος του σωματικού βάρους 42.7–177 κιλά. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η έμμεση θερμιδομετρία (Fitmate Pro, Cosmed).[72]

●Efremov και συνεργατών (2018)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 616 - (8 \times H) + (13 \times B) + (450 \text{ εάν χρησιμοποιεί αναπνευστήρα}) + (159 \times KA) + (145 \text{ εάν χρησιμοποιεί ινότροπα φάρμακα})$$

$$KA = \text{Κατά λεπτόν αερισμός L/min}$$

Η εξίσωση Efremov δημιουργήθηκε από 240 ενήλικες οι οποίοι είχαν υποβληθεί σε καρδιοπνευμονική παράκαμψη (Cardiopulmonary Bypass). Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία [CCM Express (Medgraphics, Saint Paul, MN)].[73]

● Oliveira & Nonino (2018)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = -139,947 - (5,386 \times H) - (12,195 \times B) + (7,316 \times Y) + (3,856 \times \text{ΠΟ}) + (12,639 \times \text{FFM}) + (24,474 \times \text{FM})$$

ΠΟ:Περιφέρεια ομφαλού FFM: Άλιπη μάζα. FM: Λιπώδη μάζα

Ηλικία σε χρόνια, Βάρος σε κιλά, Ύψος και ΠΟ σε εκατοστά, FFM και FM σε κιλά

Η εξίσωση Oliveira & Nonino δημιουργήθηκε από δείγμα 101 γυναικών οι οποίες ήταν παχύσαρκες τρίτου βαθμού (ΔΜΣ > 40 kg/m²). Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (Cosmed Quark RMR). Για την αξιολόγηση της ανάλυσης του σώματος πραγματοποιήθηκε βιοηλεκτρική εμπέδηση (Quantum BIA 450 Q - RJL 73 System). Σύμφωνα με την έρευνα οι εξισώσεις Harris-Benedict, WHO, Mifflin-St Jeor και Owen δεν μπορούν να αξιολογήσουν με εγκυρότητα άτομα με ΔΜΣ> 40 kg/m² και να αντικαταστήσουν την έμμεση θερμιδομετρία. Η εξίσωση Oliveira & Nonino έχει συμπεριλάβει συντελεστές όπως το βάρος, το ύψος, την άλιπη μάζα, το λιπώδη ιστό και την περιφέρεια ομφαλού. Δείκτες οι οποίοι φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά τις ενεργειακές ανάγκες του συγκεκριμένου πληθυσμού.[74]

●Tinsley και συνεργατών (2019)

$$\text{FFM-based equation} \quad \text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 25.9 \times \text{FFM} + 284$$

$$\text{BW-based equation} \quad \text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 24.8 \times \text{BW} + 10$$

FFM kg (ελεύθερη λίπους μάζα σώματος)

BW kg (βάρος σώματος)

Οι νέες εξισώσεις BWTINSLEY και FFMTINSLEY αναπτύχθηκαν με βάση ένα συγκεκριμένο πληθυσμό αθλητών (αθλητές σωματικής διάπλασης) και δεν έχουν ευρεία εφαρμογή σε αθλητές γενικά. Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε είναι είκοσι επτά αθλητές σωματικής διάπλασης εκ

των οποίων 17 άντρες (δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ): $28,8 \pm 2,0 \text{ kg / m}^2$, σωματικό λίπος: $12,5\% \pm 2,7\%$) και 10 γυναίκες (ΔΜΣ: $22,8 \pm 1,6 \text{ kg / m}^2$, σωματικό λίπος : $19,2\% \pm 3,4\%$) . Η τιμή RMR αναφοράς λήφθηκε από το έμμεσο θερμιδόμετρο ParvoMedics TrueOne 2400 και το Cosmed Fitmate. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε το Breezing Metabolism Tracker το οποίο παρείχε επιπλέον εκτιμήσεις RMR. Τα παραπάνω θερμιδόμετρα δεν υπολογίζουν το αναπνευστικό πηλίκο, γεγονός το οποίο αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου. Η εκτίμηση της άλιπης μάζας σώματος και του λιπώδους ιστού πραγματοποιήθηκε με Απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA).[75]

●Marra και συνεργατών (2021)

Με βάση το φύλο, την ηλικία, το βάρος, το ύψος και το ΔΜΣ

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 70.4 + (12.1 \times B) + (3.83 \times Y) + (139 \times \Phi) - (1, 82 \times H)$$

Με βάση το φύλο , την ηλικία, το βάρος, το ύψος, το ΔΜΣ , phase angle (PhA) και bioimpedance index (BI-Index)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 104.0 + (9.39 \times B) + (20.9 \times \text{PhA}) + (1.99 \times Y) + (66.5 \times \Phi) + (6.47 \times \text{BI} - \text{Index}) - (1.41 \times Y).$$

Φύλο (γυναίκες=0, άντρες=1), BI-Index=Y²/Αντίσταση 50 kHz (cm²/ohm)

Οι νέες εξισώσεις Marra και συνεργατών δημιουργήθηκαν με βάση 2483 ενήλικες (≥ 18 χρονών) οι οποίοι ήταν νορμοβαρείς και υπέρβαροι εκ των οποίων 805 ήταν άνδρες και 1678 γυναίκες . Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι η έμμεση θερμιδομετρία (V max29 και V max Encore της Sensor Medics) και πραγματοποιήθηκε βιοηλεκτρική εμπέδηση (Human Im Plus II της DS Medica) σε όλους τους συμμετέχοντες .Η έρευνα έδειξε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας είναι το σωματικό βάρος .[76]

●Sintjago και συνεργατών (2022)

$$\text{RMR (Kcal/ ημέρα)} = 1012 - (17.6 \times H) - (11.8 \times \text{FM}) + (23 \times \text{FFM}) + (8.1 \times \text{PIM})$$

FM=Λιπώδης μάζα, FFM= Άλιπη μάζα, PIM=Περιφέρεια μέσης

Η εξίσωση Sintjago και συνεργατών δημιουργήθηκε από δείγμα 45 γυναικών με καταγωγή από τη Χιλή. Το ηλικιακό εύρος ήταν 60-85 ετών. Ως μέθοδος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η έμμεση θερμιδομετρία (VMAX 29 N, SensorMedics Corp).

Η επί τις εκατό μάζα λίπους υπολογίστηκε από την εξίσωση Siri:

$$\% \text{LM} = [(4.95/\text{density}) - 4.5] \times 100$$

Όπου density η σωματική πυκνότητα η οποία υπολογίστηκε από την εξίσωση Durnin-Womersley:

$$D = C - M \times \log_{10} \sum^{4\text{-site skinfolds}}$$

Όπου C και M είναι το άθροισμα των τεσσάρων δερματοπτυχών (δικέφαλος, τρικέφαλος, υποωμοπλατιαίος, υπερλαγόνιος).[77]

2.4.Συμπεράσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησής

Έχουν δημιουργηθεί πάρα πολλές εξισώσεις για τον υπολογισμό του BMR/RMR. Οι περισσότερες από αυτές χρησιμοποιούν απλά ανθρωπομετρικά δεδομένα όπως το ύψος, το βάρος και την ηλικία. Αρκετές εξισώσεις περιλαμβάνουν την μεταβλητή της άλιπης μάζας σώματος (FFM) διότι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποτελεί τον πιο μεταβολικά ενεργό ιστό. Οι εξισώσεις αυτές παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα ως προς την ακρίβεια. Πιο συγκεκριμένα το μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σωματικής σύστασης και οι εξισώσεις που χρησιμοποιεί μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια της μέτρησης ανάλογα με τον πληθυσμό. Επιπρόσθετα αποτελεί μια μέθοδο που απαιτεί ειδικό εξοπλισμό με πιο υψηλό κόστος η οποία δεν μπορεί να εφαρμοστεί πάντα στην κλινική πράξη.

3.Ειδικό μέρος

3.1.Σκοπός της έρευνας

Η δημιουργία μιας εξίσωσης που θα περιέχει μεταβλητές που θα διορθώνουν για τη σύσταση σώματος είναι κάτι καινοτόμο και αναμένεται να βελτιώσει την ακρίβεια εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας. Συνεπώς, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η συσχέτιση απλών ανθρωπομετρικών δεδομένων, περιφερειών και δερματικών πτυχών, με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας όπως αυτός εκτιμάται με έμμεση θερμιδομετρία και δημιουργία μιας εξίσωσης εκτίμησης μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας για τον Ελληνικό πληθυσμό μεγαλύτερης αξιοπιστίας συγκριτικά με τις υπάρχουσες τις βιβλιογραφίας

3.2.Πληθυσμός μελέτης και Μέθοδος

Στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος 52 υγιή άτομα Ελληνικής καταγωγής εκ των οποίων οι 25 ήταν άνδρες με μέση ηλικία τα 29,2 έτη και με μέσο ΔΜΣ 26.1 kg/m^2 , τα 27 ήταν γυναίκες με μέση ηλικία 27,8 έτη και μέσο ΔΜΣ 22.4 kg/m^2 . Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε μετά από λήψη σύντομου ιατρικού ιστορικού κι ερωτηματολογίου προσωπικών δεδομένων έτσι ώστε να πληρούνται τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη (Ενήλικοι υγιείς άντρες και γυναίκες με ΔΜΣ από 18,5 έως $34,9 \text{ kg/m}^2$). Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Ιανουάριο του 2022 έως τον Νοέμβριο του 2022.

Όλοι οι εθελοντές υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Η μελέτη εγκρίθηκε από την Εσωτερική Επιτροπή Βιοηθικής & Δεοντολογίας του Τμήματος Διαιτολογίας & Διατροφολογίας, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και διεξήχθη σύμφωνα με τον κώδικα δεοντολογίας της Διακήρυξης του Ελσίνκι για πειράματα που περιλαμβάνουν τον άνθρωπο.

Προσδιορισμός RMR με έμμεση θερμιδομετρία

Ο υπολογισμός του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας προσδιορίστηκε με την εφαρμογή εξοπλισμού έμμεσης θερμιδομετρίας. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η συσκευή PNOE (ENDO Medical, Palo Alto, CA), που έχει σχεδιαστεί για την μέτρηση ανταλλαγής αερίων υπό εργαστηριακές συνθήκες αλλά και στο πεδίο. Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου, σε σύγκριση με άλλες εμπορικές συσκευές, είναι ότι υπολογίζει τόσο το καταναλισκόμενο O_2 όσο και το παραγόμενο CO_2 . Ειδικότερα, η συσκευή έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει τον όγκο των αερίων συνεχώς σε λειτουργία αναπνοή-προς-αναπνοή. Μετρά τον όγκο του οξυγόνου (VO_2) μέσω ενός ανοικτού κυκλώματος έμμεσης θερμιδομετρίας καθώς αξιολογεί την πνευμονική ανταλλαγή αερίων σε επίπεδο στόματος και ρίνας. Επιπλέον, πρόκειται για φορητή συσκευή μην περιορίζοντας τη μέτρηση μόνο εντός εργαστηριακού

περιβάλλοντος. Τέλος, από πρόσφατη μελέτη επικύρωσης της συσκευής έχει βρεθεί υψηλός βαθμός αξιοπιστίας (ICCVO2: 0.98, $p < 0.001$; ICCVCO2: 0.98, $p < 0.001$; ICCVE: 0.99, $p < 0.001$; ICCRQ: 0.93, $p < 0.001$;) [78].

Μεθοδολογία μετρήσεων

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ανάλυσης σύστασης σώματος Nutriscience Greece κι εφόσον οι εθελοντές είχαν τηρήσει το πρωτόκολλο μετρήσεων που τους είχε δοθεί (πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1 Πρωτόκολλο μετρήσεων μελέτης για εθελοντές

Πρωτόκολλο μέτρησης RMR
Αποχή από κατανάλωση οποιουδήποτε τροφίμου ή ροφήματος για τουλάχιστον 8 ώρες πριν τη μέτρηση. Η λήψη νερού επιτρέπεται.
Αποχή από έντονη φυσική δραστηριότητα για 24 ώρες πριν τη μέτρηση.
Αποχή από κάπνισμα για 4 ώρες πριν τη μέτρηση.
Το άτομο πρέπει να είναι ξεκούραστο και να έχει κοιμηθεί τουλάχιστον 8 ώρες.
Συμπλήρωση ημερολογίου καταγραφής για 24 ώρες πριν τη μέτρηση.
Το δείπνο το βράδυ πριν τη μέτρηση πρέπει να είναι σχετικά ελαφρύ.
Το πρωί της μέτρησης πρέπει να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατό περισσότερο η φυσική δραστηριότητα. Ιδανικά, το άτομο πρέπει να προσέλθει στο χώρο μέτρησης με αυτοκίνητο και να είναι πολύ ήρεμο.
Πριν τη μέτρηση, το άτομο παραμένει στο χώρο για 45 λεπτά σε απόλυτη ηρεμία.

3.3.Μέτρηση βάρους, ύψους και ΔΜΣ

Το σωματικό βάρος των εθελοντριών εκτιμήθηκε με ψηφιακή ζυγαριά (Seca 861, Seca Ltd., Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια ± 100 g. Η μέτρηση του βάρους πραγματοποιήθηκε με ελαφρά ενδυμασία, χωρίς υποδήματα. Αντίστοιχα, το σωματικό ύψος μετρήθηκε σε όρθια στάση με τη χρήση ενός αναστημόμετρου του εμπορίου (Seca Leicester Height Measure, Seca Ltd., Vogel & Halke, Hamburg, Germany) και με ακρίβεια ± 0.1 cm. Ο ΔΜΣ υπολογίστηκε από την εξίσωση $\Delta\text{Μ}\Sigma = \text{Βάρος (kg)} / \text{Ύψους}^2 \text{ (m)}$.

3.4.Μέτρηση σωματικών περιφερειών

Η μέτρηση των σωματικών περιφερειών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μη ελαστικής ταινίας με ακρίβεια ± 0.1 cm. Οι σωματικές περιοχές ήταν:

- Λαιμού (ακριβώς πάνω από τη λαρυγγική προεξοχή – «μήλο του Αδάμ»)
- Καρπού
- Πήχη στο παχύτερο σημείο
- Μέσου Βραχίονα
- Μέγιστη κοιλιακής χώρας
- Ομφαλού
- Μέσης (μέσου λαγόνιας ακρολοφίας και κατώτατων πλευρών)
- Ισχίων (μέγιστη γλουτών)
- Μηρού στο μέσο του μηριαίου οστού
- Μέγιστη γαστροκνημίου

3.5.Μέτρηση δερματικών πτυχών

Όλες οι μετρήσεις έγιναν με δερματοπτυχόμετρο Harpenden skinfold caliper (Cambridge Instrument, Cambridge, MA) στη δεξιά πλευρά του σώματος κι επαναλήφθηκαν 2 φορές. Μετρήθηκαν οι δερματικές πτυχές δικέφαλου βραχιόνιου, τρικέφαλου βραχιόνιου, υπερλαγόνιου, κοιλιάς, γαστροκνημίου και υποωμοπλατιαίου.

- Πτυχή δικέφαλου βραχιόνιου: Αρχικά μετρήθηκε το μέσο του μήκους του βραχίονα, δηλ. το μέσο μεταξύ ακρώμιου και προωλένιας αύλακας. Σε αυτό το μήκος μετρήθηκε κάθετα η πτυχή στο δικέφαλο βραχίονιο μυ.
- Πτυχή τρικέφαλου βραχιόνιου: Στο μέσο μεταξύ ακρώμιου και προωλένιας αύλακας μετρήθηκε κάθετα η πτυχή στον τρικέφαλο βραχίονιο μυ.
- Πτυχή υπερλαγόνιου: Η πτυχή μετρήθηκε διαγώνια στη φυσική διάσπαση του δέρματος μεταξύ μασχαλιαίας γραμμής και λαγόνιας ακρολοφίας.
- Πτυχή κοιλιάς: Μετρήθηκε οριζόντια η πτυχή 2 cm δεξιά του ομφαλού.
- Πτυχή γαστροκνημίου: Με τον εθελοντή σε καθιστή θέση και ο μηρός σε γωνία 90° με την κνήμη, μετρήθηκε κάθετα η πτυχή στο ύψος της μέγιστης περιφέρειας γαστροκνημίου.
- Πτυχή υποωμοπλατιαίου: Η πτυχή μετρήθηκε διαγώνια, κατά μήκος της φυσικής διάσπασης του δέρματος, ακριβώς κάτω από την κατώτερη γωνία της ωμοπλάτης [78].

3.6.Εκτίμηση σύστασης σώματος

Η εκτίμηση της σύστασης σώματος έγινε με βιοηλεκτρική αγωγιμότητα (Akern STA, Italy) στα 50kHz από χέρι σε πόδι με μέτρηση ωμικής (R_z) και χωρητικής αντίστασης (X_c) σε ύπτια θέση πρωί μετά από τριώρη νηστεία σύμφωνα με το πρωτόκολλο που προτείνεται από τον κατασκευαστή. Για τον υπολογισμό του ποσοστού λίπος και άλιπης μάζας σώματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό του κατασκευαστή (Bodygram).

3.7.Στατιστική ανάλυση

Η κανονικότητα των κατανομών των μεταβλητών ελέγχθηκε με το Kolmogorov – Smirnov test. Ο έλεγχος συσχέτισης των περιφερειών και δερματικών πτυχών έγινε με Pearson correlation test ή Spearman στην περίπτωση με κανονικής κατανομής. Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της εξίσωσης εκτίμηση RMR. Η μέθοδος Enter χρησιμοποιήθηκε για να σχηματιστεί η τελική εξίσωση ($p=0,05$ για την εισαγωγή μιας μεταβλητής και $p=0,10$ για την αποβολή μιας μεταβλητής). Η τεχνική Intra Class Correlation Coefficient (ICC) και Pearson Correlation, χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο αξιοπιστίας της παρούσας εξίσωσης και των εξισώσεων της βιβλιογραφίας. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πακέτο στατιστικής επεξεργασίας SPSS V.22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3.8.Αποτελέσματα

Το δείγμα ήταν 52 ενήλικα άτομα εκ των οποίων 25 ήταν άνδρες και 27 γυναίκες, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ήταν το ύψος, το βάρος, το BMI, το MAMC, οι περιφέρειες λαιμού, βραχίονα, πήχη, καρπού, μέσης, οι δερματικές πτυχές δικέφαλου, τρικέφαλου, μηρού, γαστροκνημίου και παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Ανθρωπομετρικά δεδομένα

Παράμετρος	Γυναίκες (n= 27)	Άνδρες (n= 25)	P _{value}
Ηλικία (έτη)	27,8 ±8,9	29,2 ±6,2	0,518
Ύψος (m)	1,62 ±0,04	1,79 ±0,06	<0,001
Βάρος (kg)	61,9±14,9	84,1±14,1	<0,001
BMI (kg/m ²)	22,4 ±3,1	26,1 ±4,4	0,001
MAMC	26,9 ±4,5	32,9 ±4,5	<0,001
ΣSKF (mm)	99,1 ±50,0	82,4 ±41,8	0,197
Σωματικές Περιφέρειες			
Λαιμός (cm)	32,2 ±2,0	39,3 ±2,3	<0,001
Βραχίονας (cm)	27,5 ±4,8	33,3 ±4,6	<0,001
Πήχης (cm)	24,4 ±3,5	29,5 ±2,3	<0,001
Καρπός (cm)	15,2 ±0,9	17,5 ±0,9	<0,001
Μέση (cm)	76,3 ±13,6	89,1 ±10,6	<0,001
Ισχία (cm)	100,0 ±8,5	98,5 ±19,8	0,725
Μηρός (cm)	55,4 ±6,2	58,2 ±6,1	0,109
Γαστροκνήμιος (cm)	38,2 ±5,0	39,2 ±2,8	0,376
Δερματικές πτυχές			
Δικέφαλος (mm)	11,0 ±11,1	6,2 ±3,9	0,046
Τρικέφαλος (mm)	18,8 ±11,0	11,0 ±4,5	0,002
Υποωμοπλατιαίος (mm)	15,2 ±11,9	16,1 ±8,3	0,751
Υπερλαγόνιος (mm)	17,5 ±15,1	18,4 ±12,0	0,801
Κοιλιά (mm)	26,4 ±12,4	31,4 ±13,9	0,183
Μηρός (mm)	36,3 ±14,7	21,4 ±16,0	0,001
Γαστροκνήμιο (mm)	23,8 ±12,6	13,6 ±6,1	<0,001

BMI: Body Mass Index, MAMC: Mid-Arm Muscle Circumference, ΣSKF: Άθροισμα δερματικών πτυχών

Πίνακας 3.2. Περιγραφικά χαρακτηριστικά μετρήσεων

Παράμετρος	Γυναίκες (n= 27)	Άνδρες (n= 25)	P _{value}
Δυναμόμετρο δεξί χέρι (kg)	25,3 ±3,3	48,2 ±9,7	<0,001
Δυναμόμετρο αριστερό χέρι (kg)	24,9 ±3,0	47,5 ±10,5	<0,001
Ωμική Αντίσταση (ohm)	634 ±63,5	493,1 ±54,8	<0,001
Χωρητική αντίσταση (ohm)	66,0 ±9,6	61,5 ±7,3	0,071
Ποσοστό λιπώδους μάζας (%)	29,4 ±8,4	22,6 ±5,6	0,004
Άλιπη μάζα σώματος (kg)	42,6 ±3,8	64,3 ±9,0	<0,001
RMR (kcal/24h)	1645,2 ±293,4	1929,4 ±510,6	0,016
PAL	1,56 ±1,00	1,49 ±0,23	0,698

RMR: Rest Metabolic Rate, PAL: Physical Activity Level

Πίνακας 3.3. Συσχετίσεις μεταξύ RMR και ανθρωπομετρικών δεδομένων

RMR	Γυναίκες (n= 27)		Άνδρες (n=25)		Σύνολο (N= 52)	
	r	P _{value}	r	P _{value}	r	P _{value}
Ηλικία	-0.082	0.684	-0.209	0.315	-0.097	0.493
Ύψος	-0.156	0.437	0.361	0.076	0.385	0.005
Βάρος	0.137	0.388	0.278	0.179	0.372	0.007
BMI	0.197	0.325	0.136	0.517	0.258	0.068
Δυναμόμετρο δεξί χέρι (kg)	-0.075	0.727	0.068	0.777	0.382	0.011
Δυναμόμετρο αριστερό χέρι (kg)	-0.325	0.122	0.091	0.703	0.367	0.014
Ποσοστό Λιπώδους μάζας(%)	0.052	0.798	0.242	0.304	-0.082	0.582
Άλιπη μάζα σώματος (kg)	0.251	0.207	0.314	0.177	0.514	<0,001
PAL	0.198	0.323	0.437	0.054	0.139	0.353
MAMC	0.142	0.480	0.144	0.491	0.293	0.035
ΣSKF	0.157	0.433	0.00	0.999	-0.002	0.991

RMR: Rest Metabolic Rate, BMI: Body Mass Index, MAMC: Mid-Arm Muscle Circumference, ΣSKF: Αθροισμα δερματικών πτυχών, PAL: Physical Activity Level

Πίνακας 3.4. Συσχετίσεις μεταξύ RMR και σωματικών περιφερειών

RMR	Γυναίκες (n= 27)		Άνδρες (n=25)		Σύνολο (N= 52)	
	r	P _{value}	r	P _{value}	r	P _{value}
Λαιμού	0.222	0.266	0.386	0.102	0.507	<0,001
Βραχίονα	0.152	0.448	0.143	0.496	0.287	0.039
Πήχη	0.208	0.297	0.041	0.847	0.294	0.034
Καρπού	0.089	0.658	0.151	0.526	0.411	0.004
Μέσης	0.110	0.586	0.205	0.326	0.281	0.043
Ισχίων	0.196	0.327	0.373	0.066	0.297	0.033
Μηρού	0.176	0.381	0.449	0.024	0.379	0.006
Γαστροκνήμιου	-0.143	0.476	0.107	0.611	0.020	0.886

RMR: Rest Metabolic Rate

Πίνακας 3.5. Συσχετίσεις μεταξύ RMR και δερματικών πτυχών

RMR	Γυναίκες (n= 27)		Άνδρες (n =25)		Σύνολο (N= 52)	
	r	P _{value}	r	P _{value}	r	P _{value}
Δικέφαλος	0.209	0.295	0.039	0.855	0.010	0.946
Τρικέφαλος	0.273	0.168	-0.027	0.898	-0.034	0.809
Υποωμοπλαταίος	0.164	0.415	-0.106	0.615	0.033	0.816
Υπερλαγόνιος	0.102	0.611	0.060	0.776	0.081	0.570
Κοιλιά	0.030	0.882	-0.156	0.456	-0.091	0.894
Μηρός	0.20	0.317	0.098	0.642	-0.035	0.804
Γαστροκνήμιο	0.292	0.139	-0.112	0.593	-0.078	0.582

RMR: Rest Metabolic Rate, BMI: Body Mass Index

Πίνακας 3.6. Προβλεπτικό μοντέλο εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας

	B	Sig.	Rμοντέλου	P _{value}
Σταθερά	-1554,769	0,035		
Περιφέρεια λαιμού	55,372	0,002		
Περιφέρεια μηρού	36,694	0,063	0.632	0.001
BMI	-51,385	0,163		
Περιφέρεια ισχίων	8,630	0,032		
Ηλικία	-9,907	0,335		

BMI: Body Mass Index

Η νέα εξίσωση που δημιουργήθηκε είναι η ακόλουθη :

$$RMR = -1554,769 + (55,372 \times NC) + (36,694 \times TC) - (51,385 \times BMI) + (8,630 \times HC) - (9,907 \times A)$$

NC= Περιφέρεια λαιμού, TC= Περιφέρεια μηρού , BMI= Δείκτης μάζας σώματος, HC=

Περιφέρεια ισχίων, A= Ηλικία

Πίνακας 3.7. Έλεγχος αξιοπιστίας των εξισώσεων της βιβλιογραφίας και της παρούσας μελέτης

	RMR _{PNOE}			
	ICC	P _{value}	r	P _r
RMR model	0.727	<0,001	0.632	<0,001
Mifflin	0.560	0.002	0.428	0.002
HB	0.571	0.002	0.434	0.001
Owen	0.504	0.007	0.374	0.006
WHO	0.543	0.003	0.383	0.005

ICC: Intra Class Correlation Coefficient, r: Συντελεστής συσχέτισης, Pr: Pvalue του r

3.9.Συζήτηση

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 52 υγιείς ενήλικες Ελληνικής καταγωγής. Το δείγμα περιελάμβανε 25 άνδρες και 27 γυναίκες. Στόχος αυτής της μελέτης υπήρξε η διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων ανθρωπομετρικών δεδομένων με την μέτρηση μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας με έμμεση θερμιδομετρία και η δημιουργία μιας νέας εξίσωσης, η οποία θα χρησιμοποιεί απλές μεταβλητές για την εκτίμηση του RMR/BMR. Ο έλεγχος του συνόλου των περιφερειών και δερματικών πτυχών που έχουν περιγραφεί στη βιβλιογραφία αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της παρούσας μελέτης καθώς αυτό δεν έχει γίνει στο παρελθόν. Κατά την παρούσα μελέτη λοιπόν, μετρήθηκε το σύνολο των δερματικών πτυχών και περιφερειών και συσχετίστηκε με το RMR. Επιπρόσθετα πλεονέκτημα της παρούσας μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι το μηχάνημα έμμεσης θερμιδομετρίας [PNOE (ENDO Medical, Palo Alto, CA)] που χρησιμοποιήθηκε υπολογίζει το αναπνευστικό πηλίκο RQ. Πιο συγκεκριμένα παρέχει περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με τη ποσόστωση μακροθρεπτικών υποστρωμάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ενέργειας

Αναφορικά με τις συσχετίσεις μεταξύ RMR και σωματικών περιφερειών όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.4, όλες οι περιφέρειες φάνηκαν να έχουν θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και η πλειονότητα αυτών φάνηκε να είναι στατιστικά σημαντική. Η μόνη εξαίρεση είναι η περιφέρεια γαστροκνημίου στην οποία δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση με $P_{\text{value}} = 0.886$. Κυριότερο εύρημα της μελέτης αυτής αποτελεί το γεγονός ότι η περιφέρειες με τη μεγαλύτερη στατιστική σημαντικότητα είναι η περιφέρεια του λαιμού. Η περιφέρεια του λαιμού φάνηκε να έχει τη μεγαλύτερη συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και το εύρημα αυτό φάνηκε να είναι στατιστικά σημαντικό, γεγονός το οποίο επαληθεύεται από την βιβλιογραφία καθώς έχει αποδειχθεί ότι η περιφέρεια του λαιμού έχει συσχετισθεί με το βάρος, το BMI και το σωματικό μέγεθος χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά από το ύψος [79]. Η επίδραση του σωματικού βάρους στο RMR έχει μελετηθεί εκτεταμένα στη βιβλιογραφία. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω όσο αυξάνεται το σωματικό

βάρος αυξάνεται και το RMR, πολύ σημαντική είναι και η σύσταση του σώματος διότι επηρεάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό το RMR. Εν κατακλείδι όσο μεγαλύτερη είναι η μυϊκή μάζα ενός ατόμου τόσο μεγαλύτερο είναι και το RMR του.[6]

Στατιστικά σημαντική φαίνεται να είναι και η σχέση της περιφέρειας καρπού με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας. Το εύρημα αυτό έχει μια λογική καθώς εκτός από δείκτης σωματικού μεγέθους, η περιφέρεια καρπού έχει σχετιστεί τελευταία σε αρκετές μελέτες ως δείκτης που σχετίζεται με την παχυσαρκία[80,81].

Στη μελέτη φάνηκε ότι η περιφέρεια του μηρού έχει θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και το εύρημα είναι στατιστικά σημαντικό. Στη βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα ερευνών οι οποίες αποδεικνύουν ότι η περιφέρεια του μηρού αποτελεί πολύ αξιόπιστο δείκτη για τον υπολογισμό της μυϊκής μάζας. Η μυϊκή μάζα συνδέεται με αυξημένο μεταβολικό ρυθμό καθώς αποτελεί τον πιο μεταβολικά ενεργό ιστό του ανθρωπίνου σώματος [82].

Η περιφέρεια του πήχη φάνηκε να έχει θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και η σχέση αυτή είναι στατιστικά σημαντική. Η συγκεκριμένη περιφέρεια σχετίζεται με τη μυϊκή μάζα. Αναλυτικότερα μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε σε ελληνικό πληθυσμό, έδειξε ότι η περιφέρεια πήχη σχετίζεται με τη μυϊκή μάζα, γεγονός το οποίο ερμηνεύει το εύρημα αυτό [83].

Στην παρούσα μελέτη φάνηκε να υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας και περιφέρειας ισχίων και το εύρημα αυτό είναι στατιστικά σημαντικό. Η ισχυρή επιρροή της περιφέρειας των ισχίων στο ποσοστό λίπους είναι ευρέως αποδεκτή. Πρόσφατα δημοσιεύτηκε μελέτη η οποία βασίστηκε σε δεδομένα από 30092 συμμετέχοντες και απέδειξε την ισχυρή συσχέτιση της περιφέρειας των ισχίων με το ποσοστό λίπους και την παχυσαρκία [84]. Αν και θα ήταν αναμενόμενη, συνεπώς, αρνητική συσχέτιση ή απουσία συσχέτισης το εύρημα αυτό δεν είναι η πρώτη φορά που παρατηρείται στη βιβλιογραφία [85].

Η περιφέρεια του βραχίονα φάνηκε να έχει θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, και το εύρημα αυτό είναι στατιστικά σημαντικό. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία εντοπίζονται αρκετές μελέτες οι οποίες αποδεικνύουν ότι η συγκεκριμένη περιφέρεια αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη για την εκτίμηση της μυϊκής μάζας [86].

Στη παρούσα μελέτη φάνηκε να υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ περιφέρειας μέσης και μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας και το εύρημα αυτό είναι στατιστικά σημαντικό. Η επιρροή της περιφέρειας της μέσης στο ποσοστό λίπους είναι ευρέως γνωστή [87]. Η θετική συσχέτιση θα μπορούσε να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι είναι και δείκτης σωματικού μεγέθους, άλλωστε μπορεί ο μυϊκός ιστός να είναι μεταβολικά πιο ενεργός αλλά και ο λιπώδης είναι [85].

Το BMI φάνηκε να έχει θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, το εύρημα όμως αυτό δεν είναι στατιστικά σημαντικό. Νέες έρευνες προτείνουν τη χρήση διαφορετικών δεικτών για

την εκτίμηση της παχυσαρκίας καθώς ο λόγος βάρους/ύψους² φαίνεται να υποεκτιμά την ύπαρξη παχυσαρκίας [88,89].

Στις περισσότερες εξισώσεις που έχουν προταθεί έως σήμερα η ηλικία είναι ένας παράγοντας ο οποίος περιλαμβάνεται για τον υπολογισμό του μεταβολικού ρυθμού. Στη παρούσα μελέτη η ηλικία φάνηκε να μην είναι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο μπορεί να ερμηνευτεί με βάση το πληθυσμό της μελέτης ο οποίος αποτελείται από νεαρούς άνδρες και γυναίκες. Μελέτη που δημοσιεύτηκε πρόσφατα απέδειξε ότι ο μεταβολικός ρυθμός παραμένει σταθερός κατά την ηλικία των 20 με 60 ετών σε άτομα τα οποία είναι υγιή και δεν παρουσιάζουν κάποια νόσο η οποία μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει το μεταβολικό του ρυθμό [90]. Ωστόσο κατά τη δημιουργία του μοντέλου εκτίμησης συμπεριλάβαμε την ηλικία καθώς αν και μη στατιστικά σημαντική βελτιώνει την προγνωστική ικανότητά του.

Από τις δερματικές πτυχές δε φάνηκε καμία να σχετίζεται σημαντικά με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας. Πιο αναλυτικά η δερματική πτυχή του τρικέφαλου έχει αρνητική συσχέτιση με το RMR με $r = -0.034$ και $p_{\text{value}} = 0.816$. Η συγκεκριμένη δερματική πτυχή αποτελεί έναν απλό και αξιόπιστο δείκτη για τον υπολογισμό του σωματικού λίπους [91]. Η υποωμοπλατιαία δερματική πτυχή στην παρούσα μελέτη φάνηκε να έχει θετική συσχέτιση με το RMR με $r = 0.0333$ και $p_{\text{value}} = 0.816$. Η χρήση της συγκεκριμένης δερματοπτυχής είναι ευρεία για τον υπολογισμό του σωματικού λίπους [92]. Η υπερλαγόνια δερματική πτυχή φάνηκε να έχει θετική συσχέτιση με το RMR η οποία όμως είναι και ασθενής με $r = 0.081$ και $p_{\text{value}} = 0.570$. Η δερματική πτυχή του μηρού φάνηκε να έχει αρνητική συσχέτιση με το RMR με $r = -0.035$ και $p_{\text{value}} = 0.804$. Πιο συγκεκριμένα έχει αποδειχτεί σε αρκετές μελέτες ότι η δερματική πτυχή του μηρού συνδέεται άμεσα με την μυϊκή μάζα. Πιο αναλυτικά πιο πρόσφατη μελέτη έδειξε την υψηλή συσχέτιση της συγκεκριμένης πτυχής με τον μυϊκό ιστό [93]. Παρά του ότι οι δερματικές πτυχές σχετίζονται με το ποσοστό σωματικού λίπους όπως έχει φανεί στη βιβλιογραφία στην παρούσα μελέτη το ότι δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση μπορεί να αποδοθεί στο ότι ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας σχετίζεται με τη μυϊκή μάζα και όχι με το λίπος.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.6 οι μεταβλητές οι οποίες συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο εκτίμησης του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας είναι οι εξής :

- BMI= Δείκτης μάζας σώματος
- Περιφέρεια λαιμού
- Περιφέρεια μηρού
- Περιφέρεια ισχίων
- Ηλικία

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.7 το προβλεπτικό μοντέλο σε σύγκριση με τις εξισώσεις μεταβολικού ρυθμού ευρείας χρήσης, είναι αυτό το οποίο είχε τη μεγαλύτερη θετική συσχέτιση με το βασικό μεταβολικό ρυθμό που μετρήθηκε με τη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας με $r = 0,632$.

Όλες οι εξισώσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για έλεγχο αξιοπιστίας παρουσίασαν θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό και όλες ήταν στατιστικά σημαντικές.

Από τις εξισώσεις που υπάρχουν και χρησιμοποιήθηκαν για έλεγχο αξιοπιστίας στη συγκεκριμένη μελέτη, αυτή η οποία έδειξε την υψηλότερη θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό (μετά το προγνωστικό μοντέλο) είναι η εξίσωση **Harris J. and Benedict F.** με $r = 0.434$. Η εξίσωση Harris J. and Benedict F. δημιουργήθηκε από πληθυσμό Καυκάσιων νορμοβαρών ατόμων και η συσχέτιση που παρουσιάστηκε στη μελέτη αυτών φάνηκε να είναι θετική με $r = 0.86$. Η διαφορά αυτή είναι λογική καθώς παρότι το δείγμα των Harris J. and Benedict F ήταν Καυκάσιοι άνδρες και γυναίκες, όλο το δείγμα αποτελούνταν από νορμοβαρείς Καυκάσιους σε αντιδιαστολή με την παρούσα μελέτη η οποία συμπεριέλαβε και υπέρβαρα άτομα. Επιπλέον οι Harris J. and Benedict F συμπεριέλαβαν άτομα τα οποία ανήκουν σε μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες, σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη η οποία συμπεριέλαβε κυρίως νεαρούς άνδρες και γυναίκες. Σημαντικό ρόλο φαίνεται να διαδραματίζει και το γεγονός ότι η συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας (θερμιδόμετρο το οποίο δημιουργήθηκε από το Carnegie institution) που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη τους είναι διαφορετική από τη συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη [PNOE (ENDO Medical, Palo Alto, CA)] [19,20]. Η εξίσωση Harris J. and Benedict F συγκριτικά με τις υπόλοιπες μελέτες όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως φάνηκε να έχει την υψηλότερη θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό γεγονός το οποίο έγκειται και στο ότι η συγκεκριμένη εξίσωση μετρά μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR) και όχι βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR) όπως οι περισσότερες εξισώσεις τις βιβλιογραφίας. Είναι ευρέως γνωστό ότι ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (RMR) είναι 10-20 % αυξημένος συγκριτικά με το βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR) [1].

Εν συνεχεία, η εξίσωση η οποία έδειξε την τρίτη σε σειρά υψηλότερη θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό κατά τον έλεγχο αξιοπιστίας είναι η εξίσωση **Mifflin** με $r = 0.428$. Η εξίσωση Mifflin δημιουργήθηκε από πληθυσμό νορμοβαρών, υπέρβαρων, παχύσαρκων καθώς και σοβαρά παχύσαρκων ατόμων και η συσχέτιση που παρουσιάστηκε στη μελέτη αυτών φάνηκε να είναι θετική με $r = 0.86$. Η διαφορά αυτή είναι επίσης φυσιολογική διότι στην παρούσα μελέτη δεν συμμετείχαν παχύσαρκα και σοβαρά παχύσαρκα άτομα και το ηλικιακό εύρος υπήρξε πιο περιορισμένο. Επιπρόσθετα πρέπει να σημειωθεί ότι σημαντικό ρόλο παίζει το γεγονός ότι η συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας η οποία χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη Mifflin (Metabolic Measurement Cart Horizons System, Sensor Medics, Anaheim, CA) είναι διαφορετική από τη συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη [PNOE (ENDO Medical, Palo Alto, CA)]. Η εξίσωση Mifflin όπως και η εξίσωση που αναφέρθηκε παραπάνω φαίνεται να υπολογίζει το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR) και όχι το βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR). Η εξίσωση Mifflin θεωρείται μέχρι σήμερα ως η πιο αξιόπιστη μέθοδος για την εκτίμηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR) σε

υγιά πληθυσμό, παρόλα αυτά στην παρούσα μελέτη δεν αποτέλεσε τη μέθοδο με τη μεγαλύτερη ακρίβεια [28].

Στη συνέχεια την τέταρτη σε σειρά υψηλότερη θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό κατά τον έλεγχο αξιοπιστίας έδειξε η εξίσωση **WHO** με $r = 0.428$. Η εξίσωση **WHO** προήλθε από τη βάση δεδομένων Schofield και το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος ήταν κυρίως Ευρωπαίοι άνδρες στρατιωτικοί και αστυνομικοί και η συσχέτιση που παρουσιάστηκε στη μελέτη αυτών φάνηκε να είναι θετική για τους άνδρες με $r = 0.65$ και για τις γυναίκες με $r = 0.72$. Το δείγμα της παρούσας μελέτης παρουσιάζει διαφορετική αναλογία ανδρών-γυναικών συγκριτικά με αυτό στη μελέτη **WHO** και επιπλέον το ηλικιακό εύρος της παρούσας μελέτης δεν είναι τόσο ευρύ [90]. Τέλος πολύ σημαντικό παράγοντα αποτελεί το γεγονός ότι η εξίσωση **WHO** μετρά βασικό μεταβολικό ρυθμό (**BMR**) σε αντιδιαστολή με την παρούσα μελέτη η οποία μετρά μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (**RMR**) και όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (**RMR**) είναι 10-20 % αυξημένος συγκριτικά με το βασικό μεταβολικό ρυθμό (**BMR**) [94].

Η εξίσωση η οποία έδειξε τη μικρότερη θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό κατά τον έλεγχο αξιοπιστίας είναι η εξίσωση **Owen** με $r = 0.374$. Η εξίσωση **Owen** προήλθε από δείγμα 104 ατόμων ανδρών και γυναικών, διαφόρων εθνικοτήτων με μεγάλο εύρος **BMI** και στη μελέτη αυτών η συσχέτιση που παρουσιάστηκε φάνηκε να είναι θετική με $r = 0.74$. Η διαφορά αυτή είναι φυσιολογική καθώς ο πληθυσμός των δυο μελετών είναι διαφορετικός όπως και το εύρος της ηλικίας και του **BMI**. Η συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη **Owen** [Beckman Metabolic Cart (Beckman Instruments, mc, Schiller Park, IL)] ήταν διαφορετική από τη συσκευή έμμεσης θερμιδομετρίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη [PNOE (ENDO Medical, Palo Alto, CA)]. Τέλος σημαντικό είναι να σημειωθεί το γεγονός ότι η εξίσωση **Owen** όπως και η εξίσωση η οποία προήλθε από την παρούσα μελέτη εκτιμούν και οι δυο μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (**RMR**) [26,27].

Ανακεφαλαιώνοντας κατά τον έλεγχο αξιοπιστίας η νέα εξίσωση η οποία προήλθε από την παρούσα μελέτη φάνηκε να έχει τη μεγαλύτερη θετική συσχέτιση με το μεταβολικό ρυθμό (**RMR**) με $r = 0.632$.

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς. Πιο αναλυτικά το δείγμα της μελέτης είναι περιορισμένο, αν και στην βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί αρκετές μελέτες με περιορισμένο αριθμό ατόμων δεν παύει να είναι σημαντική η περαιτέρω διερεύνηση σε μεγαλύτερο δείγμα ατόμων. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο πληθυσμός της μελέτης αποτελείται κυρίως από νεαρούς άνδρες και νεαρές γυναίκες, γεγονός το οποίο αποτελεί περιορισμό για την εκτίμηση των παραγόντων που επηρεάζουν το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (**RMR**). Επιπρόσθετα όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (**RMR**) είναι αυξημένος κατά 10 με 20 % από το βασικό μεταβολικό ρυθμό (**BMR**) ο οποίος μετράται σε αρκετές εξισώσεις της βιβλιογραφίας. Περιορισμό της

παρούσας μελέτης αποτελεί και το γεγονός ότι δεδομένου του μικρού δείγματος, δεν έγινε διαχωρισμός του δείγματος από το δείγμα για έλεγχο εγκυρότητας. Ο έλεγχος εγκυρότητας πραγματοποιήθηκε στο ίδιο δείγμα που έγινε το μοντέλο, κάτι που ψευδώς βελτιώνει τα αποτελέσματα στον έλεγχο αξιοπιστίας. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι η μέτρηση του δείγματος πραγματοποιήθηκε σε διάστημα μεγαλύτερο των 6 μηνών, επομένως η εποχικότητα μπορεί να έχει επηρεάσει το μεταβολικό ρυθμό καθώς όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο μεταβολικός ρυθμός αυξάνεται σε περιόδους με χαμηλότερη θερμοκρασία ενώ μειώνεται κατά περιόδους με αυξημένη θερμοκρασία διότι ο οργανισμός προσπαθεί να διατηρήσει την ομοιόστασή του.

Από την παρούσα μελέτη φάνηκε ότι πράγματι απλά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά όπως η περιφέρεια του λαιμού και του μηρού μπορούν να βελτιώσουν την προγνωστική ικανότητα ενός μοντέλου που εκτιμά το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR), ωστόσο σίγουρα στο μέλλον είναι σημαντικό να πραγματοποιηθούν νέες μελέτες σε μεγαλύτερο δείγμα πληθυσμού ούτως ώστε να δημιουργηθούν νέα προγνωστικά μοντέλα με απλά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά σε μεγαλύτερο μέρος δείγματος.

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω οι περιφέρειες λαιμού, μηρού και ισχίων αποτελούν ανθρωπομετρικούς δείκτες οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά το μεταβολικό ρυθμό.

3.10.Συμπεράσματα

Μέσω αυτής της μελέτης φάνηκε ότι οι περιφέρειες λαιμού, μηρού, ισχίων, βραχίονα, πήχη και μέσης σχετίζονται με το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και μπορούν να αποτελέσουν μεταβλητές σε εξισώσεις υπολογισμού του RMR. Γεγονός πολύ σημαντικό στη κλινική πράξη καθώς μπορούν να υπολογιστούν γρήγορα και με πολύ απλό εξοπλισμό, δηλαδή μια ελαστική μετροταινία, συγκριτικά με το μεγαλύτερο μέρος των υπαρχουσών εξισώσεων οι οποίες περιλαμβάνουν μεταβλητές πιο σύνθετες που απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό, υψηλότερο κόστος και περισσότερο χρόνο. Η παρούσα μελέτη απόδωσε μια εξίσωση που φαίνεται έγκυρη και έδειξε τη σημαντικότητα που μπορεί να έχουν οι περιφέρειες στο σχεδιασμό νέων μοντέλων. Ωστόσο, θα πρέπει να επαληθευτεί μέσα από νέες μελέτες σε άλλο πληθυσμό ή και να επανασχεδιαστεί.

4.Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] **Henry**, C. J. K. "Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations." *Public health nutrition* 8.7a (2005): 1133-1152.
- [2] **Arciero**, Paul J., Michael I. Goran, and Eric T. Poehlman. "Resting metabolic rate is lower in women than in men." *Journal of applied physiology* 75.6 (1993): 2514-2520.
- [3] **Poehlman**, E.T., Goran, M.I., et al., 1993a. Determinants of decline in resting metabolic rate in aging females. *Am. J. Physiol.* 264, E450–E455.
- [4] **Elia**, M., Ritz, P., et al., 2000. Total energy expenditure in the elderly. *Eur. J. Clin. Nutr.* 54 (Suppl. 3), S92–103.
- [5] **Censi**, L., et al. "The basal metabolic rate and energy cost of standardised walking of short and tall men." *European journal of clinical nutrition* 52.6 (1998): 441-446. **McNab**, Brian K. "What determines the basal rate of metabolism?." *Journal of Experimental Biology* 222.15 (2019): jeb205591.
- [6] **McNab**, Brian K. (2019) "What determines the basal rate of metabolism?." *Journal of Experimental Biology* 222.15: jeb205591.
- [7] **Scrimshaw**, NEVIN S. (1994). "Effect of infection on nutritional status." .
- [8] **Molé**, P. A. (1990). Impact of energy intake and exercise on resting metabolic rate. *Sports Medicine*, 10(2), 72-87. **Froehle**, A. W. (2008). Climate variables as predictors of basal metabolic rate: new equations. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 20(5), 510-529.
- [9] **Froehle**, A. W. (2008). Climate variables as predictors of basal metabolic rate: new equations. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 20(5), 510-529.
- [10] **Manini**, T. M. (2010). Energy expenditure and aging. *Ageing research reviews*, 9(1), 1-11.
- [11] **Dickerson**, R. N., & Roth-Yousey, L. (2005). Medication effects on metabolic rate: a systematic review (part 2). *Journal of the American Dietetic Association*, 105(6), 1002-1009.
- [12] **Walker**, J. F., Collins, L. C., Rowell, P. P., Goldsmith, L. J., Stamford, B. A., & Moffatt, R. J. (1999). The effect of smoking on energy expenditure and plasma catecholamine and nicotine levels during light physical activity. *Nicotine & Tobacco Research*, 1(4), 365-370.
- [13] **Lavoisier** AL, Laplace PS (1780) Histoire de l'Académie des Sciences. Année, p 355
- [14] **Atwater** WO, Rosa EB (1899a) Description of a new respiration calorimeter and experiments on the conservation of energy in the human body. Government Printing Ofce, Washington
- [15] **Atwater** WO, Rosa EB (1899b) A new respiration calorimeter and experiments on the conservation of energy in the human body, II. *Phys Rev (Series 1)* 9:214–251
- [16] **Atwater** WO, Rosa EB (1899c) A new respiration calorimeter and experiments on the conservation of energy in the human body. I. *Phys Rev (Series I)* 9:129–163

- [17] **Haugen**, H. A., Chan, L. N., & Li, F. (2007). Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutrition in Clinical Practice*, 22(4), 377-388.
- [18] **Mehta**, N. M., Smallwood, C. D., Joosten, K. F., Hulst, J. M., Tasker, R. C., & Duggan, C. P. (2015). Accuracy of a simplified equation for energy expenditure based on bedside volumetric carbon dioxide elimination measurement—a two-center study. *Clinical Nutrition*, 34(1), 151-155.
- [19] **Harris JA**, Benedict FG. A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Publication No. 279. Washington: Carnegie Institute of Washington, 1919.
- [20] **Frankenfield**, D. C., Muth, E. R., & Rowe, W. A. (1998). The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history and limitations. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(4), 439-445
- [21] **Boothby**, W. M., & Sandiford, I. (1922). Summary of the basal metabolism data on 8,614 subjects with especial reference to the normal standards for the estimation of the basal metabolic rate. *Journal of Biological Chemistry*, 54(4), 783-803.
- [22] **Robertson**, J. D., & Reid, D. D. (1952). Standards for the basal metabolism of normal people in Britain. *Lancet*, 262, 940-943.
- [23] **Finan**, K., Larson, D. E., & Goran, M. I. (1997). Cross-validation of prediction equations for resting energy expenditure in young, healthy children. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(2), 140-145.
- [24] **Bernstein**, R. S., Thornton, J. C., Yang, M. U., Wang, J., Redmond, A. M., Pierson Jr, R. N., ... & Van Itallie, T. B. (1983). Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *The American journal of clinical nutrition*, 37(4), 595-602.
- [25] **James WP**. Dietary aspects of obesity. *Postgraduate Medical Journal*. 1984 ;60 Suppl 3:50-55. PMID: 6514654.
- [26] **Owen**, O. E., Kavle, E., Owen, R. S., Polansky, M., Caprio, S., Mozzoli, M. A., ... & Boden, G. (1986). A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *The American journal of clinical nutrition*, 44(1), 1-19.
- [27] **Owen**, O. E., Holup, J. L., D'Alessio, D. A., Craig, E. S., Polansky, M., Smalley, K. J., ... & Mozzoli, M. A. (1987). A reappraisal of the caloric requirements of men. *The American journal of clinical nutrition*, 46(6), 875-885.
- [28] **Mifflin**, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., & Koh, Y. O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American journal of clinical nutrition*, 51(2), 241-247.
- [29] **Swinamer**, D. L., Grace, M. G., Hamilton, S. M., Jones, R. L., Roberts, P. A. U. L., & King, E. G. (1990). Predictive equation for assessing energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Critical care medicine*, 18(6), 657-661.

- [30] **Cunningham**, J. J. (1991). Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American journal of clinical nutrition*, 54(6), 963-969.
- [31] **Ireton-Jones**, C. S., Turner Jr, W. W., Liepa, G. U., & Baxter, C. R. (1992). Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 13(3), 330-333.
- [32] **Ireton-Jones**, C., & Jones, J. D. (2002). Improved equations for predicting energy expenditure in patients: the Ireton-Jones equations. *Nutrition in Clinical Practice*, 17(1), 29-31.
- [33] **Nelson**, K. M., Weinsier, R. L., Long, C. L., & Schutz, Y. (1992). Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *The American journal of clinical nutrition*, 56(5), 848-856.
- [34] **Soares**, M. J., Francis, D. G., & Shetty, P. S. (1993). Predictive equations for basal metabolic rates of Indian males. *European journal of clinical nutrition*, 47(6), 389-394.
- [35] **McDuffie**, J. R., Adler-Wailes, D. C., Elberg, J., Steinberg, E. N., Fallon, E. M., Tershakovec, A. M., ... & Yanovski, J. A. (2004). Prediction equations for resting energy expenditure in overweight and normal-weight black and white children. *The American journal of clinical nutrition*, 80(2), 365-373.
- [36] **Arciero**, P. J., Goran, M. I., Gardner, A. M., Ades, P. A., Tyzbir, R. S., & Poehlman, E. T. (1993). A practical equation to predict resting metabolic rate in older females. *Journal of the American Geriatrics Society*, 41(4), 389-395.
- [37] **Arciero**, P. J., Goran, M. I., Gardner, A. W., Ades, P. A., Tyzbir, R. S., & Poehlman, E. T. (1993). A practical equation to predict resting metabolic rate in older men. *Metabolism*, 42(8), 950-957.
- [38] **Liu**, H. Y., Lu, Y. F., & Chen, W. J. (1995). Predictive equations for basal metabolic rate in Chinese adults: a cross-validation study. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(12), 1403-1408.
- [39] **Tverskaya**, R., Rising, R., Brown, D., & Lifshitz, F. (1998). Comparison of several equations and derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *Journal of the American College of Nutrition*, 17(4), 333-336.
- [40] **Wang**, Z., Heshka, S., Zhang, K., Boozer, C. N., & Heymsfield, S. B. (2001). Resting energy expenditure: systematic organization and critique of prediction methods. *Obesity research*, 9(5), 331-336.
- [41] **Lührmann**, P. M., Herbert, B. M., Krems, C., & Neuhäuser-Berthold, M. (2002). A new equation especially developed for predicting resting metabolic rate in the elderly for easy use in practice. *European journal of nutrition*, 41(3), 108-113.

- [42] **Łuszczki, E.**, Sokal, A., Jarmakiewicz-Czaja, S., Bartosiewicz, A., Dereń, K., Kuchciak, M., ... & Mazur, A. (2020). Resting energy expenditure of physically active boys in southeastern Poland—the accuracy and validity of predictive equations. *Metabolites*, 10(12), 493.
- [43] **Carrasco, F.**, Reyes, E., Núñez, C., Riedemann, K., Rimler, O., Sánchez, G., & Sarraf, G. (2002). Resting energy expenditure in obese and non-obese Chilean subjects: comparison with predictive equations for the Chilean population. *Revista Medica de Chile*, 130(1), 51-60.
- [44] **Faisy, C.**, Guerot, E., Diehl, J. L., Labrousse, J., & Fagon, J. Y. (2003). Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *The American journal of clinical nutrition*, 78(2), 241-249.
- [45] **Siervo, M.**, Boschi, V., & Falconi, C. (2003). Which REE prediction equation should we use in normal-weight, overweight and obese women?. *Clinical Nutrition*, 22(2), 193-204.
- [46] **Frankenfield, D. C.**, Coleman, A., Alam, S., & Cooney, R. N. (2009). Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in critically ill adults. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 33(1), 27-36.
- [47] **Frankenfield, D. C.**, Ashcraft, C. M., & Galvan, D. A. (2012). Longitudinal prediction of metabolic rate in critically ill patients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 36(6), 700-712.
- [48] **Huang, K. C.**, Kormas, N., Steinbeck, K., Loughnan, G., & Caterson, I. D. (2004). Resting metabolic rate in severely obese diabetic and nondiabetic subjects. *Obesity research*, 12(5), 840-845.
- [49] **Vander Weg, M. W.**, Watson, J. M., Klesges, R. C., Eck Clemens, L. H., Slawson, D. L., & McClanahan, B. S. (2004). 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*, 58(3), 474-480.
- [50] **Müller, M. J.**, Bosy-Westphal, A., Klaus, S., Kreymann, G., Lührmann, P. M., Neuhäuser-Berthold, M., & Steiniger, J. (2004). 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. *The American journal of clinical nutrition*, 80(5), 1379-1390.
- [51] **Livingston, E. H.**, & Kohlstadt, I. (2005). Simplified resting metabolic rate—predicting formulas for normalised and obese individuals. *Obesity research*, 13(7), 1255-1262.
- [52] **Frankenfield, D. C.** (2013). Bias and accuracy of resting metabolic rate equations in non-obese and obese adults. *Clinical nutrition*, 32(6), 976-982.
- [53] **Cole, T. J.**, & Henry, C. J. K. (2005). The Oxford Brookes basal metabolic rate database—a reanalysis. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 1202-1212.

- [54] **Johnstone**, A. M., Rance, K. A., Murison, S. D., Duncan, J. S., & Speakman, J. R. (2006). Additional anthropometric measures may improve the predictability of basal metabolic rate in adult subjects. *European journal of clinical nutrition*, 60(12), 1437-1444
- [55] **Korth**, O., Bosy-Westphal, A., Zschoche, P., Glüer, C. C., Heller, M., & Müller, M. J. (2007). Influence of methods used in body composition analysis on the prediction of resting energy expenditure. *European journal of clinical nutrition*, 61(5), 582-589.
- [56] **Lizzer**, S., Agosti, F., De Col, A., Mornati, D., & Sartorio MD, A. (2007). Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Journal of endocrinological investigation*, 30(4), 313-317.
- [57] **Ganpule**, A., Tanaka, S., Ishikawa-Takata, K., & Tabata, I. (2007). Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(11), 1256-1261.
- [58] **Park JS**. Assessment of physical activity, resting metabolic rate(RMR), energy expenditure and comparison of predicted RMR with measured RMR and development of prediction equations for RMR between athletic and non-athletic male high school students [master's thesis] Gangneung: Gangneung-Wonju National University; 2008.
- [59] **Horie**, L. M., Gonzalez, M. C., Torrinhas, R. S., Cecconello, I., & Waitzberg, D. L. (2011). New specific equation to estimate resting energy expenditure in severely obese patients. *Obesity*, 19(5), 1090-1094.
- [60] **Patil**, S. R., & Bharadwaj, J. (2013). Development of new equations for basal metabolic rate for adolescent student Indian population. *Journal of Postgraduate Medicine*, 59(1), 25.
- [61] **Ikeda**, K., Fujimoto, S., Goto, M., Yamada, C., Hamasaki, A., Ida, M., ... & Inagaki, N. (2013). A new equation to estimate basal energy expenditure of patients with diabetes. *Clinical nutrition*, 32(5), 777-782.
- [62] **Kaneko**, K., Ito, C., Koizumi, K., Watanabe, S., Umeda, Y., & Ishikawa-Takata, K. (2013). Resting energy expenditure (REE) in six-to seventeen-year-old Japanese children and adolescents. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 59(4), 299-309.
- [63] **CALERIE Study Group** Redman Leanne M Kraus William E leanne. redman@ pbrc. edu Bhapkar Manju Das Sai Krupa Racette Susan B Martin Corby K Fontana Luigi Wong William W Roberts Susan B Ravussin Eric. (2014). Energy requirements in nonobese men and women: results from CALERIE. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(1), 71-78.
- [64] **Quiroz-Olgún**, G., Serralde-Zúñiga, A. E., Saldaña-Morales, M. V., Gúlias-Herrero, A., & Guevara-Cruz, M. (2014). Validating an energy expenditure prediction equation in overweight and obese Mexican patients. *Nutrición Hospitalaria*, 30(4), 749-755.

- [65] **Lazzer**, S., Patrizi, A., De Col, A., Saezza, A., & Sartorio, A. (2014). Prediction of basal metabolic rate in obese children and adolescents considering pubertal stages and anthropometric characteristics or body composition. *European journal of clinical nutrition*, 68(6), 695-699.
- [66] **Camps**, S. G., Wang, N. X., Tan, W. S. K., & Henry, C. J. (2015). Estimation of basal metabolic rate in Chinese: are the current prediction equations applicable?. *Nutrition journal*, 15(1), 1-8.
- [67] **Chun**, S. M., Kim, H. R., & Shin, H. I. (2017). Estimating the Basal metabolic rate from fat free mass in individuals with motor complete spinal cord injury. *Spinal cord*, 55(9), 844-847.
- [68] **De Lorenzo**, A., Di Renzo, L., Morini, P., de Miranda, R. C., Romano, L., & Colica, C. (2018). New equations to estimate resting energy expenditure in obese adults from body composition. *Acta Diabetologica*, 55(1), 59-66.
- [69] **Nightingale**, T. E., & Gorgey, A. S. (2018). Predicting Basal Metabolic Rate in Men with Motor Complete Spinal Cord Injury. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(6), 1305-1312.
- [70] **Maraki**, M. I., Panagiotakos, D. B., Jansen, L. T., Anastasiou, C., Papalazarou, A., Yannakoulia, M., ... & Kavouras, S. A. (2018). Validity of predictive equations for resting energy expenditure in Greek adults. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 72(2), 134-141.
- [71] **Heymsfield**, S. B., Peterson, C. M., Bourgeois, B., Thomas, D. M., Gallagher, D., Strauss, B., ... & Bosy-Westphal, A. (2018). Human energy expenditure: advances in organ-tissue prediction models. *Obesity Reviews*, 19(9), 1177-1188.
- [72] **Pavlidou**, E., Petridis, D., Tolia, M., Tsoukalas, N., Poultsidi, A., Fasoulas, A., ... & Giaginis, C. (2018). Estimating the agreement between the metabolic rate calculated from prediction equations and from a portable indirect calorimetry device: an effort to develop a new equation for predicting resting metabolic rate. *Nutrition & metabolism*, 15(1), 1-9.
- [73] **Efremov**, S. M., Talaban, V. O., Ponomarev, D. N., Vedernikov, P. E., Chechenin, M. G., Artemieva, V. V., & Lomivorotov, V. V. (2018). Development and Validation of a New Cardio-Specific Resting Energy Expenditure Equation for Adults. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 42(4), 702-708
- [74] **De Oliveira**, B. A. P., Nicoletti, C. F., de Oliveira, C. C., de Souza Pinhel, M. A., Quinhoneiro, D. C. G., Noronha, N. Y., ... & Nonino, C. B. (2018). A new resting metabolic rate equation for women with class III obesity. *Nutrition*, 49, 1-6.
- [75] **Tinsley**, G. M., Graybeal, A. J., & Moore, M. L. (2019). Resting metabolic rate in muscular physique athletes: validity of existing methods and development of new prediction equations. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(4), 397-406.
- [76] **Marra**, M., Sammarco, R., Cioffi, I., Morlino, D., Di Vincenzo, O., Speranza, E., & Pasanisi, F. (2021). New predictive equations for estimating resting energy expenditure in subjects with normal weight and overweight. *Nutrition*, 84, 111105

- [77] **Maury-Sintjago**, E., Muñoz-Mendoza, C., Rodríguez-Fernández, A., & Ruíz-De la Fuente, M. (2022). Predictive Equation to Estimate Resting Metabolic Rate in Older Chilean Women. *Nutrients*, 14(15), 3199.
- [78] **Vivian H. Heyward, Lisa M. Stolarczyk**. Applied body composition assessment. Human Kinetics, Champaign, IL, 1996
- [79] **Ben-Noun**, L., Sohar, E., & Laor, A. (2001). Neck circumference as a simple screening measure for identifying overweight and obese patients. *Obesity research*, 9(8), 470-477.
- [80] **Shafiee**, G., Qorbani, M., Heshmat, R., Djalalinia, S., Motlagh, M. E., Arefirad, T., ... & Kelishadi, R. (2018). Wrist circumference as a novel predictor of obesity in children and adolescents: the CASPIAN-IV study. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 31(7), 717-725.
- [81] **Mousapour**, P., Barzin, M., Valizadeh, M., Mahdavi, M., Hadaegh, F., Azizi, F., & Hosseinpanah, F. (2021). Wrist circumference as a novel predictor of transition from metabolically healthy to unhealthy phenotype in overweight/obese adults: a gender-stratified 15.5-year follow-up. *BMC Public Health*, 21(1), 1-10.
- [82] **Hodgkiss**, A. M., & McCarthy, H. D. (2017). Thigh circumference measurement as a potential marker of leg skeletal muscle mass—cross sectional study in a US population age 39–69 years. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(OCE1).
- [83] **Kanellakis**, S., Skoufas, E., Khudokonenko, V., Apostolidou, E., Gerakiti, L., Andrioti, M. C., ... & Manios, Y. (2017). Development and validation of two equations based on anthropometry, estimating body fat for the Greek adult population. *Obesity*, 25(2), 408-416.
- [84] **Andreacchi**, A. T., Griffith, L. E., Guindon, G. E., Mayhew, A., Bassim, C., Pigeyre, M., ... & Anderson, L. N. (2021). Body mass index, waist circumference, waist-to-hip ratio, and body fat in relation to health care use in the Canadian Longitudinal Study on Aging. *International Journal of Obesity*, 45(3), 666-676.
- [85] **Reneau**, J., Obi, B., Moosreiner, A., & Kidambi, S. (2019). Do we need race-specific resting metabolic rate prediction equations?. *Nutrition & diabetes*, 9(1), 1-8.
- [86] **Shi**, J., Yang, Z., Niu, Y., Zhang, W., Li, X., Zhang, H., ... & Su, Q. (2020). Large mid-upper arm circumference is associated with metabolic syndrome in middle-aged and elderly individuals: a community-based study. *BMC Endocrine Disorders*, 20(1), 1-8.
- [87] **Ross**, R., Neeland, I. J., Yamashita, S., Shai, I., Seidell, J., Magni, P., ... & Després, J. P. (2020). Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nature Reviews Endocrinology*, 16(3), 177-189.
- [88] **Okorodudu**, D. O., Jumean, M. F., Montori, V. M., Romero-Corral, A., Somers, V. K., Erwin, P. J., & Lopez-Jimenez, F. (2010). Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as

defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *International journal of obesity*, 34(5), 791-799.

[89] **Shah**, N. R., & Braverman, E. R. (2012). Measuring adiposity in patients: the utility of body mass index (BMI), percent body fat, and leptin. *PloS one*, 7(4), e33308.

[90] **Pontzer**, H., Yamada, Y., Sagayama, H., Ainslie, P. N., Andersen, L. F., Anderson, L. J., ... & IAEA DLW Database Consortium §. (2021). Daily energy expenditure through the human life course. *Science*, 373(6556), 808-812.

[91] **Li**, W., Yin, H., Chen, Y., Liu, Q., Wang, Y., Qiu, D., ... & Geng, Q. (2022). Associations Between Adult Triceps Skinfold Thickness and All-Cause, Cardiovascular and Cerebrovascular Mortality in NHANES 1999–2010: A Retrospective National Study. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 9.

[92] **Rizzo**, M. R., Mari, D., Barbieri, M., Ragno, E., Grella, R., Provenzano, R., ... & Paolisso, G. (2005). Resting metabolic rate and respiratory quotient in human longevity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(1), 409-413.

[93] **Lee**, D. W., Jeong, H. S., & So, W. Y. (2022). Correlation between thigh skinfold thickness and physical fitness factors in Korean adults and older individuals. *Journal of Men's Health*, 18(1), 22.

[94] **Joint**, F. A. O., & World Health Organization. (1985). *Energy and protein requirements: report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation [held in Rome from 5 to 17 October 1981]*. World Health Organization.