



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία:

«Αξιολόγηση των Εξισώσεων Εκτίμησης του Μεταβολικού Ρυθμού
Ηρεμίας σε παιδιά 7-12 ετών στην περιοχή της Σητείας»

Ελένη Βενιανάκη

A.M. : 1947

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Βασίλειος Ζαφειρόπουλος (επιβλέπων καθηγητής)

Γεώργιος Α. Φραγκιαδάκης

Ειρήνη Σφακιανάκη

ΣΗΤΕΙΑ, Απρίλιος, 2024



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
DEPARTMENT OF NUTRITION & DIETETICS SCIENCES

Thesis
for the Undergraduate Degree

“Assessment of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in
7-12 years old children in Sitia district”

Editor: Eleni Venianaki

YD: 1947

Three-member Examination Committee

Vassilis Zafiropulos (Supervisor)

Georgios A. Fragkiadakis

Eirini Sfakianaki

SITIA, April, 2024

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

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

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

*Αφιερωμένο στους γονείς μου,
στο σύζυγό μου και στο μικρό Βασίλη*

Ευχαριστίες:

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου εκτίμηση και ευγνωμοσύνη στον επιβλέποντά μου καθηγητή μου κ. Βασίλειο Ζαφειρόπουλο για την εμπιστοσύνη, την υπομονή και για το σημαντικό χρόνο που αφιέρωσε. Χωρίς τη συνεχή καθοδήγηση, το ειλικρινές ενδιαφέρον και την ουσιαστική και αδιάκοπη στήριξή του σε όλη τη διάρκεια της έρευνας δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που μου προσέφεραν και για τη συνολική τους έμπρακτη βοήθεια και υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη μου σε όλα τα παιδιά που συμμετείχαν στη παρούσα μελέτη για την ανεκτίμητη συνεισφορά τους στην υλοποίηση της έρευνας καθώς επίσης και στους γονείς και κηδεμόνες τους. Τα αποτελέσματά της εργασίας βασίστηκαν εξ ολοκλήρου στις μετρήσεις των παιδιών επομένως χωρίς τη δική τους βοήθεια θα ήταν ανέφικτη η ολοκλήρωσή της.

Περίληψη

Η ακριβής εύρεση του Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας (Resting Metabolic Rate - RMR) είναι πολύ σημαντικός, ειδικά στον παιδιατρικό πληθυσμό, καθώς ο τελευταίος αποτελεί μια πολύ ευαίσθητη ομάδα-στόχο με ιδιαίτερες και αυξημένες διατροφικές ανάγκες για μια ομαλή ανάπτυξη. Μια αρκετά αξιόπιστη μέθοδος για τον ακριβή καθορισμό του RMR είναι η απευθείας μέτρησή του μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της μεθόδου παρουσιάζει πολλές δυσκολίες στην κλινική πράξη, ειδικά στα παιδιά. Αυτός είναι και ο λόγος που έχουν δημιουργηθεί μαθηματικές εξισώσεις εκτίμησης του RMR. Οι εξισώσεις εκτίμησης λαμβάνουν υπόψη διάφορες ανθρωπομετρικές παραμέτρους (π.χ. σωματική μάζα, ύψος, φύλο κ.ά.), ενώ κάποιες από αυτές χρησιμοποιούν παραμέτρους της σύστασης σώματος (π.χ. άλιπη μάζα σώματος, FFM).

Η παρούσα μελέτη εστιάζει στην εκτίμηση της ακρίβειας των γνωστών εξισώσεων εκτίμησης της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας που συνήθως χρησιμοποιούνται στα παιδιά. Η αξιολόγηση στηρίζεται στη συσχέτιση της εκτιμώμενης τιμής του RMR μέσω των γνωστών εξισώσεων με την μετρημένη τιμή του RMR (μέσω έμμεσης θερμιδομετρίας), χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Bland-Altman.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σχεδόν όλες από τις γνωστές εξισώσεις της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκαν, τείνουν να υποεκτιμούν τις πραγματικές/μετρημένες τιμές του RMR. Οι εξισώσεις που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια είναι οι εξισώσεις των Lazzar *et al.* (2010) που χρησιμοποιούν παραμέτρους σύστασης σώματος και αφορούν παχύσαρκο πληθυσμό. Συγκεκριμένα, η μέση απόκλιση στο σύνολο του δείγματος (εκτίμηση μείον μέτρηση) είναι μηδενική για την εξίσωση η οποία συμπεριλαμβάνει τις παραμέτρους FFM, φύλο και ηλικία, ενώ στα κορίτσια και στα αγόρια χωριστά, η μέση απόκλιση είναι -52 kcal/d (SD = 94 kcal/d) και +75 kcal/d (SD = 112 kcal/d) αντίστοιχα. Επίσης, η δεύτερη εξίσωση της ίδιας έρευνας βρέθηκε ότι έχει μικρότερη μέση απόκλιση στα αγόρια -43 kcal/d (SD = 131 kcal/d). Ωστόσο, η τυπική απόκλιση της διαφοράς είναι μεγαλύτερη και επομένως στα αγόρια οι δύο εξισώσεις είναι σχεδόν ισοδύναμες. Επιπλέον, κάνοντας διαχωρισμό του δείγματος σε φυσιολογικού βάρους/λίπους παιδιών και σε υπέρβαρων / παχύσαρκων παιδιών, δεν βρέθηκε να υπάρχει ουσιαστική διαφορά

στην εκτίμηση του RMR. Οι υπόλοιπες εξισώσεις της βιβλιογραφίας παρουσίασαν μια απόκλιση από -150 kcal/d έως -400 kcal/d.

Από την έρευνά μας επίσης προέκυψαν δυο νέες εξισώσεις εκτίμησης του RMR με βάση τη σύσταση σώματος, η πρώτη με μόνη παράμετρο το FFM και η δεύτερη με παραμέτρους το FFM και το φύλο. Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις αυτές το RMR εκτιμάται με μεγαλύτερη ακρίβεια (μηδενική μέση απόκλιση και SD = 88 kcal/d), συγκριτικά με τις γνωστές εξισώσεις της βιβλιογραφίας.

Λέξεις – Κλειδιά

Ενεργειακή Δαπάνη Ηρεμίας, Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός, Έμμεση Θερμιδομετρία, εξισώσεις εκτίμησης RMR/REE/BMR, παιδιά δημοτικού, Δείκτης Μάζας Σώματος, ποσοστό σωματικού λίπους, σύσταση σώματος

Abstract

The accurate knowledge of Resting Metabolic Rate (RMR) is essential, especially for the pediatric population, since the latter is a target group with increased nutritional needs vital for the children's development and growth. A reliable method for accurately measuring RMR is Indirect Calorimetry (IC). However, the implementation of this technique is quite impractical in clinical settings, especially for children. Several mathematical equations have been developed for estimating RMR in clinical practice, the majority of which takes anthropometric parameters into account (e.g. body mass, height, gender etc.), while some of them include body composition variables (e.g. fat free mass, FFM).

The present study focuses on the estimation of accuracy of the commonly used prediction equations for children for assessing RMR. The assessment is based on the correlation between the estimated RMR values and the measured values (using indirect calorimetry) by using Bland-Altman analysis method.

Data revealed that almost all the equations tested in this study tend to underestimate the real (measured) RMR values. The equations that present the best accuracy are the two equations by Lazzer *et al.* (2010) for obese pediatric population, which include body composition variables. More specifically, the mean deviation for the whole cohort (predicted value minus measured value) is zero for the equation which includes the FFM, gender and age as variables. When girls and boys are examined separately, the mean deviation is -52 kcal/d (SD = 94 kcal/d) and +75 kcal/d (SD = 112 kcal/d) respectively. In addition, the mean deviation is lower for the boys (-43 kcal/d, SD = 131 kcal/d) in the second equation of the same study; however, the standard deviation of the difference is higher; therefore. When the cohort is split in normal weight/fat and overweight/obese children, no significant difference is observed in the RMR estimation. The mean deviation for the rest of the equations examined ranges from -150 kcal/d to -400 kcal/d.

Finally, two new predictive RMR equations were developed based on body composition variables. The first equation only includes the FFM variable and the second includes both the FFM and gender variable. By implementing these new equations, RMR is estimated with best accuracy compared to the other equations (zero mean deviation, SD = 88 kcal/d).

Keywords

Resting Metabolic Rate (RMR), Resting Energy Expenditure (REE), Basal Metabolic Rate (BMR), indirect calorimetry, RMR predictive equations, primary school children, BMI, percent body fat, body composition

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	vi
Abstract	viii
Περιεχόμενα	x
Κατάλογος Εικόνων	xii
Κατάλογος Σχημάτων	xiii
Κατάλογος Πινάκων	xv
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xvi
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	1
Εισαγωγή.....	1
1. Βασικός Μεταβολισμός	3
1.1. Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (BMR)	3
1.2. Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας (RMR)	4
1.3. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	7
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	14
2. Σκοπός της μελέτης.....	14
3. Μέθοδοι.....	15
3.1. Δείγμα	15
3.2. Μετρήσεις	15
3.2.1. Μετρήσεις βάρους και ύψους	15
3.2.2. Μέτρηση του RMR	17
3.2.3. Σύσταση σώματος	19
4. Αποτελέσματα και Συζήτηση.....	24

4.1. Γενικά στοιχεία του δείγματος	24
4.2. Αναλυτικά αποτελέσματα και συζήτηση	32
4.2.1. Συσχέτιση των γνωστών εξισώσεων πρόβλεψης με τη μετρημένη τιμή του RMR στα παιδιά του δείγματος	32
4.2.2. Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του RMR που χρησιμοποιούν παραμέτρους σύστασης σώματος.....	68
4.2.3. Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του RMR που χρησιμοποιούν ανθρωπομετρικές παραμέτρους	74
4.2.4. Σύγκριση των διαφορετικών προσεγγίσεων εύρεσης του FFM μέσω της μεθόδου BIS και BIA για την εκτίμηση του RMR	80
4.2.5. Διερεύνηση της ακρίβειας εκτίμησης του RMR στα παιδιά φυσιολογικού βάρους και στα υπέρβαρα / παχύσαρκα παιδιά.....	84
4.2.6. Σύγκριση ευρημάτων με την προϋπάρχουσα βιβλιογραφία	88
4.2.7. Μετρημένες τιμές RMR από μελέτες της προϋπάρχουσας βιβλιογραφίας	90
5. Συμπεράσματα	92
6. Περιορισμοί της Έρευνας.....	98
7. Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	100
Βιβλιογραφία.....	101
Συμφωνητικό αποδοχής συμμετοχής στο πρόγραμμα Αρχιμήδης ΙΙΙ.....	109
Παράρτημα ΙΙ – Οδηγίες προς τους γονείς/κηδεμόνες των παιδιών σχετικά με το πρωτόκολλο των μετρήσεων.....	110

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 3-1. Μέτρηση ύψους με αναστημόμετρο Tanita HR 001.....	16
Εικόνα 3-2. Μέτρηση βάρους με ζυγαριά Tanita HD 351.....	16
Εικόνα 3-3. Συσκευή μέτρησης βασικού μεταβολισμού Cosmed Fitmate.....	17
Εικόνα 3-4. Επιστόμιο σπιρομέτρησης	18
Εικόνα 3-5. Αντιβακτηριδιακό φίλτρο.....	18
Εικόνα 3-6. Κλιπ μύτης για σπιρομέτρηση.....	18
Εικόνα 3-7. Μέτρηση του RMR με σπιρόμετρο Fitmate	19
Εικόνα 3-8. Όργανο μέτρησης βιοηλεκτρικής εμπέδησης Imp SFB7 της εταιρείας ImpediMed.....	20
Εικόνα 3-9. Τοποθέτηση ηλεκτροδίων και σφικτήρων του ηλεκτρονικού κυκλώματος στις άκρες των καλωδίων στο δεξί άνω και κάτω άκρο ενός μετρούμενου παιδιού κατά τη διάρκεια της μέτρησης σύστασης σώματος με τη μέθοδο BIS.....	21
Εικόνα 3-10. Διενέργεια της μέτρησης σύστασης σώματος με τη μέθοδο BIS σε αγόρι.....	21
Εικόνα 3-11. Ενδεικτική απεικόνιση των πρωτογενών δεδομένων της BIS για μια μεμονωμένη μέτρηση όπως εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ανάλυσης του οργάνου. Στο κέντρο εμφανίζεται το κλασικό διάγραμμα της μεθόδου BIS (H-R δεδομένα για τις 256 χρησιμοποιούμενες συχνότητες, 3kHz έως 1MHz), ενώ δεξιά εμφανίζονται κάποιες από τις μετρούμενες παραμέτρους.....	22
Σχήμα 3-12. Ενδεικτική απεικόνιση μιας εκ των μετρούμενων παραμέτρων, για δέκα συνεχόμενες μετρήσεις για κάθε παιδί και για πέντε παιδιά συνολικά, όπως αναλύονται από το λογισμικό του οργάνου μέτρησης σύστασης σώματος BIS Imp SFB7 της εταιρείας ImpediMed.....	23

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 4-1. Γραφική απεικόνιση των καμπυλών του ΔΜΣ που καταλήγουν στα όρια 18.5, 25 και 30 kg/m ² που ισχύουν για ενήλικες.....	26
Σχήμα 4-2. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR σε όλο το δείγμα των παιδιών.....	27
Σχήμα 4-3. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων του %BF σε όλο το δείγμα των παιδιών.....	28
Σχήμα 4-4. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR στο δείγμα των κοριτσιών.....	28
Σχήμα 4-5. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR στο δείγμα των αγοριών.....	29
Σχήμα 4-6. Ραβδόγραμμα της κατανομής συχνοτήτων του %BF στο δείγμα των κοριτσιών.....	30
Σχήμα 4-7. Ραβδόγραμμα της κατανομής συχνοτήτων του %BF στο δείγμα των αγοριών.....	30
Σχήμα 4-8. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Harris and Benedict με τις μετρημένες τιμές.....	34
Σχήμα 4-9. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης FAO με τις μετρημένες τιμές.....	36
Σχήμα 4-10. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Schofield με τις μετρημένες τιμές.....	38
Σχήμα 4-11. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Tverskaya με τις μετρημένες τιμές.....	40
Σχήμα 4-12. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης McDuffie με τις μετρημένες τιμές.....	42
Σχήμα 4-13. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Molnar 1 Anthropometry με τις μετρημένες τιμές.....	44
Σχήμα 4-14. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Molnar 2 Body Composition με τις μετρημένες τιμές.....	46

Σχήμα 4-15. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης RMR Derumeaux- Burel με τις μετρημένες τιμές.....	48
Σχήμα 4-16. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Maffeis 1 Anthropometry με τις μετρημένες τιμές.....	50
Σχήμα 4-17. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Maffeis 2 Body Composition με τις μετρημένες τιμές.....	52
Σχήμα 4-18. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Lazzer Body Composition 1 με τις μετρημένες τιμές.....	54
Σχήμα 4-19. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Lazzer Body Composition 2 με τις μετρημένες τιμές.....	56
Σχήμα 4-20. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Lazzer Anthropometry 1 με τις μετρημένες τιμές.....	58
Σχήμα 4-21. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Lazzer Anthropometry 2 με τις μετρημένες τιμές.....	60
Σχήμα 4-22 Συσχέτιση της RMR εκτίμησης RMR new equation FFM με τις μετρημένες τιμές.....	62
Σχήμα 4-23. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης RMR new equation FFM gender με τις μετρημένες τιμές.....	64
Σχήμα 4-24. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Tverskaya με τις μετρημένες τιμές με τη μέθοδο μέτρησης λίπους BIS και BIA.....	81
Σχήμα 4-25. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Maffeis 2 Body Composition με τις μετρημένες τιμές με τη μέθοδο μέτρησης λίπους BIS και BIA.....	82
Σχήμα 4-26. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Lazzer Body Composition 1 obese με τις μετρημένες τιμές με τη μέθοδο μέτρησης λίπους BIS και BIA.....	83
Σχήμα 4-27. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Lazzer Body Composition 1 obese με τις μετρημένες τιμές.....	85
Σχήμα 4-28. Συσχέτιση της RMR εκτίμησης Tverskaya με τις μετρημένες τιμές.....	87

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1. Εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας σε παιδιά και εφήβους.....	12
Πίνακας 4-1. Τα χαρακτηριστικά των παιδιών του δείγματος.....	25
Πίνακας 4-2. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity.....	26
Πίνακας 4-3Α. Κριτήρια Αξιολόγησης των Εξισώσεων Εκτίμησης του RMR.....	66
Πίνακας 4-3Β. Εύρος Απόκλισης (± 1.96 SD) RMR (kcal/d).....	67

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

BEE	Basal Energy Expenditure - Βασική Ενεργειακή Δαπάνη
%BF	Percent Body Fat - Επί τις εκατό Σωματικό Λίπος
BIA	Bioelectrical Impedance Analysis - Μέθοδος Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης
BIS	Bioelectrical Impedance Spectroscopy - Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης
Βλ.	Βλέπε
BM	Body Mass - Μάζα Σώματος
BMI	Body Mass Index - Δείκτης Μάζας Σώματος
BMR	Basal Metabolic Rate - Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός
DC	Direct Calorimetry – Άμεση Θερμιδομετρία
EE	Energy Expenditure – Ενεργειακή Δαπάνη
FM	Fat Mass = Λιπώδης Μάζα
FFM	Free Fat Mass - Άλιπη Μάζα Σώματος
Ht	Height - Ύψος
IC	Indirect Calometry - Έμμεση Θερμιδομετρία
%ICW	Percent Intra-Cellular Water – Επί τις εκατό Ενδοκυττάριο Νερό
R	Resistance - Αντίσταση
REE	Resting Energy Expenditure - Ενεργειακή Δαπάνη Ηρεμίας
RMR	Resting Metabolic Rate – Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας
TBW	Total Body Water – Ολικό Νερό Σώματος
TEE	Total Energy Expenditure - Συνολική Δαπάνη Ενέργειας
TEF	Thermic Effect of Feeding – Θερμική Επίδραση της Τροφής

W	Weight – Βάρος
WHO	World Health Organization- Παγκόσμιος οργανισμός υγείας
Xc	Capacitive Impedance-Χωρητική Αντίσταση

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή

Ο υπολογισμός του ενεργειακού ισοζυγίου είναι ιδιαίτερος σημαντικός για την παροχή της κατάλληλης διατροφικής φροντίδας και τον καθορισμό των θερμιδικών αναγκών με σκοπό την ενεργειακή ισορροπία καθώς και τη διαχείριση του βάρους των παιδιών (Garrow *et al.*, 1978; McArdle, Katch and Katch, 1996). Μάλιστα, λόγω της αύξησης του επιπολασμού των υπέρβαρων και παχύσαρκων παιδιών στις Δυτικού τύπου χώρες και κυρίως της εκτόξευσης των ποσοστών παχυσαρκίας των παιδιών στην Ελλάδα (Curie *et al.*, 2004; Inchley *et al.*, 2016; Kokkevi *et al.*, 2011), η διαχείριση του βάρους έχει αναδειχθεί σε θέμα ύψιστης σημασίας για τη δημόσια υγεία καθώς οι παχύσαρκοι έφηβοι έχουν υψηλότερο κίνδυνο να εξελιχθούν σε παχύσαρκους ενήλικες (Guo *et al.*, 1994). Επιπλέον, η παιδική παχυσαρκία σχετίζεται και με την ανάπτυξη καρδιολογικών παθήσεων και με την εμφάνιση διαβήτη και μεταβολικού συνδρόμου στην ενήλικη ζωή (Williams *et al.*, 2005). Όλα τα παραπάνω στοιχεία, αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα που έχει η παροχή των κατάλληλων και αξιόπιστων συστάσεων για την επαρκή και σωστή ενεργειακή πρόσληψη, απαραίτητη για την υγιή ανάπτυξη των παιδιών.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις των παιδιών και των εφήβων καθορίζονται από την συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη σε συνδυασμό με τις ενεργειακές ανάγκες που προκύπτουν λόγω της ανάπτυξής τους (Butte, 2000; Yamada *et al.*, 2020). Ο όρος Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη (Total Energy Expenditure – TEE) που συνήθως χρησιμοποιείται περιλαμβάνει τον βασικό μεταβολισμό, την ενέργεια που δαπανάται για την πέψη της τροφής (Thermic Effect of Feeding- TEF), για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος, για τη φυσική δραστηριότητα και φυσικά, για την ανάπτυξη (Butte, 2005).

Μια επιμέρους κατηγορία μελετών αφορά στην μέτρηση του βασικού μεταβολισμού, καθώς και στην εύρεση εξισώσεων εκτίμησής του, ως συνάρτηση διαφόρων παραμέτρων, όπως ηλικία, φύλο, μάζα, ύψος, άλιπη μάζα σώματος κ.ά. Και τούτο διότι ο βασικός μεταβολισμός αποτελεί περίπου το 60-70% των συνολικών ενεργειακών αναγκών των παιδιών. Επίσης, στις μελέτες αυτές γίνεται συνήθως και αξιολόγηση των διάφορων

εξισώσεων σε συγκεκριμένους πληθυσμούς παιδιών. Η παρούσα εργασία ανήκει σε αυτήν την κατηγορία μελετών.

1. Βασικός Μεταβολισμός

1.1. Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (BMR)

Ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (Basal Metabolic Rate - BMR) ορίζεται ως η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται ώστε να διατηρήσει ο οργανισμός τις βασικές ζωτικές λειτουργίες για να παραμείνει στη ζωή όταν δεν δαπανάται ενέργεια για την πέψη της τροφής και δεν απαιτείται επιπλέον ενέργεια για την ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος (Cooke, 2009). Με άλλα λόγια, ο BMR αποτελεί το σύνολο των ενεργειακής δαπάνης των ιστών και των οργάνων για την επιτέλεση της λειτουργίας της αναπνοής, του μεταβολισμού των κυττάρων, της κυκλοφορίας του αίματος, της δραστηριότητας του γαστρεντερικού συστήματος και των ενδοκρινών αδένων, σε κατάσταση ηρεμίας και σε θερμο-ουδέτερες συνθήκες περιβάλλοντος (Lazzer *et al.*, 2010). Πιο αναλυτικά, το ήπαρ αποτελεί περίπου το 21% του BMR, το εγκέφαλος περίπου το 20%, η καρδιά το 9%, οι νεφροί το 8%, ο σκελετικός ιστός το 18-22% και ο λιπώδης ιστός το 3-4% (Gallagher *et al.*, 1998). Ο BMR επίσης περιλαμβάνει και την ενέργεια που απαιτείται για να παραμείνει κάθε οργανισμός ξύπνιος, καθώς κατά τη διάρκεια του ύπνου παρατηρείται ελαφριά μείωση του μεταβολικού ρυθμού (Garby *et al.*, 1987). Σε γενικές γραμμές, ο βασικός μεταβολικός ρυθμός επηρεάζεται από παράγοντες όπως είναι η ηλικία, η σύσταση του σώματος, η ανάπτυξη, το στρες, η άσκηση, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και το κλίμα κ.ά. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πρόσφατα δημοσιευμένη συστηματική μελέτη ο BMR αναφέρεται ως Βασική Ενεργειακή Δαπάνη (BEE) (Fuentes-Servín *et al.*, 2021).

Όσον αφορά τα παιδιά, ο BMR αντιπροσωπεύει περίπου τα δύο τρίτα της συνολικής ημερήσιας δαπάνης (Tounian *et al.*, 2003). Το υπόλοιπο ένα τρίτο σχετίζεται με τη φυσική δραστηριότητα, τη θερμογένεση από την τροφή και την ανάπτυξη του παιδιού (Goran *et al.*, 1995). Σε γενικές γραμμές, τα παιδιά έχουν αυξημένο BMR καθώς χρειάζεται να καλύψουν τις ανάγκες τους για βιοσύνθεση. Όταν η ενεργειακή πρόσληψη ισοδυναμεί με την ενεργειακή δαπάνη, το ύψος και η σωματική ανάπτυξη του παιδιού αυξάνεται σταθερά από την γέννησή του μέχρι την εφηβεία (Tounian *et al.*, 2003).

Ο BMR υπολογίζεται είτε μέσω της άμεσης (Direct Calorimetry - DC) είτε μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας, η οποία χρησιμοποιείται ευρύτατα. Η Έμμεση Θερμιδομετρία (Indirect Calorimetry - IC) είναι ένας τρόπος υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών

βασιζόμενος στην κατανάλωση οξυγόνου [VO_2] και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα [VCO_2] σε κατάσταση ηρεμίας (Finan *et al.*, 1997; Oliviera *et al.*, 2014). Ωστόσο, η μέτρησή του BMR προϋποθέτει την τήρηση συγκεκριμένου και αυστηρού πρωτοκόλλου. Πιο αναλυτικά, το άτομο πρέπει να είναι ξύπνιο, ξαπλωμένο και ήρεμο, ελαφρά ντυμένο και σε άνετο θερμικά περιβάλλον ($20\text{-}25^\circ\text{C}$) για την αποφυγή της παραγωγής ή της απώλειας θερμότητας για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος (Adriaens, Schoffelen and Westerterp, 2003; McMurray *et al.*, 2015). Επιπλέον, η μέτρηση πρέπει να πραγματοποιείται έπειτα από ολονύχτια νηστεία, συνήθως το πρωί και με διαφορά τουλάχιστον 12-14 ώρες από το τελευταίο γεύμα (McMurray *et al.*, 2015). Επιπροσθέτως, απαιτείται το άτομο να απέχει από οποιαδήποτε μορφής φυσική δραστηριότητα για 24 ώρες πριν τη μέτρηση (Henry, 2005). Επιπλέον, πολύ σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η εξοικείωση των ατόμων με το πρωτόκολλο της μέτρησης. Ειδικότερα, για την πραγματοποίηση μιας ακριβούς μέτρησης του BMR, τα άτομα συνήθως διανυκτερεύουν το προηγούμενο βράδυ σε νοσοκομείο ή σε ερευνητικό κέντρο με σκοπό να ελέγχετε η πρόσληψη τροφής και η φυσική τους δραστηριότητα και επομένως, να εξασφαλίζεται η απουσία θερμογένεσης που παράγεται από την πρόσληψη τροφής καθώς και η ενέργεια που παράγεται από την φυσική δραστηριότητα (Adriaens, Schoffelen and Westerterp, 2003). Με άλλα λόγια, πρέπει με κάθε τρόπο να διασφαλιστεί ο περιορισμός οποιουδήποτε παράγοντα μπορεί να επιδράσει στην παραγωγή επιπρόσθετης ενέργειας. Ωστόσο, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, αυτή η μέθοδος είναι αρκετά ακριβή, πολύ χρονοβόρα και δύσκολη στην εφαρμογή τόσο για τα άτομα στα οποία πραγματοποιείται η μέτρηση όσο και για τους ίδιους τους ερευνητές (Adriaens, Schoffelen and Westerterp, 2003).

1.2. Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας (RMR)

Εφόσον η μέτρηση του BMR είναι ανέφικτο να πραγματοποιηθεί σε μη κλινικές συνθήκες για το ευρύ κοινό, προτιμάται η μέτρηση του Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας (Resting Metabolic Rate – RMR) η οποία παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία και ευελιξία σε σχέση με εκείνη του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού. Πιο αναλυτικά, ο όρος RMR αφορά στη ποσότητα ενέργειας που δαπανάται όταν το άτομο είναι ξύπνιο, χωρίς να έχει καταναλώσει γεύμα για τις τελευταίες 7 ώρες, βρίσκεται σε θερμο-ουδέτερο περιβάλλον

και δεν έχει ασκηθεί για περίπου 12 ώρες (Bray, Bouchard and James, 2004; Compther *et al.*, 2006; Fullmer *et al.*, 2015; Gropper, Smith and Carr, 2021). Επιπλέον, το άτομο χρειάζεται να ξεκουραστεί μόνο για 10 με 20 λεπτά πριν από τη διεξαγωγή της μέτρησης καθώς οι δραστηριότητες της καθημερινής ζωής (όπως η έγερση του ατόμου από το κρεβάτι, το ντύσιμο, η μετακίνησή του με το αυτοκίνητο, κ.α.) δεν φαίνεται να έχουν σημαντική επίδραση στον RMR (Compther *et al.*, 2006) γεγονός που υποδεικνύει ότι δεν είναι απαραίτητη η διανυκτέρευση στο τόπο διεξαγωγής της μέτρησης, ούτε είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί αμέσως μετά την πρωινή αφύπνιση (Fullmer *et al.*, 2015). Επιπροσθέτως, σε αντίθεση με τη μέτρηση του BMR, τα μετρούμενα άτομα μπορούν να βρίσκονται σε καθιστή θέση (Compther *et al.*, 2006). Είναι φανερό, επομένως, απ' όλα τα παραπάνω, ότι η μέτρηση του RMR απαιτεί λιγότερο αυστηρές συνθήκες σε σχέση με αυτές που απαιτούνται για τη μέτρηση του BMR και είναι πάντοτε λίγο υψηλότερος συγκριτικά με τον βασικό μεταβολικό ρυθμό.

Όσον αφορά τα παιδιά, ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας ανά kg σωματικής μάζας στα παιδιά είναι υψηλότερος σε σχέση με τους ενήλικες. Αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τις αυξημένες ανάγκες που προκύπτουν λόγω της ανάπτυξης των παιδιών, της εφηβείας και της αύξησης της μυϊκής τους μάζας (Gao *et al.*, 2023). Επίσης, διαφορές παρατηρούνται στον RMR και μεταξύ των φύλων. Ειδικότερα, ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας είναι σχετικά υψηλότερος στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (Gao *et al.*, 2023). Επίσης, τα κορίτσια τείνουν να έχουν περισσότερο λίπος από τα αγόρια και αυτό συνεχίζεται στην ενήλικη ζωή τους (Yuill, 2010).

Αρκετοί ερευνητές εναλλακτικά χρησιμοποιούν τον όρο Ενεργειακή Δαπάνη Ηρεμίας (Resting energy expenditure -REE) ο οποίος αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας ενώ ένα άτομο είναι ήρεμο, σε άνετο περιβάλλον και απέχει από την πρόσληψη τροφής (Pupim, Martin and Ikizler, 2013) και αντιπροσωπεύει το 60-70% της Συνολικής Δαπάνης Ενέργειας (Total Energy Expenditure -TEE) (Marra *et al.*, 2021). **Οι όροι REE και RMR θεωρούνται ισοδύναμοι από το Αμερικανικό Συμβούλιο Έρευνας** (Rawson, Branch and Stephenson, 2019). Στη διεθνή βιβλιογραφία, οι όροι BMR, RMR και REE συνήθως συγχέονται και χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι οι ερευνητές Harris-Benedict (1919) στη μελέτη τους χρησιμοποιούν τον όρο REE, η

επιτροπή FAO/WHO/UNU (1985) τον όρο BMR και οι Maffeis *et al.* (1993) τον όρο RMR.

Στην παρούσα μελέτη, επιλέχθηκε να χρησιμοποιείται ο όρος RMR καθώς οι μετρήσεις έγιναν μέσα σε σχολικές αίθουσες οι οποίες παραχωρήθηκαν για τη διεξαγωγή των μετρήσεων και όχι σε κάποιο νοσοκομείο ή ερευνητικό κέντρο. Ωστόσο, το πρωτόκολλο έμμεσης θερμιδομετρίας που εφαρμόστηκε προσομοιάζει με εκείνο της μέτρησης του BMR με εξαίρεση ότι τα εξεταζόμενα παιδιά δεν είχαν διανυκτερεύσει σε ελεγχόμενο περιβάλλον και κατά τη διάρκεια της μέτρησης δεν βρίσκονταν σε ύπτια θέση (όπως προτάσσει το πρωτόκολλο του BMR), αλλά κάθονταν σε μια άνετη καρέκλα. Με δεδομένο, όμως, την αποχή από την πρόσληψη τροφής από το προηγούμενο βράδυ, την ηρεμία πριν την μέτρηση και το ότι οι μετρήσεις γίνονταν τις δύο πρώτες διδακτικές ώρες του ωρολογίου προγράμματος των δημοτικών σχολείων (8:15 πμ. έως 9:40 πμ.), θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει πως, σε ότι αφορά την παρούσα έρευνα, ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας σχεδόν ταυτίζεται με τον βασικό μεταβολικό ρυθμό. Παρόλα αυτά, εφόσον οι μετρήσεις έγιναν ουσιαστικά σε εργαστηριακές συνθήκες, θεωρήθηκε σωστό να χρησιμοποιηθεί ο όρος RMR, λαμβάνοντας όμως υπόψη ότι οι μετρημένες τιμές που αναφέρονται στη παρούσα μελέτη δεν διαφέρουν, ουσιαστικά, από τον BMR.

Το RMR μπορεί είτε να εκτιμηθεί μέσω μαθηματικών εξισώσεων είτε να μετρηθεί (Compher *et al.*, 2006; Derumeaux-Burel *et al.*, 2004). Ωστόσο, η πραγματική τιμή του μπορεί να βρεθεί με ακρίβεια μόνο με τη μέτρησή του η οποία, όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιείται συνηθέστερα μέσω της Έμμεσης Θερμιδομετρίας (Cooke, 2009). Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κλινική πράξη και σε μελέτες ως μέθοδος αναφοράς καθώς είναι μέτρηση υψηλής ακρίβειας με πολύ καλή πρόβλεψη (Oliviera *et al.*, 2014; Schutz and Deurenberg, 1996). Ωστόσο, παράγοντες όπως το κόστος, η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού, ο χρόνος που χρειάζεται για την διεξαγωγή της μέτρησης, η ανάγκη για συμμόρφωση σε συγκεκριμένο πρωτόκολλο και το καταρτισμένο προσωπικό που απαιτείται για τη διεκπεραίωση της μέτρησης κάνουν την χρήση της έμμεσης θερμιδομετρίας πολλές φορές δύσκολη στην εφαρμογή (Derumeaux-Burel *et al.*, 2004; Finan *et al.*, 1997; Frankerfield, Roth-Yousey and Compher, 2005; Matarese, 1997). Αυτός είναι και ο λόγος, που η μέτρηση του RMR μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας χρησιμοποιείται κυρίως ως **εργαλείο έρευνας** (Frankenfield, Muth and Rowe, 1998).

Εξαιτίας των παραπάνω δεδομένων, οι επαγγελματίες υγείας τις περισσότερες φορές επιλέγουν τον υπολογισμό του RMR, αντί της μέτρησής του, χρησιμοποιώντας μαθηματικές εξισώσεις εκτίμησης οι οποίες λαμβάνουν υπόψη **ανθρωπομετρικές παραμέτρους, ενώ κάποιες από αυτές και παραμέτρους σύστασης σώματος**. Στην πλειοψηφία τους, οι εξισώσεις αυτές έχουν προκύψει από μετρήσεις έμμεσης θερμιδομετρίας (Frankerfield, Roth-Yousey and Compher, 2005).

1.3. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Οι πιο παλιές εξισώσεις εκτίμησης του RMR που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι αυτές των Harris-Benedict (1919) (βλέπε **Πίνακα 1-1**) που πραγματοποίησαν έρευνα στις ΗΠΑ και οι οποίες, παρά την παλαιότητά τους, είναι διαδεδομένες και χρησιμοποιούνται ευρέως από τους επαγγελματίες υγείας για τη διατροφική αξιολόγηση τόσο των ενηλίκων όσο και των παιδιών. Οι δύο αυτές εξισώσεις (για γυναίκες και άνδρες) δημιουργήθηκαν με βάση υγιή πληθυσμό γυναικών και ανδρών ηλικίας 16–63 χρονών από την περιοχή της Βοστώνης και περιλαμβάνουν ανθρωπομετρικές περιμέτρους. Αξίζει να σημειωθεί ότι αναθεωρημένες εκδόσεις της αρχικής εξίσωσης δημοσιεύτηκαν πολλά χρόνια αργότερα από τους Rosa and Shizgal (1984), Mifflin *et al.* (1990) και Pavlidou *et al.* (2023), οι οποίες όμως αφορούν τον ενήλικο πληθυσμό. Επίσης, οι Harris-Benedict σχεδίασαν και μία εξίσωση εκτίμησης RMR για νεογέννητα παιδιά.

Από τη δημοσίευση της πρώτης εξίσωσης μέχρι σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες που επιδιώκουν να προσδιορίσουν την εξίσωση που είναι κατάλληλη για τον ακριβή προσδιορισμό του βασικού μεταβολισμού στα παιδιά. Ειδικότητα, το 1985 η επιστημονική επιτροπή του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας, του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και του Πανεπιστημίου των Ηνωμένων Εθνών (FAO/WHO/UNU) έκδωσε αναφορά που περιελάμβανε μια ευρείας κλίμακας μελέτη με μεγάλο δείγμα ανθρώπων όλων των ηλικιών συμπεριλαμβανομένων και παιδιών προερχόμενων από ανεπτυγμένες και υποανάπτυκτες περιοχές. Η επιτροπή προχώρησε στη δημοσιοποίηση εξισώσεων εκτίμησης του RMR. Οι εξισώσεις που προορίζονται για τα παιδιά περιλαμβάνουν ανθρωπομετρικές παραμέτρους και διαφοροποιούνται με βάση το φύλο και την ηλικία των παιδιών (για παιδιά 0-3, 3–10 και 10–18 ετών). Παρόλα αυτά, οι ερευνητές υπογράμμισαν στην αναφορά τους ότι οι μαθηματικές εξισώσεις πιθανόν να μη

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλες τις φυλές των ανθρώπων και σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές. Έτσι, τα μέλη της επιτροπής κατέληξαν στο συμπέρασμα πως, αν κριθεί αναγκαίο, νέες εξισώσεις πρέπει να προκύψουν για συγκεκριμένες φυλές ή χώρες ώστε να αποφευχθούν σφάλματα (Torun *et al.*, 1996).

Την ίδια χρονιά ο ερευνητής Schofield (1985) δημοσίευσε εξισώσεις εκτίμησης του BMR που προήλθαν από βάσεις δεδομένων παιδιών και ενήλικων προερχόμενων από ανεπτυγμένες και υποανάπτυκτες χώρες της Ευρώπης, της Ασίας και της Αμερικής. Οι δυο διαφορετικές εξισώσεις που προτάθηκαν περιλαμβάνουν και αυτές μόνο ανθρωπομετρικές παραμέτρους και χωρίστηκαν με βάση το φύλο και την ηλικία των παιδιών (για παιδιά 0-3, 3-10 και 10-18 ετών) όπως και οι εξισώσεις της επιτροπής του FAO/WHO/UNU.

Η μελέτη των Dietz *et al.* (1991) που διεξήχθη στη Βοστώνη σε εφήβους σύγκρινε το μετρημένο BMR με την εκτίμηση πέντε γνωστών εξισώσεων πρόβλεψης και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η εξίσωση της επιτροπής FAO/WHO/UNU (1985) για 10 έως 18 ετών που περιλαμβάνει το βάρος και ύψος είναι η καταλληλότερη για τον υπολογισμό του BMR σε παιδιατρικό πληθυσμό με παχυσαρκία. Όμως, σε ότι αφορά το μεικτό πληθυσμό (δηλαδή τα παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά), οι ερευνητές πρότειναν τη χρήση της εξίσωσης του FAO/WHO/UNU (1985) που περιλαμβάνει μόνο το βάρος.

Το 1993 οι ερευνητές Maffeis *et al.* δημοσίευσαν τη συγκριτική μελέτη που διεξήγαγαν στην Ιταλία και περιελάμβανε παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά ηλικίας 6-10 ετών χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις που αναφέρονταν μέχρι τότε στη βιβλιογραφία. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους επιβεβαίωσαν τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του RMR και της σύστασης σώματος στα παιδιά, καθώς ο FFM βρέθηκε ότι αποτελεί τον καλύτερο δείκτη πρόβλεψης του RMR και στα δύο φύλα μαζί με το σωματικό βάρος. Η πλειονότητα των εξισώσεων που εξετάστηκαν φάνηκε ότι υπερεκτιμούν τον RMR των παιδιών φυσιολογικού βάρους. Επιπλέον, οι ερευνητές παρουσίασαν και τις δικές τους εξισώσεις πρόβλεψης κατάλληλες για παιδιατρικό πληθυσμό προεφηβικής ηλικίας.

Η μελέτη των Molnar *et al.* (1995) που διεξήχθη στην Ουγγαρία σύγκρινε το μετρημένο RMR με την εκτίμηση πέντε γνωστών εξισώσεων πρόβλεψης και εξήγαγαν το συμπέρασμα ότι όλες οι εξισώσεις που εξετάστηκαν υπερεκτιμούν τον RMR παχύσαρκων και φυσιολογικού βάρους παιδιών προεφηβικής και μετεφηβικής ηλικίας 10 έως 16 ετών.

Ως εκ τούτου, οι ερευνητές κατέληξαν σε δικές τους, νέες εξισώσεις πρόβλεψης (Molnar *et al.*, 1995 και Molnar and Schutz, 1997).

Η ομάδα ερευνητών Finan *et al.* (1997) δημοσίευσαν έρευνα (3.9-7.8 ετών), η οποία αφού εξέτασε την ακρίβεια πέντε εξισώσεων πρόβλεψης της REE τελικά κατέληξε στο συμπέρασμα ότι στις περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή η μέτρηση της REE να χρησιμοποιείται η εξίσωση εκτίμησης της επιτροπής του FAO/WHO/UNU για παιδιά 3-10 ετών.

Μια χρονιά αργότερα, η έρευνα των Tverskaya *et al.* (1998) που πραγματοποιήθηκε στη Νέα Υόρκη εστίασε στο καθορισμό της πιο κατάλληλης εξίσωσης εκτίμησης του BMR για παχύσαρκο παιδιατρικό πληθυσμό. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι καμία από τις εξισώσεις που αξιολογήθηκαν δεν είναι κατάλληλη, εκτός από για τον πληθυσμό της έρευνας και επομένως οι ερευνητές προχώρησαν στην δημοσιοποίηση μια νέας δικής τους εξίσωσης εκτίμησης του BMR στοχευμένη στα παχύσαρκα παιδιά από 6 έως 18 ετών.

Η μελέτη των Rodriguez *et al.*, (2000) για παχύσαρκα και μη παχύσαρκα παιδιά 7.8 έως 16.6 ετών έδειξε ότι οι εξισώσεις Schofield έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια για μεικτό πληθυσμό παχύσαρκων και μη παχύσαρκων παιδιών και εφήβων. Ωστόσο, αναφέρεται ότι ενδεχομένως η εξίσωση FAO/WHO/UNU θα ήταν πιο χρήσιμη για τα κορίτσια ενώ η εξίσωση Schofield για τα φυσιολογικού βάρους παιδιά. Επιπλέον, **οι ερευνητές υπογράμμισαν ότι η άλιπη μάζα είναι ο παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στο RMR και όχι το σωματικό βάρος**. Επομένως, στα παιδιά που είναι παχύσαρκα οι εξισώσεις που βασίζονται στο σωματικό βάρος είναι πιθανόν να υπερεκτιμούν τον RMR καθώς το επιπλέον βάρος οφείλεται κατά κύριο λόγο σε λίπος, έναν λιγότερο ενεργό μεταβολικά ιστό συγκριτικά με την άλιπη μάζα. Παρόλα αυτά, οι ερευνητές επίσης τόνισαν την ανάγκη να προκύψουν καινούργιες εξισώσεις πρόβλεψης που να παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση του RMR.

Η έρευνα των McDuffie *et al.* (2004) που διεξήχθη στις ΗΠΑ με παιδιά ηλικίας 6-11 ετών της λευκής και της μαύρης φυλής έδειξε ότι καμία από τις επτά εξισώσεις πρόβλεψης της REE που εξετάστηκαν δεν είναι κατάλληλη για τον συγκεκριμένο πληθυσμό παιδιών. Έτσι, οι ερευνητές προχώρησαν στην ανάπτυξη καινούργιων εξισώσεων πρόβλεψης της REE κατάλληλη για υπέρβαρα, παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά.

Την ίδια χρονιά, η ομάδα ερευνητών Derumeaux-Burel (2004) δημοσίευσαν έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Γαλλία με παχύσαρκο πληθυσμό παιδιών και εφήβων 3-18 ετών. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι καμία από τις εξισώσεις εκτίμησης REE που αξιολογήθηκαν δεν είναι κατάλληλη για τον πληθυσμό της έρευνας και επομένως οι ερευνητές πρότειναν δύο νέων δικές τους εξισώσεις εκτίμησης της REE.

Κάνοντας κριτική ανασκόπηση σε παλιότερη έρευνα (Schofield, 1985), ο Henry (2005) δημιούργησε μία μεγάλη βάση δεδομένων από άτομα προερχόμενα από Ευρώπη, Ασία και Αμερική διαφορετικών ηλικιών. Ο ερευνητής πρότεινε καινούργιες εξισώσεις πρόβλεψης BMR, γνωστές ως εξισώσεις Oxford. Ειδικότερα, για τον παιδιατρικό πληθυσμό πρότεινε δύο εξισώσεις, η πρώτη περιλαμβάνει τη μεταβλητή του βάρους και η δεύτερη το βάρος και ύψος. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι ο αριθμός των παιδιών και των εφήβων που συμπεριελήφθησαν στη μελέτη δεν προσδιορίστηκε.

Επιπλέον, οι Lazzer *et al.* (2007) έκαναν συγκριτική μελέτη επτά μαθηματικών εξισώσεων εκτίμησης της REE με τη μετρημένη τιμή σε λευκά παχύσαρκα παιδιά και εφήβους 7-18 ετών. Η έρευνα κατέληξε ότι από όλες τις εξισώσεις που εξετάστηκαν εκείνες των Lazzer *et al.* (2006) εκτίμησαν την REE με τη μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι συγκεκριμένες εξισώσεις δημοσιεύτηκαν την προηγούμενη χρονιά από την ίδια ομάδα ερευνητών και αφορούν παχύσαρκα παιδιά. Τέσσερα χρόνια αργότερα, η μελέτη των Lazzer *et al.* (2010) η οποία περιελάμβανε ένα πολύ μεγάλο δείγμα παχύσαρκων παιδιών και ενηλίκων έδειξε ότι το φύλο αποτελεί σημαντικό παράγοντα του BMR σε παχύσαρκα παιδιά και εφήβους. Επιπλέον, παρουσίασαν και δικές τους νέες εξισώσεις (Lazzer *et al.*, 2010; Lazzer *et al.*, 2014).

Η ομάδα ερευνητών Fuentes-Servín *et al.* δημοσίευσαν το 2021 μία συστηματική ανασκόπηση στην προσπάθειά τους να συνοψίσουν όλες τις μελέτες που είχαν γίνει μέχρι εκείνη τη στιγμή και περιελάμβαναν νέες ή αναθεωρημένες εξισώσεις εκτίμησης του RMR, καθώς επίσης και να αναδείξουν όλες τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές για το σχεδιασμό αυτών των εξισώσεων, για παιδιατρικό πληθυσμό.

Η πρόσφατη έρευνα των Acar-Tek *et al.* (2023) στην οποία συμμετείχαν 275 παιδιά και έφηβοι ηλικίας 6–18 χρονών με διαφορετικούς δείκτες μάζας σώματος κατέληξε ότι από όλες τις εξισώσεις εκτίμησης REE που εξετάστηκαν, η εξίσωση των Schmelzle *et al.* (2004) που δημιουργήθηκε για πληθυσμό παχύσαρκων παιδιών ήταν η πιο ακριβής για τα

παιδιά φυσιολογικού βάρους και τα υπέρβαρα παιδιά. Οι ερευνητές προχώρησαν και στην δημοσιοποίηση μιας νέας δικής τους εξίσωσης εκτίμησης REE η οποία όμως είχε μικρότερη ακρίβεια στα παιδιά που σύμφωνα με τον Δ.Μ.Σ τους ήταν παχύσαρκα.

Στον Ελλαδικό χώρο, οι έρευνες που έχουν γίνει έως τώρα αφορούν κυρίως στον ενήλικο πληθυσμό (Pavlidou *et al.*, 2023) ή άτομα με συγκεκριμένα νοσήματα (Skouroliaiou *et al.*, 2009). Επίσης η μελέτη των Pavlidou *et al.* (2018) αφορά φυσιολογικού βάρους και παχύσαρκα παιδιά και ενήλικες από 10 έως 76 ετών. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη έρευνα δεν έχουν χρησιμοποιηθεί εξισώσεις που να περιλαμβάνουν παραμέτρους σύστασης σώματος. Επομένως, εξ όσων γνωρίζουμε στην Ελλάδα δεν έχει διεξαχθεί καμία μελέτη που να αφορά αποκλειστικά τον παιδιατρικό πληθυσμό και να διερευνά την ακρίβεια στην εκτίμηση του RMR, τόσο των εξισώσεων που περιλαμβάνουν ανθρωπομετρικές παραμέτρους, όσο και παραμέτρους σύστασης σώματος.

Πίνακας 1-1. Εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας σε παιδιά και εφήβους

References		Gender r	Age range	Population	Predictive equation
1. Harris-Benedict, 1919	(a)	Male	16-63 ετών	Άτομα φυσιολογικού βάρους της λευκής φυλής	$66.473 + (5.003 \times H) + (13.752 \times W) - (6.755 \times \text{age})$
	(a)	Female			$655.096 + (1.85 \times H) + (9.563 \times W) - (4.676 \times \text{age})$
2. Schofield, 1985	(a)	Male	3-10 ετών	Παιδιά από υποανάπτυκτες και ανεπτυγμένες χώρες	$(19.59 \times W) + (1.303 \times H) + 414.9$
	(a)	Female			$(16.969 \times W) + (1.618 \times H) + 371.2$
3. FAO / WHO/ UNU, 1985	(a)	Male	10-18 ετών	Παιδιά από υποανάπτυκτες και ανεπτυγμένες χώρες	$(16.6 \times W) + (0.77 \times H) + 572$
	(a)	Female			$(7.4 \times W) + (4.82 \times H) + 217$
4. McDuffie <i>et al.</i> , 2004 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως McDuffie Body Composition.	(b)	Female	6-11 ετών	Υπέρβαρα, παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά της λευκής και της μαύρης φυλής	$[(101 \times \text{FFM}) + (25 \times \text{FM}) + [293 \times (H/100)^3] + 1.643] / 4.186$
	(b)	Male			$[(78 \times \text{FFM}) + (26 \times \text{FM}) - [2646 / (H/100)^2] + 4800] / 4.186$
5. Derumeaux-Burel <i>et al.</i> , 2004 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Derumeaux-Burel Body Composition	(b)	Male	3-18 ετών	Παχύσαρκα παιδιά	$[(109.6 \times \text{FFM}) + 2886.2] / 4.186$
	(b)	Female			$[(137.1 \times \text{FFM}) - (164.4 \times \text{age}) + 3364.7] / 4.186$
6. Tverskaya <i>et al.</i> , 1998	(b)	All	3-18 ετών	Παχύσαρκα παιδιά διαφόρων φυλών	$775 + (28.4 \times \text{FFM}) - (37 \times \text{age}) + (3.3 \times \text{FM}) + (82 \times \text{gender})$ (gender : M = 1, F = 0)
7. Molnar <i>et al.</i> , 1995 Στην παρούσα εργασία αναφέρεται στο κείμενο ως Molnar 1 Anthropometry.	(a)	All	10-16 ετών	Παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά	$[(50.2 \times W) + (29.6 \times H) - (144.5 \times \text{age}) - (550 \times \text{gender}) + 594.3] / 4.186$ (gender : M = 0, F = 1)
8. Molnar & Schutz, 1997 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Molnar 2 Body Composition.	(b)	All	9.5-16.5 ετών	Παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά	$[3486 + (97.1 \times \text{FFM}) - (115 \times \text{age}) - (383 \times \text{gender}) + (22 \times \text{FM})] / 4.186$ (gender : M = 0, F = 1)
9. Maffei <i>et al.</i> , 1993 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Maffei 1	(a)	Male	6-10 ετών	Παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά της λευκής φυλής	$[(28.6 \times W) + (23.6 \times H) - (69.1 \times \text{age}) + 1287] / 4.186$
	(a)	Female			$[(35.8 \times W) + (15.6 \times H) - (36.3 \times \text{age}) + 1552] / 4.186$

Anthropometry.					
10. Maffeis <i>et al.</i> , 1993 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Maffeis 2 Body Composition.	(b)	All	6-10 ετών	Παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά της λευκής φυλής	$[(91.1 \times \text{FFM}) - (57.7 \times \text{age}) - (166 \times \text{gender}) + 2879] / 4.186$ (gender : M = 0, F = 1)
11. Lazzer <i>et al.</i> , 2010 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Lazzer Body Composition 1.	(b)	All	7-18 ετών	Παχύσαρκα παιδιά και έφηβοι της λευκής φυλής	$[(99 \times \text{FFM}) - (28 \times \text{age}) + (749 \times \text{gender}) + 3640] / 4.186$ (gender : M = 1, F = 0)
12. Lazzer <i>et al.</i> , 2010 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Lazzer Body Composition 2.	(b)	All			$[(63 \times \text{FFM}) - (50 \times \text{age}) + (938 \times \text{gender}) + (37 \times \text{FM}) + 3759] / 4.186$ (gender : M = 1, F = 0)
13. Lazzer <i>et al.</i> , 2010 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Lazzer Anthropometry 1.	(a)	All	7-18 ετών	Παχύσαρκα παιδιά και έφηβοι της λευκής φυλής	$[(50 \times \text{W}) - (57 \times \text{age}) + (1007 \times \text{gender}) + 3804] / 4.186$ (gender : M = 1, F = 0)
14. Lazzer <i>et al.</i> , 2010 Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο ως Lazzer Anthropometry 2.	(a)	All			$[(44 \times \text{W}) - (95 \times \text{age}) + (889 \times \text{gender}) + (24 \times \text{H}) + 1044] / 4.186$ (gender : M = 1, F = 0)
15. Present Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο new equation FFM.	(b)	All	7-12,5 ετών	Υπέρβαρα, παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά της λευκής φυλής	$699.07 + (29,869 \times \text{FFM})$
16. Present Στην παρούσα έρευνα αναφέρεται στο κείμενο new equation FFM & gender.	(b)	All			$688.109 + (29.815 \times \text{FFM}) + (34.687 \times \text{gender})$ (gender : M = 1, F = 0)
W = body weight (in kg); H = height (in cm); FFM : free fat mass (in kg); FM : fat mass (in kg); age in years; race: 1= black, 0= white; equations developed using anthropometric (a) (body weight and stature) or body composition (b) (fat-free mass and fat mass) as parameters					

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση των γνωστών εξισώσεων εκτίμησης του BMR/RMR σε παιδιά (βλ. **Πίνακα 1-1**), εφαρμόζοντάς τες σε ένα δείγμα 105 παιδιών ηλικίας 7-12 ετών από την περιοχή της Σητείας. Η αξιολόγηση βασίζεται στη συσχέτιση της μετρημένης τιμής του RMR, μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας (σπιρομέτρηση), με την εκτιμώμενη τιμή από την καθεμία εξίσωση, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των Bland-Altman. Επιπλέον, η έρευνα εστίασε στην εύρεση δυο νέων εξισώσεων εκτίμησης του RMR με ανεξάρτητες μεταβλητές την άλιπη μάζα (η πρώτη εξίσωση) ή την άλιπη μάζα και το φύλο (η δεύτερη εξίσωση), με στόχο τη μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν των γνωστών εξισώσεων, για τον συγκεκριμένο πληθυσμό/ηλικία του δείγματος των παιδιών.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ηλικιακές ομάδες κάποιων εξισώσεων του **Πίνακα 1-1** δεν ταυτίζονται ακριβώς με το εύρος της ηλικιακής ομάδας του δείγματος της παρούσας μελέτης (7-12 ετών). Παρόλα αυτά, οι εξισώσεις αυτές χρησιμοποιούνται καθότι το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος μας ηλικιακά εμπίπτει μέσα στο εύρος των εξισώσεων αυτών. Επίσης, κάποιες από τις εξισώσεις της βιβλιογραφίας αναφέρονται μόνο σε παχύσαρκα παιδιά. Ο λόγος που οι παραπάνω εξισώσεις συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη και δεν αφαιρέθηκαν ήταν διότι είναι η πρώτη φορά που σε μια τέτοιου είδους έρευνα οι μετρημένες τιμές RMR συγκρίνονται σχεδόν με όλες τις υπάρχουσες εξισώσεις της βιβλιογραφίας. Εξάλλου, στην υποενότητα **4.2.5** γίνεται διαχωρισμός των παιδιών του δείγματος σε φυσιολογικού βάρους/λίπους και σε υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά και εξετάζεται η επιμέρους συσχέτιση των δυο αυτών ομάδων με τις εκτιμήσεις των εξισώσεων.

3. Μέθοδοι

3.1. Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 105 παιδιά, εκ των οποίων 61 κορίτσια και 44 αγόρια, ηλικίας 8 έως 12 ετών, από δημοτικά σχολεία της περιοχής της Σητείας. Οι μετρήσεις υλοποιήθηκαν μετά από την έγγραφη συγκατάθεση των γονέων και κηδεμόνων των παιδιών για τη συμμετοχή τους στην έρευνα και αφού είχε προηγηθεί αναλυτική ενημέρωση τους για το πρωτόκολλο που έπρεπε να ακολουθηθεί (βλ. **Παράρτημα Ι**). Η παρούσα έρευνα αποτελούσε ένα μικρό μέρος της έρευνας που διεξήχθη στα πλαίσια του προγράμματος Υποέργο 07 με τίτλο «Αξιολόγηση Διατροφικής Παρέμβασης μέσω διαδικτύου σε παιδιά Δημοτικών Σχολείων της Κρήτης», της πράξης με τίτλο «ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ – Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στο ΤΕΙ Κρήτης» στο Ε.Π. «Εκπαίδευση και δια Βίου Μάθηση» του Τμήματος Διατροφής και Διαιτολογίας του Τ.Ε.Ι Κρήτης.

3.2. Μετρήσεις

Στην έρευνα συμμετείχαν παιδιά από δημοτικά σχολεία της περιοχής της Σητείας και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε ειδικές αίθουσες των σχολείων που είχαν παραχωρηθεί για το σκοπό της παρούσας έρευνας. Τα παιδιά έρχονταν στο σχολείο τους είτε με αμάξι είτε με τα πόδια όταν η απόσταση από την οικία τους ήταν κοντινή. Στα παιδιά που έλαβαν μέρος στην έρευνα έγιναν μετρήσεις ύψους, βάρους, σπιρομέτρηση καθώς επίσης και μέτρηση σύστασης σώματος με τη μέθοδο BIS. Μέσα στο δωμάτιο που πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις παρευρίσκονταν μόνο ο εξεταστής και το μετρούμενο παιδί.

3.2.1. Μετρήσεις βάρους και ύψους

Οι μετρήσεις του ύψους έγιναν με το φορητό αναστημόμετρο *Tanita HR 001* με τα μετρούμενα παιδιά να βρίσκονται σε όρθια θέση. Η ακρίβεια του οργάνου είναι 1mm. Οι μετρήσεις του βάρους πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρικό ζυγό της εταιρείας *Tanita HD 351*. Η ακρίβεια του οργάνου είναι 0.1kg. Τόσο η μέτρηση του ύψους όσο και του βάρους έγιναν δύο φορές η καθεμία και τελικά λήφθηκε υπόψη ο μέσος όρος των

δύο μετρήσεων. Αν για οποιοδήποτε λόγο υπήρχαν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των δύο μετρήσεων διεξάγονταν και τρίτη μέτρηση με σκοπό να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα μέτρησης.

Οι δύο ανθρωπομετρικές μετρήσεις έγιναν με τα παιδιά να φορούν ελαφρύ ρουχισμό και χωρίς υποδήματα (βλ. **Εικόνα 3-1** και **3-2**). Πιο αναλυτικά, σε ό,τι αφορά την μέτρηση του ύψους, τα παιδιά στέκονταν με το κεφάλι, την ωμοπλάτη, τις φτέρνες και τους γλουτούς να εφάπτονται στην κάθετη επιφάνεια του στυλοβάτη και με το κεφάλι σε οριζόντια θέση και το βλέμμα σε Frankfort horizontal plane θέση (βλ. **Εικόνα 3-1**). Επίσης, οι ώμοι τους ήταν χαλαροί, τα πόδια τεντωμένα και ίσια και τα χέρια τους βρίσκονταν σε έκταση (Ζαμπέλας, 2011). Τέλος, κατά τη διάρκεια της μέτρησης τα παιδιά έπαιρναν μια βαθιά εισπνοή την οποία αφήνουν κατά την ολοκλήρωση της μέτρησης (CDC, 2007).

Οι μετρήσεις του βάρους πραγματοποιήθηκαν αφού τοποθετούνταν ο ζυγός σε σταθερή και επίπεδη επιφάνεια. Τα παιδιά στέκονταν ακίνητα στο μέσο της ζυγαριάς και χωρίς να στηρίζονται κάπου. Το πρόσωπό τους και το βλέμμα τους ήταν ευθεία μπροστά και οι ώμοι τους χαλαροί στα πλάγια (βλ. **Εικόνα 3-2**).



Εικόνα 3-1. Μέτρηση ύψους με
αναστημόμετρο Tanita HR 001



Εικόνα 3-2. Μέτρηση βάρους με
ζυγαριά Tanita HD 351

3.2.2. Μέτρηση του RMR

Για την υλοποίηση των μετρήσεων του RMR χρησιμοποιήθηκε φορητό σπιρόμετρο *Fitmate* της εταιρείας *Cosmed* (βλ. **Εικόνα 3-3**). Η εγκυρότητα του συγκεκριμένου οργάνου έχει διερευνηθεί σε διάφορες μελέτες κατά το παρελθόν και έχει χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της ενεργειακής πρόσληψης και σε άλλους πληθυσμούς στο παρελθόν (Lee *et al.*, 2011; Vandarakis, Salacinski and Broeder, 2013).

Οι μετρήσεις έγιναν με τη βοήθεια αντιβακτηριδιακού φίλτρου μιας χρήσης και με ή χωρίς τη βοήθεια επιστομίου. Τα παιδιά που επρόκειτο να μετρηθούν την επόμενη ημέρα ειδοποιούνταν από τη προηγούμενη για τη τήρηση του πρωτοκόλλου της σπιρομέτρησης και δινόταν έμφαση στην αποφυγή κατανάλωσης πρωινού γεύματος πριν έρθουν στο σχολείο ώστε να διασφαλιστεί η 12ωρη νηστεία.

Επίσης, ενημερώνονταν αναλυτικά και οι γονείς/κηδεμόνες των παιδιών για τη διαδικασία της μέτρησης που θα υλοποιούνταν (**Παράρτημα II**). Η μέτρηση πραγματοποιούνταν κατά τις δυο πρώτες διδακτικές ώρες του σχολείου (πριν το πρώτο διάλειμμα) και διαρκούσε περίπου 20 λεπτά. Έγινε προσπάθεια να αποφευχθούν οι αθλητικές δραστηριότητες πριν τη μέτρηση καθώς η φυσική δραστηριότητα αυξάνει την κατανάλωση οξυγόνου και ο χρόνος που χρειάζεται ο οργανισμός να επανέλθει εξαρτάται από το είδος, την ένταση της δραστηριότητας καθώς επίσης σχετίζεται και με το επίπεδο της φυσικής κατάστασης του μετρούμενου ατόμου (Compher *et al.*, 2006).

Η διαδικασία της μέτρησης λάμβανε χώρα σε θερμοκρασία δωματίου (περίπου 25°C). Πριν την διεξαγωγή της εξέτασης, ο εξεταστής εξηγούσε στο μετρούμενο παιδί αναλυτικά τη διαδικασία που θα ακολουθούνταν και απαντούσε σε οποιαδήποτε απορία που μπορεί να προέκυπτε. Στα παιδιά που για κάποιο λόγο ένιωθαν αδιαθεσία



Εικόνα 3-3. Συσκευή μέτρησης βασικού μεταβολισμού Cosmed Fitmate

ή σε εκείνα που είχαν καταναλώσει πρωινό γεύμα η μέτρηση δεν πραγματοποιούνταν τη συγκεκριμένη ημέρα. Οι μετρήσεις διεξάγονταν με τα παιδιά να βρίσκονται σε καθιστή θέση σε όλη τη διάρκεια της μέτρησης και τοποθετούνταν αντιβακτηριδιακό φίλτρο (βλ. **Εικόνα 3-4**). Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι, τα παιδιά λόγω της νεαρής ηλικίας τους διαθέτουν μικρή στοματική κοιλότητα και δύνανται να μην χρησιμοποιούν επιστόμιο στις μετρήσεις του RMR (σύμφωνα με τις προδιαγραφές του οργάνου), εφόσον βέβαια διασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει απώλεια αέρα από το στόμα τους που θα οδηγήσει σε εσφαλμένη μέτρηση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, κατά τη διάρκεια της εξοικείωσης των παιδιών με τη διαδικασία που θα ακολουθούσε και με το ίδιο το όργανο μέτρησης, επέλεξαν τα ίδια αν ένιωθαν πιο άνετα να μετρηθούν με το επιστόμιο ή χωρίς αυτό καθώς βασική προτεραιότητα ήταν πάνω από όλα τα παιδιά να παραμείνουν ήρεμα και χωρίς άγχος ή αίσθηση δυσφορίας (βλ. **Εικόνα 3-5**) (Fullmer *et al.*, 2015).



Εικόνα 3-4. Αντιβακτηριδιακό φίλτρο

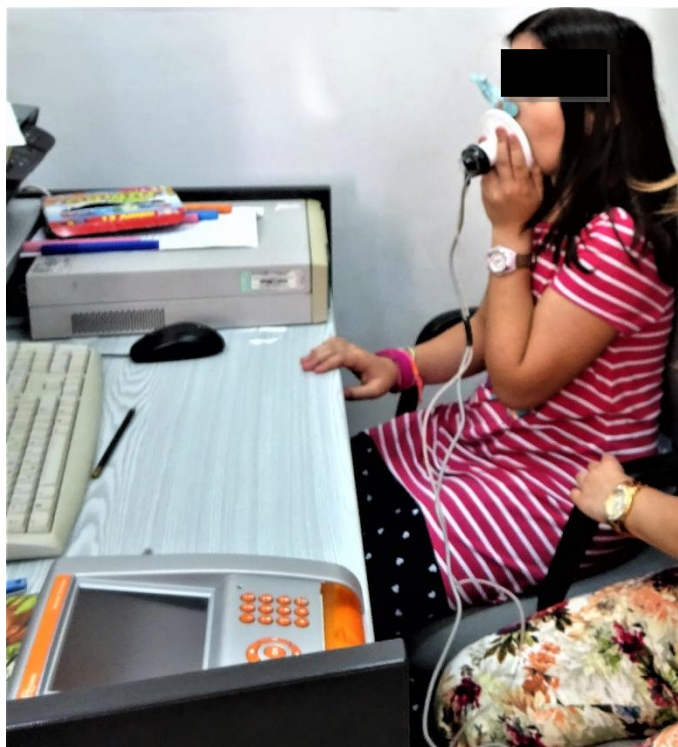


Εικόνα 3-5. Επιστόμιο σπιρομέτρησης



Εικόνα 3-6. Ρινοπίεστρο

Στη μύτη των παιδιών τοποθετούνταν ρινοπίεστρο για σπιρομέτρηση (βλ. **Εικόνα 3-6**) ώστε να διασφαλιστεί η πραγματοποίηση της αναπνοής αποκλειστικά από το στόμα και να αποτραπεί η απώλεια αέρα από τη ρινική οδό. Ο προγραμματισμός του σπιρομέτρου ήταν για μέτρηση 20 λεπτών εκ των οποίων τα 5 πρώτα λεπτά δεν λαμβάνονταν υπόψη (βλ. Compher *et al.*, 2006; Fullmer *et al.*, 2015). Τα υπόλοιπα καταγεγραμμένα λεπτά έπρεπε να έχουν ένα constant variation (CV) όχι περισσότερο από 10%.



Εικόνα 3-7. Μέτρηση του RMR με σπιρόμετρο Fitmate

3.2.3. Σύσταση σώματος

Οι μετρήσεις της ανάλυσης της σύστασης σώματος πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Φασματοσκοπίας Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Spectroscopy, BIS) η οποία βασίζεται στην βιοηλεκτρική εμπέδηση του σώματος. Για την υλοποίηση της μέτρησης χρησιμοποιήθηκε όργανο μέτρησης πολλαπλών συχνοτήτων *Imp SFB7* της εταιρείας *ImpediMed* με τέσσερα ηλεκτρόδια (βλ. **Εικόνα 3-8**) σε αντίθεση με τις άλλες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα στις οποίες έχει χρησιμοποιηθεί ως μέθοδο μέτρησης της σύστασης σώματος η βιοηλεκτρική εμπέδηση με την εφαρμογή BIA.



Εικόνα 3-8. Όργανο μέτρησης βιοηλεκτρικής εμπίεσης *Imp SFB7* της εταιρείας *ImpediMed*

Κατά τη διάρκεια της μέτρησης τα εξεταζόμενα παιδιά βρίσκονταν ξαπλωμένα σε μη αγωγή επιφάνεια με τα χέρια να σχηματίζουν γωνία περίπου 30° με τον κορμό και τα πόδια τους γωνία 45° μεταξύ τους (βλ. **Εικόνα 2-9**) (Heyward & Wagner, 2004). Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν τη μέτρηση αφαιρούνταν μεταλλικά αντικείμενα που ενδεχομένως φορούσαν τα παιδιά, όπως ρολόγια ή κοσμήματα, διότι είναι αγωγίμα και μπορούν να επηρεάσουν την αντίσταση που θα μετρήσει το όργανο.

Σύμφωνα με τις οδηγίες του οργάνου, η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται στις πάνω επιφάνειες του ποδιού και του χεριού της δεξιάς πλευράς του εξεταζόμενου. Η συνέπεια στην πρακτική μέτρησης και τοποθέτησης ηλεκτροδίων είναι πολύ σημαντική για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, επομένως, χρησιμοποιείται πάντα το δεξί χέρι και πόδι των μετρούμενων παιδιών (εφόσον βέβαια δεν υπάρχει κάποια αντένδειξη που να απαγορεύει αυτή την επιλογή).

Πριν την τοποθέτηση των ειδικών αυτοκόλλητων/ηλεκτροδίων οι περιοχές καθαρίζονταν καλά με οινόπνευμα. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις ανατομικές πληροφορίες που περιγράφονται στις οδηγίες του οργάνου, δύο αυτοκόλλητα τοποθετούνταν μεταξύ των δακτύλων του δεξιού χεριού και ποδιού. Κατ' αντιστοιχία, ένα αυτοκόλλητο εφαρμοζόταν στην στυλοειδή απόφυση της ωλένης, δηλαδή στον καρπό του δεξιού χεριού, καθώς επίσης και ανάμεσα στο έξω και το έσω σφυρό, δηλαδή στον αστράγαλο του δεξιού ποδιού των μετρούμενων παιδιών. Πρέπει να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι όλες οι μετρήσεις έγιναν με μεγάλα

αυτοκόλλητα/ηλεκτρόδια. Μετά την εφαρμογή των ηλεκτροδίων, τοποθετούνταν οι σφικτήρες του ηλεκτρονικού κυκλώματος στις άκρες των ηλεκτροδίων. Ιδιαίτερη προσοχή δινόταν ώστε η μεταλλική πλευρά των σφικτήρων να είναι σε άμεση επαφή με την αγωγίμη πλευρά των αυτοκόλλητων (βλ. **Εικόνα 3-9** και **3-10**).



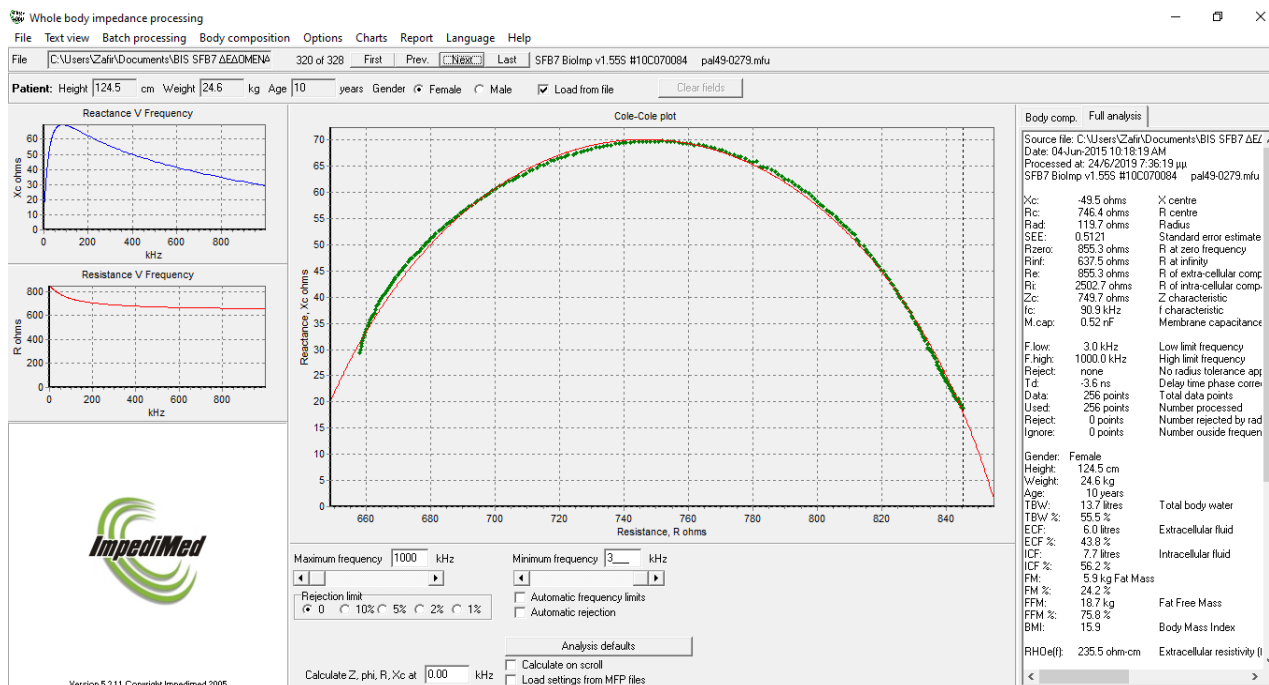
Εικόνα 3-9. Τοποθέτηση ηλεκτροδίων και σφικτήρων του ηλεκτρονικού κυκλώματος στις άκρες των καλωδίων στο δεξί άνω και κάτω άκρο ενός μετρούμενου παιδιού κατά τη διάρκεια της μέτρησης σύστασης σώματος με τη μέθοδο BIS.



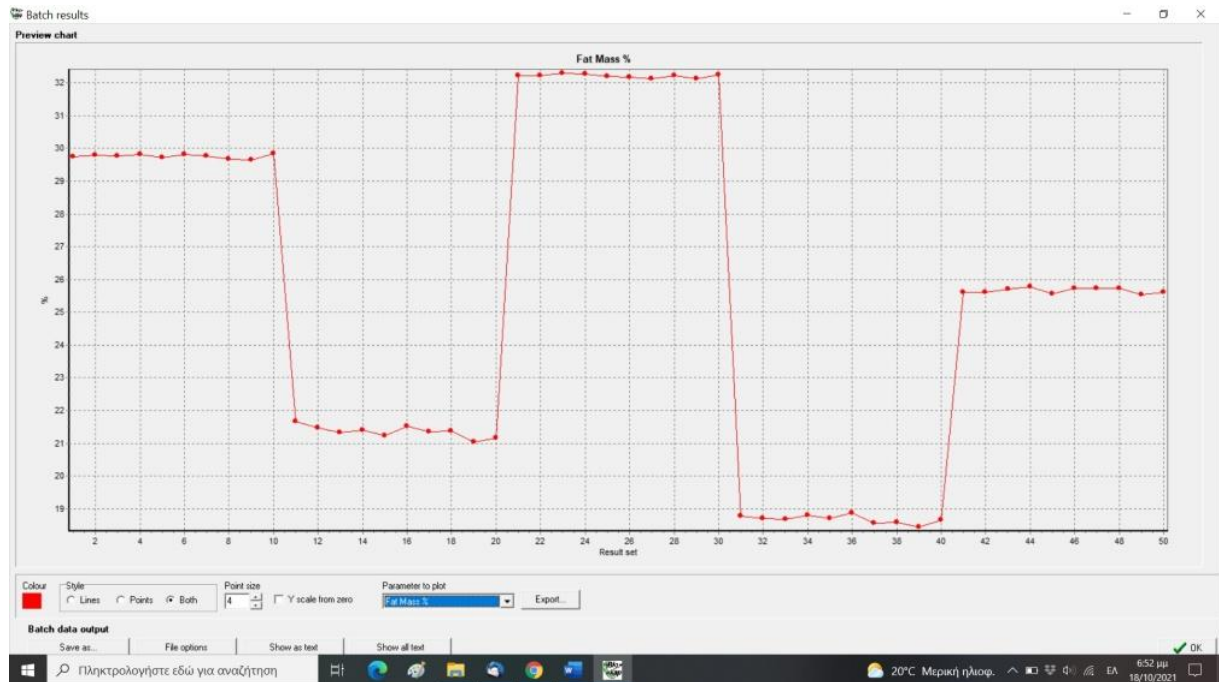
Εικόνα 3-10. Διενέργεια της μέτρησης σύστασης σώματος με τη μέθοδο BIS σε αγόρι.

Στη συνέχεια, ο εξεταστής εισήγαγε τα ακριβή στοιχεία των παιδιών στο όργανο (φύλο, βάρος, ύψος, ηλικία) και αφού βεβαιωνόταν ότι τα ηλεκτρόδια είναι σωστά τοποθετημένα διενεργούσε τη μέτρηση. Έπειτα, τα δεδομένα της μέτρησης μεταφέρονταν στο λογισμικό του οργάνου στον Η/Υ για ανάλυση. Η **Εικόνα 3-11** δείχνει το BIS διάγραμμα μιας μέτρησης, όπου κάθε σημείο αντιστοιχεί σε μια συχνότητα από 3 kHz έως 1 MHz. Το όργανο ρυθμίστηκε ώστε να λαμβάνονται 10

συνεχόμενες μετρήσεις με ενδιαμέση παύση 6 δευτερολέπτων. Κατόπιν, λήφθηκε ο Μ.Ο. των διάφορων παραμέτρων από τις 10 αυτές μετρήσεις. Η **Εικόνα 3-12** δείχνει τις συνολικές μετρήσεις μιας εκ των παραμέτρων (εδώ απεικονίζεται το %BF) πέντε παιδιών και κάθε σημείο αντιστοιχεί σε μια μέτρηση. Μια από τις παραμέτρους που καταγράφονται είναι η βιοηλεκτρική εμπεδήση στη συχνότητα 50 kHz (Z , R , X_c), δίνοντάς μας τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε εξίσωση BIA της βιβλιογραφίας. Με άλλα λόγια, η μέθοδος BIS που χρησιμοποιούμε περιλαμβάνει και τη μέθοδο BIA εξ'ορισμού. Ως εκ τούτου, στα αποτελέσματα που περιγράφονται παρακάτω συμπεριλαμβάνονται και μετρήσεις των παραμέτρων FFM και %BF με βάση τη μέθοδο BIA.



Εικόνα 3-11. Ενδεικτική απεικόνιση των πρωτογενών δεδομένων της BIS για μια μεμονωμένη μέτρηση όπως εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ανάλυσης του οργάνου. Στο κέντρο εμφανίζεται το κλασικό διάγραμμα της μεθόδου BIS (X_c - R δεδομένα για τις 256 χρησιμοποιούμενες συχνότητες, 3kHz έως 1MHz), ενώ δεξιά εμφανίζονται κάποιες από τις μετρούμενες παραμέτρους.



Εικόνα 3-12. Ενδεικτική απεικόνιση μιας εκ των μετρούμενων παραμέτρων (εδώ απεικονίζεται το %BF), για δέκα συνεχόμενες μετρήσεις για κάθε παιδί και για πέντε παιδιά συνολικά, όπως αναλύονται από το λογισμικό του οργάνου μέτρησης σύστασης σώματος BIS Imp SFB7 της εταιρείας ImpediMed.

4. Αποτελέσματα και Συζήτηση

4.1. Γενικά στοιχεία του δείγματος

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των παιδιών του δείγματος καθώς επίσης και των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (βλ. **Πίνακα 4-1**). Για την κατάταξη των παιδιών του δείγματος σε υπέρβαρα/παχύσαρκα και σε φυσιολογικού βάρους παιδιά χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες ΔΜΣ με τα όρια παχυσαρκίας για τα παιδιά (body mass index cut-offs) που εμφανίζονται στον **Πίνακα 4-2**. Παράλληλα, το **Σχήμα 4-1** δείχνει τις καμπύλες του ΔΜΣ για παιδιά που καταλήγουν στα όρια 18.5, 25 και 30 kg/m² που ισχύουν για ενήλικες. Επιπλέον, για τον υπολογισμό του %BF, έγινε μέτρηση σύστασης σώματος με το όργανο BIS (5kHz-1MHz) και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος που συνοδεύει το όργανο *Imp SFB7* (βλ. **Εικόνα 3-10, 3-11 και 3-12, ενότητα 3.2.3**).

Πίνακας 4-1. Τα χαρακτηριστικά των παιδιών του δείγματος

	Total	Overweight/Obese	Normal Weight
Total Number of participants	105	47	58
Boys (n)	44	22	22
Girls (n)	61	25	36
Age (years)	10.12 (± 1.38)	10.40 (± 1.41)	9.88 (± 1.33)
Height (cm)	142.13 (± 11.03)	145.75 (± 9.19)	139.20 (± 11.58)
Body Mass (kg)	41.19 (± 13.27)	50.73 (± 12.57)	33.47 (± 7.64)
RMR Measured (kcal/d)	1548.5 (± 245.4)	1687.3 (± 250.6)	1436.1 (± 174.7)
BMI (kg/m ²)	19.96 (± 4.27)	23.56 (± 3.69)	17.04 (± 1.69)
%Body Fat	29.67 (± 7.08)	34.64 (± 5.30)	25.65 (± 5.65)
FFM (kg)	28.44 (± 7.66)	32.96 (± 7.61)	24.78 (± 5.46)
FM (kg)	12.75 (± 6.47)	17.77 (± 5.98)	8.69 (± 3.16)
%ICW	55.48 (± 1.89)	55.83 (± 1.90)	55.16 (± 1.84)

	Total	Boys	Girls	Overweight/Obese	Normal Weight
Total Number of participants	105	44	61	47	58
Age (years)	10.12 (± 1.38)	10.12 (± 1.50)	10.11 (± 1.30)	10.40 (± 1.41)	9.88 (± 1.33)
Height (cm)	142.13 (± 11.03)	144.44 (± 10.27)	141.90 (± 11.62)	145.75 (± 9.19)	139.20 (± 11.58)
Body Mass (kg)	41.19 (± 13.27)	43.42 (± 15.99)	39.59 (± 10.77)	50.73 (± 12.57)	33.47 (± 7.64)
RMR Measured (kcal/d)	1548.5 (± 245.4)	1613.8 (± 275.4)	1501.5 (± 211.4)	1687.3 (± 250.6)	1436.1 (± 174.7)
BMI (kg/m ²)	19.96 (± 4.27)	20.86 (± 5.29)	19.31 (± 3.24)	23.56 (± 3.69)	17.04 (± 1.69)
%Body Fat	29.67 (± 7.08)	29.14 (± 7.60)	30.05 (± 6.71)	34.64 (± 5.30)	25.65 (± 5.65)
FFM (kg)	28.44 (± 7.66)	29.93 (± 8.56)	27.37 (± 6.81)	32.96 (± 7.61)	24.78 (± 5.46)
FM (kg)	12.75 (± 6.47)	13.49 (± 8.06)	12.22 (± 5.03)	17.77 (± 5.98)	8.69 (± 3.16)
%ICW	55.48 (± 1.89)	53.76 (± 1.36)	56.71 (± 1.07)	55.83 (± 1.90)	55.16 (± 1.84)

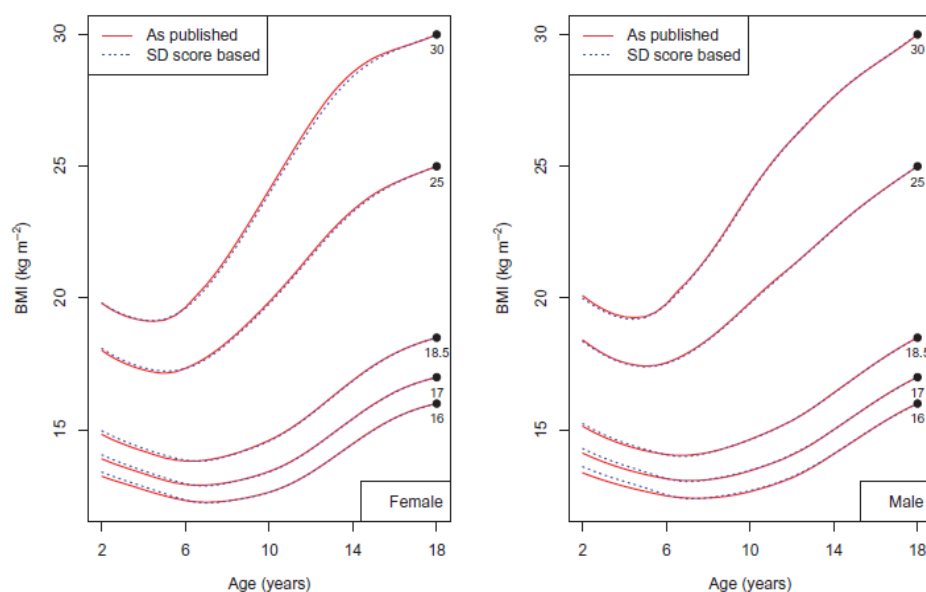
	Boys		Girls	
	Overweight/Obese	Normal Weight	Overweight/Obese	Normal Weight
Age (years)	10.48 (± 1.56)	9.76 (± 1.39)	10.33 (± 1.29)	9.95 (± 1.31)
Height (cm)	146.77 (± 10.27)	138.11 (± 8.45)	144.85 (± 8.24)	139.86 (± 13.20)
Body Mass (kg)	52.21 (± 15.68)	32.63 (± 5.81)	47.66 (± 8.18)	33.97 (± 8.60)
RMR Measured (kcal/d)	1772 (± 288.5)	1455.5 (± 140.1)	1612.6 (± 187.5)	1424.3 (± 193.7)
BMI (kg/m ²)	24.71 (± 4.81)	17.01 (± 1.75)	22.55 (± 1.88)	17.05 (± 1.67)
%BF	34.02 (± 6.03)	24.26 (± 5.65)	35.18 (± 4.63)	26.49 (± 5.55)
FFM (kg)	35.25 (± 8.65)	24.61 (± 4.00)	30.94 (± 6.05)	24.88 (± 6.24)
FM (kg)	18.96 (± 7.87)	8.02 (± 2.92)	16.72 (± 3.45)	9.10 (± 2.28)
%ICW	54.41 (± 1.50)	53.12 (± 0.83)	57.07 (± 1.23)	56.47 (± 0.87)

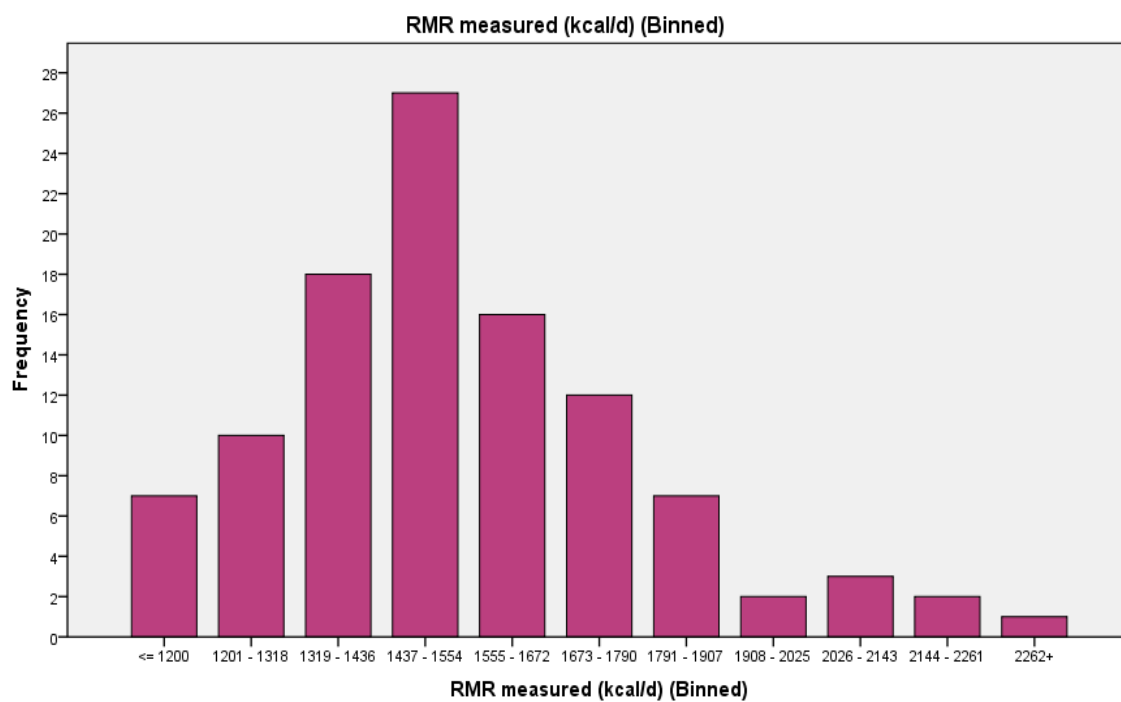
BMI : body mass index (in kg/m²); %BF : % body fat; FFM : free fat mass (in kg); FM : fat mass (in kg);
%ICW : % intracellular water

Πίνακας 4-2. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity

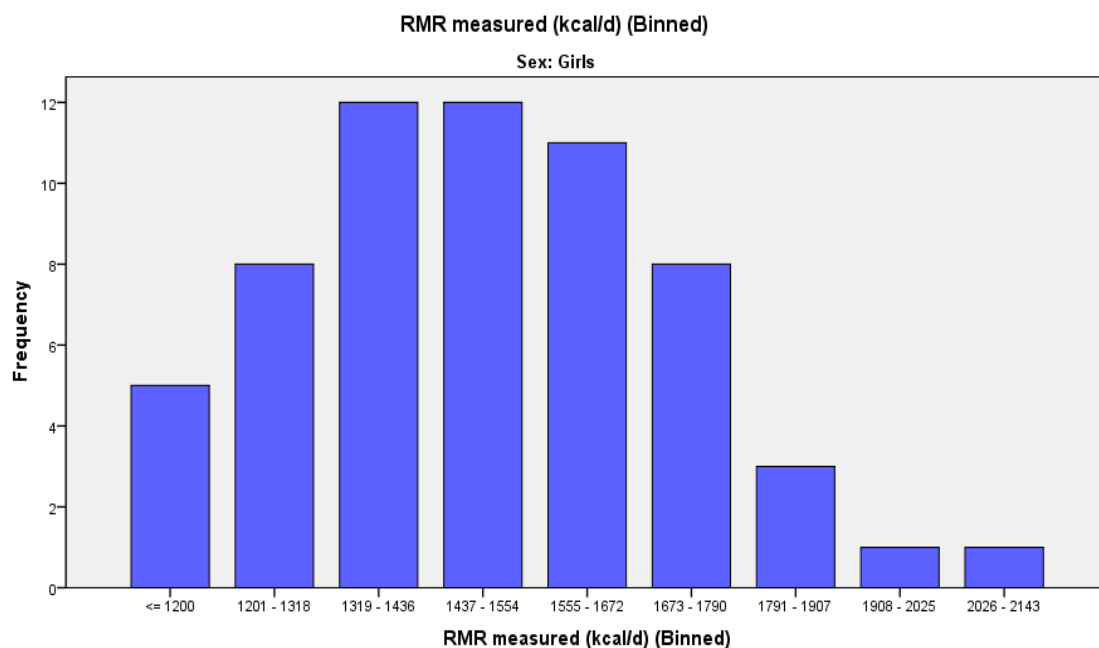
	Males			Females		
	BMI (kg/m ²)			BMI (kg/m ²)		
Age (yrs)	Defined to pass through BMI of 18.5 at age 18.	Defined to pass through BMI of 25 at age 18.	Defined to pass through BMI of 30 at age 18.	Defined to pass through BMI of 18.5 at age 18.	Defined to pass through BMI of 25 at age 18.	Defined to pass through BMI of 30 at age 18.
7	14.00	17.88	20.59	13.83	17.69	20.39
7.5	14.05	18.12	21.06	13.90	17.96	20.89
8	14.13	18.41	21.56	14	18.28	21.44
8.5	14.24	18.73	22.11	14.12	18.63	22.04
9	14.36	19.07	22.71	14.26	18.99	22.66
9.5	14.49	19.43	23.34	14.40	19.38	23.31
10	14.63	19.80	23.96	14.58	19.78	23.97
10.5	14.79	20.15	24.54	14.78	20.21	24.62
11	14.96	20.51	25.07	15.03	20.66	25.25
11.5	15.15	20.85	25.56	15.30	21.12	25.87
12	15.36	21.20	26.02	15.59	21.59	26.47
12.5	15.59	21.54	26.45	15.91	22.05	27.05

Cole, T.J., and Lobstein, T. 2012. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity*, 7(4), pp. 284-289.

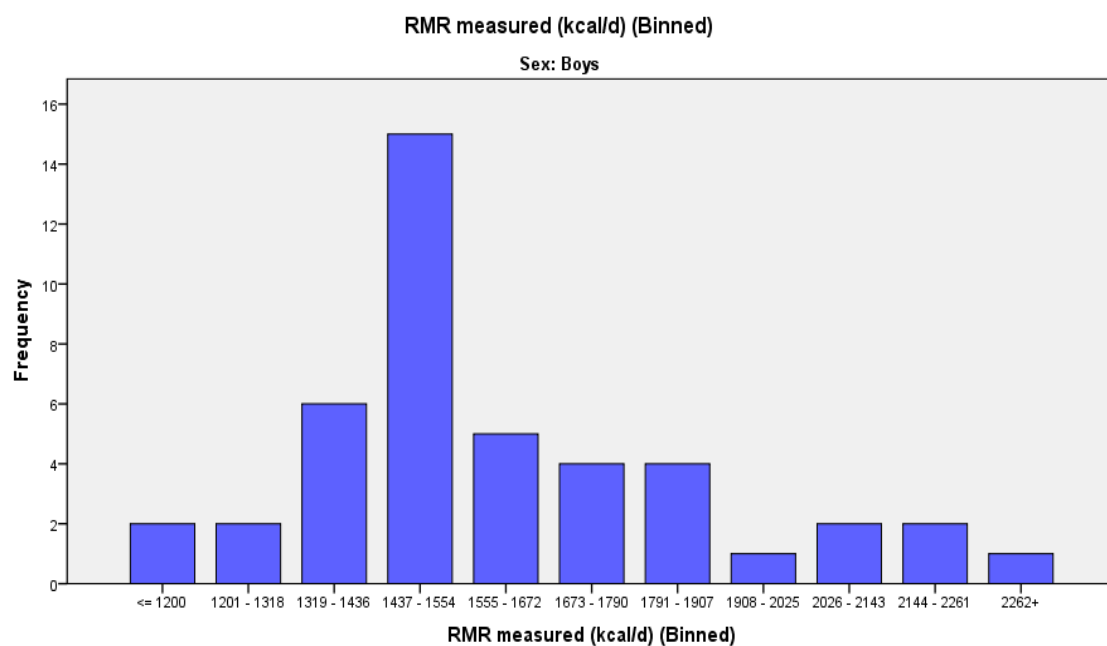
Σχήμα 4-1: Γραφική απεικόνιση των καμπυλών του ΔΜΣ που καταλήγουν στα όρια 18.5, 25 και 30 kg/m² που ισχύουν για ενήλικες (Cole, T.J., and Lobstein, T. 2012).



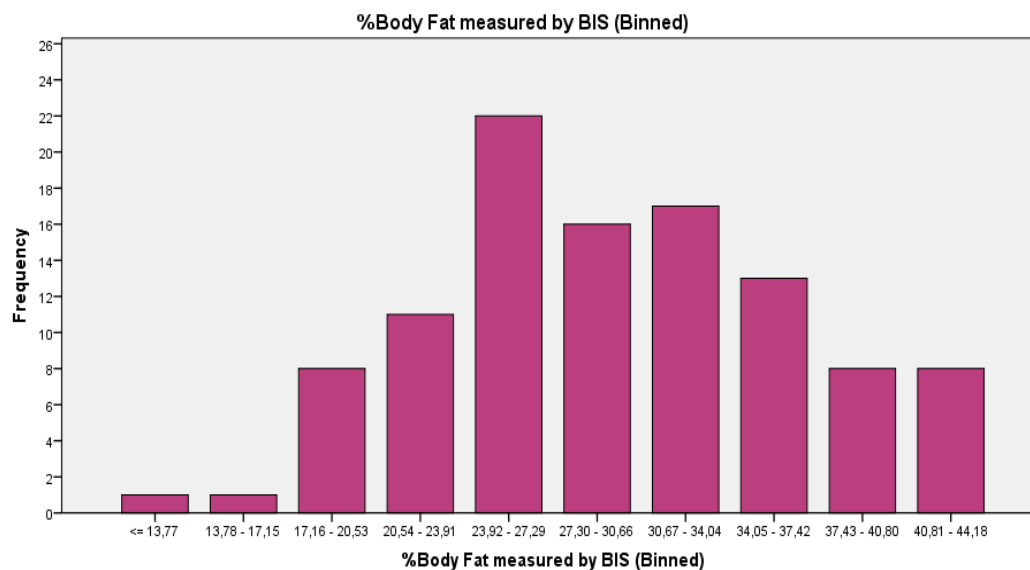
Σχήμα 4-2. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR σε όλο το δείγμα των παιδιών.



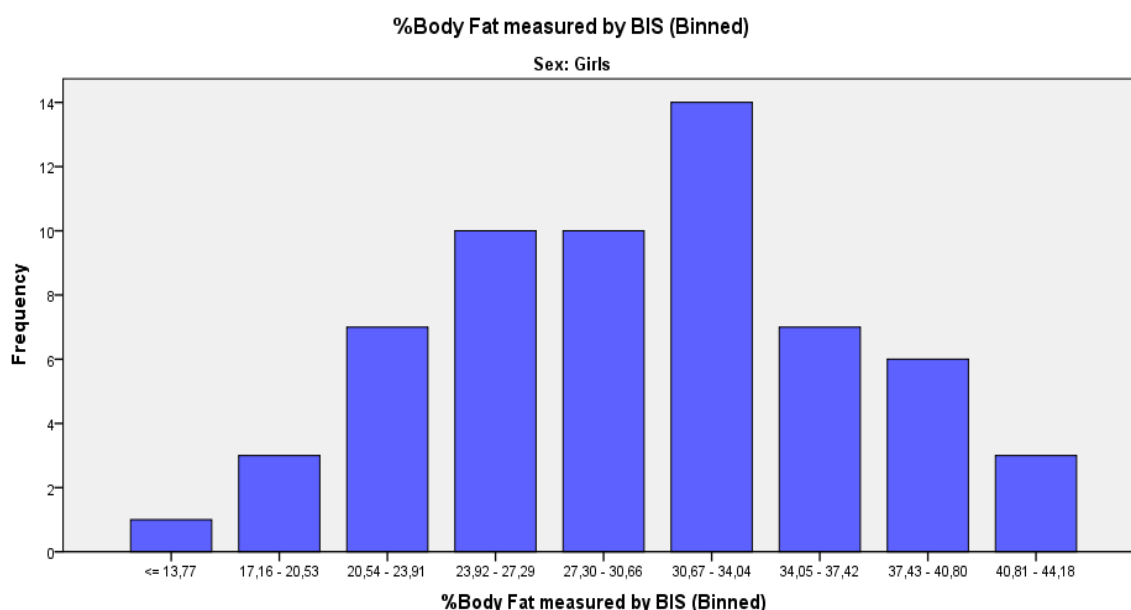
Σχήμα 4-3. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR στο δείγμα των κοριτσιών.



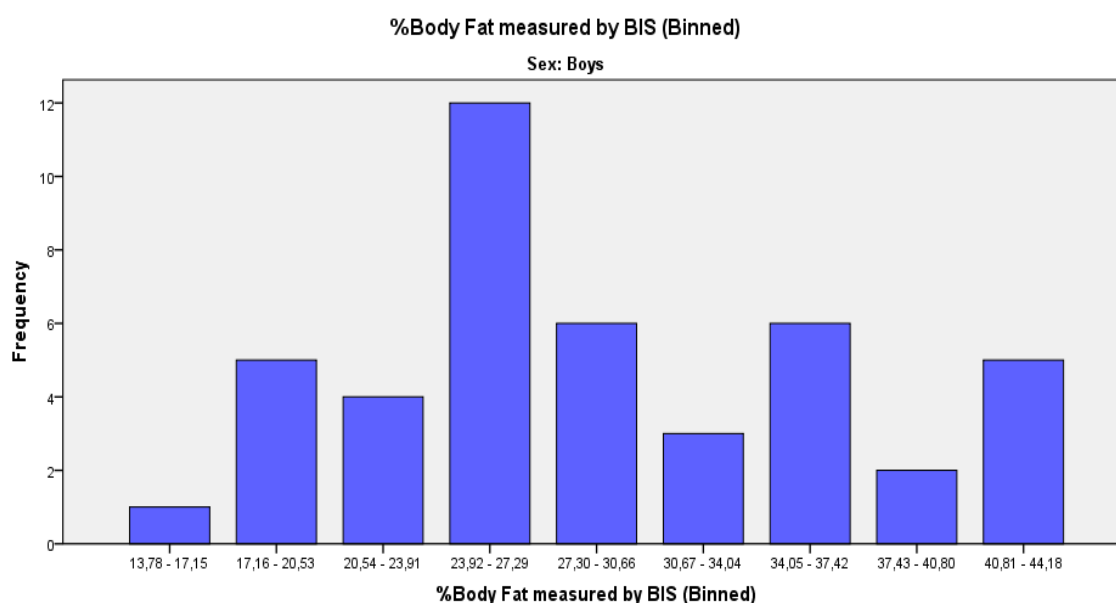
Σχήμα 4-4. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR στο δείγμα των αγοριών.



Σχήμα 4-5. Ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων του %BF σε όλο το δείγμα των παιδιών.



Σχήμα 4-6. Ραβδόγραμμα της κατανομής συχνοτήτων του %BF στο δείγμα των κοριτσιών.



Σχήμα 4-7. Ραβδόγραμμα της κατανομής συχνοτήτων του %BF στο δείγμα των αγοριών.

Τα **Σχήματα 4-2 έως 4-7** παρουσιάζουν σε μορφή ραβδογραμμάτων κάποια επιπλέον στοιχεία που προέκυψαν από τις μετρήσεις και αφορούν την μετρημένη τιμή του RMR και το %BF για τα παιδιά του δείγματος της έρευνας.

Πιο αναλυτικά, το **Σχήμα 4-2** απεικονίζει το ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο των παιδιών από το οποίο προκύπτει ότι το RMR των περισσότερων παιδιών κυμαίνεται μεταξύ 1437-1554 kcal/d. Σε ότι

αφορά τα δύο φύλα ξεχωριστά, παρατηρείται ότι το RMR στα περισσότερα κορίτσια είναι μεταξύ 1319-1554 kcal/d (βλ. **Σχήμα 4-3**) ενώ στα αγόρια κυμαίνεται ακριβώς στα επίπεδα του γενικού συνόλου του δείγματος (βλ. **Σχήμα 4-4**).

Επιπλέον, παρουσιάζεται και το ραβδόγραμμα κατανομής συχνοτήτων του %BF σε όλο το δείγμα των παιδιών από το οποίο προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην πλειονότητα των παιδιών το %BF κυμαίνεται μεταξύ 23.92-27.29% (βλ. **Σχήμα 4-5**). Αν όμως λάβουμε υπόψη τα δύο φύλα χωριστά, παρατηρούμαι ότι τα περισσότερα κορίτσια έχουν %BF που κυμαίνεται μεταξύ 30.67-34.04% (βλ. **Σχήμα 4-6**) ενώ τα αγόρια κυμαίνονται στα επίπεδα του συνόλου του παιδιών δηλαδή 23.92-27.29% (βλ. **Σχήμα 4-7**).

4.2. Αναλυτικά αποτελέσματα και συζήτηση

4.2.1. Συσχέτιση των γνωστών εξισώσεων πρόβλεψης με τη μετρημένη τιμή του RMR στα παιδιά του δείγματος

Η μέθοδος Bland-Altman (1999), χρησιμοποιείται για τη σύγκριση δυο διαφορετικών μεθόδων μέτρησης/εκτίμησης της ίδιας μεταβλητής. Κανονικά η μέθοδος Bland-Altman αποτυπώνεται σε ένα διάγραμμα XY όπου ο άξονας x αντιστοιχεί στον Μ.Ο. των δύο συγκρινόμενων τιμών και ο άξονας y αντιστοιχεί στη διαφορά τους. Στην περίπτωση μας, από τις δύο τιμές RMR, η μία είναι η πειραματική μέτρηση και η άλλη είναι η εκτίμηση μέσω κάποιας εξίσωσης. Δεχόμενοι ότι, η πειραματική τιμή μέτρησης είναι ακριβής, σε κάποιες μελέτες (π.χ. Βλ. άρθρο Rodriguez *et al.*, 2000) ο άξονας x αντιστοιχεί στη μετρούμενη τιμή RMR. Στην περίπτωση αυτή το αντίστοιχο διάγραμμα είναι σωστότερο να καλείται «τύπου Bland-Altman διάγραμμα». Στην ανάλυση που παρουσιάζεται παρακάτω χρησιμοποιούνται κυρίως το τελευταίο, όμως παρουσιάζεται και το κανονικό Bland-Altman διάγραμμα για το συνολικό δείγμα (κορίτσια και αγόρια, μαζί).

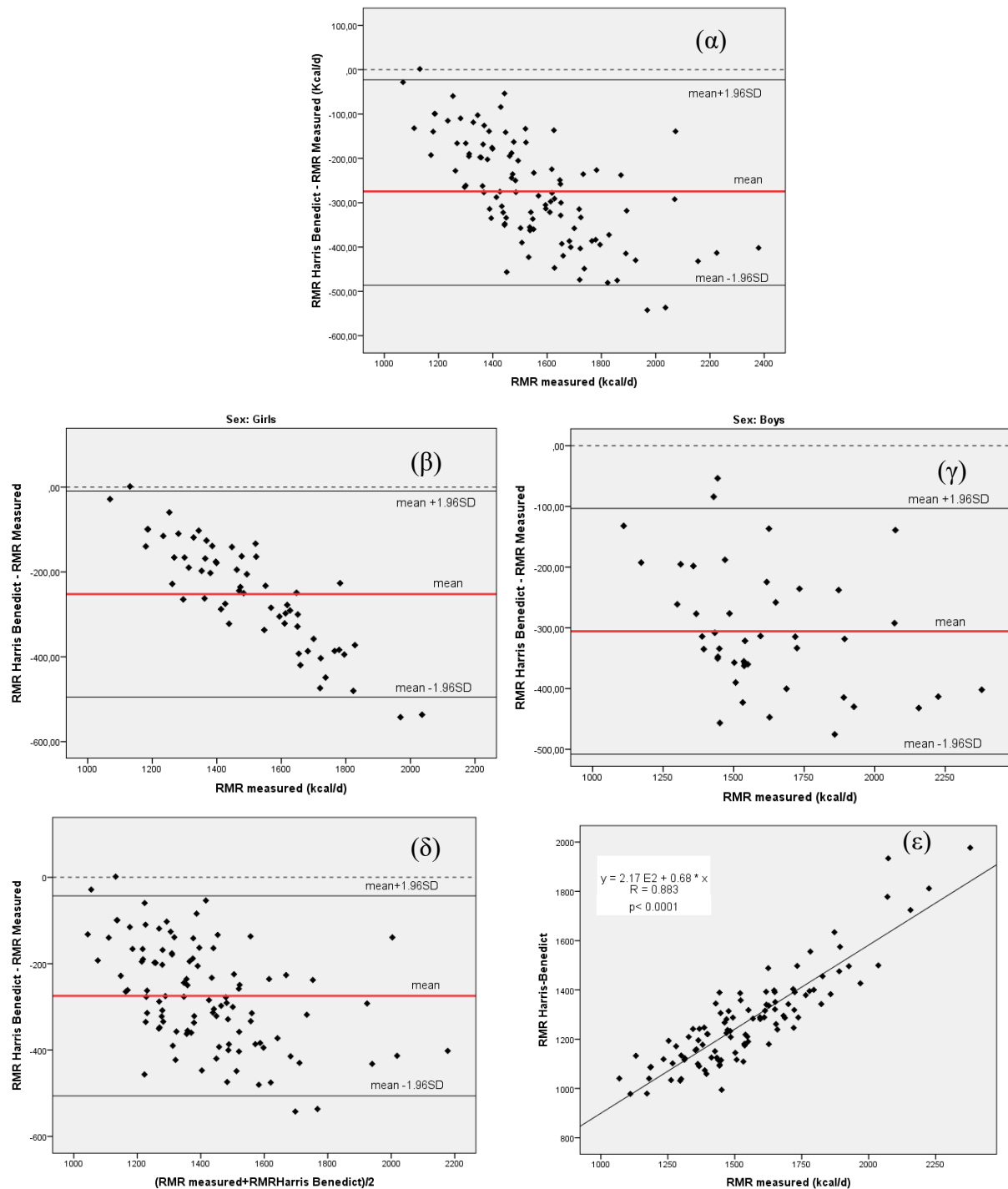
Τα Bland-Altman διαγράμματα δίνουν μία σειρά από ενδείξεις για τη συσχέτιση μεταξύ της μετρούμενης τιμής RMR και της εκτιμώμενης τιμής μέσω κάποιας εξίσωσης. Πιο αναλυτικά, δείχνουν την απόκλιση καθεμίας εκτίμησης από την μετρημένη τιμή (τιμή εκτίμησης μείον τιμή μέτρησης), καθώς και πόσο απέχει από το μηδέν η μέση απόκλιση των εκτιμήσεων και των αντίστοιχων πραγματικών τιμών. Επίσης, το 95% των σημείων του διαγράμματος βρίσκονται εντός του διαστήματος $d \pm 1.96SD$, όπου d είναι η μέση απόκλιση του δείγματος και SD είναι η τυπική απόκλιση (standard deviation) των διαφορών μεταξύ τιμής εκτίμησης και τιμής μέτρησης. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος των ορίων συμφωνίας μεταξύ των τιμών εκτίμησης και πραγματικής μέτρησης, τόσο λιγότερη συμφωνία υπάρχει. Επιπλέον, τα Bland-Altman διαγράμματα δείχνουν κατά πόσο οι αποκλίσεις αυτές σχετίζονται/εξαρτώνται από το μέτρο των τιμών, στην διεθνή βιβλιογραφία αυτό συνήθως καλείται “bias” ή “magnitude bias” αναφερόμενο στις τιμές του διαγράμματος Bland-Altman (π.χ. βλ. McDuffie *et al.* 2004).

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των εκτιμήσεων του RMR (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) με τις πραγματικές/μετρημένες τιμές. Προς

τούτο, για κάθε γνωστή εξίσωση εκτίμησης παρουσιάζονται τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (συνολικό δείγμα, κορίτσια και αγόρια), ένα διάγραμμα Bland-Altman για όλο το δείγμα μαζί και ένα διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ των τιμών RMR από μια εξίσωση εκτίμησης και των μετρούμενων τιμών RMR. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση που ακολουθεί περιλαμβάνει:

- Τρία τύπου Bland-Altman διαγράμματα (συνολικό δείγμα, κορίτσια και αγόρια) στα οποία, όπως προαναφέρθηκε ο άξονας x αντιστοιχεί στη μετρημένη τιμή RMR.
- Ένα Bland-Altman διάγραμμα για όλο το δείγμα όπου ο άξονας x αντιστοιχεί στον Μ.Ο. εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής, σύμφωνα και με τον αρχικό ορισμό της ανάλυσης Bland-Altman.
- Ένα διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ των τιμών RMR από μια εξίσωση εκτίμησης και των μετρούμενων τιμών RMR.

Όλα τα παραπάνω εφαρμόζονται χωριστά για καθεμία εξίσωση εκτίμησης RMR. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα **Σχήματα 4-8** και **4-23**.



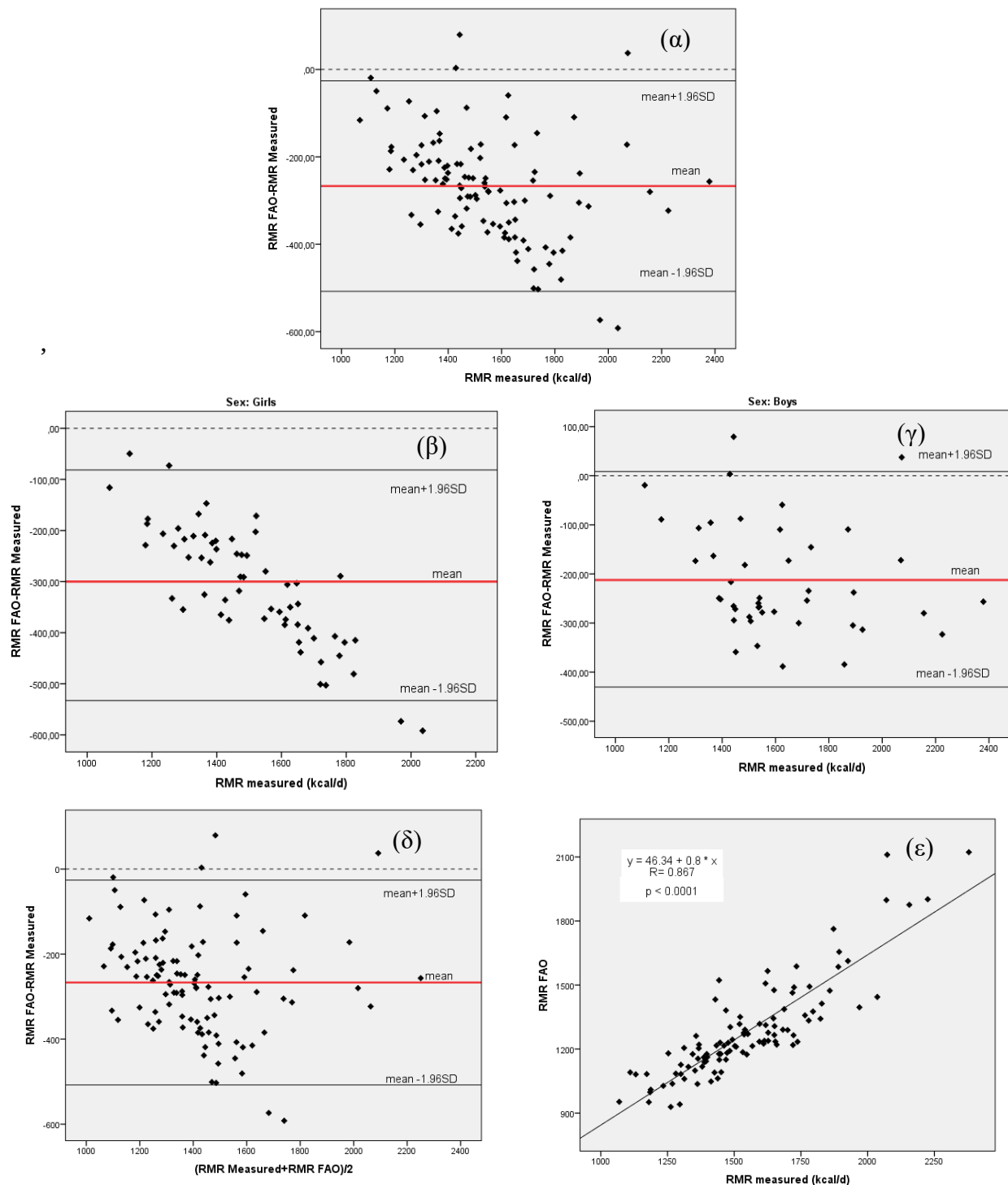
Σχήμα 4-8. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Harris-Benedict** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **Harris-Benedict** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -252.2 kcal/d (στα κορίτσια) έως -305.7 kcal/d (στα αγόρια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 202 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 243 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Harris-Benedict** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.659$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.370$, $p = 0.013$ και για τα κορίτσια: $R = -0.880$, $p < 0.0001$). Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι μικρότερη σε σχέση με τις παραπάνω και συγκεκριμένα $R = -0.486$, $p < 0.0001$).

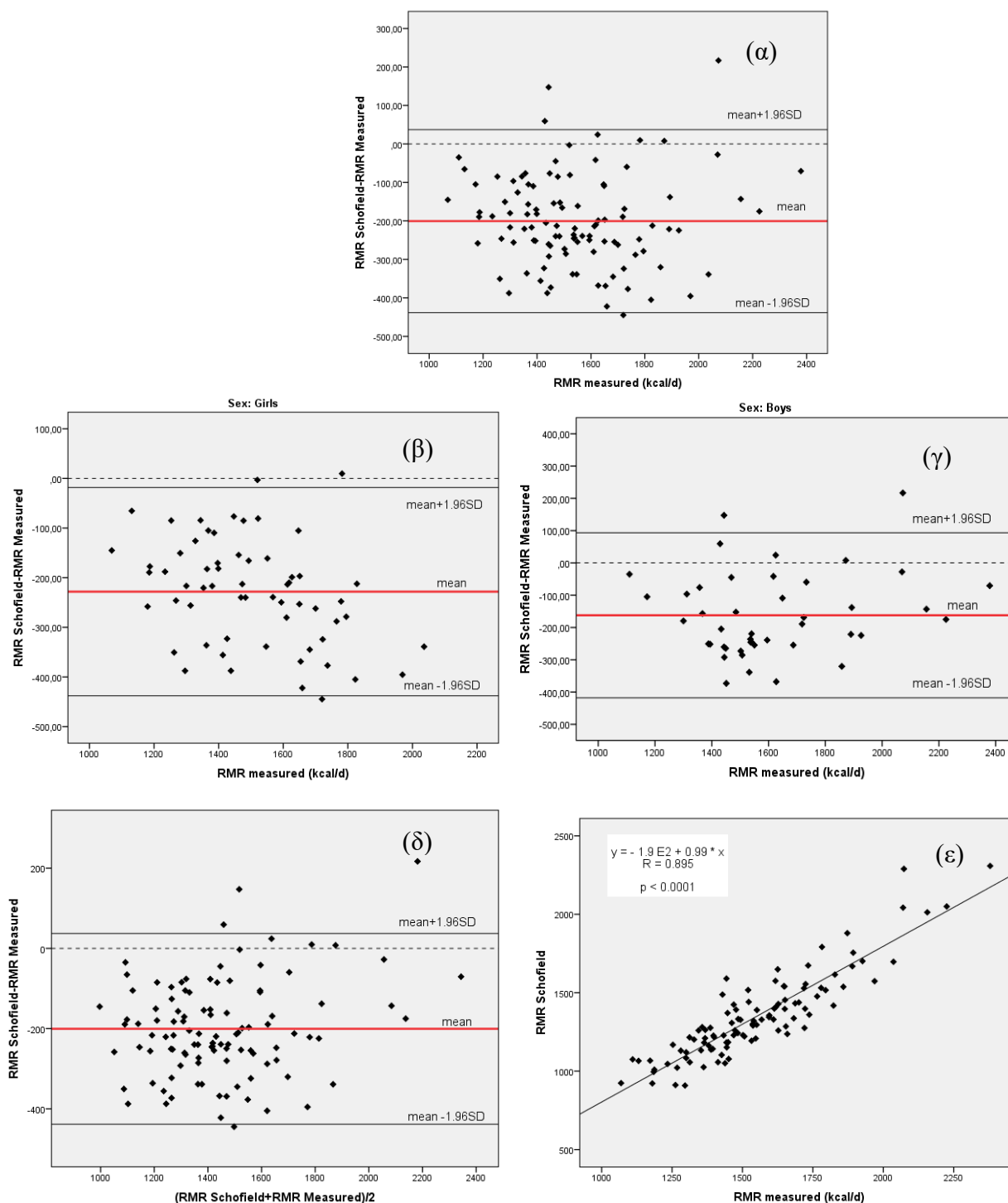


Σχήμα 4-9. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **FAO** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **FAO** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -210.9 kcal/d (στα αγόρια) έως -307.2 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 219 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 226 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα (α) και (β) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **FAO** και της μετρημένης τιμής του RMR (Σύνολο παιδιών: $R = -0.404$, $p < 0.0001$, κορίτσια: $R = -0.841$, $p < 0.0001$). Αντίθετα, δεν υπάρχει συσχέτιση στο αντίστοιχο διάγραμμα (γ) για τα αγόρια ($R = -0.238$, $p = 0.120$), όπως επίσης και στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($R = -0.165$, $p < 0.092$).



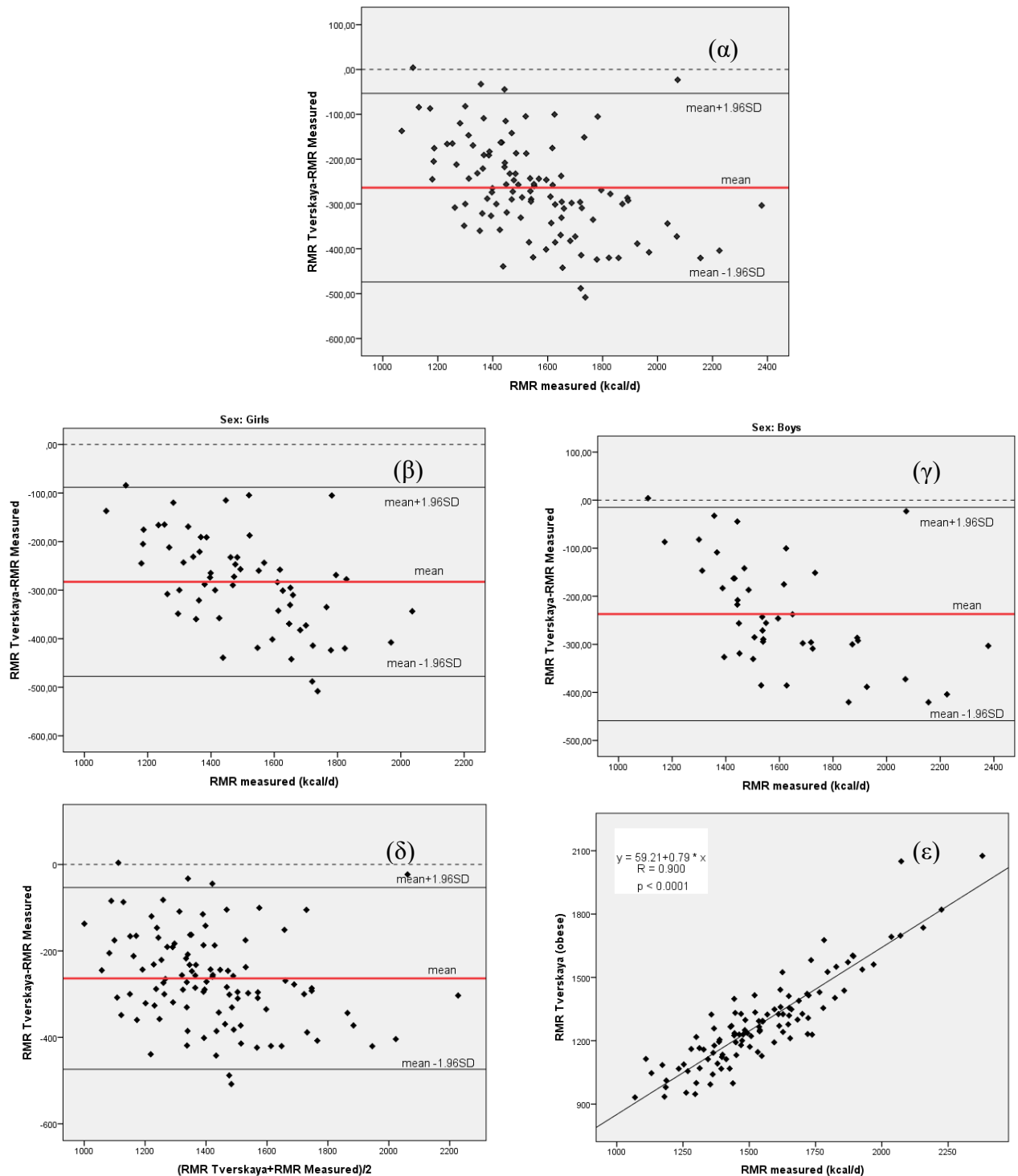
Σχήμα 4-10. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Schofield** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **Schofield** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -162.2 kcal/d (στα αγόρια) έως -228.2 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 256 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 210 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα (α), και (γ) παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Schofield** και της μετρημένης τιμής του RMR (Σύνολο παιδιών: $R = -0.014$, $p = 0.887$, αγόρια: $R = 0.166$, $p = 0.283$). Αντίθετα, υπάρχει συσχέτιση στο αντίστοιχο διάγραμμα (β) για τα κορίτσια ($R = -0.360$, $p = 0.004$) καθώς και στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($R = 0.227$, $p = 0.020$).

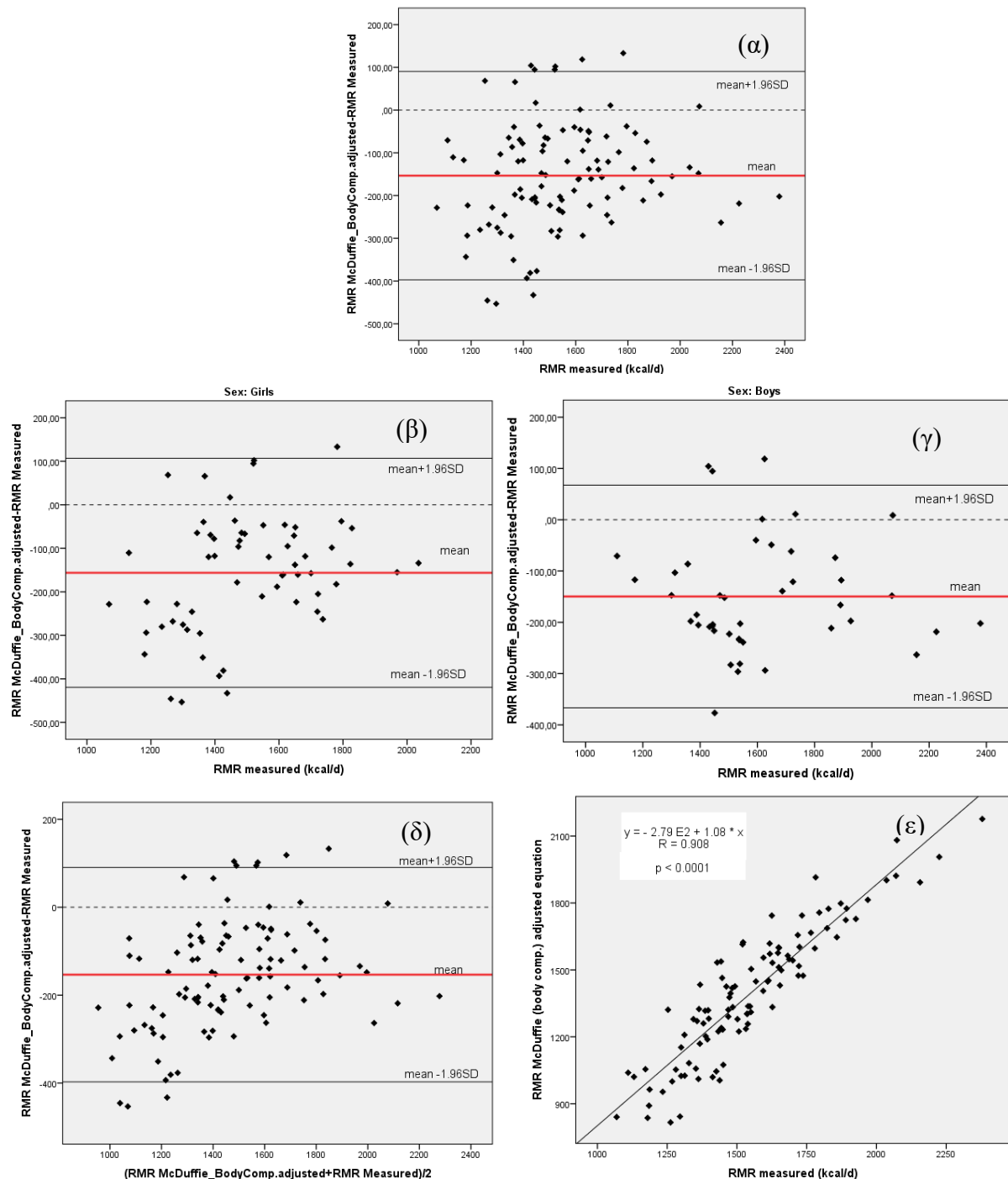


Σχήμα 4-11. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Tverskaya** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Tverskaya** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -236.9 kcal/d (στα αγόρια) έως -282.9 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 222 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 195 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα (α), (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο παιδιών: $R = -0.477$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: -0.547 , $p = 0.0001$ και για τα κορίτσια : $R = -0.559$, $p < 0.0001$). Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι ($R = -0.282$, $p = 0.004$).



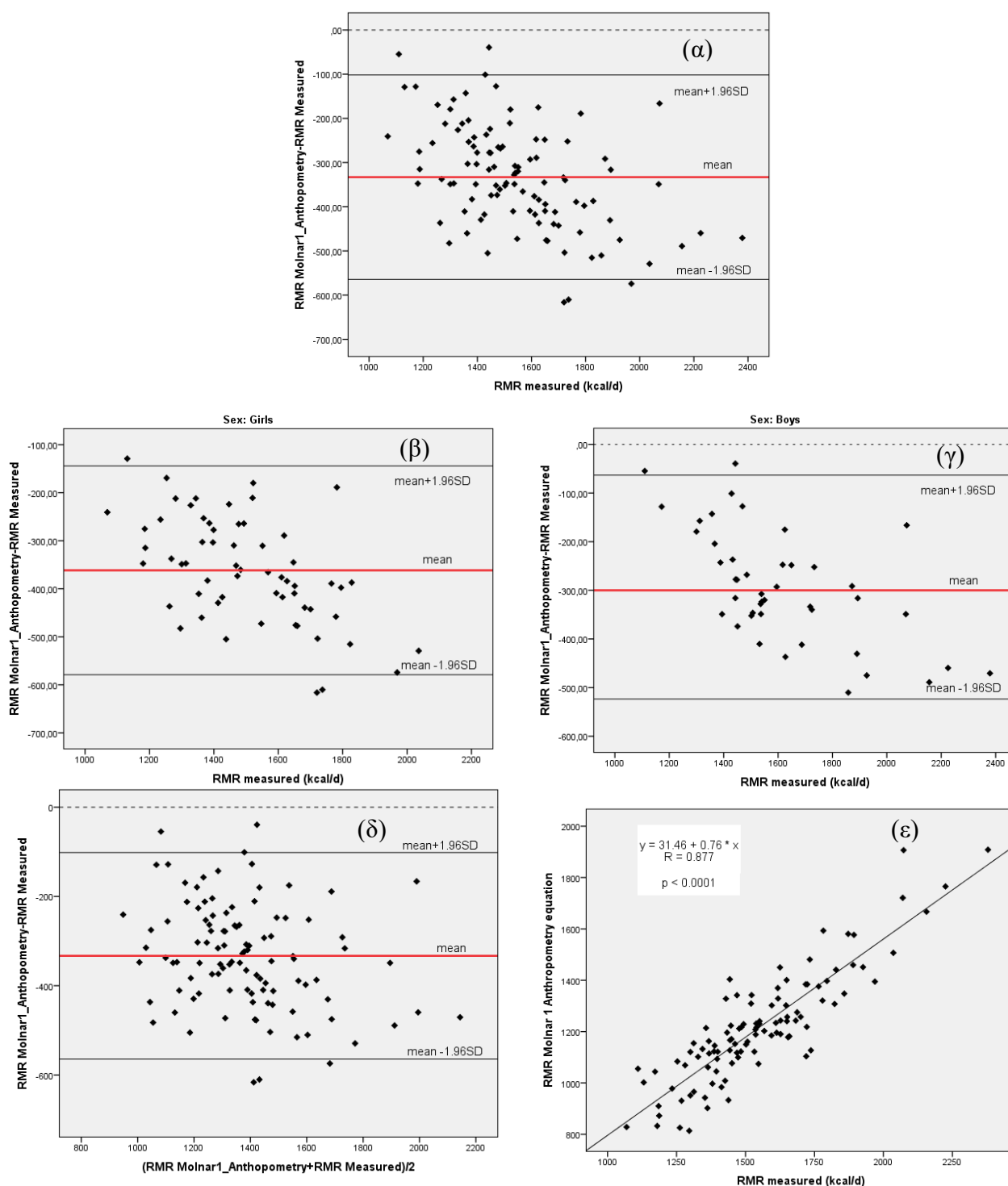
Σχήμα 4-12. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **McDuffie Body Composition** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **McDuffie Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -149.6 kcal/d (στα αγόρια) έως -156.2 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 217 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 263 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **McDuffie Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο των παιδιών: $R = 0.160$, $p = 0.102$ και στα αγόρια: $R = -0.029$, $p = 0.849$. Αντίθετα, υπάρχει συσχέτιση στο αντίστοιχο διάγραμμα (β) για τα κορίτσια ($R = 0.311$, $p = 0.015$) καθώς και στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($R = 0.387$, $p < 0.0001$). Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονιστεί ότι αν δεν είχε γίνει η προσαρμογή που προτείνει το άρθρο McDuffie *et al.* 2004 (-61 ή +60kcal/d για τα αγόρια και -84.8 ή +60kcal/d για τα κορίτσια), η παραπάνω συσχέτιση θα ήταν μη σημαντική.



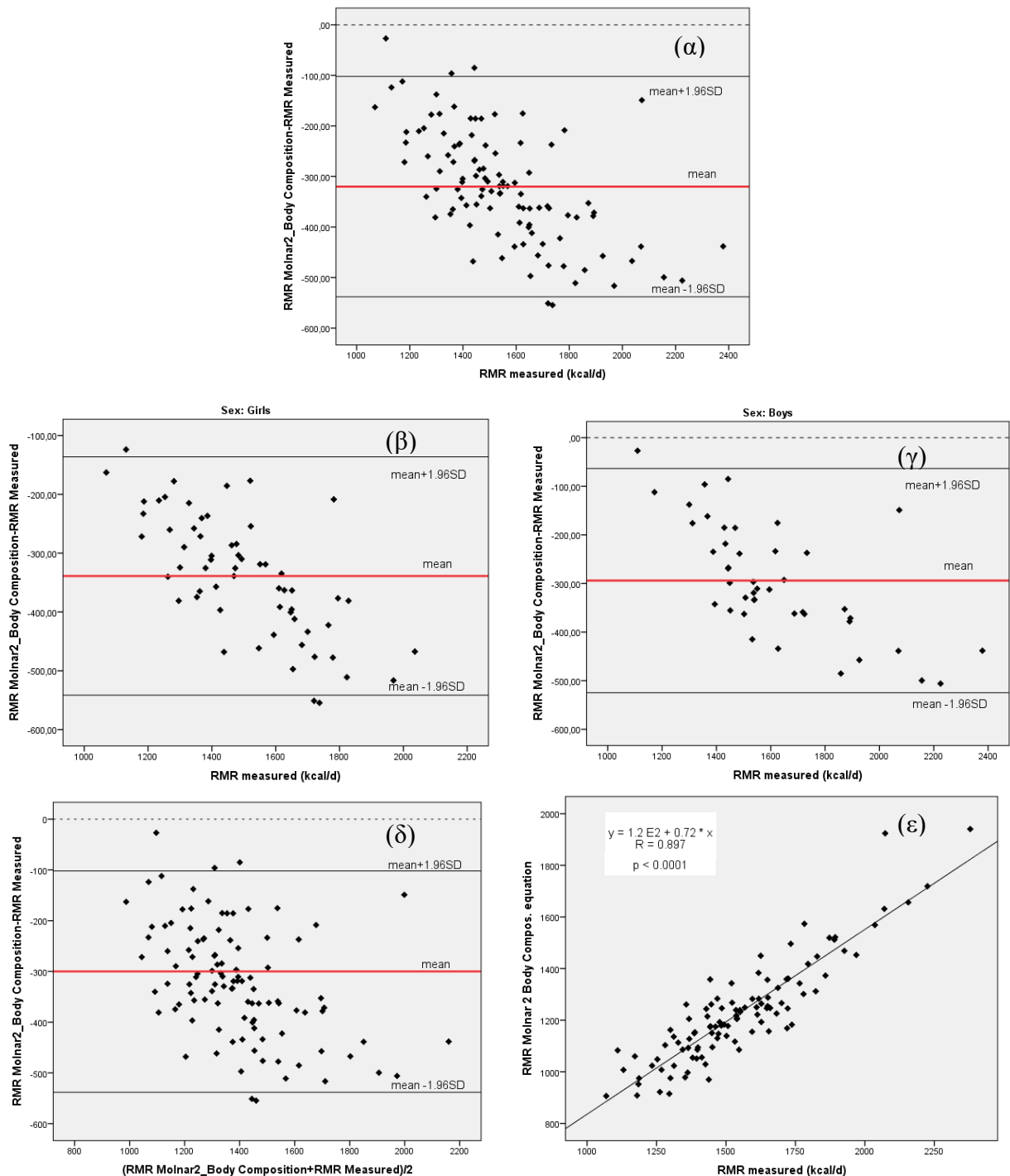
Σχήμα 4-13. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Molnar 1 Anthropometry** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **Molnar 1 Anthropometry** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -293.4 kcal/d (στα αγόρια) έως -361.6 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 230 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 217 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Molnar 1 Anthropometry** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.489$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.630$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.565$, $p < 0.0001$. Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.274$, $p = 0.005$.

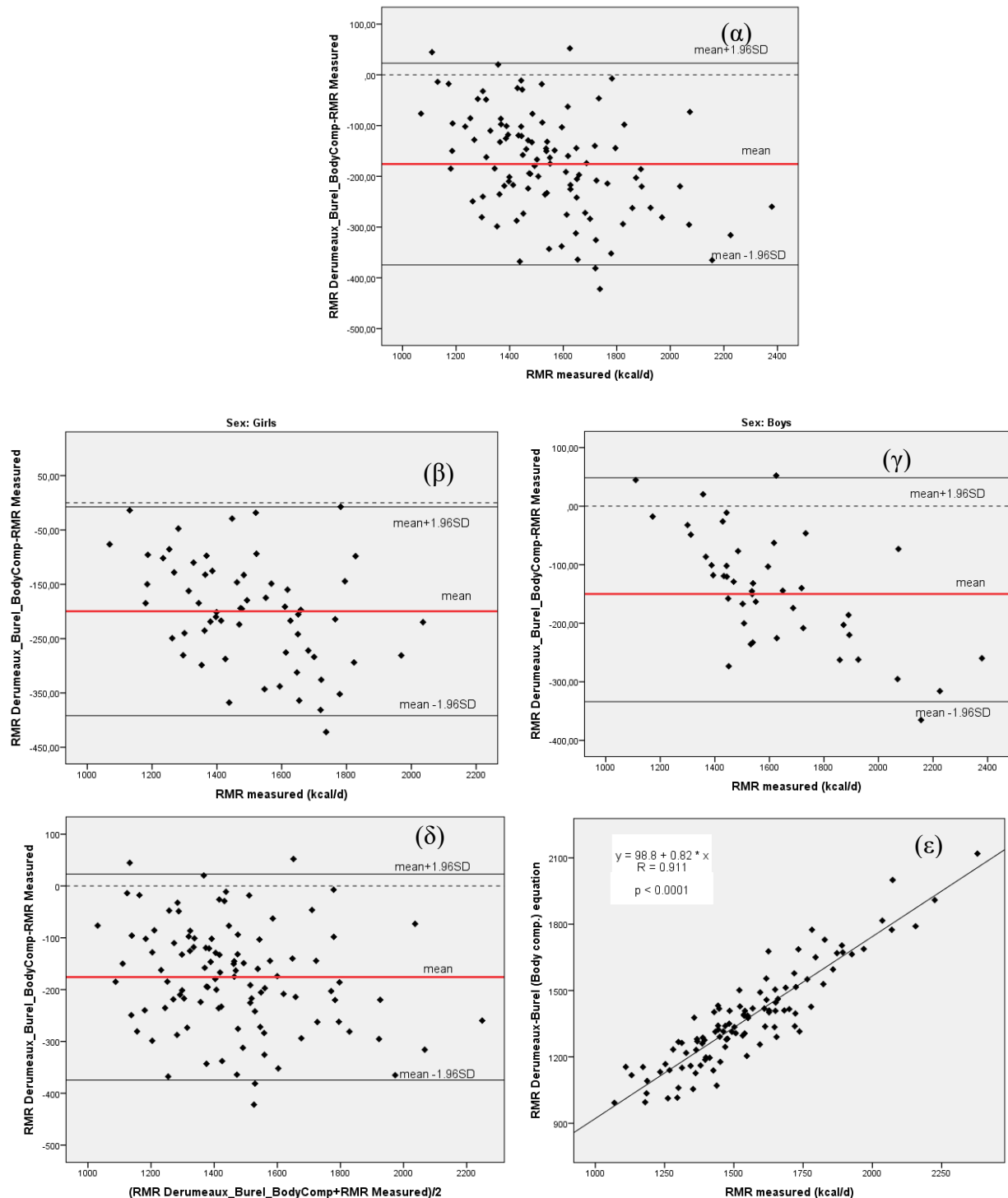


Σχήμα 4-14. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Molnar 2 Body Composition** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Molnar 2 Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -294.1 kcal/d (στα αγόρια) έως -338.8 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 231 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 203 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Molnar 2 Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.626$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια ($R = -0.694$, $p < 0.0001$) και για τα κορίτσια ($R = -0.717$, $p < 0.0001$). Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.456$, $p < 0.0001$.

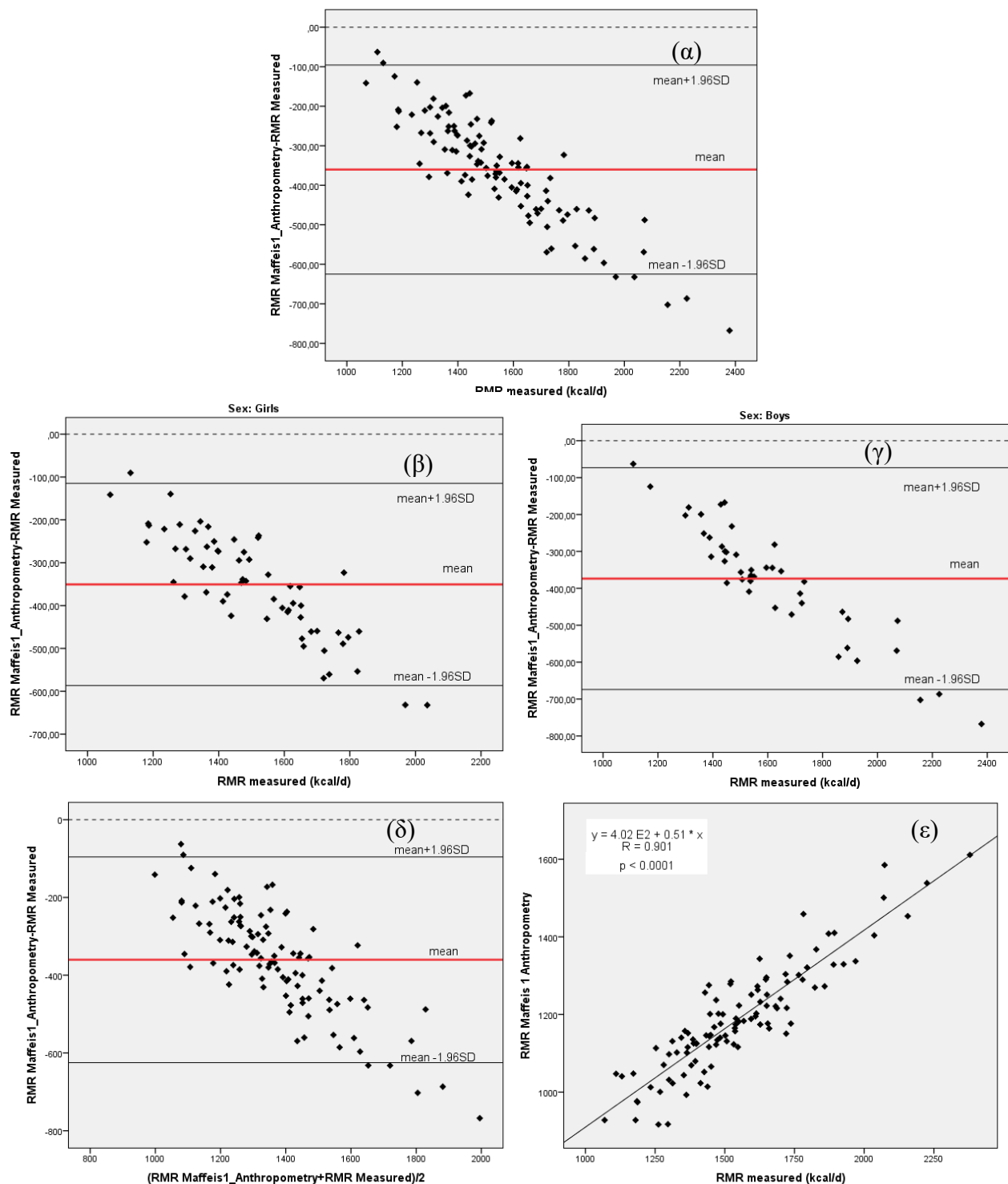


Σχήμα 4-15. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Derumeaux-Burel Body Composition** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Derumeaux-Burel Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -142.7 kcal/d (στα αγόρια) έως -199.7 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 191 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 192 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Derumeaux-Burel Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.429$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.667$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.405$, $p = 0.001$. Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.240$, $p = 0.014$.

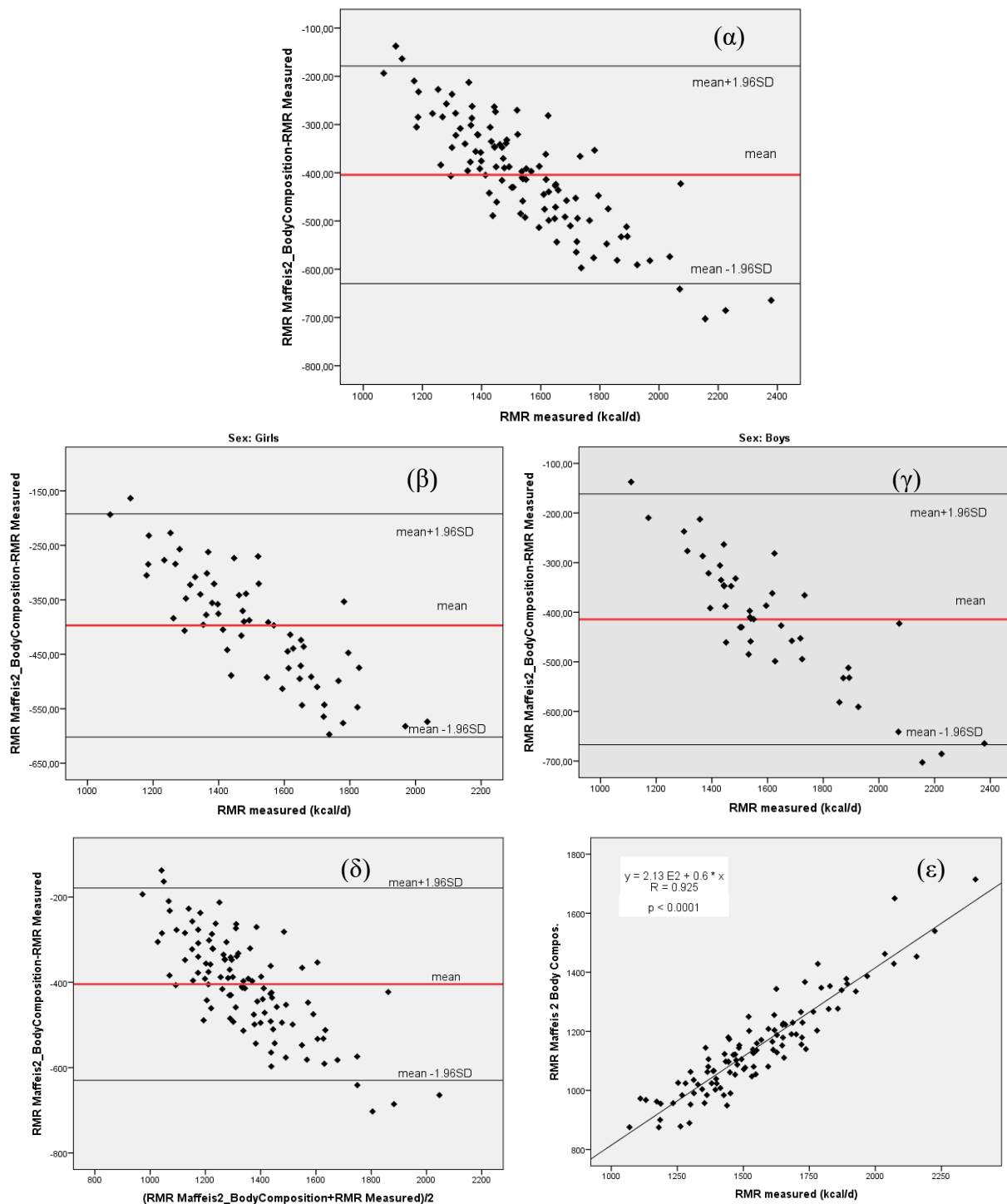


Σχήμα 4-16. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Maffei 1 Anthropometry** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Maffeis 1 Anthropometry** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -350.6 kcal/d (στα κορίτσια) έως -373.7 kcal/d (στα αγόρια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 301 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 236 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Maffeis 1 Anthropometry** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.895$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.936$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.864$, $p < 0.0001$). Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.812$, $p < 0.0001$.

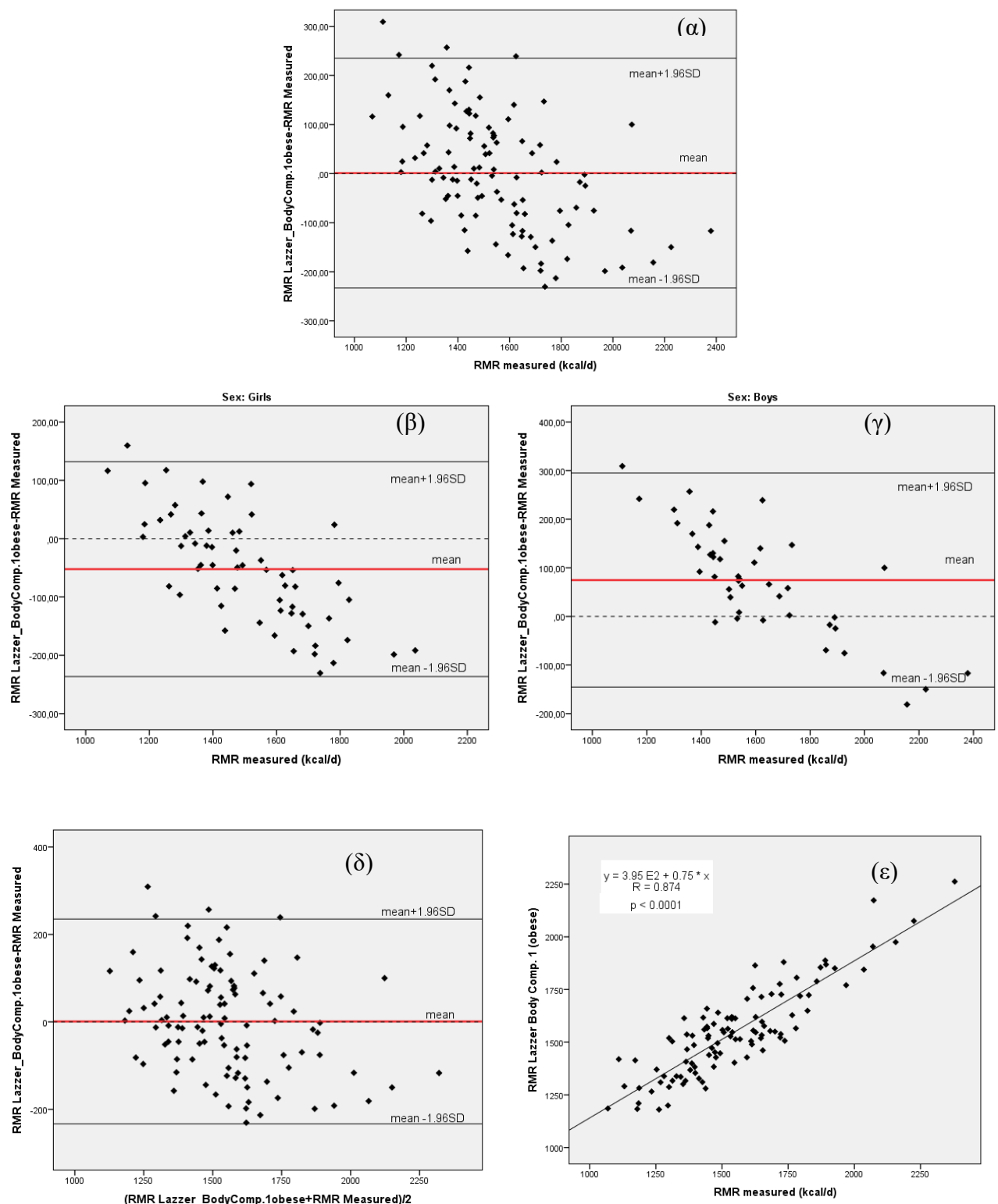


Σχήμα 4-17. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Maffei's 2 Body Composition** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Maffeis 2 Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -397.1 kcal/d (στα κορίτσια) έως -414.3 kcal/d (στα αγόρια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 253 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 205 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Maffeis 2 Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.851$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.880$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.834$, $p < 0.0001$. Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.761$, $p < 0.0001$.

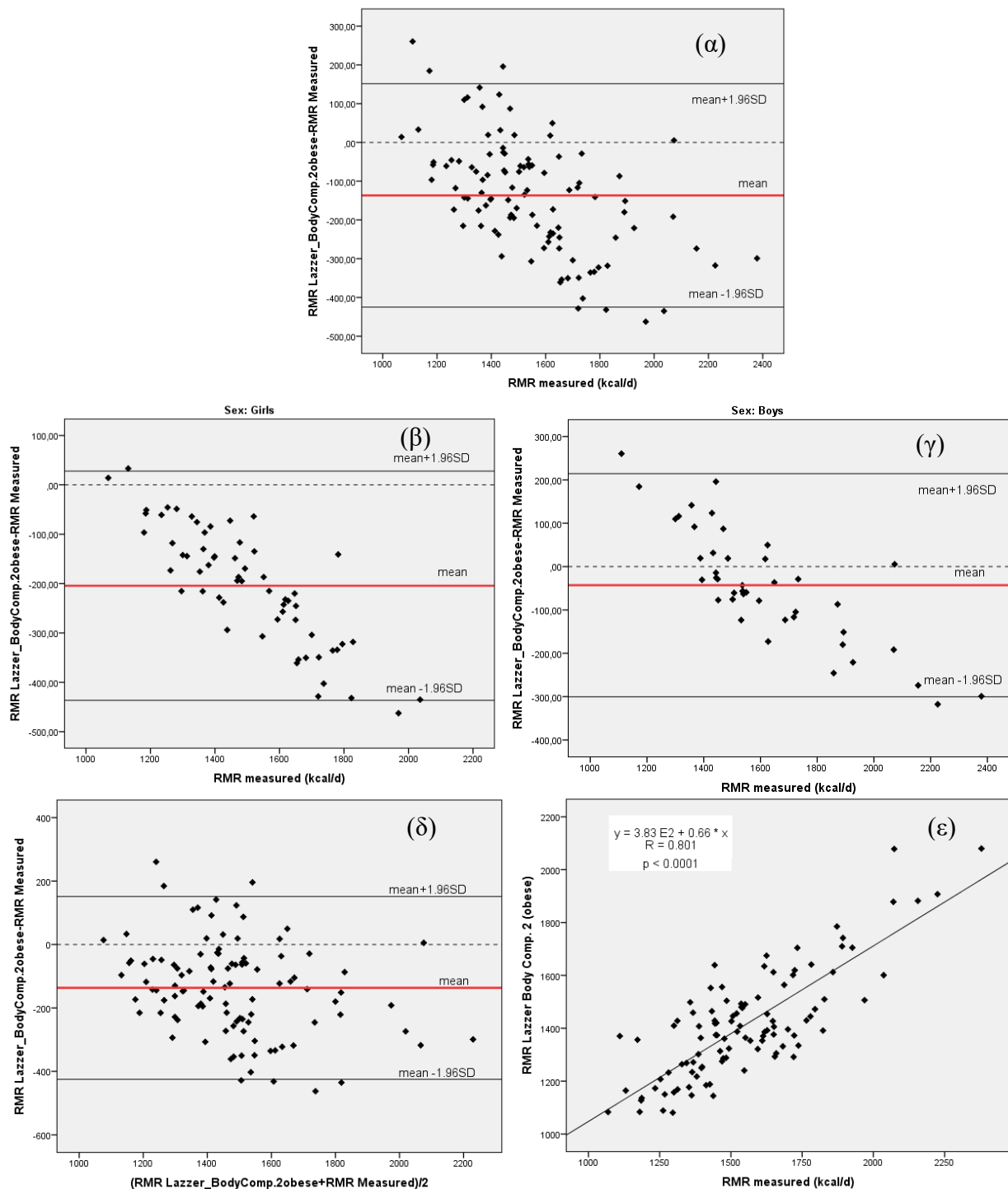


Σχήμα 4-18. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Lazer Body Composition 1** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Lazzer Body Composition 1** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -52.3 kcal/d (κορίτσια) έως 74.8 kcal/d (αγόρια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 220 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 184 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Lazzer Body Composition 1** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.522$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.810$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.739$, $p < 0.0001$. Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.311$, $p = 0.001$.

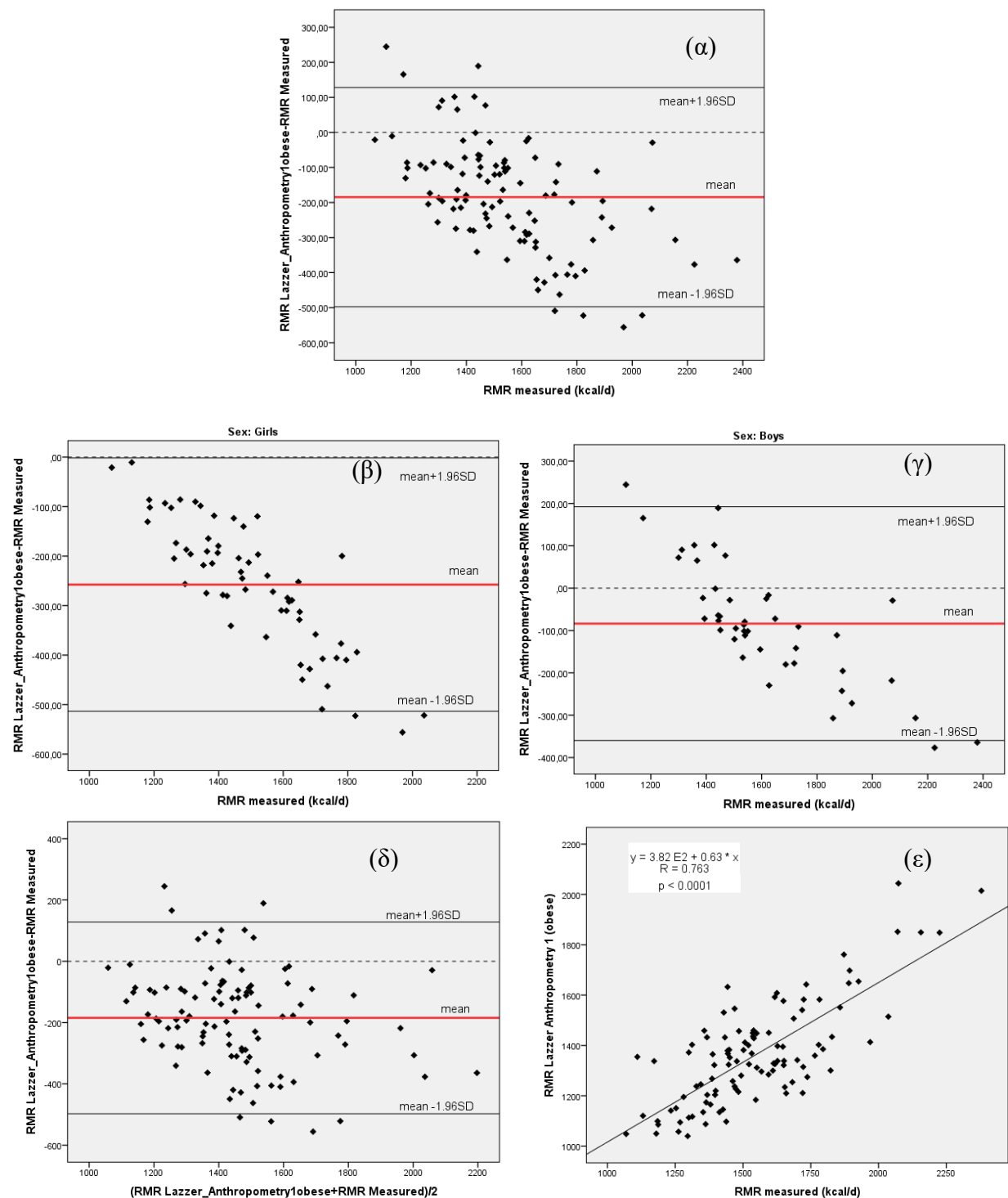


Σχήμα 4-19. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Lazer Body Composition 2** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Lazzer Body Composition 2** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -43.0 kcal/d (αγόρια) έως -204.3 kcal/d (κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 257 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 232 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Lazzer Body Composition 2** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.561$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.826$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.855$, $p < 0.0001$. Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.301$, $p = 0.002$.

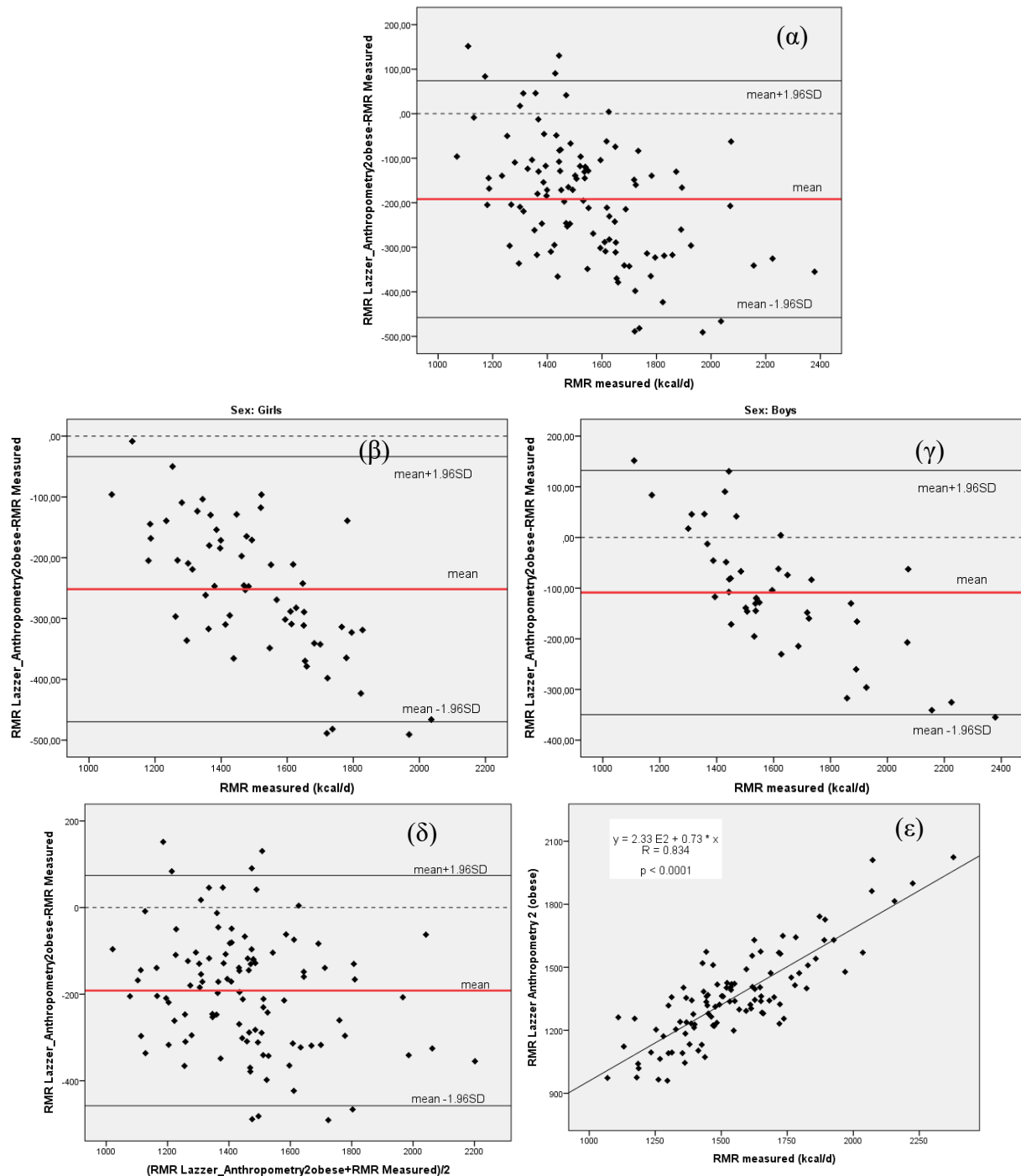


Σχήμα 4-20. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Lazer Anthropometry 1** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Lazzer Anthropometry 1** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -83.7 kcal/d (αγόρια) έως -257.5 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 276 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 256 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) διαγράμματα παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Lazzer Anthropometry 1** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο των παιδιών: $R = -0.563$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.816$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.864$, $p < 0.0001$). Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.277$, $p = 0.004$.



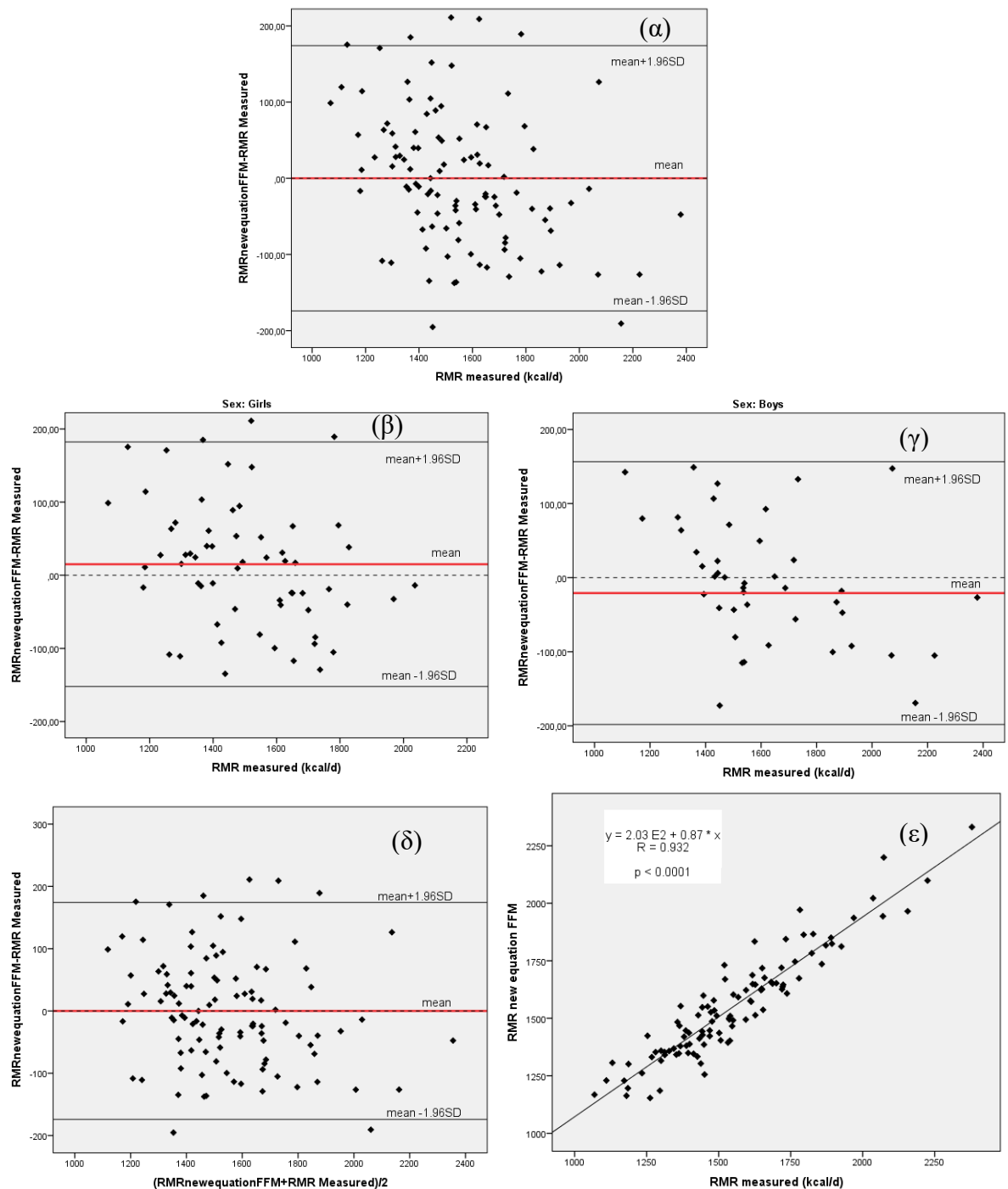
Σχήμα 4-21. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **Lazzer Anthropolmetry 2** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **Lazzer Anthropometry 2** και της μετρημένης τιμής του RMR κυμαίνεται από -108.7 kcal/d (στα αγόρια) έως -251.7 kcal/d (στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 241 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 218 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Lazzer Anthropometry 2** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο παιδιών: $R = -0.497$, $p < 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.775$, $p < 0.0001$ και για τα κορίτσια: $R = -0.711$, $p < 0.0001$. Η αντίστοιχη συσχέτιση στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα είναι $R = -0.246$, $p = 0.011$.



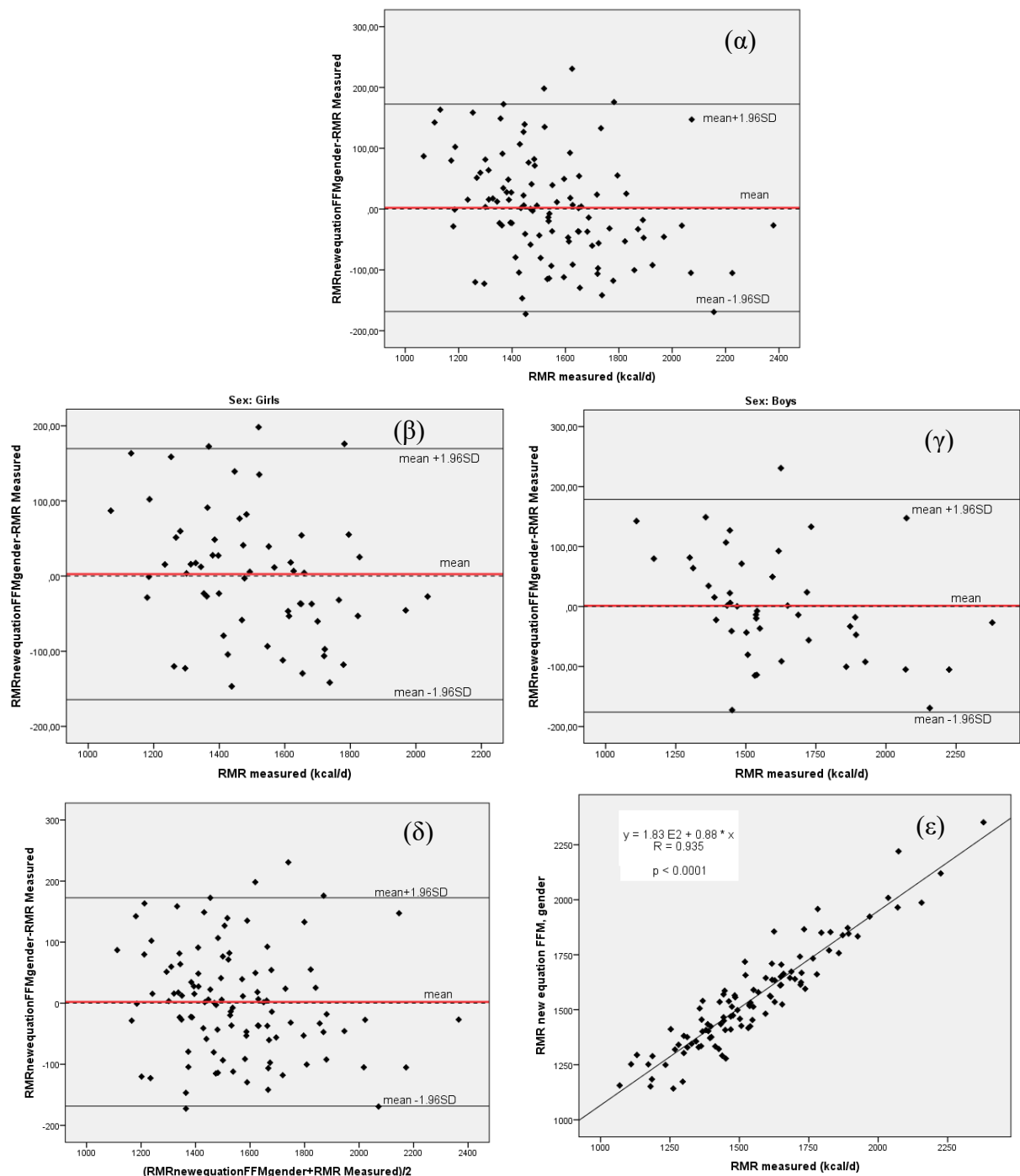
Σχήμα 4-22. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **new equation FFM** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **New equation FFM** και της μετρημένης τιμής του RMR είναι μηδέν (0 kcal/d) για το σύνολο των παιδιών (-21 kcal/d στα αγόρια και +15 kcal/d στα κορίτσια).

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 177 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 167 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **New equation FFM** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο παιδιών: $R = -0.362$, $p = 0.0001$, για τα αγόρια: $R = -0.374$, $p = 0.012$ και για τα κορίτσια: $R = -0.293$, $p = 0.022$. Αντίθετα, δεν υπάρχει συσχέτιση στο αντίστοιχο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($R = -0.191$, $p = 0.051$).



Σχήμα 4-23. Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών RMR που προκύπτουν από την εξίσωση **new equation FFM gender** με τις μετρημένες τιμές RMR. Οι μονάδες μέτρησης του RMR είναι kcal/d. Διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του RMR για όλο το δείγμα (α), μόνο για κορίτσια (β) και μόνο για αγόρια (γ). Διάγραμμα Bland-Altman (με άξονα αναφοράς τον Μ.Ο. μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών) για όλο το δείγμα (δ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης Pearson μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών (ε).

Από τα τρία διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) προκύπτει ότι η μέση απόκλιση (που αντιστοιχεί στην κόκκινη γραμμή) μεταξύ της εκτίμησης του RMR

μέσω της εξίσωσης **New equation FFM & gender** και της μετρημένης τιμής του RMR είναι μηδέν (0 kcal/d) για το σύνολο των παιδιών και κυμαίνεται από +1.3 kcal/d στα αγόρια έως +2.6 kcal/d στα κορίτσια.

Στα διαγράμματα αυτά το 1.96SD (που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων Bland-Altman) κυμαίνεται από ± 177 kcal/d (στα αγόρια) έως ± 167 kcal/d (στα κορίτσια).

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (α), (β) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **New equation FFM & gender** και της μετρημένης τιμής του RMR. Οι συσχετίσεις αυτές είναι, για το σύνολο παιδιών: $R = -0.329$, $p = 0.001$, για τα αγόρια: $R = -0.379$, $p = 0.011$ και για τα κορίτσια: $R = -0.297$, $p = 0.020$. Αντίθετα, δεν υπάρχει συσχέτιση στο αντίστοιχο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($R = -0.159$, $p = 0.106$).

Εξισώσεις Μέτρησης RMR	Πίνακας 4-3Α. Κριτήρια Αξιολόγησης των Εξισώσεων Εκτίμησης του RMR													
	Απόκλιση Εκτίμησης RMR (με βάση τις υπάρχουσες Εξισώσεις) από τη Μετρημένη τιμή (kcal/d)			Εύρος Απόκλισης (±1.96 SD) RMR (kcal/d)						Τιμές p των Συσχετίσεων των διαφορών RMR στα Διαγράμματα Bland-Altman με τον Άξονα χ				
	Μέσος Όρος Διαφοράς στο Σύνολο των παιδιών	Μέσος Όρος Διαφορ άς στα Αγόρια	Μέσος Όρος Διαφοράς στα Κορίτσια	Standard Deviation (SD) της Διαφοράς για όλο το δείγμα*	Σύνολο Παιδιών		Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο Παιδιών Συσχέτιση Διαφοράς με RMR measured	Αγόρια Συσχέτιση Διαφοράς με RMR measured	Κορίτσια Συσχέτιση Διαφοράς με RMR measured	Σύνολο Παιδιών Συσχέτιση Διαφοράς με (RMR measured + RMR εκτίμησης)/2
					Mean + (std * 1,96)	Mean - (std * 1,96)	Mean + (std * 1,96)	Mean - (std * 1,96)	Mean + (std * 1,96)	Mean - (std * 1,96)				
Harris-Benedict (a)	-274.59	-305.69	-252.16	118.19	-42.95	-506.24	-103.40	-507.98	-9.28	-495.04	p < 0.0001	p = 0.013	p < 0.0001	p < 0.0001
FAO (a)	-266.87	-210.90	-307.24	122.92	-25.94	-507.80	+8.57	-430.36	-81.61	-532.86	p< 0.0001	p = 0.120	p < 0.0001	p = 0.092
Schofield (a)	-200.53	-162.18	-228.20	121.32	+37.25	-438.32	+93.51	-417.86	-18.39	-438.01	p = 0.887	p = 0.283	p = 0.004	p = 0.020
Tverskaya (b)	-263.66	-236.94	-282.93	107.29	-53.37	-473.94	-15.06	-458.82	-88.23	-477.62	p = 0.0001	p = 0.0001	p < 0.0001	p = 0.004
McDuffie (b)	-153.43	-149.59	-156.19	124.44	+90.47	-397.32	+67.52	-366.71	+106.97	-419.35	p = 0.102	p = 0.849	p = 0.015	p < 0.0001
Molnar 1 (a)	-333.03	-293.39	-361.62	118.06	-101.62	-564.44	-63.30	-523.49	-144.24	-579.01	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p = 0.005
Molnar 2 (b)	-320.07	-294.05	-338.84	111.28	-101.97	-538.17	-63.41	-524.69	-136.25	-541.43	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001
Derumeaux-Burel (b)	-175.79	-142.65	-199.68	101.38	+22.92	-374.49	+48.56	-333.87	-7.56	-391.81	p < 0.0001	p < 0.0001	p = 0.001	p = 0.014
Maffei 1 (a)	-360.30	-373.70	-350.64	134.94	-95.81	-624.79	-73.12	-674.27	-114.76	-586.51	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001
Maffei 2 (b)	-404.29	-414.27	-397.10	115.11	-178.68	-629.91	-161.59	-666.95	-192.19	-602.01	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001
Lazzer 1 (b)	+0.96	+74.77	-52.27	119.50	+235.18	-233.26	+294.99	-145.45	+131.89	-236.44	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p = 0.001
Lazzer 2 (b)	-136.70	-43.00	-204.29	147.02	+151.47	-424.87	+214.37	-300.36	+27.84	-436.43	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p = 0.002
Lazzer 1 (a)	-184.67	-83.74	-257.48	159.57	+128.08	-497.42	+192.43	-359.91	-1.59	-513.37	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p = 0.004
Lazzer 2 (a)	-191.81	-108.73	-251.74	135.68	+74.12	-457.75	+132.22	-349.68	-33.79	-469.69	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.0001	p = 0.011
New equation FFM	+0.01	-20.83	+15.04	88.86	+174.17	-174.15	+156.47	-198.14	+182.19	-152.11	p = 0.0001	p = 0.012	p = 0.022	p = 0.051
New equation FFM&gender	+2.05	+1.28	+2.60	87.05	+172.66	-168.57	+178.62	-176.07	+169.67	-164.47	p = 0.001	p =0.011	p = 0.020	p = 0.106
Equations developed using anthropometric (a) (body weight and stature) or body composition (b) (fat-free mass and fat mass) as parameters														

Equations developed using anthropometric (a) (body weight and stature) or body composition (b) (fat-free mass and fat mass) as parameters

*Στον Πίνακα 4.3Β. δίνονται οι επιμέρους τιμές των SD για κορίτσια και αγόρια χωριστά.

Εξισώσεις Μέτρησης RMR	Πίνακας 4-3B. Εύρος Απόκλισης (± 1.96 SD) RMR (kcal/d)								
	Standard Deviation (SD) της Διαφοράς	Standard Deviation (SD) της Διαφοράς στα Αγόρια	Standard Deviation (SD) της Διαφοράς στα Κορίτσια	Σύνολο Παιδιών		Αγόρια		Κορίτσια	
				Mean + (std * 1,96)	Mean - (std * 1,96)	Mean + (std * 1,96)	Mean - (std * 1,96)	Mean + (std * 1,96)	Mean - (std * 1,96)
Harris-Benedict (a)	118.19	103.21	123.92	-42.95	-506.24	-103.40	-507.98	-9.28	-495.04
FAO (a)	122.92	111.97	115.12	-25.94	-507.80	+8.57	-430.36	-81.61	-532.86
Schofield (a)	121.32	130.45	107.04	+37.25	-438.32	+93.51	-417.86	-18.39	-438.01
Tverskaya (b)	107.29	113.20	99.33	-53.37	-473.94	-15.06	-458.82	-88.23	-477.62
McDuffie (b)	124.44	110.77	134.27	+90.47	-397.32	+67.52	-366.71	+106.97	-419.35
Molnar 1 (a)	118.06	117.39	110.91	-101.62	-564.44	-63.30	-523.49	-144.24	-579.01
Molnar 2 (b)	111.28	117.67	103.36	-101.97	-538.17	-63.41	-524.69	-136.25	-541.43
Derumeaux-Burel(b)	101.38	97.56	98.02	+22.92	-374.49	+48.56	-333.87	-7.56	-391.81
Maffeis 1 (a)	134.94	153.36	120.34	-95.81	-624.79	-73.12	-674.27	-114.76	-586.51
Maffeis 2 (b)	115.11	128.92	104.55	-178.68	-629.91	-161.59	-666.95	-192.19	-602.01
Lazzer 1 (b)	119.50	112.36	93.96	+235.18	-233.26	+294.99	-145.45	+131.89	-236.44
Lazzer 2 (b)	147.02	131.31	118.44	+151.47	-424.87	+214.37	-300.36	+27.84	-436.43
Lazzer 1 (a)	159.57	140.90	130.56	+128.08	-497.42	+192.43	-359.91	-1.59	-513.37
Lazzer 2 (a)	135.68	122.93	111.20	+74.12	-457.75	+132.22	-349.68	-33.79	-469.69
New equation FFM	88.86	90.46	85.28	+174.17	-174.15	+156.47	-198.14	+182.19	-152.11
New equation FFM &gender	87.05	90.48	85.24	+172.66	-168.57	+178.62	-176.07	+169.67	-164.47

Οι παραπάνω πίνακες (**4-3A και 4-3B**) συνοψίζουν όλες τις παραμέτρους των διαγραμμάτων Bland-Altman. Πιο συγκεκριμένα, ο **Πίνακας 4-3A** παρουσιάζει την μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης του RMR (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) και της μετρημένης τιμής (kcal/d) στο σύνολο των παιδιών και ξεχωριστά για αγόρια και κορίτσια.

Επίσης, απεικονίζεται το εύρος της απόκλισης (± 1.96 SD) του RMR (kcal/d) που δηλώνει την 95% διασπορά των αποκλίσεων πάνω και κάτω από την μέση απόκλιση των διαγραμμάτων τύπου Bland-Altman στο σύνολο των παιδιών. Ο **Πίνακας 4-3B** περιέχει το εύρος της απόκλισης (± 1.96 SD) του RMR (kcal/d) και χωριστά για τα δύο φύλα.

Τέλος, ο **Πίνακας 4-3A** επίσης παρουσιάζει και τις τιμές p των συσχετίσεων των διαφορών RMR στα διαγράμματα τύπου Bland-Altman (για το σύνολο των παιδιών και χωριστά για αγόρια και κορίτσια) με τον άξονα x , δηλαδή με τις μετρημένες τιμές RMR. Επιπλέον, περιλαμβάνει και τις αντίστοιχες τιμές p των συσχετίσεων των διαφορών RMR στα διαγράμματα Bland-Altman για το σύνολο των παιδιών.

4.2.2. Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του RMR που χρησιμοποιούν παραμέτρους σύστασης σώματος

Εάν λάβουμε υπόψη το πρώτο κατά σειρά κριτήριο, που αφορά στη μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης του RMR (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) και της μετρημένης τιμής (kcal/d) διαμορφώνεται η ακόλουθη σειρά κατάταξης, ξεκινώντας από την εξίσωση με την μικρότερη μέση απόκλιση προς την μεγαλύτερη:

Πιο αναλυτικά, η πρώτη στη σειρά εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης του RMR και της μετρημένης τιμής είναι η **Lazzer Body Composition 1**, στην οποία παρουσιάζεται μια διαφοροποίηση μεταξύ των δυο φύλων. Πιο αναλυτικά, ενώ παρατηρείται σχεδόν μηδενική μέση απόκλιση (~ 1 kcal/d) στο σύνολο του δείγματος (αγόρια και κορίτσια), εμφανίζεται μια διαφοροποίηση όταν διαχωριστούν τα αγόρια από τα κορίτσια. Συγκεκριμένα, η μέση απόκλιση της εκτίμησης με βάση την εξίσωση (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) είναι κατά μέσο όρο θετική στα αγόρια ($\sim +75$ kcal/d) και αρνητική στα κορίτσια (~ -52 kcal/d).

Ακολουθώντας, η επόμενη εξίσωση με βάση το κριτήριο της μέσης απόκλισης από τη μετρημένη τιμή είναι η **Lazzer Body Composition 2**, στην οποία λαμβάνεται υπόψη, εκτός από την άλιπη μάζα (FFM) επιπρόσθετα και η λιπώδης μάζα (FM). Οι εκτιμήσεις με βάση αυτήν την εξίσωση παρουσιάζουν μια μέση απόκλιση ~ -137 kcal/day (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή). Στην περίπτωση αυτή, τα αγόρια διαφοροποιούνται αρκετά από τα κορίτσια (αποκλίσεις $\sim +40$ kcal/d και ~ -200 kcal/d αντίστοιχα), ενώ παράλληλα η μέση διαφορά είναι αρνητική, εάν λάβουμε υπόψη και τα δύο φύλα μαζί.

Η τρίτη στη σειρά εξίσωση είναι η **McDuffie Body Composition** η οποία περιλαμβάνει το FFM και το FM, εμφανίζει μια μέση απόκλιση (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) ~ -153 kcal/d στο σύνολο του δείγματος (αγόρια και κορίτσια). Επιπλέον, όταν εξεταστούν τα δύο φύλα ξεχωριστά δεν παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών (αποκλίσεις ~ -150 kcal/d και ~ -160 kcal/d).

Αναφορικά με την εξίσωση **Derumeaux-Burel Body Composition**, η οποία είναι η επόμενη στη κατάταξη και λαμβάνει υπόψη το FFM, παρουσιάζει μέσο όρο απόκλισης (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) ~ -176 kcal/d μεταξύ της υπολογισμένης από την εξίσωση τιμής και της μετρημένης τιμής στο σύνολο του δείγματος. Επίσης, η απόκλιση είναι αρνητική και στα δύο φύλα ξεχωριστά ωστόσο είναι σαφώς μικρότερη στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (αγόρια = ~ -143 kcal/d, κορίτσια = ~ -200 kcal/d).

Σε ότι αφορά την εξίσωση **Tverskaya** που έπεται στην κατάταξη, η οποία περιλαμβάνει το FFM και το FM, η μέση εκτιμώμενη απόκλιση (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) είναι ~ -264 kcal/d στο σύνολο των παιδιών. Παρόλα αυτά, η διαφορά και σε αυτή την περίπτωση είναι μεγαλύτερη στα κορίτσια συγκριτικά με τα αγόρια (αγόρια = ~ -237 kcal/d, κορίτσια = ~ -283 kcal/d).

Επόμενη στη σειρά κατάταξης είναι η εξίσωση **Molnar 2 Body Composition**, η οποία επίσης λαμβάνει υπόψη το FFM και το FM. Η μέση διαφορά της υπολογισμένης μέσω της εξίσωσης τιμής είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με την μετρημένη τιμή (~ -320 kcal/d). Εντούτοις, παρατηρείται και εδώ μια ενδιαφέρουσα

διαφοροποίηση μεταξύ διαφορετικού φύλου καθώς η διαφορά είναι μεγαλύτερη στα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια (αγόρια = ~ -294 kcal/d, κορίτσια = ~ -339 kcal/d).

Η τελευταία στη σειρά κατάταξης εξίσωση είναι η **Maffei's 2 Body Composition** καθώς η μέση διαφορά της υπολογισμένης τιμής του RMR από την μετρημένη είναι η μεγαλύτερη από όλες τις εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη παραμέτρους της σύστασης σώματος (απόκλιση για το συνολικό δείγμα ~ -400 kcal/d). Σε ότι αφορά τα δύο φύλα ξεχωριστά, η απόκλιση είναι ελαφρά μεγαλύτερη στα αγόρια συγκριτικά με τα κορίτσια (~ -414 kcal/d και ~ -397 kcal/d αντίστοιχα).

Σε ότι αφορά στις νέες εξισώσεις, η μέση εκτιμώμενη διαφορά της εξίσωσης **new equation FFM** που περιλαμβάνει ως παράμετρο το FFM είναι μηδενική στο σύνολο του δείγματος, όμως εμφανίζεται μια πολύ ελαφριά διαφοροποίηση όταν διαχωριστούν τα αγόρια από τα κορίτσια. Συγκεκριμένα, η μέση απόκλιση είναι θετική στα κορίτσια και αρνητική στα αγόρια ($\sim +15$ και ~ -21 kcal/d αντίστοιχα).

Τέλος, η μέση εκτιμώμενη τιμή του RMR της εξίσωσης **new equation FFM & gender**, στην οποία λαμβάνεται υπόψη επιπρόσθετα και το φύλο των παιδιών, είναι σχεδόν μηδενική και παράλληλα δεν υπάρχει αξιοσημείωτη απόκλιση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Αναφορικά με το δεύτερο κριτήριο Bland-Altman δηλαδή με τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής, παρατηρούμε ότι όλες οι παραπάνω εξισώσεις έχουν παραπλήσιο SD, της τάξεως του 100-120 kcal/d, εκτός από την εξίσωση **Lazzer Body Composition 2** η οποία έχει ~ 147 kcal/d. Επομένως, οι τιμές του 1.96SD κυμαίνονται μεταξύ 196-235 kcal/d, όπως είδαμε κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (μέρος 3.2.1). ***Ως εκ τούτου, δεν αλλάζει κάτι από την κατάταξη με βάση το πρώτο κριτήριο εάν λάβουμε υπόψη και το δεύτερο κριτήριο.***

Αντίθετα, στις δυο νέες εξισώσεις (**new equation FFM** και **new equation FFM & gender**) το SD είναι 89 και 87 kcal/d αντίστοιχα, τιμές αρκετά μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές των υπαρχουσών εξισώσεων (εξισώσεις 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12 του Πίνακα 1-1) (100-120 kcal/d).

Σύμφωνα με το τρίτο κριτήριο αξιολόγησης των διαγραμμάτων Bland-Altman, παρατηρούμε ότι οι τιμές των επιμέρους αποκλίσεων (διαφορών μεταξύ εκτίμησης

και μέτρησης RMR), κατά κανόνα, σχετίζονται με τις τιμές RMR ($p < 0.05$). Αυτό συμβαίνει σε όλες τις εξισώσεις σύστασης σώματος, εκτός από την εξίσωση **McDuffie Body Composition**. Πιο συγκεκριμένα, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **McDuffie Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο των παιδιών $p = 0.102$ και στα αγόρια $p = 0.849$.

Επίσης, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **new equation FFM** και της μετρημένης τιμής του RMR στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($p = 0.051$). Παράλληλα, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **new equation FFM** gender και της μετρημένης τιμής του RMR στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman για όλο το δείγμα ($p = 0.106$).

Με βάση όλα τα παραπάνω, από τις υπάρχουσες εξισώσεις που περιλαμβάνουν παραμέτρους σύστασης σώματος (εξισώσεις 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12 του Πίνακα 1-1), για το δείγμα που μελετήσαμε, προκύπτει η ακόλουθη σειρά κατάταξης η οποία διαμορφώθηκε ξεκινώντας από την εξίσωση που βρέθηκε να εκτιμά καλύτερα το RMR (kcal/d) των παιδιών του δείγματος και καταλήγοντας σε εκείνη που απέχει περισσότερο από την πραγματική τιμή. Επίσης, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, η σειρά κατάταξης που προέκυψε έλαβε υπόψη χωριστά τα αγόρια και τα κορίτσια καθώς σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στην πρόβλεψη του RMR (kcal/d) για κάθε εξίσωση.

1. **Lazzar Body Composition 1 για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή είναι αρκετά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -52 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρότερη από τις άλλες εξισώσεις (~ 94 kcal/d).
2. **Lazzar Body Composition 1 για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση $\sim +75$ kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 112 kcal/d).
3. **Lazzar Body Composition 2 για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση $\sim +40$ kcal/d). Παρόλα αυτά, η τυπική

απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μεγαλύτερη από τις άλλες εξισώσεις (~131 kcal/d). Είναι σημαντικό σε αυτό το σημείο να τονιστεί ότι εάν κρίνουμε με βάση τη μέση απόκλιση η **Lazzer Body Composition 2 για αγόρια** εμφανίζεται να είναι καλύτερη από όλες τις άλλες εξισώσεις όμως εάν συνεκτιμήσουμε και τη μεγάλη τιμή της τυπικής απόκλισης της διαφοράς που παρουσιάζει αυτή η εξίσωση τότε τελικά την κατατάσσουμε τρίτη.

4. **Derumeaux-Burel Body Composition για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι σχετικά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -143 kcal/d). Παρόλα αυτά, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η μικρότερη από όλες τις εξισώσεις για τα αγόρια (~97.6 kcal/d).
5. **McDuffie Body Composition για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι σχετικά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -150 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~111 kcal/d). *Ωστόσο, σε αντίθεση με όλες τις άλλες εξισώσεις, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης McDuffie Body Composition και της μετρημένης τιμής του RMR στα αγόρια $p=0.849$.*
6. **McDuffie Body Composition για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή είναι σχετικά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -156 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~134 kcal/d).
7. **Derumeaux-Burel Body Composition για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -200 kcal/d). Παρόλα αυτά, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η μικρότερη από όλες τις εξισώσεις για τα κορίτσια (~98 kcal/d).
8. **Lazzer Body Composition 2 για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -204 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~118 kcal/d).

9. **Tverskaya για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -237 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 113 kcal/d).
10. **Tverskaya για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -283 kcal/d). Ωστόσο, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τις άλλες εξισώσεις για τα κορίτσια (~ 99 kcal/d).
11. **Molnar 2 Body Composition για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι ιδιαίτερη καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -294 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 118 kcal/d).
12. **Molnar 2 Body Composition για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι ιδιαίτερη καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -339 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 103 kcal/d).
13. **Maffeis 2 Body Composition για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -397 kcal/d). Η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 129 kcal/d).
14. **Maffeis 2 Body Composition για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι η τελευταία στη σειρά κατάταξης εξίσωση καθώς η μέση διαφορά της υπολογισμένης τιμής του RMR από την μετρημένη είναι η μεγαλύτερη από όλες τις εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη παραμέτρους της σύστασης σώματος (απόκλιση ~ -414 kcal/d). Ωστόσο, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 105 kcal/d).

Τέλος, σε ότι αφορά τις νέες εξισώσεις, η εξίσωση **new equation FFM & gender** είναι η καλύτερη από τις δύο και για τα δύο φύλα καθώς η μέση διαφορά της υπολογισμένης μέσω της εξίσωσης τιμή από την μετρημένη είναι σχεδόν μηδενική. Επιπλέον, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι μικρότερη από εκείνη των άλλων εξισώσεων (~ 85 kcal/d στα κορίτσια και ~ 90

στα αγόρια kcal/d). Είναι σημαντικό επίσης να τονιστεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης και της μετρημένης τιμής του RMR στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman για όλο το δείγμα ($p = 0.106$). Στην περίπτωση της εξίσωσης **new equation FFM** η αντίστοιχη τιμή είναι $p = 0.051$.

4.2.3. Αξιολόγηση εξισώσεων εκτίμησης του RMR που χρησιμοποιούν ανθρωπομετρικές παραμέτρους

Όσον αφορά τις ανθρωπομετρικές εξισώσεις, λαμβάνοντας υπόψη το πρώτο κατά σειρά κριτήριο, που αφορά στη μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης του RMR (με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις) και της μετρημένης τιμής (kcal/d) διαμορφώνεται η ακόλουθη σειρά κατάταξης από την εξίσωση με την μικρότερη μέση απόκλιση προς την μεγαλύτερη:

Πιο αναλυτικά, η πρώτη στη σειρά εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης του RMR και της μετρημένης τιμής είναι η **Lazzer Anthropometry 1**. Οι εκτιμήσεις με βάση αυτήν την εξίσωση παρουσιάζουν μια μέση απόκλιση ~ -185 kcal/day (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή). Στην περίπτωση αυτή, τα αγόρια διαφοροποιούνται αρκετά από τα κορίτσια (αποκλίσεις ~ -84 kcal/d και ~ -257 kcal/d αντίστοιχα), ενώ παράλληλα η μέση διαφορά είναι αρνητική.

Ακολούθως, η επόμενη εξίσωση με βάση το κριτήριο της μέσης απόκλισης από τη μετρημένη τιμή είναι η **Lazzer Anthropometry 2** η οποία εμφανίζει μια μέση απόκλιση (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) ~ -192 kcal/d στο σύνολο του δείγματος (αγόρια και κορίτσια μαζί). Επίσης, η απόκλιση είναι αρνητική και στα δύο φύλα ξεχωριστά ωστόσο είναι μεγαλύτερη στα κορίτσια συγκριτικά με τα αγόρια (αγόρια = ~ -109 kcal/d, κορίτσια = ~ -252 kcal/d).

Η τρίτη στη σειρά εξίσωση είναι η **Schofield** η οποία παρουσιάζει μέσο όρο απόκλισης (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) ~ -201 kcal/d μεταξύ της υπολογισμένης από την εξίσωση τιμής και της μετρημένης τιμής στο σύνολο του δείγματος. Επίσης, η απόκλιση είναι αρνητική και στα δύο φύλα ξεχωριστά ωστόσο είναι σαφώς μικρότερη στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (αγόρια = ~ -162 kcal/d, κορίτσια = ~ -228 kcal/d).

Σε ότι αφορά την εξίσωση **FAO** που έπεται στην κατάταξη, η μέση εκτιμώμενη απόκλιση (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) είναι ~ -267 kcal/d στο σύνολο των παιδιών. Παρόλα αυτά, η διαφορά και σε αυτή την περίπτωση είναι μεγαλύτερη στα κορίτσια συγκριτικά με τα αγόρια (αγόρια = ~ -211 kcal/d, κορίτσια = ~ -307 kcal/d).

Επόμενη στη σειρά κατάταξης είναι η εξίσωση **Harris-Benedict**. Η μέση διαφορά της υπολογισμένης μέσω της εξίσωσης τιμής είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με την μετρημένη τιμή (~ -275 kcal/d). Εντούτοις, παρατηρείται και εδώ μια ενδιαφέρουσα διαφοροποίηση μεταξύ διαφορετικού φύλου καθώς η διαφορά είναι μεγαλύτερη στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (αγόρια = ~ -306 kcal/d, κορίτσια = ~ -252 kcal/d).

Αναφορικά με την εξίσωση **Molnar 1 Anthropometry**, η οποία είναι η επόμενη στη κατάταξη, παρουσιάζει μέσο όρο απόκλισης (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή) ~ -333 kcal/d μεταξύ της υπολογισμένης από την εξίσωση τιμής και της μετρημένης τιμής στο σύνολο του δείγματος. Επίσης, η απόκλιση είναι αρνητική και στα δύο φύλα ξεχωριστά ωστόσο είναι σαφώς μικρότερη στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (αγόρια = ~ -293 kcal/d, κορίτσια = ~ -362 kcal/d).

Η τελευταία στη σειρά κατάταξης εξίσωση είναι η **Maffei 1 Anthropometry** καθώς η μέση διαφορά της υπολογισμένης τιμής του RMR από την μετρημένη είναι η μεγαλύτερη από όλες τις εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη ανθρωπομετρικές παραμέτρους (απόκλιση για το συνολικό δείγμα ~ -360 kcal/d). Σε ότι αφορά τα δύο φύλα ξεχωριστά, η απόκλιση είναι ελαφρά μεγαλύτερη στα αγόρια συγκριτικά με τα κορίτσια (~ -374 kcal/d και ~ -351 kcal/d αντίστοιχα).

Αναφορικά με το δεύτερο κριτήριο Bland-Altman δηλαδή με τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής, παρατηρούμε ότι οι εξισώσεις **Harris-Benedict**, **FAO**, **Schofield** και **Molnar 1 Anthropometry** έχουν παραπλήσιο SD της τάξεως των 118-121 kcal/d ενώ στις εξισώσεις **Maffei 1 Anthropometry** και η **Lazzer Anthropometry 2** το SD είναι ~ 135 kcal/d. Αντίθετα, στην εξίσωση **Lazzer Anthropometry 1** το SD είναι ~ 160 kcal/d, τιμή που είναι αρκετά μεγαλύτερη από όλες τις άλλες εξισώσεις.

Σύμφωνα με το τρίτο κριτήριο αξιολόγησης των διαγραμμάτων Bland-Altman, παρατηρούμε ότι οι τιμές των επιμέρους αποκλίσεων (διαφορών μεταξύ εκτίμησης και μέτρησης RMR), κατά κανόνα, σχετίζονται με τις μετρημένες τιμές RMR

($p < 0.05$) εκτός από τις εξισώσεις **FAO** και **Schofield**. Πιο συγκεκριμένα, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Schofield** και της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο των παιδιών $p = 0,887$ και στα αγόρια $p = 0,283$.

Επιπλέον, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **FAO** και της μετρημένης τιμής του RMR στα αγόρια $p = 0.120$ και στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman για το σύνολο των παιδιών $p = 0.092$.

Με βάση όλα τα παραπάνω, από τις υπάρχουσες εξισώσεις που περιλαμβάνουν ανθρωπομετρικές παραμέτρους (εξισώσεις 1, 2, 3, 6, 9, 13 και 14 του Πίνακα 1-1), για το δείγμα που μελετήσαμε, προκύπτει η ακόλουθη σειρά κατάταξης η οποία διαμορφώθηκε ξεκινώντας από την εξίσωση που βρέθηκε να εκτιμά καλύτερα το RMR (kcal/d) των παιδιών του δείγματος και καταλήγοντας σε εκείνη που απέχει περισσότερο από την πραγματική τιμή. Επίσης, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, η σειρά κατάταξης που προέκυψε έλαβε υπόψη χωριστά τα αγόρια και τα κορίτσια καθώς παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στην πρόβλεψη του RMR (kcal/d) για κάθε εξίσωση.

1. **Lazzer Anthropometry 1 για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή σχετικά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -80 kcal/d). Παρόλα αυτά, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι η δεύτερη μεγαλύτερη από τις άλλες ανθρωπομετρικές εξισώσεις (~ 141 kcal/d).
2. **Lazzer Anthropometry 2 για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι σχετικά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -109 kcal/d). Ωστόσο, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 123 kcal/d).
3. **Schofield για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή είναι σχετικά καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -162 kcal/d). Επίσης, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι από τις μεγαλύτερες συγκρινόμενη με τις άλλες εξισώσεις (~ 130 kcal/d). **Ωστόσο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης Schofield και της μετρημένης τιμής του RMR στα αγόρια $p = 0.283$.**

4. **FAO για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -211 kcal/d). Επίσης, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 112 kcal/d). **Ωστόσο, και στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι σημαντικό να τονιστεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης FAO και της μετρημένης τιμής του RMR στα αγόρια $p=0.120$.**
5. **Schofield για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή είναι η καλύτερη από όλες τις εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη τους ανθρωπομετρικές παραμέτρους για τα κορίτσια ωστόσο ακόμα και αυτή δεν είναι ιδιαίτερα καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -228 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 107 kcal/d).
6. **Lazzer Anthropometry 2 για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -252 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 111 kcal/d).
7. **Harris-Benedict για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -252 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 124 kcal/d).
8. **Lazzer Anthropometry 1 για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -257 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής είναι από τις μεγαλύτερες συγκρινόμενη με τις άλλες εξισώσεις (~ 131 kcal/d).
9. **Molnar 1 Anthropometry για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι πολύ καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -293 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~ 117 kcal/d).
10. **Harris-Benedict για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -306 kcal/d). Ωστόσο, η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμούμενης και μετρημένης τιμής είναι η μικρότερη από όλες

τις εξισώσεις που χρησιμοποιούν ανθρωπομετρικές παραμέτρους (~103 kcal/d).

11. **FAO για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -307 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~115 kcal/d).
12. **Maffei 1 Anthropometry για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -351 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~120 kcal/d).
13. **Molnar 1 Anthropometry για κορίτσια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -362 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής κυμαίνεται στα πλαίσια των περισσότερων άλλων εξισώσεων (~111 kcal/d).
14. **Maffei 1 Anthropometry για αγόρια.** Η εξίσωση αυτή δεν είναι καλή ως προς τη μέση απόκλιση (απόκλιση ~ -374 kcal/d). Σε ότι αφορά τη τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής είναι από τις μεγαλύτερες συγκρινόμενη με τις άλλες εξισώσεις (~153 kcal/d).

Από όλα τα παραπάνω, είναι σαφές ότι η πλειοψηφία των εξισώσεων που εξετάστηκαν και λαμβάνουν υπόψη τους τόσο παραμέτρους σύστασης σώματος όσο και ανθρωπομετρικές μετρήσεις υποεκτιμούν το RMR των παιδιών που συμμετείχαν στην έρευνα.

Μια εξήγηση βρίσκεται στο γεγονός ότι οι γνωστές εξισώσεις δημιουργήθηκαν και ελέγχθηκαν σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε παιδιά προερχόμενα από την Αμερική και την Ευρώπη και πιθανόν τα συμπεράσματα που προέκυψαν να μην ταιριάζουν στον πληθυσμό των παιδιών που μεγαλώνουν σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες όπως για παράδειγμα τις περιοχές με μεσογειακό κλίμα όπως είναι η Κρήτη, στην οποία πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη. Με άλλα λόγια, δεν είναι ξεκάθαρο κατά πόσο τα αποτελέσματα των ερευνών μέσω των οποίων προέκυψαν οι μαθηματικές εξισώσεις μπορούν να γενικευτούν σε διαφορετικά κλιματικά περιβάλλοντα γεγονός που έχει επισημανθεί και σε άλλες μελέτες στο παρελθόν (FAO/WHO/UNU, 1985; Henry, 2005).

Μια άλλη πιθανή εξήγηση μπορεί να βρίσκεται στην περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις της έρευνας. Πιο αναλυτικά, όπως επισημάνθηκε σε πρόσφατη έρευνα των Moreno *et al.* (2020) τα παιδιά αναπτύσσονται περισσότερο σε ύψος κατά τη διάρκεια της σχολικής περιόδου σε σύγκριση με την καλοκαιρινή περίοδο. Ομοίως, άλλες μελέτες επίσης υπέδειξαν ότι το ύψος των παιδιών φαίνεται ότι αυξάνεται περισσότερο τους μήνες που είναι μεγαλύτερη και η διάρκεια της ημέρας και έχει περισσότερο φως δηλαδή από το μήνα Ιανουάριο μέχρι και τον Ιούνιο (Moreno *et al.*, 2020). Το παραπάνω χρονικό διάστημα συμπίπτει κατά μεγάλο μέρος με τη σχολική περίοδο και ταυτίζεται με την περίοδο που διεξήχθησαν οι μετρήσεις των παιδιών της παρούσας έρευνας (από Μάρτιο έως Ιούνιο). Η έλλειψη του φωτός της ημέρας φαίνεται ότι μπορεί να επιδράσει στην αλλαγή του κιρκάδιου ρυθμού των παιδιών και να επηρεάσει το χρόνο και την ταχύτητα ανάπτυξης του ύψους των παιδιών (Moreno *et al.*, 2020).

Επίσης, τα υπέρβαρα και παχύσαρκα παιδιά φαίνεται ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο BMI στα τέλη του καλοκαιριού ενώ εμφανίζουν πιο χαμηλά επίπεδα BMI την άνοιξη και στις αρχές του καλοκαιριού. Από την άλλη πλευρά, παρουσιάζουν αυξημένο βάρος την καλοκαιρινή περίοδο γεγονός που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αλλαγή των συνηθειών των παιδιών τους καλοκαιρινούς μήνες, στη μείωση της φυσικής δραστηριότητας και στην μείωση της διάρκειας του ύπνου (Baranowski *et al.*, 2010). Από όλα τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι δεν είναι ακόμα ακριβώς ξεκάθαρο το πώς οι κλιματικές και οι περιβαλλοντικές αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των παιδιών, το βάρος τους και τις ενεργειακές τους ανάγκες.

Τέλος, παρά την προσπάθεια που έγινε για τήρηση του πρωτοκόλλου μέτρησης του RMR μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας δεν μπορούμε να αποκλείσουμε το ενδεχόμενο κάποια από τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα να μην τήρησαν την πρωινή νηστεία πριν από τη διεξαγωγή της μέτρησης με αποτέλεσμα τελικά να εμφανίζουν υψηλότερη μετρημένη τιμή του RMR από την πραγματική. Αυτό όμως δεν δικαιολογεί τις παρατηρούμενες αποκλίσεις.

4.2.4. Σύγκριση των διαφορετικών προσεγγίσεων εύρεσης του FFM μέσω της μεθόδου BIS και BIA για την εκτίμηση του RMR

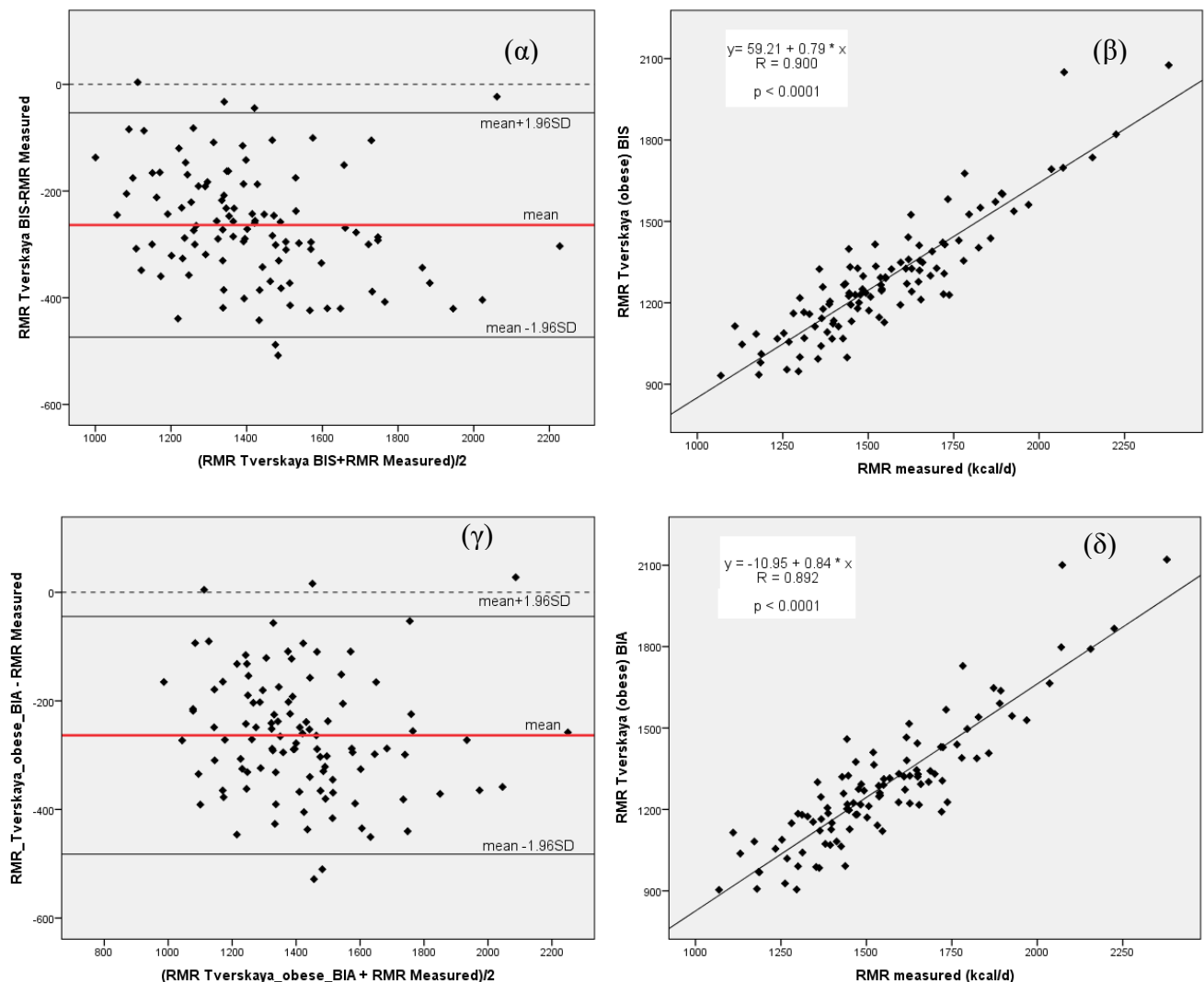
Στα παραπάνω αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν μέχρι τώρα εφαρμόστηκε η μέθοδος BIS και το FFM που χρησιμοποιήθηκε στις εξισώσεις που περιλαμβάνουν παραμέτρους σύστασης σώματος προήλθε από το λογισμικό του οργάνου *Imp SFB7* όταν χρησιμοποιηθεί η προεπιλεγμένη τιμή (default value) της %ενυδάτωσης του FFM δηλαδή η τιμή 73.2%. Ωστόσο γνωρίζουμε ότι για τα παιδιά η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη, παραδείγματος χάριν είναι 0.765 και 0.746 για κορίτσια και αγόρια 10 ετών αντίστοιχα και 0.768 και 0.752 για κορίτσια και αγόρια 8 ετών αντίστοιχα (Schoeller *et al.* 2005). Επομένως, οι τιμές %BF που έχουν υπολογιστεί με βάση την παραπάνω αναφερόμενη μεθοδολογία πιθανώς να είναι αρκετά χαμηλότερες από τις πραγματικές ($FFM = TBW/0.732$ και $FM = BM - FFM$ και $\%BF = 100(FM/BM)$).

Ωστόσο, στις αντίστοιχες μελέτες που έχουν διεξαχθεί και στις οποίες έχουν χρησιμοποιήσει εξισώσεις που περιλαμβάνουν παραμέτρους σύστασης σώματος, το FFM έχει προκύψει από γνωστές εξισώσεις BIA ή από τις τιμές που δίνει το λογισμικό συσκευών BIA. Για να ελέγξουμε εάν οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις διαφέρουν σε σχέση με τα δικά μας αποτελέσματα συγκρίναμε, δειγματοληπτικά, τα διαγράμματα Bland-Altman που παρουσιάστηκαν παραπάνω (για τις εξισώσεις **Tverskaya, Maffeis 2 Body Composition** και **Lazzer Body Composition 1**), με τα αντίστοιχα διαγράμματα, στα οποία το FFM προκύπτει από μια γνωστή εξίσωση BIA για παιδιά. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση Deurenberg *et al.*, (1991) για παιδιά ηλικίας έως και 15 ετών:

$$FFM = 0.406 \times Ht^2/R + 0.36 W + 0.0558 Ht + 0.56 \text{ φύλο} - 6.48$$

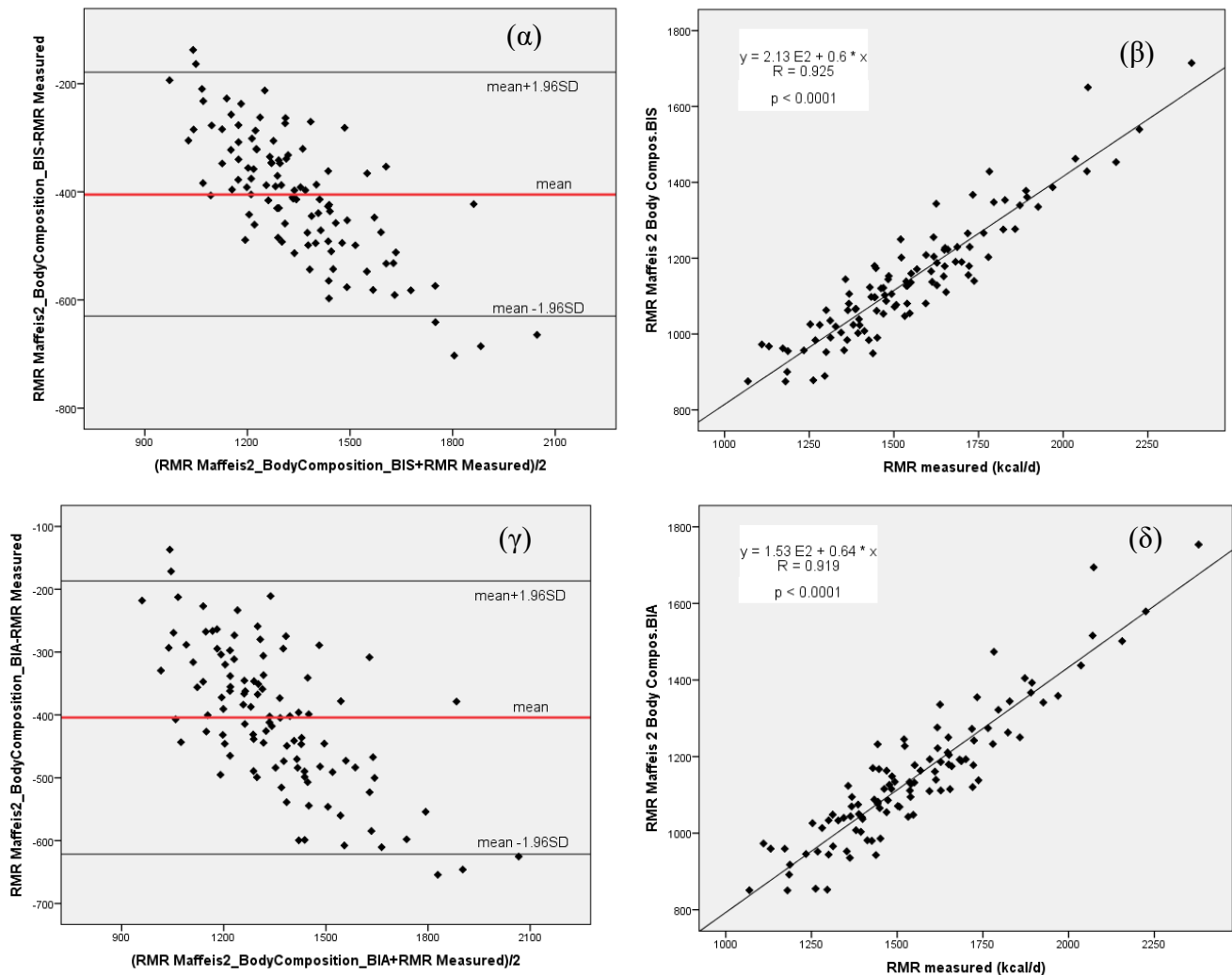
όπου Ht είναι το ύψος σε cm, W είναι το βάρος σε kg και το φύλο παίρνει τις τιμές 1 και 0 για αγόρια και κορίτσια αντίστοιχα. Οι τιμές της Βιοηλεκτρικής αντίστασης R (σε μονάδες Ω) αποτελούν μέρος των δεδομένων που καταγράφονται από την μέθοδο BIS (βλ. περιγραφή στο τέλος της ενότητας 3.2.3).

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στα **Σχήματα 4-24, 4-25 και 4-26** που ακολουθούν.



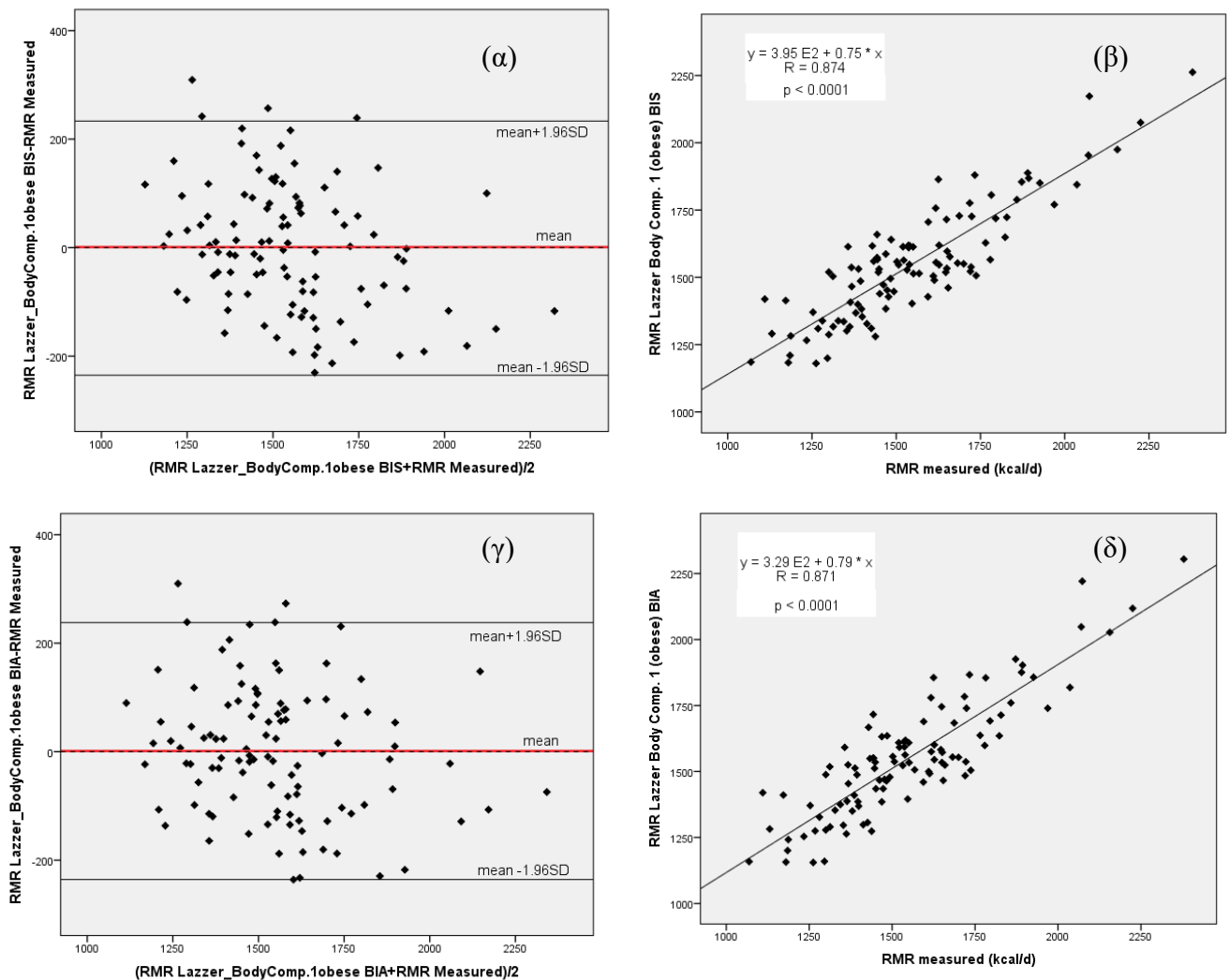
Σχήμα 4-24. Διαγράμματα Bland-Altman και συσχετίσεων μεταξύ του εκτιμώμενου RMR με βάση την εξίσωση **Tverskaya** με τις μετρημένες τιμές. Οι χρησιμοποιούμενες στην εξίσωση τιμές FFM έχουν προκύψει από τη μέθοδο BIS (α, β) και από τη μέθοδο BIA (γ, δ).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Tverskaya** και του M.O. των τιμών με τη μέθοδο BIS ($R = -0.282$, $p < 0.004$). Αντιθέτως, από το αντίστοιχο διάγραμμα (γ) διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Tverskaya** και του M.O. των τιμών με τη μέθοδο BIA ($R = -0.139$, $p = 0.158$).



Σχήμα 4-25. Διαγράμματα Bland-Altman και συσχετίσεων μεταξύ του εκτιμώμενου RMR με βάση την εξίσωση **Maffei2 Body Composition** με τις μετρημένες τιμές. Οι χρησιμοποιούμενες στην εξίσωση τιμές FFM έχουν προκύψει από τη μέθοδο BIS (α, β) και από τη μέθοδο BIA (γ, δ).

Από τα διαγράμματα Bland-Altman (α) και (γ) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **Maffei2 Body Composition** και Μ.Ο. των τιμών με τη μέθοδο BIS ($R = -0.761$, $p < 0.0001$) καθώς επίσης υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Maffei2 Body Composition** και του Μ.Ο. των τιμών με τη μέθοδο BIA ($R = -0.685$, $p < 0.0001$).



Σχήμα 4-26. Διαγράμματα Bland-Altman και συσχετίσεων μεταξύ του εκτιμώμενου RMR με βάση την εξίσωση **Lazzer Body Composition 1** με τις μετρημένες τιμές. Οι χρησιμοποιούμενες στην εξίσωση τιμές FFM έχουν προκύψει από τη μέθοδο BIS (α, β) και από τη μέθοδο BIA (γ, δ).

Από το διάγραμμα Bland-Altman (α) παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Lazzer Body Composition 1** και του Μ.Ο. των τιμών με τη μέθοδο BIS ($R = -0.311$, $p = 0.001$). Αντιθέτως, από το διάγραμμα Bland-Altman (γ) διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Lazzer Body Composition 1** και του Μ.Ο. των τιμών με τη μέθοδο BIA ($R = -0.199$, $p = 0.41$).

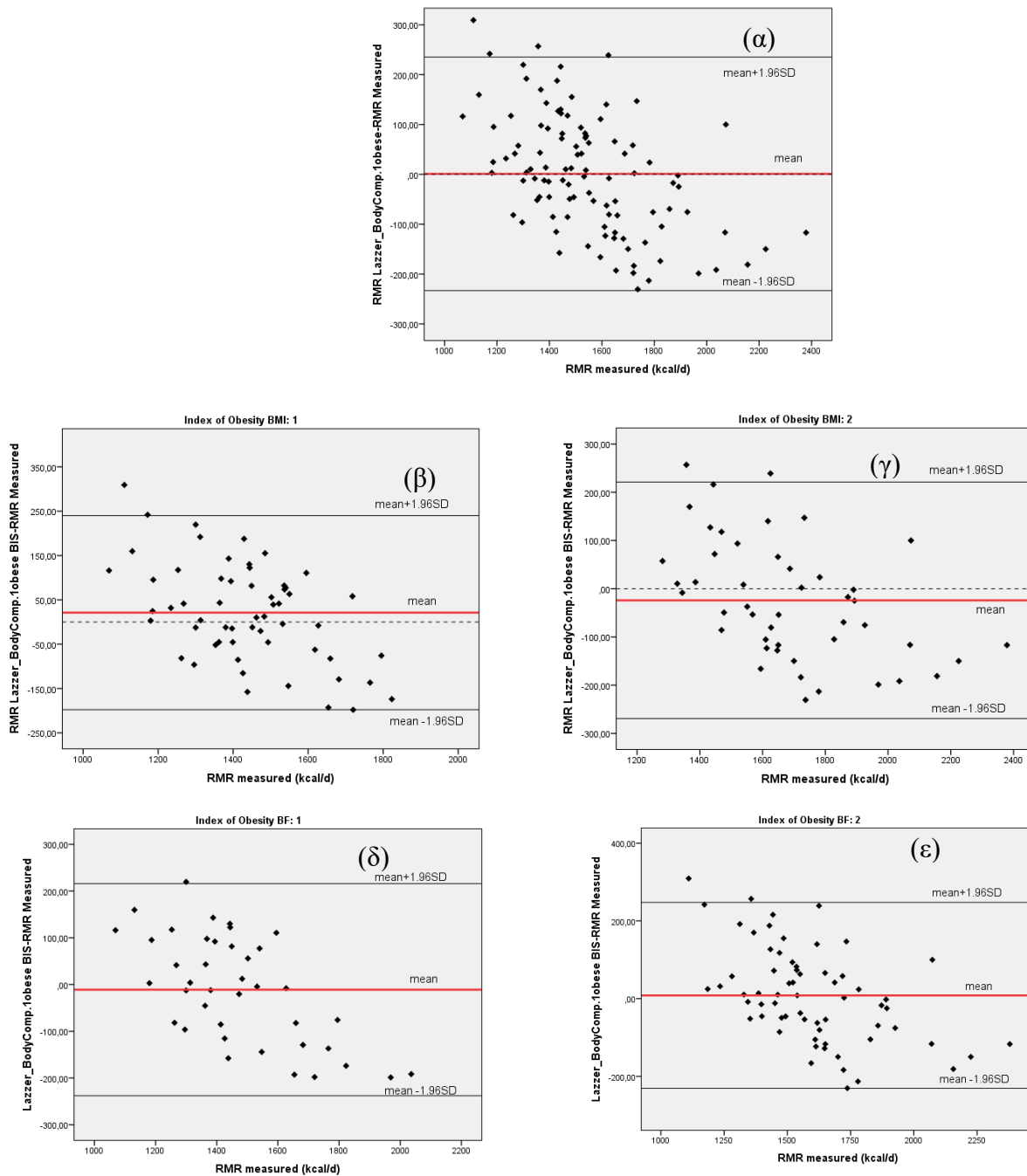
Παρατηρούμε ότι και στις τρεις περιπτώσεις που εξετάστηκαν παραπάνω, τόσο η μέση απόκλιση μεταξύ εκτίμησης και μέτρησης RMR, όσο και η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής παραμένει σταθερή όταν χρησιμοποιείται

μια εξίσωση BIA για την εύρεση του FFM, αντί της μεθόδου BIS. Όμως, στις δυο από τις τρεις περιπτώσεις εξαφανίζεται η συσχέτιση μεταξύ των επιμέρους αποκλίσεων και των μετρημένων τιμών RMR ($p > 0.05$). Αυτό πιθανώς οφείλεται στην ελαφρώς διαφορετική %ενυδάτωση της άλιπης μάζας των παιδιών του δείγματος, η οποία σχετίζεται με την ηλικία όπως αναφέρθηκε στην αρχή της ενότητας **4.2.4**. Αυτή η μικρή διαφοροποίηση της %ενυδάτωσης του FFM οδηγεί στην υποεκτίμηση των εκτιμήσεων του RMR από τις εξισώσεις όπου χρησιμοποιούνται παράμετροι σύστασης σώματος για παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, άρα και κατά κανόνα, μεγαλύτερης άλιπης μάζας.

4.2.5. Διερεύνηση της ακρίβειας εκτίμησης του RMR στα παιδιά φυσιολογικού βάρους και στα υπέρβαρα / παχύσαρκα παιδιά

Στη συνέχεια, το δείγμα των παιδιών που συμμετείχαν στην έρευνα χωρίστηκε σε δύο κατηγορίες (παιδιά φυσιολογικού βάρους και υπέρβαρα/παχύσαρκα) με δύο τρόπους: α) τον κλασικό τρόπο με βάση το BMI (**Πίνακας 4-2**) και β) με βάση το %BF για παιδιά ηλικίας από 7 έως 13 ετών (Lohman, 1992: p.84) και διενεργήθηκε μια περαιτέρω διερεύνηση για την ακρίβεια των εξισώσεων εκτίμησης του RMR, σε φυσιολογικού βάρους παιδιά και σε υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά χωριστά. Στόχος της περαιτέρω αυτής ανάλυσης είναι να εξεταστεί αν υπάρχει μεγαλύτερη απόκλιση της εκτίμησης RMR (με βάση τις διάφορες εξισώσεις) στα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά από ότι στα παιδιά φυσιολογικού βάρους. Ο συμβολισμός BMI 1 και BF 1 αντιστοιχεί στα παιδιά φυσιολογικού βάρους με τις δυο μεθόδους ταξινόμησης, ενώ ο BMI 2 και BF 2 αντιστοιχεί στα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά με βάση τα κριτήρια BMI και %BF αντίστοιχα. Επίσης, στην περίπτωση αυτή επιλέχθηκαν δύο από τις εξισώσεις εκτίμησης του RMR που αναφέρονται μόνο σε παχύσαρκα παιδιά.

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στα **Σχήματα 4-27 και 4-28**.



Σχήμα 4-27. Διαγράμματα τύπου Bland-Altman των διαφορών μεταξύ του εκτιμώμενου RMR με βάση την εξίσωση **Lazzer Body Composition 1** και των μετρημένων τιμών, όπου το δείγμα χωρίζεται με βάση διαφορετικά κριτήρια. (α) όλο το δείγμα, (β) φυσιολογικού βάρους παιδιά με βάση το BMI, (γ) υπέρβαρα / παχύσαρκα παιδιά με βάση το BMI, (δ) φυσιολογικού λίπους παιδιά με βάση το %BF και (ε) αυξημένου λίπους παιδιά με βάση το %BF.

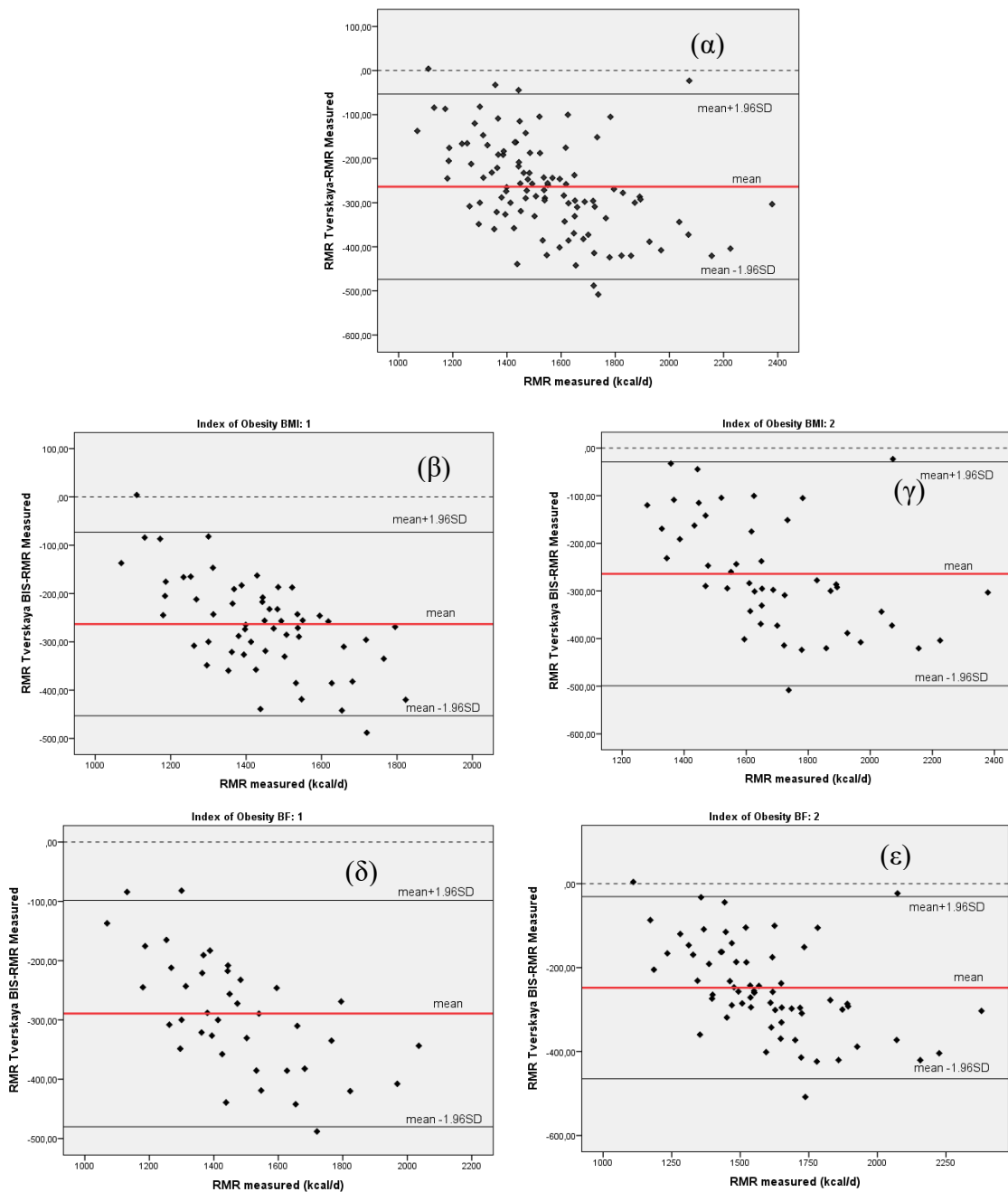
Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman παρατηρούμε τα εξής:

- Η μέση απόκλιση μεταξύ εκτιμώμενων και μετρημένων τιμών, για όλο το δείγμα είναι +1 kcal/d. Όταν τα παιδιά χωριστούν σε φυσιολογικού βάρους και σε

υπέρβαρα / παχύσαρκα με βάση το BMI, η μέση απόκλιση είναι +21 kcal/d και -24 kcal/d αντίστοιχα. Τέλος, όταν τα παιδιά χωριστούν σε φυσιολογικού λίπους και αυξημένου λίπους με βάση το %BF, η μέση απόκλιση είναι -11 kcal/d και +8 kcal/d αντίστοιχα

- Η τυπική απόκλιση (SD) για όλο το δείγμα είναι 119.5 kcal/d, ενώ στην περίπτωση παιδιών φυσιολογικού βάρους και υπέρβαρων / παχύσαρκων με βάση το BMI οι τυπικές αποκλίσεις είναι 111.7 kcal/d και 125.1 kcal/d αντίστοιχα. Τέλος, στην περίπτωση των παιδιών φυσιολογικού λίπους και αυξημένου λίπους με βάση το %BF οι τυπικές αποκλίσεις είναι 115.8 kcal/d και 122.0 kcal/d αντίστοιχα.
- Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαφορών και των τιμών RMR και συγκεκριμένα, (α) $R = -0.522$, $p < 0.0001$, (β) $R = -0.530$, $p < 0.0001$, (γ) $R = -0.492$, $p = 0.0004$, (δ) $R = -0.646$, $p < 0.0001$ και (ε) $R = -0.519$, $p < 0.0001$. Είδαμε όμως στην ενότητα 3.2.4 ότι η συσχέτιση αυτή χάνεται όταν χρησιμοποιηθεί η εξίσωση BIA (Deurenberg et al. 1991) για την εκτίμηση του FFM.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές ανάλογα με τον διαχωρισμό του δείγματος σε φυσιολογικού βάρους/λίπους παιδιών και σε υπέρβαρων / παχύσαρκων παιδιών. Αυτό είναι μια ένδειξη ότι η εξίσωση **Lazzer Body Composition 1** αντιπροσωπεύει το δείγμα μας, το οποίο συμπεριλαμβάνει τόσο φυσιολογικού βάρους / λίπους παιδιά όσο και υπέρβαρα/παχύσαρκα, παρόλο που η εξίσωση αυτή αναφέρεται μόνο σε παχύσαρκα παιδιά. Αυτό το εύρημα είναι αξιοπερίεργο και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθώς στο άρθρο των Lazzer *et al.* (2010) το δείγμα αποτελείται μόνο από παχύσαρκα παιδιά, χωρίς οι ερευνητές να μας δίνουν μια ανάλογη δική τους εξίσωση για φυσιολογικού βάρους παιδιά. Επομένως, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι δεν αποκλείεται μια τέτοια εξίσωση (για φυσιολογικού βάρους παιδιά) να ταυτίζεται με την ήδη δημοσιευμένη εξίσωση.



Σχήμα 4-28. Διαγράμματα τύπου Bland-Altman των διαφορών μεταξύ του εκτιμώμενου RMR με βάση την εξίσωση **Tverskaya** και των μετρημένων τιμών, όπου το δείγμα χωρίζεται με βάση διαφορετικά κριτήρια. (α) όλο το δείγμα, (β) φυσιολογικού βάρους παιδιά με βάση το BMI, (γ) υπέρβαρα / παχύσαρκα παιδιά με βάση το BMI, (δ) φυσιολογικού λίπους παιδιά με βάση το %BF, και (ε) αυξημένου λίπους παιδιά με βάση το %BF.

Από τα διαγράμματα τύπου Bland-Altman παρατηρούμε τα εξής:

- Η μέση απόκλιση μεταξύ εκτιμώμενων και μετρημένων τιμών, για όλο το δείγμα είναι -264 kcal/d. Όταν τα παιδιά χωριστούν σε φυσιολογικού βάρους και σε

υπέρβαρα / παχύσαρκα με βάση το BMI, η μέση απόκλιση είναι -263 kcal/d και -264 kcal/d αντίστοιχα. Τέλος, όταν τα παιδιά χωριστούν σε φυσιολογικού λίπους και αυξημένου λίπους με βάση το %BF, η μέση απόκλιση είναι -289 kcal/d και -247 kcal/d αντίστοιχα.

- Η τυπική απόκλιση (SD) για όλο το δείγμα είναι 107.3 kcal/d, ενώ στην περίπτωση παιδιών φυσιολογικού βάρους και υπέρβαρων / παχύσαρκων με βάση το BMI οι τυπικές αποκλίσεις είναι 96.9 kcal/d και 119.9 kcal/d αντίστοιχα. Τέλος, στην περίπτωση των παιδιών φυσιολογικού λίπους και αυξημένου λίπους με βάση το %BF οι τυπικές αποκλίσεις είναι 97.4 kcal/d και 110.7 kcal/d αντίστοιχα.
- Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαφορών και των τιμών RMR και συγκεκριμένα, (α) $R = -0.477$, $p < 0.0001$, (β) $R = -0.636$, $p < 0.0001$, (γ) $R = -0.497$, $p = 0.0004$, (δ) $R = -0.640$, $p < 0.0001$ και (ε) $R = -0.509$, $p < 0.0001$. Είδαμε όμως στην ενότητα 3.2.4 ότι η συσχέτιση αυτή χάνεται όταν χρησιμοποιηθεί η εξίσωση BIA (Tverskaya et al. 1998) για την εκτίμηση του FFM.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι και εδώ δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές ανάλογα με τον διαχωρισμό του δείγματος σε φυσιολογικού βάρους/λίπους παιδιών και σε υπέρβαρων / παχύσαρκων παιδιών, όπως είδαμε να συμβαίνει και στην εξίσωση Lazzer Body Composition 1. Όμως υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση και μάλιστα, μείωση της μέσης απόκλισης στα αυξημένου λίπους παιδιά (-247 kcal/d έναντι -289 kcal/d), πράγμα το οποίο χρήζει περαιτέρω έρευνας στο μέλλον.

4.2.6. Σύγκριση ευρημάτων με την προϋπάρχουσα βιβλιογραφία

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έρχονται σε συμφωνία με τα συμπεράσματα ερευνών που έχουν γίνει στο παρελθόν, ενώ παράλληλα, παρατηρούνται και κάποιες ασυμφωνίες.

Ειδικότερα, η έρευνα των Rodriguez *et al.* (2000) που αφορούσε πληθυσμό παιδιών και εφήβων 7.8-16.6 χρονών έδειξε ότι η εκτιμώμενη τιμή με βάση την εξίσωση Maffei *et al.* (βλ. εξίσωση Maffei 1 Anthropometry στον Πίνακα 1-1) είναι περίπου 182kcal/d κάτω από εκείνη της μετρημένης τιμής RMR που δείχνει καθαρά μια υποεκτίμηση του εκτιμώμενου RMR, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην παρούσα μελέτη, στην οποία όμως

βρέθηκε μία μεγαλύτερη υποεκτίμηση (περίπου 360kcal/d). Επιπλέον, στην ίδια μελέτη βρέθηκε ότι η εξίσωση Harris-Benedict υποεκτιμά τον RMR (περίπου κατά 60kcal/d), σε μερική συμφωνία με τα αποτελέσματα της μελέτης μας που έδειξαν επίσης ότι η εξίσωση Harris-Benedict υποεκτιμά τον RMR (περίπου κατά 275kcal/d). Σύμφωνα με τους Rodriguez *et al.* (2000) η διαφορά που βρέθηκε μεταξύ της μετρημένης τιμής του RMR και της εκτιμωμένης τιμής με βάση την εξίσωση Harris-Benedict μπορεί να εξηγηθεί καθώς η εξίσωση δημιουργήθηκε κατά κύριο λόγο από πληθυσμό ενηλίκων που έχουν μικρότερο RMR ανά kg σωματικής μάζας σε σύγκριση με τα παιδιά.

Η μελέτη των Derumeaux-Burel *et al.* (2004) που αφορούσε πληθυσμό παχύσαρκων παιδιών 3-18 ετών έδειξε ότι η εξίσωση Tverskaya *et al.* υποεκτίμησε τον RMR των παιδιών 9-12 ετών περίπου κατά 130kcal/d. Το εύρημα αυτό έρχεται σε μερική συμφωνία με τη δική μας έρευνα στην οποία βρέθηκε υποεκτίμηση στις μετρημένες τιμές κατά 263kcal/d. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι οι εξισώσεις των Derumeaux-Burel *et al.* και Tverskaya *et al.* αφορούν παχύσαρκο πληθυσμό παιδιών ενώ η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει και φυσιολογικού βάρους παιδιά. Ενδέχεται, επομένως, αν οι εξισώσεις αυτές χρησιμοποιούνταν μόνο για παχύσαρκα παιδιά να μην εμφανιζόταν αυτή η υποεκτίμηση του RMR. Ωστόσο, η ανάλυση που έγινε για την εξίσωση Tverskaya *et al.* έδειξε ότι δεν παρουσιάζονται ουσιαστικές διαφορές ανάλογα με τον διαχωρισμό του δείγματος σε φυσιολογικού βάρους/λίπους παιδιών και σε υπέρβαρων / παχύσαρκων παιδιών (βλ. **υποενότητα 4.2.5.**). Επίσης, υπάρχει και μια μικρή συμφωνία της δικής μας έρευνας με τα αποτελέσματα των Derumeaux-Burel *et al.* όσον αφορά την εξίσωση Harris-Benedict καθώς οι ερευνητές βρήκαν ότι η συγκεκριμένη εξίσωση υποεκτιμά τον RMR κατά περίπου 45kcal/d, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην παρούσα μελέτη, στην οποία όμως βρέθηκε μία μεγαλύτερη υποεκτίμηση (περίπου κατά 275kcal/d). Η ίδια έρευνα έδειξε επίσης ότι η εξίσωση Schofield υποεκτιμά τον RMR των παιδιών και των εφήβων περίπου κατά 37kcal/d γεγονός που συμφωνεί ποιοτικά με τα δεδομένα της παρούσης έρευνας (στην οποία βρέθηκε μία υποεκτίμηση στις μετρημένες τιμές κατά 200kcal/d). Η μελέτη των Derumeaux-Burel *et al.* έδειξε ότι οι υπόλοιπες εξισώσεις υπερεκτιμούν τον RMR σε αντίθεση με τα δικά μας αποτελέσματα ποιοτικά και ποσοτικά.

Επιπλέον, με βάση την έρευνα των Lazzer *et al.* (2007) για παχύσαρκα παιδιά και εφήβους, οι εξισώσεις των Tverskaya *et al.* και Derumeaux-Burel *et al.* βρέθηκε ότι

υποεκτιμούν τον RMR. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη, στην οποία βρέθηκε υποεκτίμηση στις μετρημένες τιμές περίπου κατά 264kcal/d και κατά 176kcal/d αντίστοιχα (βλ. **Πίνακα 4-3Α**).

Από την άλλη πλευρά, τα ευρήματα της έρευνας Molnar *et al.* (1995) για παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά έδειξαν ότι και οι πέντε εξισώσεις εκτίμησης που εξετάστηκαν υπερεκτίμησαν τον RMR από 7.5 έως 18.1% των παιδιών 10-16 ετών. Αυτό σημαίνει ότι οι εκτιμήσεις των εξισώσεων πρόβλεψης του RMR που δημιούργησαν οι ίδιοι οι ερευνητές πρέπει να είναι ακόμα μικρότερες. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τα συμπεράσματα της δικής μας έρευνας καθώς όλες οι συγκρίσεις των εξισώσεων εκτίμησης με την πραγματική τιμή του RMR έδειξαν υποεκτίμηση της πραγματικής τιμής εκτός από την εξίσωση Lazzer Body Composition 1 των Lazzer *et al.* (2010). Ιδιαίτερα οι συγκρίσεις που έγιναν με τις εξισώσεις Molnar 1 Anthropometry και Molnar 2 Body Composition (βλ. **Πίνακα 1-1**) έδειξαν πολύ μεγάλες αποκλίσεις από τον μετρημένο RMR των παιδιών του δικού μας δείγματος (περίπου 333kcal/d και 320kcal/d αντίστοιχα).

4.2.7. Μετρημένες τιμές RMR από μελέτες της προϋπάρχουσας βιβλιογραφίας

Στη αυτή την υποενότητα παρουσιάζονται οι μετρημένες τιμές του RMR από τις μελέτες που υπάρχουν στην βιβλιογραφία και στις οποίες το δείγμα των παιδιών περιλαμβάνει παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά.

Η ομάδα ερευνητών Finan *et al.* (1997) που αφορούσε υγιή πληθυσμό παιδιών προεφηβικής ηλικίας (3.9-7.8 χρονών) έδειξε ότι η μετρημένη τιμή της REE για το σύνολο των παιδιών του δείγματος ήταν 938 (± 119) kcal/d με όρια από 739-1317 kcal/d.

Η έρευνα των Acar-Tek *et al.* (2023) για παιδιά 6-18 χρονών με διαφορετικούς Δ.Μ.Σ έδειξε ότι ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής της REE ήταν 1522 (± 424) kcal/d. Σε ότι αφορά τα δύο φύλα ξεχωριστά, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής REE για τα αγόρια ήταν 1626 (± 486) kcal/d και 1401 (± 295) kcal/d για τα κορίτσια.

Η έρευνα των Rodriguez *et al.* (2000) με παχύσαρκα και φυσιολογικού βάρους παιδιά και έφηβοι 7.8-16.6 χρονών έδειξε ότι ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής της REE μέσω σπιρομέτρησης για το σύνολο των παιδιών του δείγματος ήταν 1493 (± 280) kcal/d. Σε ότι αφορά τα δύο φύλα ξεχωριστά, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής της REE για τα αγόρια ήταν

1556 (± 294) kcal/d και για τα κορίτσια 1426 (± 249) kcal/d. Επιπλέον, όταν τα παιδιά χωρίστηκαν σε φυσιολογικού βάρους και παχύσαρκα παιδιά με βάση το ΔΜΣ, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής της REE ήταν 1392 (± 246) kcal/d και 1595 (± 277) kcal/d αντίστοιχα.

Η έρευνα των Molnar *et al.* (1995) με φυσιολογικού βάρους και παχύσαρκα παιδιά ηλικίας από 10-16 ετών έδειξε ότι ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του RMR για τα αγόρια ήταν 1493 (± 320) kcal/d και για τα κορίτσια ήταν 1345 (± 262) kcal/d. Επιπλέον, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του RMR για τα φυσιολογικού βάρους παιδιά ήταν 1338 (± 232) kcal/d για τα αγόρια και 1222 (± 151) kcal/d για τα κορίτσια. Σε ότι αφορά τα παχύσαρκα παιδιά, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του RMR για τα αγόρια βρέθηκε 1726 (± 292) kcal/d και για τα κορίτσια 1593 (± 264) kcal/d.

Η μελέτη των Dietz *et al.* (1991) που αφορούσε φυσιολογικού βάρους και παχύσαρκα παιδιά εφηβικής ηλικίας έδειξε ότι ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του BMR είναι 1859 (± 405) kcal/d.

Στην παρούσα μελέτη, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο του δείγματος είναι 1549 (± 245) kcal/d (βλ. **πίνακα 4.1**). Σε ότι αφορά τα δύο φύλα ξεχωριστά, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του RMR βρέθηκε 1614 (± 275) kcal/d για τα αγόρια και 1502 (± 211) kcal/d για τα κορίτσια. Επιπλέον, όταν τα παιδιά χωρίστηκαν σε φυσιολογικού βάρους και παχύσαρκα παιδιά με βάση το ΔΜΣ, ο Μ.Ο της μετρημένης τιμής του RMR βρέθηκε 1687 (± 251) kcal/d για τα υπέρβαρα και παχύσαρκα παιδιά και 1436 (± 175) kcal/d για τα φυσιολογικού βάρους παιδιά.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δε μπορεί να διεξαχθεί σύγκριση όσον αφορά τις μετρημένες τιμές του RMR μεταξύ των μελετών της προϋπάρχουσας βιβλιογραφίας και της παρούσας μελέτης καθώς οι ηλικίες των παιδιών που συμμετείχαν στις μελέτες δεν ταυτίζονται ακριβώς με τις ηλικίες των παιδιών του παρόντος δείγματος (δηλαδή παιδιά ηλικίας από 7 έως 12 ετών).

5. Συμπεράσματα

Ο ακριβής υπολογισμός του Μεταβολικού Ρυθμού Ηρεμίας (Resting Metabolic Rate - RMR) είναι πολύ σημαντικός, ειδικά στον παιδιατρικό πληθυσμό, καθώς ο τελευταίος αποτελεί μια πολύ ευαίσθητη ομάδα-στόχο με ιδιαίτερες και αυξημένες διατροφικές ανάγκες που διασφαλίζουν την ομαλή και φυσιολογική ανάπτυξη των παιδιών. Οι επαγγελματίες υγείας οφείλουν να εξασφαλίσουν ότι τα παιδιά λαμβάνουν την κατάλληλη διατροφική φροντίδα καθορίζοντας με ακρίβεια τις θερμιδικές τους ανάγκες, στοχεύοντας με αυτό τον τρόπο στην ενεργειακή ισορροπία και στη σωστή διαχείριση του βάρους τους.

Μια αρκετά αξιόπιστη μέθοδος για τον ακριβή καθορισμό του RMR είναι η μέτρησή του μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της μεθόδου παρουσιάζει πολλές δυσκολίες στην κλινική πράξη εξαιτίας του αυξημένου κόστους του εξοπλισμού, της ανάγκης τήρησης αυστηρού πρωτοκόλλου, της έλλειψης χρόνου κ.ά. Αυτός είναι και ο λόγος που έχουν δημιουργηθεί αρκετές μαθηματικές εξισώσεις που εκτιμούν τον RMR με σκοπό να υπολογιστούν σωστά οι θερμιδικές ανάγκες των παιδιών και των εφήβων για χρήση στην καθημερινή διαιτολογική πρακτική. Οι εξισώσεις εκτίμησης λαμβάνουν υπόψη διάφορες ανθρωπομετρικές παραμέτρους, καθώς επίσης και μετρήσεις σύστασης σώματος για κάποιες από αυτές, όπως παραδείγματος χάριν την άλιπη μάζα (FFM).

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση των διάφορων εξισώσεων εκτίμησης του RMR σε ένα δείγμα παιδιών από την περιοχή της Σητείας. Πιο αναλυτικά, η μελέτη μας επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση της ακρίβειας σχεδόν όλων των γνωστών εξισώσεων εκτίμησης του RMR σε παιδιά. Η αξιολόγηση βασίστηκε στη συσχέτιση της μετρημένης τιμής του RMR, όπως προέκυψε από την έμμεση θερμιδομετρία (σπιρομέτρηση), με την εκτίμηση με βάση τις υπάρχουσες εξισώσεις σε παιδιά ηλικίας 7-12 ετών. Χρησιμοποιήθηκαν οι γνωστές εξισώσεις της βιβλιογραφίας, τόσο οι ανθρωπομετρικές, όσο και οι εξισώσεις που εμπεριέχουν όρους σύστασης σώματος (όπως π.χ. η άλιπη μάζα). Επομένως, εκτός από τη σπιρομέτρηση, εφαρμόστηκε στο δείγμα μας και μια μέθοδος μέτρησης της σύστασης σώματος και συγκεκριμένα η Φασματοσκοπία Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (Bioelectrical Impedance Spectroscopy, BIS). Η BIS μας δίνει με ακρίβεια το νερό του σώματος, όμως παράλληλα μας παρέχει και τις παραμέτρους R (resistance) και Xc (reactance) σε συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος 50 kHz (συνολικά

χρησιμοποιούνται συχνότητες από 3 kHz έως 1 MHz), με τις οποίες είναι δυνατόν να εφαρμοστεί οποιαδήποτε εξίσωση Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BIA) της βιβλιογραφίας για τον υπολογισμό του FFM.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι από όλες τις εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη τις παραμέτρους σύστασης σώματος, η πρώτη στη σειρά εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης και της μετρημένης τιμής του RMR είναι η εξίσωση των Lazzer *et al.* (2010), η οποία συμπεριλαμβάνει τις παραμέτρους FFM, φύλο και ηλικία και η οποία στην παρούσα εργασία συμβολίζεται ως **Lazzer Body Composition 1**. Χρησιμοποιώντας αυτήν την εξίσωση, η μέση απόκλιση στο σύνολο του δείγματος (αγόρια και κορίτσια) είναι +1 kcal/d, ενώ χωριστά στα κορίτσια και στα αγόρια η μέση απόκλιση είναι -52 kcal/d (SD = 94 kcal/d) και +75 kcal/d (SD = 112 kcal/d) αντίστοιχα. Σημείωση: Το SD συμβολίζει την τυπική απόκλιση της διαφοράς που προκύπτει από την εκτιμώμενη μείον τη μετρημένη τιμή RMR.

Παράλληλα, η δεύτερη εξίσωση του παραπάνω άρθρου (Lazzer *et al.*, 2010) που αναφέρεται σε παραμέτρους σύστασης σώματος και η οποία στην παρούσα εργασία συμβολίζεται ως **Lazzer Body Composition 2**, βρέθηκε ότι έχει μικρότερη μέση απόκλιση στα αγόρια σε σύγκριση με την προηγούμενη εξίσωση -43 kcal/d (SD = 131 kcal/d). Παρότι η μέση απόκλιση της δεύτερης εξίσωσης είναι μικρότερη, η τυπική απόκλιση της διαφοράς είναι πολύ μεγαλύτερη και επομένως σε ότι αφορά τα αγόρια οι δύο εξισώσεις είναι σχεδόν ισοδύναμες κατά απόλυτη τιμή απόκλιση από την πραγματική τιμή (η πρώτη εξίσωση υπερεκτιμά κατά M.O. το RMR ενώ η δεύτερη εξίσωση υποεκτιμά το RMR).

Στη συνέχεια, μετά τις εξισώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι επόμενες στην σειρά κατάταξης είναι οι ακόλουθες: η εξίσωση των Derumeaux-Burel *et al.* (2004), η οποία στην παρούσα εργασία συμβολίζεται ως **Derumeaux-Burel Body Composition**, η οποία βρέθηκε ότι έχει σχετικά μικρή μέση απόκλιση στα αγόρια -143 kcal/d (SD = 98 kcal/d) και η εξίσωση των McDuffie *et al.* (2004), η οποία στην παρούσα εργασία συμβολίζεται ως **McDuffie Body Composition** και η οποία βρέθηκε ότι έχει και αυτή σχετικά μικρή μέση απόκλιση τόσο στα αγόρια -150 kcal/day (SD = 111 kcal/d) όσο και στα κορίτσια -156 kcal/d (SD = 134 kcal/d). Οι υπόλοιπες εξισώσεις που περιλαμβάνουν παραμέτρους σύστασης σώματος έχουν μέσες αποκλίσεις κατά απόλυτη τιμή μεγαλύτερες από 200

kcal/d έως και περίπου 400 kcal/d και επομένως φαίνεται ότι δενμπορούν να αξιοποιηθούν για να μετρήσουν το RMR στο δικό μας δείγμα παιδιών από την περιοχή της Σητείας.

Επιπλέον, σε ότι αφορά τις εξισώσεις **Lazzer Body Composition 1** και **Lazzer Body Composition 2** για τα αγόρια του άρθρου των Lazzer *et al.* (2010) και τη **Derumeaux-Burel Body Composition** για τα αγόρια του άρθρου των Derumeaux-Burel *et al.* (2004), που αναφέρθηκαν παραπάνω, παρόλο που οι μέσες αποκλίσεις τις κατατάσσουν στις εξισώσεις με τη μεγαλύτερη ακρίβεια, ωστόσο, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω των εξισώσεων και της μετρημένης τιμής του RMR ($p < 0.05$). Όμως, με βάση την ανάλυση που έγινε στην ενότητα 3.2.4, η συσχέτιση φαίνεται να εξομαλύνεται στην περίπτωση που το FFM υπολογιστεί με βάση κάποια εξίσωση BIA. Επομένως, στην παρούσα εργασία όπου το p εμφανίζεται να είναι < 0.05 δεν αξιολογείται αρνητικά για την κατάταξη των εξισώσεων σε κάποια σειρά.

Αντιθέτως, στην περίπτωση της εξίσωσης των McDuffie *et al.* (2004) βρέθηκε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **McDuffie Body Composition** και της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο των παιδιών $p = 0.102$ και στα αγόρια $p = 0.849$. Παρόλα αυτά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μέση απόκλιση στα αγόρια βρέθηκε -150 kcal/day ($SD = 111$ kcal/d) και στα κορίτσια -156 kcal/d ($SD = 134$ kcal/d), αποκλίσεις οι οποίες είναι οριακά υψηλές.

Επιπροσθέτως, στην παρούσα μελέτη τα δεδομένα του δείγματός μας χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση μιας νέας εξίσωσης εκτίμησης του RMR, με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν των γνωστών εξισώσεων. Πιο αναλυτικά, σε ότι αφορά την εξίσωση **new equation FFM**, η μέση εκτιμώμενη διαφορά της εξίσωσης είναι μηδενική στο σύνολο του δείγματος, όμως εμφανίζεται μια πολύ ελαφριά διαφοροποίηση όταν διαχωριστούν τα αγόρια από τα κορίτσια. Συγκεκριμένα, η μέση απόκλιση είναι θετική στα κορίτσια ($\sim +15$ kcal/d) και αρνητική στα αγόρια (~ -21 kcal/d). Κατόπιν, προσθέτοντας μια δεύτερη παράμετρο, αυτή του φύλου, προέκυψε μια δεύτερη εξίσωση **new equation FFM & gender**. Σε αυτή τη περίπτωση, η μέση εκτιμώμενη τιμή του RMR της εξίσωσης είναι σχεδόν μηδενική (~ 2 kcal/d) και παράλληλα δεν υπάρχει αξιοσημείωτη απόκλιση μεταξύ αγοριών ($\sim +1$ kcal/d) και κοριτσιών (~ 3 kcal/d). Αναφορικά με το δεύτερο κριτήριο, το $SD = 89$ kcal/d για την εξίσωση **new equation FFM** και $SD = 87$ kcal/d για την εξίσωση **new equation FFM & gender**, τιμές αρκετά μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές των

υπαρχουσών εξισώσεων. Επίσης, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω εξίσωσης **new equation FFM** και της μετρημένης τιμής του RMR στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman (δ) για όλο το δείγμα ($p = 0.051$). Παράλληλα, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **new equation FFM gender** και της μετρημένης τιμής του RMR στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman για όλο το δείγμα ($p = 0.106$).

Επιπλέον, συγκρίνοντας δειγματοληπτικά, κάποια διαγράμματα Bland-Altman (για τις εξισώσεις **Tverskaya**, **Maffei's 2 Body Composition** και **Lizzer Body Composition 1**), με τα αντίστοιχα διαγράμματα, στα οποία το FFM έχει προκύπτει από τη γνωστή εξίσωση BIA των Deurenberg *et al.* για παιδιά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέση απόκλιση μεταξύ εκτίμησης και μέτρησης RMR, όσο και η τυπική απόκλιση (SD) της διαφοράς εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής παραμένει αμετάβλητη όταν χρησιμοποιείται μια εξίσωση BIA για την εύρεση του FFM, αντί της μεθόδου BIS. Παρόλα αυτά, στις δυο από τις τρεις περιπτώσεις εξαφανίζεται η συσχέτιση μεταξύ των επιμέρους αποκλίσεων και των μετρημένων τιμών RMR ($p > 0.05$), γεγονός που πιθανότατα οφείλεται στην ελαφρώς μεταβαλλόμενη %ενυδάτωση της άλιπης μάζας των παιδιών του δείγματος, η οποία μειώνεται με την ηλικία, καταλήγοντας κατά μέσο όρο στην τιμή 73.2% που ισχύει για ενήλικες (Shoeller, 2005).

Πιο αναλυτικά, όπως προαναφέρθηκε στην υποενότητα **4.2.4**, ο υπολογισμός του FFM των παιδιών του δείγματος προήλθε από τη προεπιλεγμένη τιμή (default value) της %ενυδάτωσης του FFM από το λογισμικό του οργάνου *Imp SFB7* δηλαδή χρησιμοποιήθηκε η τιμή 73.2% που ισχύει κανονικά για ενήλικες, αντί για την πραγματική τιμή της %ενυδάτωσης των παιδιών ανάλογα την ηλικία τους. Η %ενυδάτωση των παιδιών είναι μεγαλύτερη από εκείνη των ενηλίκων όμως όσο το παιδί μεγαλώνει προσεγγίζει όλο και περισσότερο εκείνη που θα έχει στην ενήλικη ζωή (73.2%). Αυτό, κατά συνέπεια, οδήγησε στην υπερεκτίμηση του FFM των παιδιών του δείγματος και επομένως και στην υπερεκτίμηση του RMR μέσω της εξίσωσης που χρησιμοποιεί την άλιπη μάζα ως παράμετρο για τον υπολογισμό του RMR και η υπερεκτίμηση αυτή είναι ακόμα μεγαλύτερη στα μικρότερα παιδιά του δείγματος, τα οποία κατά κανόνα έχουν και μικρότερο RMR, σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα παιδιά. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, όταν τα ευρήματα της εν λόγω εργασίας

χρησιμοποιηθούν στο μέλλον, π.χ. σε κάποια δημοσίευση, το FFM θα υπολογιστεί **με βάση το TBW της BIS και τη μεταβαλλόμενη %ενυδάτωση της άλιπης μάζας ανάλογα με την ηλικία.**

Σε ότι αφορά στις εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη τους ανθρωπομετρικές παραμέτρους, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η εξίσωση με τη μικρότερη μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης και της μετρημένης τιμής του RMR είναι η εξίσωση των Lazzer et al. (2010), η οποία συμπεριλαμβάνει τις παραμέτρους: βάρος, φύλο και ηλικία. Στην παρούσα εργασία συμβολίζεται ως **Lazzer Anthropometry 1**. Η συγκεκριμένη εξίσωση βρέθηκε ότι έχει μικρή μέση απόκλιση στα αγόρια -84 kcal/d (SD = 140 kcal/d). Παράλληλα, και η δεύτερη εξίσωση του παραπάνω άρθρου (Lazzer et al., 2010) που περιλαμβάνει επιπλέον την παράμετρο του ύψους και η οποία στην παρούσα εργασία συμβολίζεται ως **Lazzer Anthropometry 2**, βρέθηκε ότι έχει σχετικά μικρή μέση απόκλιση στα αγόρια -109 kcal/d (SD = 123 kcal/d). Ωστόσο, παρόλο που οι μέσες αποκλίσεις κατατάσσουν τις παραπάνω εξισώσεις (**Lazzer Anthropometry 1** και **Lazzer Anthropometry 2**) σε εκείνες με τη μεγαλύτερη ακρίβεια για τα αγόρια, ωστόσο, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω των εξισώσεων και της μετρημένης τιμής του RMR ($p < 0.05$). Αντιθέτως, στην περίπτωση της εξίσωσης του άρθρου Schofield (1985) βρέθηκε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης **Schofield** και της μετρημένης τιμής του RMR στο σύνολο των παιδιών $p = 0.887$ και στα αγόρια $p = 0.283$. Παρόλα αυτά, η μέση απόκλιση στα αγόρια βρέθηκε -162 kcal/d (SD=130 kcal/d) και στα κορίτσια -228 kcal/d (SD = 107 kcal/d), αποκλίσεις οι οποίες είναι σχετικά υψηλές.

Οι υπόλοιπες εξισώσεις που περιλαμβάνουν ανθρωπομετρικές παραμέτρους έχουν μέσες αποκλίσεις κατά απόλυτη τιμή μεγαλύτερες από 200 kcal/d έως και περίπου 400 kcal/d και επομένως φαίνεται ότι δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για να εκτιμήσουν το RMR στο δικό μας δείγμα παιδιών από την περιοχή της Σητείας. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς εκτίμησης του RMR μέσω της εξίσωσης των FAO / WHO/ UNU (1985) η οποία συμβολίζεται στην παρούσα εργασία ως **FAO** και περιλαμβάνει τις παραμέτρους του ύψους και του βάρους, και της μετρημένης τιμής του RMR στα αγόρια ($p = 0.120$) και στο κλασικό διάγραμμα Bland-Altman ($p = 0.092$).

Ωστόσο, οι μέσες αποκλίσεις τόσο στα αγόρια -210 kcal/day ($SD = 112 \text{ kcal/d}$) όσο και στα κορίτσια -307 kcal/d ($SD = 115 \text{ kcal/d}$) είναι σχετικά υψηλές.

Τέλος, διερευνήθηκε εάν η μέση απόκλιση (εκτίμηση μείον μετρημένη τιμή RMR) στα υπέρβαρα/παχύσαρκα παιδιά ήταν διαφορετική από την αντίστοιχη απόκλιση στα φυσιολογικού βάρους/λίπους παιδιά, μιας και δυο από τις χρησιμοποιούμενες εξισώσεις RMR (**Lazzer Body Composition 1 και Tverskaya**) αναφέρονται μόνο σε παχύσαρκα παιδιά. Βρέθηκε ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στη μέση απόκλιση, είτε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο BMI για τον διαχωρισμό του δείγματος σε φυσιολογικού βάρους και υπέρβαρων/παχύσαρκων παιδιών, είτε χρησιμοποιώντας το ποσοστό σωματικού λίπους (%BF) για τον διαχωρισμό του δείγματος των παιδιών σε φυσιολογικού λίπους και υπερβολικού λίπους. Αυτό το εύρημα χρήζει περαιτέρω μελέτης στο μέλλον, καθότι είναι πιθανό οι δυο αυτές εξισώσεις να μπορούν να εφαρμόζονται σε όλα τα παιδιά, ανεξάρτητα από το βάρος τους.

6. Περιορισμοί της Έρευνας

Ένας πρώτος περιορισμός της μελέτης μας αποτελεί η έλλειψη ελέγχου εγκυρότητας (validation) για τις δύο νέες εξισώσεις που προέκυψαν από την έρευνα. Ειδικότερα, για την υλοποίηση του συγκεκριμένου ελέγχου έπρεπε οι δύο νέες εξισώσεις (**new equation FFM** και **new equation FFM gender**) να εφαρμοστούν σε ένα νέο δείγμα παιδιών της ίδιας ηλικίας με αυτό που χρησιμοποιήθηκε και στη παρούσα μελέτη (7-12 ετών). Εναλλακτικά, ο έλεγχος εγκυρότητας θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίζοντας το δείγμα της έρευνας σε δύο μέρη από τα οποία το πρώτο μέρος να περιλαμβάνει τα 2/3 των παιδιών και το δεύτερο το υπόλοιπο 1/3 (δηλαδή 70 και 30 παιδιά αντίστοιχα). Σε αυτή την περίπτωση, οι εξισώσεις θα προέκυπταν από το πρώτο μέρος του δείγματος και θα υλοποιούνταν ο έλεγχος γνησιότητας στο δεύτερο. Όμως, ο παραπάνω έλεγχος δεν έγινε καθώς υπερβαίνει τα όρια μιας πτυχιακής εργασίας. Επιπλέον, ο διαχωρισμός του δείγματος θα μείωνε αρκετά την ακρίβεια των νέων εξισώσεων, εξαιτίας του αρκετά μικρού αριθμού παιδιών από τον οποίο θα προέκυπταν αυτές οι εξισώσεις (δηλαδή τα 70 παιδιά).

Στα μειονεκτήματα της έρευνας εντάσσεται και το γεγονός ότι ήταν ανέφικτο να εξεταστούν από μία μελέτη όλες οι υπάρχουσες εξισώσεις της βιβλιογραφίας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η ερευνητική ομάδα των Lazzer *et al.* δημοσίευσε, διαχρονικά, πάνω από 10 εξισώσεις (στις γνωστές δημοσιεύσεις της έως το 2014), οι οποίες δεν θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν όλες στη παρούσα έρευνα, για λόγους οικονομίας.

Ένας ακόμη περιορισμός αποτελεί και η έλλειψη των δεικτών εφηβείας, οι οποίοι δεν καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη, ως εκ τούτου δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εξισώσεις που συμπεριλαμβάνουν αυτούς τους δείκτες.

Επιπλέον, ο αριθμός του συνολικού δείγματος των παιδιών ήταν σχετικά μικρός εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού των μετρήσεων που πραγματοποιούνταν κάθε μέρα. Ειδικότερα, όπως έχει προαναφερθεί, οι μετρήσεις διεξάγονταν κατά τις δύο πρώτες διδακτικές ώρες του ωρολογίου προγράμματος των δημοτικών σχολείων έτσι ώστε να διασφαλιστεί η τήρηση του πρωτοκόλλου που όριζε την ολονύχτια νηστεία. Επομένως, στην πράξη πραγματοποιούνταν από 1 έως το πολύ 3 μετρήσεις κάθε μέρα εκτός από τα

ΣΚ και τις μέρες των αργιών, των γιορτών και των σχολικών εκδρομών κατά τις οποίες δεν ήταν εφικτή η υλοποίηση των μετρήσεων.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι πιθανόν, κάποιες φορές, ενδεχομένως να μην τηρήθηκε ακριβώς το πρωτόκολλο από τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα.

Τέλος, παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει έρευνες για την αξιοπιστία του φορητού σπιρόμετρου που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις (βλ. **υποενότητα 3.2.2**), σίγουρα η αξιοποίηση ενός σταθερού, εργαστηριακού σπιρόμετρου θα διασφάλιζε περισσότερο την εγκυρότητα των μετρήσεων. Όμως, το τελευταίο θα ήταν αδύνατο, καθώς οι μετρήσεις είχαν προγραμματιστεί να γίνονται εντός του Σχολείου.

7. Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Από την παρούσα μελέτη εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την ακρίβεια των εξισώσεων εκτίμησης του RMR στον παιδιατρικό πληθυσμό της περιοχής της Σητείας. Θα ήταν όμως χρήσιμο να διεξαχθούν μελέτες και σε άλλες περιοχές του ελλαδικού χώρου ή/και με μεγαλύτερο δείγμα παιδιών.

Επιπλέον, θα πρέπει να γίνει έλεγχος εγκυρότητας των νέων εξισώσεων εκτίμησης του RMR που προτάθηκαν σε αυτή τη μελέτη σε ένα νέο δείγμα παιδιών για να ελεγχθεί η ακρίβειά τους πριν αξιοποιηθούν από τους επαγγελματίες υγείας για τον υπολογισμό της ενεργειακής πρόσληψης των παιδιών.

Μελλοντικές έρευνες μπορούν επίσης να επικεντρωθούν στην διερεύνηση της ακρίβειας και άλλων εξισώσεων εκτίμησης του RMR από την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία που όμως δεν κατέστη δυνατό να εξεταστούν από την παρούσα μελέτη, καθώς αυτό θα ήταν εκτός των ορίων μιας πτυχιακής εργασίας – σημειωτέο ότι στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν 16 εξισώσεις.

Επιπλέον, εφόσον είναι εφικτό, σε μελλοντικές έρευνες είναι προτιμότερο να επιλέγονται σταθερά, εργαστηριακά, σταθερά σπιρόμετρα για μεγαλύτερη εγκυρότητα και αξιοπιστία στις μετρήσεις. Επομένως θα πρέπει να σχεδιαστούν ανάλογα πρωτόκολλα, κατά τα οποία οι μαθητές θα μετρούνται εκτός των Σχολείων.

Προτείνεται, επίσης, η διεύρυνση της ερευνητικής ομάδας ώστε να συμπεριληφθούν και άλλοι επιστήμονες και επαγγελματίες υγείας, όπως για παράδειγμα παιδίατροι, με σκοπό να αξιοποιηθούν και οι δείκτες εφηβείας στις μελέτες. Οι δείκτες αυτοί φαίνεται να είναι πολύ σημαντικοί στην προεφηβική-εφηβική ηλικία.

Τέλος, προτείνεται να διερευνηθούν οι πιθανές αιτίες που μπορεί να προκάλεσαν ή να οδήγησαν στην εμφάνιση των αποκλίσεων που προέκυψαν μεταξύ των εξισώσεων εκτίμησης του RMR και της μετρημένης τιμής (π.χ. το κλίμα, η διατροφή, το περιβάλλον εν γένει κ.ά.).

Βιβλιογραφία

- Adriaens MPE, Schoffelen PFM, & Westerterp KR. Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing. *British Journal of Nutrition*. 2003; 90(2), 419–423. doi:[10.1079/BJN2003895](https://doi.org/10.1079/BJN2003895).
- Acar-Tek N, et al. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in children and adolescents with different body mass indexes. *Nutr J*. 2023;22(1):39. doi:[10.1186/s12937-023-00868-3](https://doi.org/10.1186/s12937-023-00868-3).
- Baranowski T, et al. School year versus summer differences in child weight gain: a narrative review. *Child Obes*. 2014; 10 (1): 18-24. doi:[10.1089/chi.2013.0116](https://doi.org/10.1089/chi.2013.0116).
- Bland JM, & Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research*. 1999; 8(2): 135–160. doi:[10.1177/096228029900800204](https://doi.org/10.1177/096228029900800204).
- Bray GA, Bouchard C & James WPT. Handbook of Obesity. New York (NY): Marcel Dekker, Inc; 2004: 446–448.
- Butte NF. Fat intake of children in relation to energy requirements. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 72(5), 1246s–1252s. doi:[10.1093/ajcn/72.5.1246s](https://doi.org/10.1093/ajcn/72.5.1246s).
- Butte NF. Energy requirements of infants. *Public Health Nutrition*. 2005; 8(7a): 953–967. doi:[10.1079/PHN2005790](https://doi.org/10.1079/PHN2005790).
- Centers for Disease Control & Prevention. National Center for Health Statistics. *National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Anthropometry procedures Manual, 2007*.
- Cole TJ, & Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity*, 2012; 7(4): 284-289.
- Compher C, Frankenfield D, Keim N & Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 2006; 106(6): 881-903.
- Cooke C. Metabolic rate and energy balance. In Eston R, Reilly T, (eds), *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests, Procedures and Data*. 3rd ed. Vol. 2. Abingdon, Oxon: Routledge. 2009: 145-173.

- Currie C, et al. (eds.) *Young people's health in context: international report from the HBSC 2001/02 survey*, (Health Policy for Children and Adolescents, No.4), WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2004.
- Derumeaux-Burel H, Meyer M, Morin L, & Boirie Y. Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2004; 80: 1544-50.
- Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R, Est-Strate JA & Seidell JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *International Journal of Obesity*, 1991; 15(1): 17–25.
- Dietz WH, Bandini LG, & Schoeller DA, Estimates of metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *Journal of pediatrics*, 1991; 118: 146-149.
- FAO/WHO/UNU *Energy and Protein Requirements Report of a Joint Expert Consultation*. WHO Technical Report Series, no 724. Geneva: WHO, 1985.
- Frankenfield D, Roth-Yousey L, & Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 2005; 105(5), 775–789. doi:[10.1016/j.jada.2005.02.005](https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.02.005)
- Frankenfield DC., Muth ER, & Rowe WA. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: History and limitations. *Journal of the American Dietetic Association*, 1998; 98(4), 439–445. doi:[10.1016/S0002-8223\(98\)00100-X](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00100-X)
- Finan K, Larson E, & Goran MI. Cross-validation of prediction equations for resting energy expenditure in young, healthy children. *Journal of the American Dietetic Association*. 1997; 97 (2): 140-145.
- Fuentes-Servín J, et al. Resting Energy Expenditure Prediction Equations in the Pediatric Population: A Systematic Review. *Frontiers in Pediatrics*, 2021; 9, 795364. doi:[10.3389/fped.2021.795364](https://doi.org/10.3389/fped.2021.795364)
- Fullmer S, et al. Evidence Analysis Library Review of Best Practices for Performing Indirect Calorimetry in Healthy and Non–Critically Ill Individuals. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2015; 115 (9), 1417-1446.e2. doi:[10.1016/j.jand.2015.04.003](https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003).

- Ζαμπέλας Α. *Κλινική διαιτολογία και διατροφή με στοιχεία παθολογίας*. Αθήνα : Πασχαλίδης, 2011.
- Gallagher D, et al. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. *Am J Physiol*. 1998;275:E249–58.
- Gao S, et al. Metabolic rate in children and adolescents: Tabulate values for common activities and comparisons with standards and adult values. *Building and Environment*, 2023; 244, 110804. doi:[10.1016/j.buildenv.2023.110804](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110804).
- Garby, L., Kurzer, M. S., Lammert, O., & Nielsen, E. Energy expenditure during sleep in men and women: Evaporative and sensible heat losses. *Human Nutrition Clinical Nutrition*, 1987; 41(3), 225–233.
- Garrow JS, Durrant ML, Mann S, Stalley SF, & Warwick PM. Factors determining weight loss in obese patients in a metabolic ward. *International Journal of Obesity*, 1978; 2: 441-447.
- Goran MI, Carpentier WH, McGloin A, Johnson R, Hardin JM, & Weinsier RL. Energy expenditure in children of lean and obese parents. *American Journal of Physiology*, 1995; 268: E917-E924.
- Gropper SS, Smith JL, & Carr TP. *Advanced Nutrition and Human Metabolism* (8th ed.). Cengage Learning. 2021
- Guo SS, Roche AF., Chulea WC, Gardner JD, & Siervogel RM. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1994; 59: 810-9.
- Harris JA, & Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man'. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington, 1996: 40–4.
- Henry CJ. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr*. 2005; 8(7A):1133–1152.
- Heyward VH. & Wagner DR. *Applied body composition assessment*. Human Kinetics. Leeds: England, 2004.
- Inchley J, et al (eds.) *Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being, health behaviour in school-aged children (HBSC) study*, International Report from the 2013/2014 Survey, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2016.

- Kaplan AS, Zemel BS, Neiswender KM, & Stallings VA. Resting energy expenditure in clinical pediatrics: measured versus prediction equations. *Journal of pediatrics*, 1995; 127: 200-205.
- Kokkevi A, Stavrou M, Fotiou A, & Kanavou E. *Obesity in adolescents*. Series of short reports: adolescents, behaviours and health. University Mental Health Research Institute, Athens, 2011.
- Lazzer S, Agosti F, Col AD, & Sartorio A. Development and cross-validation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *British Journal of Nutrition*, 2006; 96(5), 973–979. doi:[10.1017/BJN20061941](https://doi.org/10.1017/BJN20061941)
- Lazzer S, Agosti F, De Col A, Mornati D, & Santonio A. Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in severely Caucasian children and adolescents. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2007; 30: 313-317.
- Lazzer S, et al. Relationship between basal metabolic rate, gender, age, and body composition in 8,780 white obese subjects. *Obesity*, 2010; 18(1): 71-78.
- Lazzer S, Patrizi A, De Col A, Saezza A, Sartorio A. Prediction of basal metabolic rate in obese children and adolescents considering pubertal stages and anthropometric characteristics or body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2014; Jun;68(6):695-9. doi: [10.1038/ejcn.2014.26](https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.26).
- Lee JM, Bassett DRJ, Thompson DL, Fitzhugh EC. Validation of the Cosmed Fitmate for Prediction of Maximal Oxygen Consumption. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(9):2573. doi:[10.1519/JSC.0b013e3181fc5c48](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fc5c48)
- Lohman TG. (1992). *Advances in Body Composition Assessment (Current Issues in Exercise Science; Monograph No 3)*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1992.
- Marra M, Di Vincenzo O, Cioffi I, Sammarco R, Morlino D & Scalfi L. Resting energy expenditure in elite athletes: development of new predictive equations based on anthropometric variables and bioelectrical impedance analysis derived phase angle. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18, 68. doi:[10.1186/s12970-021-00465-x](https://doi.org/10.1186/s12970-021-00465-x).
- Maffeis C, Schutz Y, Micciolo R, Zocante L, & Pinelli L. Resting metabolic rate in six- to ten-year-old obese and nonobese children. *Journal of Pediatrics*. 1993; 122(4): 556–562.

- Matarese LE. Indirect calometry: technical aspects. *Journal of the American Dietetic Association*. 1997; 97(2): 54-60.
- McArdle WD, Katch FI, & Katch VL. *Exercise physiology: energy, protein, nutrition and human performance*. 4th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1996.
- McDuffie JR, et al. Prediction equations for resting energy expenditure in overweight and normal-weight black and white children. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2004; 80 (2): 365–373.
- McMurray, R. G., Soares, J., Caspersen, C. J., & McCurdy, T. Examining Variations of Resting Metabolic Rate of Adults: A Public Health Perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2014; 46(7) :1352. doi:[10.1249/MSS.0000000000000232](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000232).
- Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA., Scott BJ, Daugherty SA, & Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American journal of clinical nutrition*. 1990; 51(2), 241–247. doi:[10.1093/ajcn/51.2.241](https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241).
- Molnar D, Jeges S, Erhardt E, & Schutz Y. Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *The Journal of Pediatrics*. 1995; 127(4), 571–577. doi:[10.1016/S0022-3476\(95\)70114-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(95)70114-1)
- Molnar D, & Schutz Y. The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate in children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*. 1997; 156 (5): 376-381.
- Moreno JP, Crowley SJ, Alfano CA, Thompson D. Physiological mechanisms underlying children's circannual growth patterns and their contributions to the obesity epidemic in elementary school age children. *Obesity Reviews*. 2020; 21:e12973. <https://doi.org/10.1111/obr.12973>.
- Oliviera BA, Nicoletti CF, Gardism CB, Andrade V L, & Freitas IF. Comparisons between predictive equations of resting metabolic rate and indirect calometry in obese teenagers. *Revista chilena de pediatria*. 2014; 41(2):126-129.
- Pavlidou E, Papadopoulou SK, Seroglou K, & Giaginis C. Revised Harris–Benedict Equation: New Human Resting Metabolic Rate Equation. *Metabolites*. 2023; 13(2), 189. doi: [10.3390/metabo13020189](https://doi.org/10.3390/metabo13020189).
- Pavlidou E, Petridis D, Tolia M, et al. 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*. 2018;15(1):41. doi:[10.1186/s12986-018-0278-7](https://doi.org/10.1186/s12986-018-0278-7)
- Pupim LB, Martin CJ, & Ikizler TA. Chapter 10—Assessment of Protein and Energy Nutritional Status. In J. D. Kopple, S. G. Massry, & K. Kalantar-Zadeh (Eds.), *Nutritional Management of Renal Disease* 2013 (3rd): 137–158. Academic Press. doi:[10.1016/B978-0-12-391934-2.00010-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391934-2.00010-2).
- Rodriguez G, Moreno LA, Sarria A, Fleta J, & Bueno M. Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calometry and prediction equations. *Clinical Nutrition*, 2000; 21(3): 255-260.
- Roza AM, & Shizgal HM. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *The American journal of clinical nutrition*, 1984;40(1), 168–182. doi:[10.1093/ajcn/40.1.168](https://doi.org/10.1093/ajcn/40.1.168).
- Schmelzle H, Schröder C, Armbrust S, Unverzagt S, Fusch C. Resting energy expenditure in obese children aged 4 to 15 years: measured versus predicted data. *Acta Paediatr*. 2004;93(6):739-746. doi: [10.1111/j.1651-2227.2004.tb01000.x](https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2004.tb01000.x).
- Schoeller DA. Hydrometry. In: S.B. Heymsfield, T.G. Lohman, Z.M. Wang and S.B. Going, eds. *Human Body Composition*. 2nd ed. Champaign, IL: Human kinetics. 2005: 35-49.
- Schofield, WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutrition. Clinical Nutrition*, 1985; 39C: S5–S41.
- Schutz Y, & Deurenberg P. Energy metabolism: overview of recent methods used in human studies. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 1996; 40: 183-193.
- Skouroliakou M, Giannopoulou I, Kostara C, Vasilopoulou M. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in obese psychiatric patients taking olanzapine. *Nutrition*. 2009; 25(2):188-193. doi:[10.1016/j.nut.2008.08.006](https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.08.006).
- Torun B, Davies PSW., Livingstone MBE, Paolisso M, Sackett R, & Spurr GB. Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1996; 50 (suppl, 1): S37-S81.
- Tounian P, Dumas C, Veinberg F, & Girardet JP. Resting energy expenditure and substrate utilisation rate in children with constitutional leanness or obesity. *Clinical Nutrition*. 2003; 22(4): 353-357.

- Tverskaya R, Rising R, Brown D, & Lifshitz F. Comparison of several equations and derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *Journal of the American College of Nutrition*. 1998; 17 (4): 333–3366.
- Vandarakis D, Salacinski AJ, Broeder CE. A comparison of COSMED metabolic systems for the determination of resting metabolic rate. *Res Sports Med*. 2013;21(2):187-194. doi:10.1080/15438627.2012.757226
- WHO/FAO/UNU. Energy and protein requirements: report of a Joint FAO/WHO/UNU expert consultation. World Health Organization Technical Report Series 724, Geneva, Switzerland: 1985,1–206.
- Williams J, Wake M, Hesketh K, Maher E, & Waters E. Health-Related Quality of Life of Overweight and Obese Children. *JAMA*. 2005; 293(1), 70–76. doi:[10.1001/jama.293.1.70](https://doi.org/10.1001/jama.293.1.70)
- Yamada Y, et al. Total Energy Expenditure, Body Composition, Physical Activity, and Step Count in Japanese Preschool Children: A Study Based on Doubly Labeled Water. *Nutrients*. 2020; 12(5), Article 5. doi:[10.3390/nu12051223](https://doi.org/10.3390/nu12051223).
- Yuill EA. The Physiotherapist's Pocket Guide to Exercise: Assessment, Prescription, and Training. *J Can Chiropr Assoc*. Jun; 2010; 54(2):135. PMCID: PMC2875916.

Παραρτήματα

Συμφωνητικό αποδοχής συμμετοχής στο πρόγραμμα Αρχιμήδης

III



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ – ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

«Αξιολόγηση Διατροφικής Παρέμβασης μέσω Διαδικτύου σε παιδιά Δημοτικών Σχολείων της Κρήτης»

ΣΥΜΦΩΝΗΤΙΚΟ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΟ ΥΠΟΕΡΓΟ 7
/ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ,
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ _____

Βεβαίωση γονέα/κηδεμόνα συμμετέχοντος παιδιού στο πρόγραμμα

1. Βεβαιώνω ότι έχω διαβάσει και κατανοήσει το Πληροφοριακό Δελτίο που απευθύνεται στο γονέα/κηδεμόνα του εξεταζομένου παιδιού για τη μελέτη «Αξιολόγηση Διατροφικής Παρέμβασης μέσω Διαδικτύου σε παιδιά Δημοτικών σχολείων Κρήτης».
2. Μου έχει δοθεί ένα αντίγραφο αυτής της υπογεγραμμένης συναινετικής επιστολής. Μου δόθηκε η ευκαιρία και ο απαραίτητος χρόνος να ρωτήσω και να μάθω για την ουσία και τους σκοπούς της μελέτης, καθώς και πιθανούς κινδύνους και προνόμια που μπορεί να περιμένω. Όλες οι ερωτήσεις μου απαντήθηκαν ικανοποιητικά.
3. Πληροφορήθηκα ότι η ταυτότητα και τα αποτελέσματα του παιδιού μου θα κρατηθούν εμπιστευτικά.
4. Γνωρίζω ότι η συμμετοχή του παιδιού μου είναι εθελοντική και είναι ελεύθερος/η να παραιτηθεί οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της μελέτης.
5. Επιτρέπω τη χρήση των αποτελεσμάτων του παιδιού μου για τους σκοπούς της έρευνας, εφόσον αυτά διατηρηθούν ανώνυμα. Έχω λάβει λεπτομερή πληροφόρηση για τους σκοπούς της συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων αυτών, και σε ποιόν θα καταλήξουν τα δεδομένα. Με την υπογραφή αυτού του εγγράφου, δίνω την έγκρισή μου στη συλλογή, επεξεργασία και μεταφορά των προσωπικών δεδομένων του παιδιού μου.

Ονοματεπώνυμο Συμμετέχοντος (Τυπωμένο) _____

Ημερομηνία _____ Υπογραφή Συμμετοχής _____

Βεβαίωση Ερευνητή

Βεβαιώνω ότι έχω εξηγήσει τη φύση και το σκοπό της εν λόγω μελέτης και τους πιθανούς κινδύνους και προνόμια για το άτομο του οποίου το όνομα τυπώνεται ανωτέρω.

Υπογραφή και όνομα του ερευνητή που λαμβάνει τη συναινετική επιστολή _____ Ημερομηνία _____

Παράρτημα II – Οδηγίες προς τους γονείς/κηδεμόνες των παιδιών σχετικά με το πρωτόκολλο των μετρήσεων

ΟΔΗΓΙΕΣ – ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:

Οι γονείς/κηδεμόνες καλούνται να διαβάσουν προσεκτικά τις παρακάτω οδηγίες και να τις τηρήσουν πριν από τις μετρήσεις.

- Δεν επιτρέπεται η κατανάλωση τροφίμων/ροφημάτων για 12 ώρες πριν τις μετρήσεις.
- Όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται νωρίς το πρωί, η παραπάνω οδηγία έχει ήδη τηρηθεί το παιδί δεν έχει καταναλώσει πρωινό. Γι' αυτόν τον λόγο, οι μετρήσεις θα υλοποιούνται πάντα κατά τις πρώτες 2 διδακτικές ώρες του ωρολογίου προγράμματος του σχολείου.
- Αποφυγή κατανάλωσης τροφίμων, τα οποία ενδέχεται να προκαλέσουν εντερικά αέρια (όπως ψημένα φασόλια, αναψυκτικά, κλπ), κατά την προηγούμενη μέρα.
- Αποχή από οποιαδήποτε έντονη φυσική δραστηριότητα (π.χ. έντονη προπόνηση, τρέξιμο κ.ά.), κατά την προηγούμενη μέρα.

Οι μετρήσεις δεν επιτρέπονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Λίγο πριν/κατά τη διάρκεια της έμμηνου ρύσεως, για τα κορίτσια.
- Όταν υπάρχει κρυολόγημα.
- Σε παιδιά με ιστορικό θωρακικής κάκωσης, άλγος στο θώρακα, στην κοιλιά, στη στοματική κοιλότητα ή στο πρόσωπο.
- Σε παιδιά που πάσχουν από κάποια νόσο του αναπνευστικού (άσθμα, πνευμονική φυματίωση, εμφύσημα ή χρόνια βρογχίτιδα).
- Σε παιδιά με δερματικές λοιμώδεις παθήσεις, ανοιχτά τραύματα, εντερικές λοιμώξεις, ουροκαθετήρα, στομίες (γαστροστομία, κολοστομία).
- Σε παιδιά με σοβαρά καρδιολογικά προβλήματα.
- Σε παιδιά με μη ελεγχόμενη υπέρταση.
- Σε παιδιά που φέρουν βηματοδότη/απινιδωτή.
- Σε παιδιά που φέρουν μεταλλικό εμφύτευμα στον κορμό του σώματος ή στη λεκάνη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η βασική μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης. Εάν το εμφύτευμα βρίσκεται στο χέρι ή στο πόδι τότε η μέτρηση αυτή μπορεί να γίνει στην πλευρά του σώματος που δεν φέρει εμφύτευμα. Σε αυτή την περίπτωση, ο γονέας/κηδεμόνας του παιδιού καλείται να ενημερώσει τον εξεταστή πριν τη διεξαγωγή της μέτρησης.

Περιγραφή Σπироμέτρησης

Ο Μεταβολικός Ρυθμός Ηρεμίας (Resting Metabolic Rate, RMR) αναφέρεται στις ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες ενός ατόμου σε κατάσταση ηρεμίας, χωρίς να προσμετρείται η ενέργεια που καταναλώνει λόγω της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας. Περιλαμβάνει δηλαδή τις θερμίδες που καταναλώνει ο οργανισμός για να λειτουργήσουν τα ζωτικά του όργανα, ως εκ τούτου, προβλέπεται 12-ωρη νηστεία πριν τη συγκεκριμένη μέτρηση.

Ο κύριος τρόπος προσδιορισμού του RMR είναι η μέθοδος της έμμεσης θερμιδομετρίας (σπироμέτρηση), κατά την οποία το παιδί, αφού έχει τηρήσει το πρωτόκολλο (βλέπε παρακάτω οδηγίες), κάθεται ήρεμο σε ένα κάθισμα, αναπνέει μέσα από ένα επιστόμιο παρόμοιο με αυτό του κοινού αναπνευστήρα και παράλληλα του εφαρμόζεται ένα ρινοπίεστρο. Μόλις αισθανθεί άνετα, αναπνέοντας μέσα από το επιστόμιο, αρχίζει η μέτρηση, η οποία διαρκεί περίπου 15-20 λεπτά.

Περιγραφή Φασματοσκοπίας Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης

Πρόκειται για μια μέθοδο (Bioelectrical Impedance Spectroscopy, BIS), με την οποία μετράται η ηλεκτρική εμπέδηση (σύνθετη αντίσταση) του σώματος σε ένα φάσμα 256 διαφορετικών συχνοτήτων. Η μέθοδος αυτή μας παρέχει μια εκτίμηση ακριβείας για το συνολικό νερό του σώματος (TBW) και επιπλέον, για την αναλογία ενδοκυττάρων και εξωκυττάρων υγρών.

Η διαδικασία έχει ως εξής: Ο εξεταζόμενος έχοντας τηρήσει το πρωτόκολλο (βλέπε παρακάτω τις οδηγίες), αφαιρεί όλα τα μεταλλικά κοσμήματα/αξεσουάρ που ενδέχεται να φορά, καθώς επίσης και το ένα υπόδημα. Κατόπιν ξαπλώνει επάνω σε μια εξεταστική κλίνη και τοποθετούνται στην άκρη του ποδιού και του χεριού του/της τέσσερα ειδικά ηλεκτρόδια (εύκαμπτα αγωγίμα τσιρότα). Τα χέρια και τα πόδια πρέπει να παραμείνουν ελαφρώς ανοιγμένα (με γωνίες 30° και 45°, αντίστοιχα) κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Αφού τοποθετηθούν τα ηλεκτρόδια, ο εξεταζόμενος παραμένει ακίνητος για 1-2 περίπου λεπτά, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η μέτρηση.