



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

Μέτρηση του Επιπέδου Φυσικής Δραστηριότητας (PAL) σε
δείγμα πληθυσμού και συσχέτιση αποτελεσμάτων με πέντε
μεθόδους εκτίμησής του.

Χαραλαμπίδου Ιωάννα

ΑΜ: 2646

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ζαφειρόπουλος Βασίλης (επιβλέπων)

Μουρατίδου Θεοδώρα

Βενιαμάκης Ελευθέριος

ΣΗΤΕΙΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2023



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

THESIS

for the Undergraduate Degree

Measurement of Physical Activity Level (PAL) in a population sample and correlation of results with five assessment methods

Charalampidou Ioanna

YD:2646

Three-member Examination Committee

Zafirooulos Vassilis (supervisor)

Mouratidou Theodora

Veniamakis Eleftherios

SITIA, JANUARY 2023

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 την 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.

«Ευχαριστίες ή Αφιέρωση»

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένεια μου (Κυριακή, Αναστάσιος, Στέλλα, Τζένη, Ηλίας, Μαρκέλλα, Δημήτρης, Πέτρος) που με στήριξε να πραγματοποιήσω το πρώτο μεγάλο βήμα της σταδιοδρομίας μου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους κοντινούς μου ανθρώπους Φαίη, Ιωάννα, Τάνια, Κάτια και Θωμά, που δεν σταμάτησαν στιγμή να πιστεύουν σε εμένα και ήταν δίπλα μου. Ευχαριστώ επίσης, θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Βασίλη Ζαφειρόπουλο για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου προσέφερε καθώς και την συνεργάτιδα και φίλη Αλκιόνη Χατζάκη, υποψήφια διδάκτορα, για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξή της. Χωρίς όλους αυτούς τους ανθρώπους θα ήταν πολύ δύσκολη η επίτευξη των στόχων μου. Το έργο αυτό είναι αφιερωμένο στην γλυκιά μου γιαγιά Στυλιανή.

Περίληψη

Εισαγωγή: Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί η εγκυρότητα των διαφορετικών προσεγγίσεων εκτίμησης του PAL σε ένα δείγμα υγιούς πληθυσμού της περιφερειακής ενότητας του Ηράκλειου Κρήτης, συγκρίνοντας τις εκτιμώμενες τιμές με τις μετρημένες τιμές, χρησιμοποιώντας μια δική μας μεθοδολογία μέτρησης του PAL.

Μέθοδοι: Ο βασικός μεταβολισμός (BMR) μετρήθηκε μετά από 12ωρη ολονύκτια νηστεία, μέσω έμμεσης θερμιδομετρίας. Η ενεργειακή δαπάνη της φυσικής δραστηριότητας (PAEE) μετρήθηκε με επιταχυνσιόμετρο. Η μετρημένη τιμή του PAL προέκυψε από τις επιμέρους μετρημένες τιμές BMR, PAEE, καθώς και τη διαιτητική θερμογένεση. Μελετήθηκαν πέντε γνωστές μέθοδοι εκτίμησης του PAL σε όλο το δείγμα, καθώς και μια έκτη μέθοδος σε ένα μικρό μέρος του δείματός μας. Οι πληροφορίες για την εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας των μελών του δείγματος συλλέχθηκαν κάνοντας χρήση κατάλληλων ερωτηματολογίων. Η αξιολόγηση των μεθόδων εκτίμησης του PAL έγινε με βάση την μέθοδο ανάλυσης των Bland-Altman και με στατιστική ανάλυση.

Δείγμα: Συνολικά, 123 άτομα (71 γυναίκες και 52 άντρες), ηλικίας 18-83 ετών.

Αποτελέσματα: Όλες οι μέθοδοι εκτίμησης του PAL υπερεκτιμούν, κατά μέσο όρο, τις πραγματικές τιμές, ενώ παράλληλα, οι μέγιστες αποκλίσεις είναι σε μεμονωμένα άτομα πολύ μεγάλες, και ως εκ τούτου, μη αποδεκτές. Από τις 5 μεθόδους εκτίμησης που μελετήθηκαν, η μέθοδος του Department of Health (1991) έδωσε την μικρότερη μέση διαφορά μεταξύ εκτιμώμενης και μετρημένης τιμής (+0,04). Ακολούθησαν οι μέθοδοι των Ministry of Health Labour and Welfare (2015), Johansson & Westerterp (2008), Black et al. (1996) και FAO/WHO/UNU (2004), με την τελευταία να δίνει μια μέση διαφορά +0,11. Και στις πέντε περιπτώσεις η σταθερή απόκλιση της διαφοράς ήταν περίπου $\pm 0,1$. Από την δευτερεύουσα ανάλυση ενός μικρού μέρους του δείγματος, με χαμηλές τιμές PAL, βρέθηκε πως η εκτίμηση του PAL με την μέθοδο που πρότειναν οι ερευνητές του IOM (2005) συμφωνεί με την μετρημένη τιμή (μηδενική μέση διαφορά), με μέγιστη διαφορά $\pm 0,1$.

Συμπεράσματα: Οι πέντε μέθοδοι εκτίμησης που εφαρμόστηκαν σε όλο το δείγμα μας βρέθηκε πως υπερεκτιμούν συστηματικά την πραγματική τιμή του PAL, με τη μέση διαφορά να κυμαίνεται από +0,04 έως +0,11 και την σταθερή απόκλιση της διαφοράς να είναι $\pm 0,1$. Παρατηρήθηκε πως μια πρώτη προσέγγιση για τον περιορισμό της υπερεκτίμησης του PAL μέσω των μεθόδων αυτών θα ήταν η συγκρατημένη χρήση των υψηλών ορίων της κάθε

μεθόδου. Αυτό προκύπτει κυρίως, λόγω της υποκειμενικής εκτίμησης της έντασης εκτέλεσης της φυσικής δραστηριότητας από τα ίδια τα άτομα, καθώς και λόγω της αλλαγής του τρόπου ζωής. Τέλος, η εκτίμηση των χαμηλών τιμών PAL ($1,2 < PAL < 1,4$) με την μέθοδο του IOM (2005) συμφωνεί σε αποδεκτό βαθμό με τις μετρημένες τιμές, όμως απαιτείται περαιτέρω έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα, για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Λέξεις – Κλειδιά

Επίπεδο Φυσικής Δραστηριότητας, Ημερήσια Ενεργειακή Δαπάνη, Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός, Ενεργειακή Δαπάνη Φυσικής Δραστηριότητας, έμμεση θερμιδομετρία, σπιρομέτρηση, μέτρηση φυσικής δραστηριότητας, επιταχυνσιόμετρο, PAL, TEE, BMR

Abstract

Objective: The aim of this thesis was to investigate the validity of different PAL estimation approaches in a healthy population sample from the regional unit of Heraklion Crete, comparing the estimated values with the measured values, using our own methodology for the measurement of PAL.

Methods: Basal metabolic rate (BMR) was measured after 12 hours of overnight fast, via indirect calorimetry. Physical activity energy expenditure (PAEE) was measured with accelerometer. The value of PAL measured was then calculated from measured BMR and PAEE, also considering the thermic effect of food. Five known PAL estimation methods were studied using the whole sample, while a sixth method was used in a small part of our sample. The information to assess the physical activity of the sample was collected using appropriate questionnaires. The evaluation of PAL estimation methods was based on the Bland-Altman analysis method and statistical analysis.

Sample: 123 subjects (71 women and 52 men), aged 18-83 years old.

Results: All estimation methods of PAL overestimate, on average, the true values, while at the same time, the maximum deviations in individuals are very large, and therefore, unacceptable. Of the 5 estimation methods studied, the method of Department of Health (1991) gave the lowest mean difference between estimated and measured values (+0.04). The methods of the Ministry of Health Labor and Welfare (2015), Johansson & Westerterp (2008), Black et al. (1996) and FAO/WHO/UNU (2004) followed, the latter giving a mean difference of +0.11. In all five cases the standard deviation of the difference was about $\pm 0,1$. From the secondary analysis of a small part of the sample, with low PAL values, it was found that the estimation of PAL values using the method proposed by the IOM researchers (2005) agrees with the measured values (nearly zero mean difference), with a maximum difference of $\pm 0,1$.

Conclusion: The five estimation methods applied to our entire sample were found to systematically overestimate the true value of PAL, with the mean difference ranging from +0,04 to +0,11 and the standard deviation of the difference being $\pm 0,1$. It came to our attention that a first approach to limit the overestimation of PAL by these methods may be to use the high ranges of each method sparingly. This is mainly due to the subjective assessment of the intensity of physical activity, appraised by the individuals themselves, as

well as to lifestyle changes over the last decades. Lastly, the estimation of low PAL values ($1,2 < \text{PAL} < 1,4$) with the method of IOM (2005) agrees to an acceptable extent with the measured values; though further research in a larger sample is needed, in order to draw safe conclusions.

Keywords

Physical Activity Level, Total Daily Energy Expenditure, Basal Metabolic Rate, Physical Activity Energy Expenditure, Indirect Calorimetry, spirometry, physical activity measurement, accelerometer, PAL, TEE, TAEE, BMR

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	v
Abstract	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ix
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΌΡΓΑΝΑ	17
2.1 Γενικά στοιχεία και δείγμα	17
2.2 Σπυρομετρία της έμμεσης θερμιδομετρίας.....	20
2.3 Επιταχυνσιομετρία με ActiGraph wGT3X-BT	24
2.4 Ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν.....	25
2.4.1 Ερωτήσεις για την φυσική δραστηριότητα.....	25
2.5 Στατιστική ανάλυση με το λογισμικό SPSS	25
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ	28
3.1 Συσχετίσεις των πέντε μεθόδων εκτίμησης του PAL με την μετρημένη τιμή	28
3.1.1 Αναλυτική περιγραφή συμφωνίας της κάθε μεθόδου με την μετρημένη τιμή του PAL	28
3.1.2 Συγκεντρωτική σύγκριση της συμφωνίας των πέντε μεθόδων εκτίμησης του PAL με την	38
μετρημένη τιμή	38
3.2 Συσχέτιση της εκτίμησης του PAL με την μέθοδο IOM (2005) με την μετρημένη τιμή του	43
.....	43
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	46
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	59

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην επιστήμη της Διατροφής και Διαιτολογίας ο προσδιορισμός της Ενεργειακής Δαπάνης αποτελεί σημαντικό εργαλείο όχι μόνο για τη Διατροφική Αξιολόγηση του κάθε ατόμου, αλλά και για τον σχεδιασμό της Διατροφικής Παρέμβασης που μπορεί να ακολουθήσει.

Η πρότυπη μέθοδος για την μέτρηση της Συνολικής Ημερήσιας Ενεργειακής Δαπάνης (Total Daily Energy Expenditure, TDEE ή Total Energy Expenditure, TEE) είναι αυτή του διπλά σημασμένου νερού (Doubly Labeled Water, DLW), η οποία όμως είναι ακριβή, χρονοβόρα και απαιτεί παρακείμενο εργαστηριακό χώρο με ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό. Αντ' αυτής, συνήθως γίνεται μια εκτίμηση του Δείκτη Φυσικής Δραστηριότητας (Physical Activity Level, PAL) μέσω μιας από τις υπάρχουσες μεθόδους. Η συνολική TEE είναι το άθροισμα του βασικού μεταβολικού ρυθμού (Basal Metabolic Rate, BMR ή Basal Energy Expenditure, BEE), της θερμικής επίδρασης της τροφής που καταναλώνεται (Thermic Effect of Food, TEF ή Diet Induced Thermogenesis, DIT) και της ενέργειας που δαπανάται στη φυσική δραστηριότητα (Physical Activity Energy Expenditure, PAEE ή αλλιώς Physical Activity, PA). Είναι γνωστό ότι η Ενεργειακή Δαπάνη είναι συνάρτηση του μεγέθους του σώματος και της φυσικής δραστηριότητας, εκφρασμένη ως $BMR \times PAL$, με τον δείκτη PAL να συμπεριλαμβάνει, τόσο τις διάφορες φυσικές δραστηριότητες, όσο και τη διαιτητική θερμογένεση. Το BMR μπορεί εύκολα να μετρηθεί με τη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας ή και να εκτιμηθεί μέσα από εξισώσεις, χρησιμοποιώντας δεδομένα όπως ύψος, βάρος, ηλικία, φύλο, άλιπη μάζα, κ.ά. Αντίθετα, στη Φυσική Δραστηριότητα υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των ατόμων και παρόλο που ο δείκτης PAL χρησιμοποιείται ευρέως από τους διαιτολόγους, δεν υπάρχει συμφωνία για τη χρήση μιας ενιαίας μεθόδου εκτίμησής του. Κάνοντας μια ανασκόπηση στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, εμφανίζονται οκτώ διαφορετικές προσεγγίσεις όσον αφορά την εκτίμηση του PAL, αλλά προκύπτει το ερώτημα: ποια από τις οκτώ αυτές προσεγγίσεις εκτιμά με μεγαλύτερη ακρίβεια το PAL. Ένα τέτοιο ερώτημα θα ήταν πολύ χρήσιμο να απαντηθεί καθώς μιλάμε για ένα εργαλείο το οποίο βρίσκει χρήση στην καθημερινή πρακτική ενός διαιτολόγου, χωρίς όμως να έχει αξιολογηθεί ενδελεχώς, ενώ απαιτεί την ανάλογη ακρίβεια.

Η **πρώτη μέθοδος**¹ που εφαρμόστηκε για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών, η οποία έκανε αναφορά στο PAL ως πολλαπλάσιο του BMR έγινε το 1985 από την επιτροπή εμπειρογνομόνων των οργανισμών FAO/WHO/UNU (FAO, 1985). Έκτοτε, το Τμήμα Υγείας του Ηνωμένου Βασιλείου το 1991 χρησιμοποίησε το PAL για να θέσει τις γνωστές συστάσεις «Dietary Reference Values (DRVs)» για ενέργεια στον πληθυσμό του (Department of Health, 1991). Οι υπολογισμοί που έγιναν σε αυτές τις δυο εκθέσεις, καθώς και μετέπειτα στην έκθεση των FAO/WHO/UNU (2004), υπολόγισαν το BMR από ανθρωπομετρικά στοιχεία και βασίστηκαν στην υπόθεση ότι οι τιμές για το PAL μπορούν να εκτιμηθούν από λίστες ημερήσιων δραστηριοτήτων με κατανεμημένους χρόνους, που εκφράζονται ως τιμές Ανάλογων Φυσικής Δραστηριότητας (Physical Activity Ratio, PAR) (FAO, 1985, 2004; Department of Health, 1991).

Πίνακας 1 Department of Health (1991) Ενεργειακές ανάγκες σύμφωνα με το επάγγελμα.

Φυσική Δραστηριότητα εκτός εργασίας	Φυσική Δραστηριότητα εντός ερασίας					
	Ελαφριά		Μέτρια		Έντονη	
	Άντρες	Γυναίκες	Άντρες	Γυναίκες	Άντρες	Γυναίκες
Ελαφριά	1.4	1.4	1.6	1.5	1.7	1.5
Μέτρια	1.5	1.5	1.7	1.6	1.8	1.6
Έντονη	1.6	1.6	1.8	1.7	1.9	1.7

Στα DRVs του 1991, ο προσδιορισμός του PAL που χρησιμοποίησαν (**δεύτερη μέθοδος** εκτίμησης της TEE) βασίστηκε σε δυο συνιστώσες, μια στην φυσική δραστηριότητα κατά την εργασία και μία σε μη επαγγελματική δραστηριότητα, ενώ ταξινομήθηκε όπως φαίνεται στον Πίνακα 1 (Department of Health, 1991). Όπως προαναφέρθηκε, οι τιμές του PAL προέκυψαν από παραγοντικούς υπολογισμούς για την ενεργειακή δαπάνη κατά τη φυσική δραστηριότητα, της οποίας το κόστος μπορεί να εκφραστεί ως πολλαπλάσιο του BMR. Με αυτό τον τρόπο οι ερευνητές χρησιμοποιώντας κάποιες λογικές υποθέσεις κατέληξαν σε μια μέση τιμή PAL για κάθε υποκατηγορία. Ως συντομογραφία για τον όρο "πολλαπλάσιο του BMR" χρησιμοποιούνται τα Ανάλογα Φυσικής Δραστηριότητας (Physical Activity Ratio,

¹ Για ευκολία, οι μέθοδοι εκτίμησης της Συνολικής Ενεργειακής Δαπάνης (TEE), και συνεπώς του Δείκτη Φυσικής Δραστηριότητας (PAL) έχουν ταξινομηθεί με τη χρονολογική σειρά που εμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία.

PAR). Κατά τη χρήση του PAR είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψιν η ένταση και η διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας καθώς και οι παραδοχές αυτής (π.χ. σήκωμα κατά την καθιστική εργασία), διότι οι τιμές που δίνονται στη βιβλιογραφία για το ενεργειακό κόστος των δραστηριοτήτων συνήθως δεν περιλαμβάνουν αυτές τις παραλλαγές και αναφέρονται μόνο στην πραγματική, συνεχώς εκτελούμενη δραστηριότητα (Department of Health, 1991).

Όσον αφορά την επιρροή του επαγγέλματος, πλέον υπάρχουν λιγότερα επαγγέλματα που θα μπορούσαν να ταξινομηθούν ως πολύ δραστήρια σε σχέση με πριν από δεκαετίες, ενώ η επιρροή των μη επαγγελματικών δραστηριοτήτων υποστηρίχτηκε πως μπορεί να έχει ακόμη μεγαλύτερο αντίκτυπο από την εργασία. Για τον υπολογισμό της ενέργειας στις μη επαγγελματικές δραστηριότητες χρησιμοποιήθηκε μια φιλοσοφία η οποία εντέλει κρίθηκε ίσως ακατάλληλη για όλους τους πληθυσμούς (συγκεκριμένα του Ηνωμένου Βασιλείου στον οποίο αναφέρονται οι συστάσεις). Η υπόθεση ήταν πως ανεξάρτητα από οποιοσδήποτε άλλες δραστηριότητες αναψυχής, ο καθένας δαπανά ενέργεια σε τρεις κατηγορίες: (α) οικιακές εργασίες, (β) κοινοτικές δραστηριότητες και (γ) δραστηριότητα ωφέλιμη για καρδιαγγειακά και υγεία. Το πόρισμα στο οποίο κατέληξε η επιστημονική ομάδα ήταν πως, παρόλο που οι δραστηριότητες αυτές είναι επιθυμητές, αν δεν υπάρχουν στοιχεία ότι όντως εκτελούνται στον εκάστοτε πληθυσμό, το να λαμβάνεται υπόψιν η δαπανώμενη ενέργεια σε αυτές μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση (Department of Health, 1991).

Μεταξύ των υποθέσεων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ενεργειακού κόστους μέσω των PAR, για όλες τις κατηγορίες θεωρήθηκε ότι ο ύπνος καταλάμβανε 8 ώρες ως μέσο όρο για κάθε ημέρα, ενώ η εργασία (πέρα από την κατάταξη της σε ένταση) υπολογίστηκε ως 5,5 ώρες την ημέρα που αντιστοιχούν σε 8 ώρες μέσο όρο για το πενθήμερο της εβδομάδας. Ο υπόλοιπος χρόνος (10,5 ώρες την ημέρα) διαφέρει ανάλογα την κατηγορία (Department of Health, 1991).

Για τον υπολογισμό της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης των ομάδων προτάθηκε η εκτίμηση σε 3 διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας και με αυξανόμενη ορθότητα. Πρώτα, με χρήση του PAL μέσω μιας περιγραφής του τρόπου ζωής και με χρήση του Πίνακα 1 που προέκυψε από τους παραγοντικούς υπολογισμούς για κάθε κατηγορία. Δεύτερος τρόπος, με ακριβέστερη χρήση χρόνου και δραστηριότητας στην εργασία και εκτός εργασίας, με χρήση

των PAR. Τρίτος και τελευταίος τρόπος, με λεπτομερείς και αντιπροσωπευτικές πληροφορίες για την χρήση του χρόνου και περιγραφή κάθε δραστηριότητας, πάλι με χρήση των PAR. Συνήθως όταν κάποιος εφαρμόζει την μέθοδο αυτή, επειδή αποσκοπεί σε έναν πιο εύκολο και γρήγορο τρόπο για την εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας, χρησιμοποιεί τον πρώτο τρόπο που πρότειναν, με την ανάλογη βέβαια ακρίβεια (Department of Health, 1991).

Οι Black *et al.* το 1996 θέλησαν να επαληθεύσουν τα δεδομένα που προέκυψαν. Γι' αυτό συνόψισαν τις τότε υπάρχουσες πληροφορίες για τους δυτικούς πληθυσμούς περί Ενεργειακής Δαπάνης, ώστε να ορίσουν τον τρόπο ζωής και τη δραστηριότητα που σχετίζονται με δεδομένες τιμές PAL για διαφορετικές ομάδες πληθυσμού και έπειτα να τις συγκρίνουν με τις συνιστώμενες απαιτήσεις. Από τα δεδομένα που συλλέξανε κατέληξαν σε μια νέα κατηγοριοποίηση (**τρίτη μέθοδος** εκτίμησης της TEE) η οποία δεν λαμβάνει υπόψιν την φυσική δραστηριότητα στην εργασία και εκτός χωριστά, αλλά συνοψίζει τη σχέση μεταξύ του τρόπου ζωής, της δραστηριότητας και του PAL που προτείνεται από τα δεδομένα (βλ. Πίνακα 2) (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996).

Πίνακας 2 Black *et al.* (1996) Η σχέση μεταξύ τρόπου ζωής, δραστηριότητας και PAL που προτείνεται από τα δεδομένα μπορεί να συμπυκνωθεί όπως φαίνεται στον Πίνακα

Κατηγορίες	Περιγραφή τρόπου ζωής και δραστηριότητας	PAL
1η	Καθηλωμένος σε καρέκλα ή κλινήρης	1.2
2η	Καθιστική εργασία χωρίς δυνατότητα μετακίνησης και ελάχιστη ή καθόλου έντονη δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο	1.4 - 1.5
3η	Καθιστική εργασία με ευχέρια και απαίτηση για κίνηση αλλά ελάχιστη ή καθόλου έντονη δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο	1.6 - 1.7
4η	Εργασία σε ορθοστασία (π.χ. οικιακά/ νοικοκυριό, πωλήτρια)	1.8 - 1.9
5η	Σημαντική ποσότητα άθλησης ή έντονη δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο (30-60 λεπτά, 4-5 φορές την εβδομάδα)	+ 0.3
6η	Επίπονη εργασία ή πολύ δραστήριος ελεύθερος χρόνος	2.0 - 2.4

Η μελέτη τους έγινε σε δείγμα 574 μετρήσεων DLW και BMR σε άτομα που ζουν ελεύθερα στις εύπορες κοινωνίες των αναπτυγμένων χωρών, ηλικίας 2-95 ετών. Το δείγμα αποτελούνταν κυρίως από συναδέλφους των μελετητών, υπαλλήλους σε ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια ή νοσοκομεία ή από εθελοντές που ανταποκρίνονταν στις διαφημίσεις των τοπικών μέσων ενημέρωσης. Επομένως τα επαγγέλματα ήταν συνήθως φοιτητές, νοικοκυρές, υπάλληλοι γραφείου ή επαγγελματίες, άνεργοι ή συνταξιούχοι και μόνο τρία άτομα φάνηκε πως είχαν χειρωνακτικά επαγγέλματα. Για αυτό και χαρακτήρισαν το δείγμα ως αντιπροσωπευτικό κυρίως του δυτικού τρόπου ζωής. Επίσης στο δείγμα χρησιμοποιήθηκαν μόνο μη έγκυες και μη θηλάζουσες γυναίκες (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996).

Το πόρισμα που έβγαλαν οι ερευνητές από τα δεδομένα είναι πως ένα εύρος PAL 1,2 έως 2,5 αντιστοιχεί σε βιώσιμο τρόπο ζωής, με το 2,5 να αντιπροσωπεύει έναν σωματικά πολύ δραστήριο τρόπο ζωής, και πρότειναν πως μπορεί να συντελέσει ως το όριο για την αξιολόγηση των επιπέδων φυσικής δραστηριότητας του γενικού πληθυσμού (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996).

Όσον αφορά την σύγκριση με τις δυο προηγούμενες αναφορές, η συσχέτιση με τους FAO/WHO/UNU (FAO, 1985) είναι δύσκολο να γίνει διότι οι πληροφορίες για τα επαγγέλματα ήταν τότε περιορισμένες και οι κατηγορίες τους δεν λάμβαναν υπόψη τον ελεύθερο χρόνο. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα δεν υποδηλώνουν ότι οι συστάσεις είναι σοβαρά εσφαλμένες (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996). Ενώ σχετικά με την αναφορά του Τμήματος Υγείας (Department of Health, 1991), τα δεδομένα είναι σύμφωνα με τα ευρήματα για τα χαμηλότερα επίπεδα δραστηριότητας, αλλά φαίνεται πως υποεκτιμούν το ενεργειακό κόστος τόσο της επαγγελματικής όσο και της ψυχαγωγικής δραστηριότητας στα υψηλότερα επίπεδα. Η κύρια ανάλυση επιβεβαιώνει όμως πως η διαφοροποίηση για το φύλο που έγινε ήταν κατάλληλη (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996).

Η επόμενη έκθεση που αφορά εκτίμηση του δείκτη PAL (**τέταρτη μέθοδος**) είναι αυτή των FAO/WHO/UNU το 2004, όπου αποτελεί ανανέωση της προηγούμενης τους αναφοράς. Στην συγκεκριμένη αναφορά, όπως και στην προηγούμενη του 1985 (FAO, 1985), οι τιμές του PAL προέκυψαν από παραγοντικούς υπολογισμούς μέσω των PAR (πολλαπλάσια του

BMR) με τις ανάλογες υποθέσεις για τον υπολογισμό της ενεργειακής δαπάνης των επαγγελματικών δραστηριοτήτων και της επιπλέον φυσικής δραστηριότητας, κρίνοντας όμως εδώ τον τρόπο ζωής στο σύνολό του (FAO, 1985, 2004).

Αυτή η διαβούλευση ταξινομήσε την ένταση της συνήθους σωματικής δραστηριότητας του πληθυσμού σε τρεις κατηγορίες, όπως έγινε και το 1985, όμως σε αντίθεση με τότε, καθορίστηκε ένα εύρος τιμών PAL για κάθε κατηγορία αντί για μια μέση τιμή PAL. Επιπλέον, ο διαχωρισμός για το φύλο (γυναίκες και άντρες) εγκαταλείφθηκε. Ακόμα μια διαφορά με την προηγούμενη έκδοση είναι η χρήση γενικά του τρόπου ζωής ως κριτήριο, από τον χαρακτηρισμό μόνο με βάση την επαγγελματική δραστηριότητα που γινόταν παλαιότερα. Ο Πίνακας 3 δείχνει την κατηγοριοποίηση που υιοθετήθηκε. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται στη φυσική δραστηριότητα που εκτελείται συχνότερα από τα περισσότερα άτομα του πληθυσμού, σε μια χρονική περίοδο (έως ένα μήνα ή περισσότερο). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι κυκλικές αλλαγές στον τρόπο ζωής ανάλογα με τις εποχές και τα διάφορα επαγγέλματα (FAO, 2004).

Στον χαρακτηρισμό ως καθιστικό ή ελαφρά δραστήριο τρόπο ζωής κατατάσσονται άτομα με καθιστικά επαγγέλματα που δεν απαιτούν μεγάλη σωματική προσπάθεια, που μετακινούνται συνήθως με αμάξι, δεν ασκούνται τακτικά και περνούν τον περισσότερο ελεύθερό τους χρόνο καθισμένοι ή όρθιοι, με μικρή σωματική μετατόπιση (ομιλία, παρακολούθηση οθόνης, κλπ.) (FAO, 2004).

Πίνακας 3 FAO/WHO/UNU (2004) Η κατηγοριοποίηση που προτάθηκε από την ομάδα εμπειρογνώμων για τον δείκτη PAL.

Κατηγορία	Τιμή PAL
Καθιστικός ή ελαφρά δραστήριος τρόπος ζωής	1.40-1.69
Δραστήριος ή μέτρια δραστήριος τρόπος ζωής	1.70-1.99
Έντονος ή έντονα δραστήριος τρόπος ζωής	2.00-2.40*
Τιμές PAL >2.40 είναι δύσκολο να συντηρηθούν για παρατεταμένο χρονικό διάστημα.	

Στην κατηγορία του δραστήριου ή μέτρια δραστήριου τρόπου ζωής ανήκουν άτομα που τα επαγγέλματά τους, να μεν δεν είναι υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων, αλλά έχουν

μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη από τον καθιστικό τρόπο ζωής. Εδώ μπορεί να ανήκουν άτομα με καθιστικά επαγγέλματα, τα οποία όμως περνούν τακτικά επαρκές χρονικό διάστημα σε μέτριες έως έντονες σωματικές δραστηριότητες. Ακόμα, σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν και επαγγέλματα αγροτικής φύσεως, χειρωνακτική εργασία κ.ά. (FAO, 2004).

Στον έντονο ή έντονα δραστήριο τρόπο ζωής ανήκουν άτομα που ασχολούνται τακτικά με εργασία που απαιτεί αρκετή ενέργεια ή παίρνουν μέρος σε έντονες δραστηριότητες στον ελεύθερό τους χρόνο για αρκετές ώρες. Ένας ενδιαφέρων σχολιασμός από τους συγγραφείς έγινε και για τα εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα ενεργειακής δαπάνης (και συνάμα PAL) που έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία (Prentice *et al.*, 1989; Bandini *et al.*, 1991; Ravussin *et al.*, 1991; Schulz *et al.*, 1992). Σύμφωνα με την επιτροπή των FAO/WHO/UNU (2004) και μεν οι χαμηλές αυτές τιμές επιτρέπουν την επιβίωση, δεν είναι όμως συμβατές κυρίως με την μακροπρόθεσμη υγεία, και αναφέρουν πως παρόλο που η τιμή PAL 1,21 που υπολογίστηκε για βασικές ενεργειακές ανάγκες (παρόμοια με την τιμή PAL 1,27 που εκτιμάται στην έκθεση του 1985) προτείνεται για βραχυπρόθεσμη επιβίωση εντελώς ανενεργών εξαρτημένων ατόμων σε κρίσιμες συνθήκες, δεν θα έπρεπε να χρησιμοποιείται ούτε σε προγράμματα έκτακτης ανάγκης, καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις ενδέχεται να αυξάνονται ανάλογα την κατάσταση (FAO, 1985, 2004). Για αυτό και η επιτροπή καταλήγει να προτείνει τιμές PAL μεγαλύτερες του 1,4 ως καταλληλότερες για βραχυχρόνια παρέμβαση σε τέτοια άτομα (FAO, 2004). Αντίστοιχα, και οι πολύ υψηλές τιμές PAL όπως 4,5 με 4,7 που βρέθηκαν σε έντονα αθλούμενους (Westerterp *et al.*, 1986; Stroud, Coward and Sawyer, 1993), δεν είναι βιώσιμες μακροπρόθεσμα (FAO, 2004).

Στην επόμενη καταγεγραμμένη μέθοδο (**πέμπτη μέθοδος**) οι συγγραφείς της αναφοράς των Dietary Reference Intakes (DRI's) των ΗΠΑ (Institute of Medicine, 2005), και μεν χρησιμοποίησαν και αυτοί την παραγοντική μέθοδο γιατί ήταν βολική, ωστόσο εξέφρασαν κάποιους προβληματισμούς για τους περιορισμούς της μεθόδου σχετικά με την υποεκτίμηση της TDEE (Total Daily Energy Expenditure). Αυτοί αφορούσαν την αδυναμία μέτρησης της κάθε μίας φυσικής δραστηριότητας που εκτελείται κατά τη διάρκεια μιας φυσιολογικής ζωής, την πιθανή υποεκτίμηση του ενεργειακού κόστους που έχει προκύψει από τις μετρήσεις για τις διάφορες δραστηριότητες (π.χ. λόγω της μη εξοικείωσης με τον φορεμένο εξοπλισμό), την ενεργειακή δαπάνη κατά τον ύπνο που θεωρήθηκε ίση με τον BMR (ενώ είναι -5 με -10% χαμηλότερη). Το πιο σημαντικό όμως πρόβλημα αφορά τον μη

υπολογισμό των αυθόρμητων δραστηριοτήτων (Spontaneous Physical Activity, SPA), οι οποίες μάλιστα φαίνονται να εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό στον καθιστικό τρόπο ζωής και δαπανούν σημαντικό ποσό ενέργειας (Institute of Medicine, 2005).

Σε αντίθεση με άλλες εκθέσεις που χρησιμοποίησαν τα PAR (FAO, 1985, 2004; Department of Health, 1991), εδώ οι συγγραφείς για να μειώσουν τους περιορισμούς, χρησιμοποίησαν τις τιμές των METs (Metabolic Equivalents of Tasks) για συγκεκριμένες δραστηριότητες και μετά από την μετατροπή τους σε πολλαπλάσια του BMR, υπολόγισαν μια επιπρόσθετη αύξηση της τάξης του 26.5%, όπου αφορά την Διαιτητική Θερμογένεση (Thermic Effect of Food, TEF) για την ενέργεια που πρέπει να καταναλωθεί ώστε να καλύψει το ενεργειακό κόστος των δραστηριοτήτων αυτών (περίπου 10%) και την Πρόσθετη Κατανάλωση Οξυγόνου Μετά από Άσκηση (Excessive Post-exercise Oxygen Consumption, EPOC) (περίπου 15%) (Institute of Medicine, 2005). Έλαβαν δηλαδή υπόψιν και αυτές τις δύο συνιστώσες, ενώ προηγούμενες αναφορές δεν το έκαναν .

Για τον υπολογισμό του συνολικού PAL η αύξηση λόγω δραστηριότητας εκφρασμένη σε τιμή PAL (ΔPAL) προστίθεται σε μια βασική τιμή της τάξης του 1,1, όπου το 1,0 αντιπροσωπεύει την Βασική Ενεργειακή Δαπάνη στην οποία προστέθηκε 10% που αντιστοιχεί στην TEF για την κάλυψη της ενέργειάς της. Οι τιμές ΔPAL για κάθε δραστηριότητα παρατίθενται σε πίνακες στην αντίστοιχη αναφορά (Institute of Medicine, 2005). Επίσης λόγω της διαφοράς των εκτελούμενων δραστηριοτήτων από μέρα σε μέρα, προτείνεται η χρήση λεπτομερών ημερολογίων καταγραφής δραστηριότητας για περίοδο μιας εβδομάδας ή και παραπάνω, ώστε η εκτίμηση του PAL να είναι πιο αξιόπιστη. Οι κατηγορίες στις οποίες ταξινομούν τις τιμές PAL που προκύπτουν ξεκινούν από την «καθιστική (Sedentary)» κατηγορία με εύρος 1,0 με 1,39, την «χαμηλά ενεργή (Low Active)» κατηγορία με εύρος 1,4 με 1,59, την «ενεργή (Active)» κατηγορία με τιμές 1,6 έως 1,89 και τέλος την «πολύ ενεργή (Very Active)» κατηγορία με εύρος 1,9 μέχρι 2,5 (Institute of Medicine, 2005).

Η επόμενη, χρονικά, προσέγγιση (**έκτη μέθοδος**) προέκυψε μέσω ενός ερωτηματολογίου 2 ερωτήσεων για τη φυσική δραστηριότητα στην εργασία και στον ελεύθερο χρόνο, ώστε να καταστεί εφικτή η εκτίμηση του PAL με έναν απλό και γρήγορο τρόπον (Johansson and Westerterp, 2008). Σε αυτή τη προσέγγιση δεν γίνεται κατηγοριοποίηση για το φύλο (βλ.

Πίνακας 4 G. Johansson και K.R. Westerterp (2008) Το σχήμα για την εκτίμηση των Επιπέδων Φυσικής Δραστηριότητας (PAL)

Φυσική δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο	Φυσική δραστηριότητα στην εργασία			
	Πολύ ελαφριά	Ελαφριά	Μέτρια	Βαριά
Πολύ ελαφριά	1.4	1.5	1.6	1.7
Ελαφριά	1.5	1.6	1.7	1.8
Μέτρια	1.6	1.7	1.8	1.9
Ενεργή	1.7	1.8	1.9	2.1
Πολύ ενεργή	1.9	2.0	2.2	2.3

Πίνακα 4). Η μελέτη έγινε από τους G. Johansson και K.R. Westerterp το 2008 και είχε ως σκοπό να επικυρώσει το ερωτηματολόγιο αυτό, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του διπλά σημασμένου νερού (DLW). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η εκτίμηση του PAL ήταν εφικτή, με την διαφορά μεταξύ των 2 μεθόδων (μέτρηση μέσω DLW και εκτίμηση μέσω ερωτηματολογίου) να χαρακτηρίζεται μικρή. Να σημειωθεί πως το ερωτηματολόγιο είχε προηγουμένως επικυρωθεί με ένα αρχείο φυσικής δραστηριότητας 7 ημερών σε 20 νεαρές γυναίκες και τα αποτελέσματα ήταν σχεδόν πανομοιότυπα. Υπήρχαν κάποιιοι περιορισμοί, όπως το μέγεθος του δείγματος ($n = 9$), η συμμετοχή ατόμων με ρευματοειδή αρθρίτιδα, η εκτίμηση του BMR μέσω των εξισώσεων Schofield (και όχι η μέτρησή του). Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα φάνηκαν ελπιδοφόρα με τους ερευνητές να προτείνουν την χρήση του ερωτηματολογίου σε μεγάλης κλίμακας επιδημιολογικές μελέτες και σε ερευνητές διαιτολόγους (Johansson and Westerterp, 2008).

Το 2011 η Επιστημονική Συμβουλευτική Επιτροπή Διατροφής (Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN), 2011) στην ανανεωμένη αναφορά των DRVs εισήγαγε την επόμενη κατά χρονική σειρά μέθοδο που προτάθηκε (**έβδομη μέθοδος**), όπου σε αντίθεση με την προηγούμενη έκδοση (Department of Health, 1991), εφαρμόστηκε διαφορετική μεθοδολογία για την εύρεση των τιμών αναφοράς ενέργειας και χρησιμοποίησε μετρήσεις της TEE μέσω της μεθόδου του DLW από μεγάλες πληθυσμιακές μελέτες, με πληθυσμό αντιπροσωπευτικό του Ηνωμένου Βασιλείου (SACN, 2011). Έτσι, μέσω της παραγοντικής εξίσωσης $PAL = TEE/BMR$ και με το BMR υπολογισμένο από εξισώσεις Henry (Henry, 2005), εξήγαγε τις τιμές PAL (SACN, 2011). Στη συνέχεια προχώρησε σε κατανομή των τιμών αυτών εντός του πληθυσμού αναφοράς και στη δημιουργία

εκατοστημορίων με μια διάμεση τιμή PAL, μια χαμηλότερη (25η εκατοστιαία θέση) και μια υψηλότερη (75η εκατοστιαία θέση) που χαρακτηρίζουν τις λιγότερο ή περισσότερο δραστήριες πληθυσμιακές ομάδες αντίστοιχα. Επίσης, στην έκθεση περιλαμβάνονται και οι εκτιμώμενες πρόσθετες ενεργειακές ανάγκες λόγω αλλαγών στην συνήθη δραστηριότητα για συγκεκριμένους τύπους δραστηριότητας (π.χ. αυξημένο περπάτημα, τρέξιμο, συμμετοχή σε προπονήσεις υψηλού επιπέδου κ.α.), υπολογισμένες ως αυξήσεις στο PAL (SACN, 2011), οι οποίες προήλθαν από την έκθεση του IOM (Institute of Medicine, 2005).

Μέσω των αναλύσεων βρήκαν τιμές PAL από 1,01 έως 2,61, με το συνολικό εύρος για υγιή κινητικά άτομα να κυμαίνεται μεταξύ 1,38 και 2,5. Είναι λοιπόν γεγονός ότι στις μελέτες αυτές έχουν καταγραφεί πολλές τιμές PAL < 1,4 (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996; Subar *et al.*, 2003; Toozee *et al.*, 2007; Moshfegh *et al.*, 2008; SACN, 2011), γεγονός πολύ σημαντικό, καθότι και στην παρούσα μελέτη καταγράφηκαν αρκετές χαμηλές τιμές PAL. Οι αρκετά χαμηλές ή αρκετά υψηλές τιμές όμως περικόπηκαν επειδή δεν θεωρούνταν βιώσιμες και το συνδυασμένο σύνολο δεδομένων προσαρμόστηκε για τιμές PAL από 1,27 έως 2,5. Οι αναθεωρημένες τιμές PAL για τον πληθυσμό είναι υψηλότερες από την παλαιότερη έκθεση, με το 1,63 να χρησιμοποιείται ως διάμεσος τιμή PAL του πληθυσμού και το 1,49 και 1,78 να αντιπροσωπεύουν το 25ο και το 75ο εκατοστημόριο. Σύμφωνα με την συγγραφική ομάδα της SACN, οι συγκεκριμένες τιμές PAL πληθυσμού είναι ευλόγως υψηλότερες και αντικατοπτρίζουν καλύτερα τα τρέχοντα επίπεδα δραστηριότητας, ενώ τα όρια που είχαν υπολογιστεί το 1991 υποεκτιμούσαν την ενεργειακή δαπάνη κατά την φυσική δραστηριότητα, ακόμα και για πιο καθιστικούς πληθυσμούς, πιθανότατα λόγω της υποτίμησης της επιρροής που έχουν οι καθημερινές δραστηριότητες στην ενεργειακή δαπάνη (SACN, 2011). Στη σύγκριση που κάνουν με την προηγούμενη μεθοδολογία, η οποία χρησιμοποιήθηκε από το Department of Health το 1991, αλλά μετέπειτα υιοθετήθηκε και στην έκθεση DRIs των ΗΠΑ και σε αυτές των FAO/WHO/UNU (FAO, 1985, 2004; Department of Health, 1991; Institute of Medicine, 2005), αναφέρουν πως οι περισσότερες λίστες δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούνται (για την αντιστοιχία των PAR) ορίζουν μόνο με γενικούς ποιοτικούς όρους τις μεμονωμένες δραστηριότητες, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε ανακρίβειες κατά υπολογισμό, ενώ στην πραγματικότητα υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στην ενέργεια που δαπανά κάθε άτομο ανάλογα και με την ένταση που εκτελεί την δραστηριότητα αλλά και με την φυσική του κατάσταση (SACN, 2011). Σύμφωνα με την

SACN, μια δεύτερη αστοχία της μεθοδολογίας των PAR είναι η παραδοχή πως για τον χρόνο που δεν κατανέμεται σε δραστηριότητες, η ενέργεια που δαπανάται ισούται με τον βασική ενεργειακή δαπάνη, με αποτέλεσμα να μην συμπεριλαμβάνονται οι διακυμάνσεις των κινήσεων του σώματος (Spontaneous Physical Activity, SPA), που οδηγεί σε προστιθέμενη αβεβαιότητα στο ενεργειακό κόστος που εκτιμάται (SACN, 2011). Ένας ακόμα λόγος για την υιοθέτηση της μεθοδολογίας που πρότειναν αποτελεί η έλλειψη συστηματικής αξιολόγησης της έκτασης του σφάλματος κατά τις παραγοντικές εκτιμήσεις του PAL (SACN, 2011).

Η αναφορά των DRI's για τον πληθυσμό της Ιαπωνίας του 2015 αναφέρει την **όγδοη κατά χρονική σειρά μέθοδο** εκτίμησης του δείκτη PAL (Ministry of Health Labour and Welfare, 2015). Τα PAL των ενηλίκων προέκυψαν από την μετρημένη TEE με την μέθοδο του DLW και μέσω της εκτίμησης από εξισώσεις του BMR υγιών ενηλίκων Ιαπώνων (150 άτομα, ηλικίας 20-59 ετών). Με βάση τα δεδομένα αυτά δημιούργησαν τρεις κατηγορίες PAL (I: Low, II: Moderate, III: High). Για κάθε κατηγορία ορίστηκε ένα εύρος τιμών PAL και καθορίστηκε μια μέση τιμή, για την οποία περιγράφονται και οι 3 συνιστώσες που οδηγούν στην κάθε κατάταξη. Πρώτο ρόλο έχει η περιγραφή καθημερινών δραστηριοτήτων, όπου εμπεριέχεται η δραστηριότητα κατά τις ώρες εργασίας και ο ελεύθερος χρόνος, όπως τα

Πίνακας 5 Ministry of Health Labour and Welfare (2015) Η κατηγοριοποίηση του PAL με βάση την έκθεση DRI's για τον ιαπωνικό πληθυσμό.

PAL ¹	Low (I)	Moderate (II)	High (III)
	1.50 (1.40-1.60)	1.75 (1.60-1.90)	2.00 (1.90-2.20)
Καθημερινές δραστηριότητες ²	Αναφέρεται σε καθιστικό τρόπο ζωής	Αναφέρεται σε καθιστική εργασία, ωστόσο περιλαμβάνει κίνηση και δουλειές σπιτιού όπως μετακινήσεις και ψώνια, και άσκηση με ελαφριά ένταση	Άτομα με εργασία που απαιτεί υψηλής έντασης φυσική δραστηριότητα ή υψηλής έντασης φυσική δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο όπως συνήθεια συχνής άσκησης
Συνολικός χρόνος την ημέρα σε φυσική δραστηριότητα μέτριας έντασης (hour/day) ³	1.65	2.06	2.53
Συνολική διάρκεια περπατήματος για τη δουλειά (ώρες/ ημέρα) ³	0.25	0.54	1.00

¹ Αντιπροσωπευτικές τιμές (προσεγγιστικό εύρος)

² Βασισμένο σε εκθέσεις των Black et al. και Ishikawa-Takata, et al., και συμπεριλαμβάνει ότι το PAL είναι κατά πολύ επηρεασμένο από την φυσική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της εργασίας

³ Τα δεδομένα είναι βασισμένα στους Ishikawa-Takata, et al.

περιέγραψαν και οι Black *et al.* και Ishikawa-Takata *et al.* (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996; Ishikawa-Takata *et al.*, 2011), λαμβάνοντας υπόψη ότι η δραστηριότητα κατά την εργασία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον δείκτη PAL. Δεύτερη συνιστώσα αποτελεί ο συνολικός χρόνος την ημέρα που δαπανάται σε μέτριας έντασης δραστηριότητα (3-5,9 MET) μετρημένος σε ώρες/ ημέρα. Τέλος, προσμετράτε και ο συνολικός χρόνος περπατήματος για τη δουλειά, πάλι μετρημένος σε ώρες/ημέρα (βλ. Πίνακα 5). Οι δυο τελευταίες συνιστώσες συμπεριλαμβάνονται διότι φάνηκε πως όταν οι τιμές PAL είναι υψηλές, συμβάλουν ώστε να διαφοροποιηθεί ο δείκτης (Ministry of Health Labour and Welfare, 2015).

Να σημειωθεί πως οι ερευνητές υπολόγισαν ξεχωριστά το PAL των ηλικιωμένων ατόμων άνω των 70 ετών, και καθόρισαν τις τιμές για τις τρεις κατηγορίες χρησιμοποιώντας δεδομένα από αναφορές όπου οι συμμετέχοντες ήταν στην πλειοψηφία άτομα 70-75 ετών (βλ. Πίνακας 6) (Ministry of Health Labour and Welfare, 2015).

Πίνακας 6 Ministry of Health Labour and Welfare (2015) Κατηγοριοποίηση του PAL με βάση την ηλικία.

PAL	Low (I)	Moderate (II)	High(III)
1-2 (ετών)	-	1.35	-
3-5 (ετών)	-	1.45	-
6-7 (ετών)	1.35	1.55	1.75
8-9 (ετών)	1.40	1.60	1.80
10-11 (ετών)	1.45	1.65	1.85
12-14 (ετών)	1.50	1.70	1.90
15-17 (ετών)	1.55	1.75	1.95
18-29 (ετών)	1.50	1.75	2.00
30-49 (ετών)	1.50	1.75	2.00
50-69 (ετών)	1.50	1.75	2.00
70 ετών και πάνω	1.45	1.70	1.95

Εν κατακλείδι, δυο είναι οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την εύρεση των τιμών PAL. Αρχικά η παραγοντική εκτίμηση που περιλαμβάνει τον υπολογισμό της TEE μέσα από εξισώσεις και την χρήση των PAR για τον υπολογισμό του ενεργειακού κόστους των καθημερινών δραστηριοτήτων (με χρονική διάρκεια και ένταση εκτέλεσης για κάθε μία) (FAO, 1985, 2004; Department of Health, 1991; Institute of Medicine, 2005). Αυτή η

μέθοδος, συστήθηκε αρχικά λόγω της έλλειψης δεδομένων από μετρήσεις DLW και στην πορεία υιοθετήθηκε λόγω της ευκολίας της, όμως δεν παύει να ενέχει περιορισμούς. Όπως περιεγράφηκε παραπάνω, δεν υπάρχει συμφωνία ως προς την χρήση των PAR μεταξύ των εκθέσεων (FAO, 2004; Institute of Medicine, 2005). Να σημειωθεί πως από μόνη της η μεθοδολογία που χρησιμοποιεί τα PAR για την εύρεση του PAL δεν φαίνεται να έχει μελετηθεί διεξοδικά ως προς την έκταση του σφάλματος της (SACN, 2011). Όπως επίσης δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά και το γεγονός ότι η συνολική ενεργειακή δαπάνη μπορεί να προβλεφθεί από πληροφορίες μέσω ημερολογίων φυσικής δραστηριότητας ή αντίστοιχων ερωτηματολογίων, αβεβαιότητα που στηρίζεται κυρίως στο γεγονός ότι δεν λαμβάνεται υπόψη η SPA (SACN, 2011). Αυτό που αναφέρθηκε επιπλέον από την SACN (2011) είναι πως η χρήση αυτό-αξιολογούμενων ερωτηματολογίων φυσικής δραστηριότητας για την εκτίμηση του PAL οδήγησε σε μη αμελητέα εσφαλμένη κατηγοριοποίηση των επιπέδων δραστηριότητας. Η δεύτερη μεθοδολογία χρησιμοποιεί δεδομένα από μετρήσεις DLW για την εύρεση της TEE και με εκτίμηση του BMR από εξισώσεις βρίσκει τις τιμές PAL του πληθυσμού (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996; Johansson and Westerterp, 2008; SACN, 2011; Ministry of Health Labour and Welfare, 2015). Σαφώς εδώ βασιζόμαστε σε στοιχεία και όχι σε υποθέσεις όπως γίνεται με την χρήση των PAR. Παρόλα αυτά, όπως φάνηκε από την επικύρωση των Black *et al.* (1996) για τις τιμές που προέκυψαν το 1991 (Department of Health) υπήρχε συμφωνία μεταξύ των μεθόδων.

Κατά την χρήση των εδραιωμένων πινάκων με τις κατηγοριοποιήσεις PAL είναι συνετό να λαμβάνεται υπόψη ο πληθυσμός από ή για τον οποίο καθορίστηκαν οι τιμές PAL και τα δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά αυτού (Shetty, 2005). Σε μια σύγκριση των τιμών PAL για κάθε κατηγορία (συνιστώμενο PAL) σε σχέση με την τιμή που βρέθηκε από ξεχωριστό υπολογισμό των δραστηριοτήτων με βάση τα PAR (εκτιμώμενο PAL) σε πληθυσμό μίας αναπτυσσόμενης χώρας, βρέθηκε ότι τα εκτιμώμενα PAL ήταν καταλληλότερα για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών και πιο ακριβή αφού υπήρχε δυνατότητα να υπολογιστούν οι διαφορές σε σχέση με τον πληθυσμό αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των συνιστώμενων τιμών PAL (Vasconcellos and Anjos, 2003). Μια ακόμα μελέτη των Alfonzo-González *et al.* (2004) σύγκρινε τον υπολογισμό της TEE όπως προτάθηκε από τις δύο αναφορές, FAO/WHO/UNU (2004) και IOM (2005), και κατέλεξε στο ότι η μέθοδος των IOM είναι περισσότερο προσαρμοσμένη στο να εκτιμά τις

πραγματικές ενεργειακές ανάγκες, ενώ οι εξισώσεις των FAO/WHO/UNU υπερεκτιμούν την δαπανώμενη ενέργεια, και το στήριζαν στην υπερεκτίμηση του BMR και επιπλέον, στην χρήση PAL που είναι υψηλότερο από τις πραγματικές τιμές του πληθυσμού (Alfonzo-González *et al.*, 2004).

Αυτό που φαίνεται να λείπει από την υπάρχουσα βιβλιογραφία είναι η μελέτη της συμφωνίας μεταξύ των εκτιμήσεων του δείκτη PAL από τις μεθόδους που προτείνουν οι διάφοροι συγγραφείς (FAO, 1985, 2004; Department of Health, 1991; Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996; Institute of Medicine, 2005; Johansson and Westterterp, 2008; SACN, 2011; Ministry of Health Labour and Welfare, 2015) με την μετρημένη τιμή PAL. Σε αυτό το πλαίσιο θεματολογίας βρέθηκε μόνο μια σύγκριση από τους Alfonzo-González *et al.* (2004), όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, και είναι μεταξύ δύο μεθόδων εκτίμησης του δείκτη PAL και συγκεκριμένα, των FAO/WHO/UNU (1985) και του IOM (2002/2005).

Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει είναι εάν τελικά οι τιμές PAL που προτάθηκαν από κάθε συγγραφική ομάδα αντιστοιχούν στις πραγματικές τιμές του πληθυσμού ή αντιπροσωπεύουν τις βέλτιστες επιθυμητές. **Είναι γεγονός ότι υψηλές τιμές PAL που είναι επιθυμητές από τους συγγραφείς (SACN, 2011) θα βοηθήσουν στην βελτίωση της υγείας και στην μείωση της παχυσαρκίας και άλλων μεταβολικών νοσημάτων (Erlichman, Kerbey and James, 2002; Saris *et al.*, 2003; Sadabadi *et al.*, 2021), όμως το να υπερεκτιμάται με αυτό τον τρόπο ο πραγματικός δείκτης PAL σε συγκεκριμένα άτομα θα οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών τους και αντίστοιχα, σε πλεονασματικό ισοζύγιο ενέργειας, με αντίθετο αποτέλεσμα όσον αφορά τη διαχείριση της παχυσαρκίας.**

Σκοπός, λοιπόν, της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι να διερευνηθεί η ισχύς των διαφορετικών προσεγγίσεων εκτίμησης του PAL σε ένα δείγμα υγιούς πληθυσμού της περιφερειακής ενότητας του Ηράκλειου Κρήτης, με τις μετρήσεις να λαμβάνουν χώρα στην πανεπιστημιούπολη του ΕΛΜΕΠΑ, συγκρίνοντας τις εκτιμώμενες τιμές με την μετρημένη τιμή, χρησιμοποιώντας μια δική μας μεθοδολογία μέτρησης του PAL. Συγκεκριμένα,

βασίζομαστε στην ακριβή μέτρηση του RMR ή BMR² μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας και στην παράλληλη μέτρηση της ημερήσιας φυσικής δραστηριότητας, χρησιμοποιώντας επιταχυνσιόμετρο. Τα πειραματικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα προέρχονται από τη μακροχρόνια έρευνα σύστασης σώματος και ενεργειακών αναγκών του *Εργαστηρίου Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος Ανθρώπου, του Τμήματος Επιστημών Διατροφής & Διαιτολογίας, του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου.*

Η ανάλυσή μας βασίστηκε στη συσχέτιση μεταξύ των μετρημένων τιμών PAL (από τα πειραματικά δεδομένα μας, όπως περιγράφεται παραπάνω, σε δείγμα 123 εθελοντών) με:

- Τις εκτιμώμενες τιμές PAL τεσσάρων από τις οκτώ προαναφερόμενες μεθόδους της βιβλιογραφίας που συνοψίσαμε παραπάνω και συγκεκριμένα, των Black *et al.* (1996), FAO/WHO/UNU (2004), Johansson & Westerterp (2008) και Ministry of Health Labour and Welfare (2015).
- Τις εκτιμώμενες τιμές PAL της μεθόδου DRVs του Department of Health (1991), για την οποία χρησιμοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση με βάση τον χαρακτηρισμό του τρόπου ζωής σύμφωνα με τον Πίνακα 1. Άλλοι δυο τρόποι εκτίμησης προτάθηκαν από τους συγκεκριμένους συγγραφείς, όπου γίνονταν χρήση λεπτομερών πληροφοριών φυσικής δραστηριότητας ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια, όμως επειδή τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στην έρευνά μας δεν συμπεριλάμβαναν λεπτομερή καταγραφή κάθε φυσικής δραστηριότητας, επιλέξαμε την εκτίμηση με βάση τον Πίνακα 1.
- Τις εκτιμώμενες τιμές PAL της μεθόδου IOM (2005), η οποία όμως εφαρμόστηκε μόνο σε 10 άτομα του δείγματος, για τα οποία υπήρχαν περισσότερες πληροφορίες για την ήδη περιορισμένη φυσική τους δραστηριότητα και επομένως, η εκτίμηση με την συγκεκριμένη μέθοδο ήταν εφικτή.

Τα δεδομένα για την εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας προήλθαν από ερωτηματολόγια φυσικής δραστηριότητας, τα οποία δίνονταν σε δεύτερο χρόνο μετά από τις μετρήσεις σύστασης σώματος, οι οποίες αποτελούν το κύριο κομμάτι τις διαχρονικής μελέτης που λαμβάνει χώρα στο συγκεκριμένο εργαστήριο, και λόγω του ήδη μεγάλου χρόνου που

² Για την χρήση των δύο όρων (BMR ή RMR) βλέπε τη συζήτηση στο μέρος 2.2 και συγκεκριμένα στο επισημασμένο μέρος με τίτλο «Χρήση όρων BMR και RMR και συνθήκες Μέτρησης τους».

απαιτούν όλες οι υπόλοιπες μετρήσεις, δεν γίνονταν λεπτομερής περιγραφή για τις απλές καθημερινές δραστηριότητες των ατόμων. Για τη συσχέτιση της καθεμιάς μεθόδου εκτίμησης με την μετρημένη τιμή του PAL χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα Bland-Altman, διαγράμματα «τύπου» Bland-Altman, διαγράμματα συσχέτισης, καθώς και άλλα στατιστικά στοιχεία.

Από την μελέτη μας βρέθηκε πως υπάρχει θετική απόκλιση μεταξύ του PAL της εκτίμησης και της μέτρησης στις πέντε από τις έξι μεθόδους που εξετάστηκαν. Η απόκλιση αυτή οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι στο 45% του δείγματός μας (55 από τα 123 άτομα του δείγματος) η μετρημένη τιμή PAL ήταν χαμηλότερη από 1,4 ($PAL < 1,4$), ενώ οι εκτιμώμενες τιμές PAL είναι $PAL \geq 1,4$ καθώς η τιμή 1,4 προτείνεται ως το κατώτατο όριο της καθιστικής ζωής. Στη συνέχεια της έρευνάς μας, προχωρήσαμε στη συσχέτιση δέκα (10) μετρημένων τιμών PAL με τις αντίστοιχες εκτιμώμενες τιμές με την μέθοδο IOM (2005), η οποία εμπεριέχει τη δυνατότητα για μια χαμηλότερη κατηγοριοποίηση, καθώς βασίζεται στην (αναλυτική) αποτίμηση της καθεμιάς καθημερινής δραστηριότητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν σχεδόν μηδενική μέση απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης και της μετρημένης τιμής PAL, όμως το δείγμα για τη συγκεκριμένη συσχέτιση ($N = 10$) είναι αρκετά μικρό, για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα και συνεπώς, το θέμα χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΌΡΓΑΝΑ

2.1 Γενικά στοιχεία και δείγμα

Το δείγμα που συμπεριλήφθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη αποτελείται από 123 άτομα, εκ των οποίων 52 άντρες και 71 γυναίκες, με μέσο όρο ηλικίας τα 37,8 έτη και τυπική απόκλιση (SD) $\pm 15,5$ έτη και με εύρος Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI) από 18,8 ως 52,2 kg/m². Στην πλειοψηφία το δείγμα αποτελούνταν από εργαζόμενους και φοιτητές του ΕΛΜΕΠΑ. Η προσέλευση του δείγματος έγινε μέσω ανοιχτής πρόσκλησης και ήταν εθελοντική, με ενυπόγραφη δήλωση. Το πρωτόκολλο της συγκεκριμένης έρευνας έλαβε έγκριση από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του ΕΛΜΕΠΑ.

Τα άτομα του δείγματος υποβλήθηκαν σε σωματομετρήσεις (ύψος, βάρος) και μετρήσεις σύστασης του σώματος με χρήση πρότυπων και μη μεθόδων. Η πραγματοποίηση των μετρήσεων έγινε στο θεσμοθετημένο *Εργαστήριο Διαιτητικής και Σύστασης Σώματος του Ανθρωπίνου Σώματος* στο παράρτημα που στεγάζεται στις εγκαταστάσεις του κεντρικού ιδρύματος ΕΛΜΕΠΑ στο Ηράκλειο Κρήτης, κατά τη χρονική περίοδο Μάιος 2017 έως Δεκέμβριος 2021. Όσον αφορά την διεξαγωγή των μετρήσεων όλοι οι εξεταζόμενοι έλαβαν προ ημερών το έντυπο συγκεκριμένου πρωτοκόλλου που έπρεπε να τηρηθεί, με τις κατάλληλες οδηγίες, ενώ πριν από την έναρξη των μετρήσεων γινόταν διαπίστωση τήρησής του ως προϋπόθεση έναρξης.

Οι εξεταζόμενοι υποβλήθηκαν επίσης σε συμπλήρωση ερωτηματολογίων για την αξιολόγηση της φυσικής τους δραστηριότητας. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων φυσικής δραστηριότητας έγινε υπό μορφή συνέντευξης από φοιτητές του Τμήματος που έκαναν την πρακτική τους άσκηση στο Εργαστήριο και είχαν εκπαιδευτεί κατάλληλα ώστε να παρέχουν διευκρινήσεις και συμπληρωματικές ερωτήσεις για την σωστότερη συμπλήρωση τους. Με αυτό τον τρόπο υπήρχε καλύτερη κατανόηση ως προς την φύση των ερωτήσεων και αυξήθηκε η πιθανότητα ύπαρξης επαρκών στοιχείων για την μετέπειτα αξιολόγηση. Μετά το πέρας των μετρήσεων, δίνονταν σε κάθε εξεταζόμενο ένα επιταχυνσιόμετρο ActiGraph wGT3X-BT, το οποίο ρυθμιζόταν μέσω του λογισμικού ActiLife με βάση τα ατομικά του δεδομένα και τις ημέρες καταγραφής. Η ρύθμιση γίνονταν για τοποθέτηση του επιταχυνσιόμετρου στο ύψος της μέσης, με την βοήθεια της κατάλληλης ζώνης. Ενώ τέλος παρέχονταν κατάλληλες οδηγίες από τον εξεταστή για την σωστή

καταγραφή και χρήση του επιταχυνσιόμετρου. Με την επιστροφή του οργάνου και με τη χρήση του λογισμικού ActiLife 6 (ActiGraph, LLC, Pensacola, FL, USA) συλλέγονταν τα δεδομένα της Φυσικής Δραστηριότητας που είχαν καταγραφεί και ελεγχόταν αν ο εξεταζόμενος φορούσε το επιταχυνσιόμετρο σύμφωνα με τις οδηγίες. Άτομα με ημέρες καταγραφής λιγότερες από δύο δεν συμμετείχαν στην έρευνα.

Έχοντας μετρήσει το RMR με την πρότυπη μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας με το όργανο Quark-PFT και έχοντας βρει την Ενεργειακή Δαπάνη από την Φυσική Δραστηριότητα από τις μετρήσεις με τα επιταχυνσιόμετρα ActiGraph, ήταν εφικτό να υπολογιστεί η Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη (Total Energy Expenditure, TEE), ως άθροισμα του βασικού μεταβολικού ρυθμού (Basal Metabolic Rate, BMR), της διαιτητικής θερμογένεσης (Thermic Effect of Food, TEF) και της φυσικής δραστηριότητας (Physical Activity, PA), όλα σε μονάδες kcal/d ή kJ/d, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$TEE = BMR + TEF + PA \quad (1)$$

Επομένως αν δεχτούμε την υπόθεση ότι η θερμογένεση της τροφής ισούται με το 8,2% της TEE (D'Alessio *et al.*, 1988), τότε από την εξίσωση (1) τελικά προκύπτει η σχέση:

$$TEE = (BMR + PA) / 0,918 \quad (2)$$

Για την εύρεση του μετρημένου PAL εφαρμόζεται η γνωστή εξίσωση:

$$PAL = TEE / BMR \quad (3)$$

όπου και οι δυο συνιστώσες (TEE και BMR) είναι γνωστές μέσω των παραπάνω μετρήσεων. Σύμφωνα με την τεκμηρίωση που παρουσιάζεται στο μέρος 2.2 και συγκεκριμένα στο επισημασμένο μέρος με τίτλο «Χρήση όρων BMR και RMR και συνθήκες Μέτρησής τους», οι δυο αυτοί όροι ουσιαστικά ταυτίζονται όταν το RMR μετράται έπειτα από δωδεκάωρη νηστεία, όπως συμβαίνει στην παρούσα μελέτη. Επομένως, στη συγκεκριμένη περίπτωση, από την εξ. (3) προκύπτει η σχέση:

$$PAL = TEE / RMR \quad (4)$$

Αντίθετα, το εκτιμώμενο PAL, για καθεμία υπάρχουσα μέθοδο εκτίμησης, αξιολογείται μέσω ερωτηματολογίων, με κριτήριο τη φυσική δραστηριότητα του δείγματος, εντός και εκτός εργασίας (είδος, συχνότητα, διάρκεια, ένταση καθώς και διευκρινήσεις). Για κάθε

άτομο του δείγματος το PAL υπολογίζεται με βάση τις πέντε διαφορετικές προσεγγίσεις που αναφέρθηκαν στο μέρος 1.

Στο Εργαστήριο μας αξιολογούνται επίσης παράμετροι όπως το ποσοστό σωματικού λίπους, με μεγάλη ακρίβεια, και η ενυδάτωση του σώματος. Συγκεκριμένα πραγματοποιούνται μετρήσεις σύστασης σώματος χρησιμοποιώντας το μοριακό μοντέλο 3- ή 4-τμημάτων. Μεταξύ των μεθόδων που χρησιμοποιούνται είναι η πρότυπη μέθοδος της ζύγισης στο νερό (Underwater Weighing) σε συνδυασμό με τη σύγχρονη μέτρηση του υπολειπόμενου στους πνεύμονες όγκου αέρα (Residual Volume, RV) και η μέθοδος της Φασματοσκοπίας Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BIS) (Heyward and Wagner, 2004; Going, 2005). Η BIS αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο για τον υπολογισμό του TBW, καθώς η εγκυρότητά της σε σύγκριση με την πρότυπη μέθοδο του μονά σημασμένου νερού έχει μελετηθεί εκτενώς (Moon *et al.*, 2008) Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει μελέτες στις οποίες το BIS έχει εφαρμοστεί ως πρότυπη μέθοδος, αντικαθιστώντας το πρωτόκολλο του D₂O (Matias *et al.*, 2013; Kerr *et al.*, 2015; Nickerson *et al.*, 2017a, 2017b, 2018, 2019; Escó *et al.*, 2019). Τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν μόνο για τον χαρακτηρισμό του δείγματός μας, για αυτό και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω.

Να σημειωθεί πως οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη πτυχιακή διενεργήθηκαν από προηγούμενους φοιτητές του Τμήματος που έκαναν πτυχιακή και πρακτική άσκηση στο Εργαστήριο μας, ακολουθώντας το ίδιο πρωτόκολλο. Επίσης, σημειώνεται ότι η παρούσα πτυχιακή αποτελεί συνέχεια του έργου της πτυχιακής εργασίας της Χατζάκη Αλκιόνης, όπου και μπορείτε να βρείτε περισσότερες λεπτομέρειες για τις μετρήσεις (Chatzaki, 2018).

Στον Πίνακα 7 παρατίθενται τα στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στον εργαστήριο, για το συνολικό δείγμα καθώς και χωριστά για γυναίκες και άντρες. Συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά του δείγματός μας μέσω του ανεξάρτητου t-test (βλ. Πίνακα 7), οι άντρες φάνηκαν να έχουν στατιστικά μεγαλύτερο βάρος ($p < 0,001$), ύψος ($p < 0,001$), BMI ($p = 0,004$), μετρημένο RMR με το όργανο Quark PFT ($p < 0,001$), μετρημένη PAEE με το ActiGraph wGT3X-BT ($p < 0,001$) και TEE ($p < 0,001$) σε σχέση με τις γυναίκες. Οι γυναίκες όμως εμφάνισαν στατιστικά μεγαλύτερο ποσοστό λίπους ($p < 0,001$) από τους άντρες του δείγματος.

Πίνακας 7 Στατιστικά στοιχεία διάφορων μετρήσεων. Η σταθερή απόκλιση δίνεται σε παρενθεση.

Παράμετροι	Σύνολο Μ.Ο.	Γυναίκες Μ.Ο.	Άντρες Μ.Ο.	P value
N (αριθμός δείγματος)	123	71	52	
Μάζα Σώματος (kg)	75,2 (± 18,2)	66,6 (±15,2)	87,1 (±15,3)	<0,0001
Ύψος (m)	1,676 (±0,09)	1,60 (±0,061)	1,751 (±0,065)	<0,0001
Ηλικία (yrs)	37,8 (±15,5)	37,5 (±15,6)	38,0 (±15,6)	0,861
BMI (kg/m ²)	26,7 (±5,8)	25,4 (±5,9)	28,5 (±5,3)	<0,01
%BF εκτιμώμενο από 3-Compartment model (%)	28,9 (±8,9)	31,7 (±8,8)	25,1 (±7,5)	<0,0001
RMR μετρημένο με Quark PFT (kcal/d)	1605 (±329)	1418 (±249)	1860 (±242)	<0,0001
RQ μετρημένο με Quark PFT	0,79 (±0,08)	0,79 (±0,09)	0,79 (±0,07)	0,765
ΡΑΕΕ μετρημένη με Actigraph wGT3X-BT	507 (±247)	428 (±178)	615 (±286)	<0,0001
Αριθμός καταγεγραμμένων ημερών με Actigraph wGT3X-BT	3,5 (±2,4)	3,7 (±2,9)	3,2 (±1,5)	0,207
Μετρημένο PAL	1,43 (±0,14)	1,42 (±0,12)	1,45 (±0,17)	0,221
TEE (kcal/d)	2300 (±535)	2011 (±398)	2696 (±438)	<0,0001

2.2 Σπυρομετρία / έμμεση θερμιδομετρία

Η συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (TEE) μπορεί να μετρηθεί μέσω της άμεσης θερμιδομετρίας, όπου μετράτε η παραγόμενη θερμότητα των μεταβολικών διεργασιών του σώματος. Η απευθείας μέτρηση περιλαμβάνει τη χρήση ενός θερμικά σφραγισμένου θαλάμου. Η μέθοδος αυτή είναι ακριβής, όμως έχει αρκετά υψηλό κόστος, δεν είναι εύκολα προσβάσιμη και απαιτεί τεχνική εμπειρογνωμοσύνη. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται συχνά η έμμεση θερμιδομετρία (Indirect Calorimetry, IC) (Haugen, Chan and Li, 2007).

Η έμμεση θερμιδομετρία είναι η μέθοδος επιλογής για την in vivo μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας, η οποία αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως Resting Metabolic Rate (RMR) ή ως Resting Energy Expenditure (REE). Στη μέθοδο αυτή μετρούνται το οξυγόνο που έχει καταναλωθεί και το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα. Η έμμεση θερμιδομετρία είναι μια

μη επεμβατική, μη παρεμβατική μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί σε κλινικές και ερευνητικές μελέτες ως μέθοδος αναφοράς επειδή παρέχει ακριβείς πληροφορίες και έχει καλή ακρίβεια. Το δυναμικό της IC είναι μεγάλο, αφού δεν επιτρέπει μόνο τον υπολογισμό του ρυθμού ενεργειακής δαπάνης, αλλά και τον υπολογισμό του βαθμού χρήσης του υποστρώματος, μέσω του αναπνευστικού πηλίκου (Respiratory Quotient, RQ) (Schutz and Deurenberg, 1996; Rodríguez *et al.*, 2002).

Στο Εργαστήριο μας η σπιρομέτρηση πραγματοποιήθηκε με δύο όργανα (Quark PFT, Cosmed και Fitmate, Cosmed), όμως στην στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε μόνο η μέτρηση του RMR με το σταθερό σπιρόμετρο Quark PFT της Cosmed, διότι το Fitmate διαθέτει μόνο έναν αισθητήρα O₂ και επειδή οι μετρήσεις του δεν πραγματοποιήθηκαν σε ολόκληρο το δείγμα (Chatzaki, 2018).

Με τη βοήθεια του σπιρόμετρου Quark PFT της Cosmed, που διαθέτει δυο αισθητήρες, για μέτρηση του O₂ και του CO₂, μετρήσαμε τον βασικό μεταβολικό ρυθμό των ατόμων, καθώς και το αναπνευστικό τους πηλίκο.

Χρήση όρων BMR και RMR και συνθήκες Μέτρησής τους

Ο Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός (BMR) αξιολογείται έμμεσα από την μέτρηση της κατανάλωσης O₂ κάτω από προσεκτικά ελεγχόμενες συνθήκες που περιορίζουν την δαπάνη ενέργειας για φυσική δραστηριότητα, για την θερμογένεση της τροφής, ή για την παραγωγή θερμότητας που συμβαίνει σε κρύα περιβάλλοντα. Το BMR μετράται όταν κάποιος είναι ξύπνιος, ακίνητος και νηστικός για 12-18 ώρες από την προηγούμενη κατανάλωση τροφής, κατά προτίμηση το πρωί, σε σύντομο χρονικό διάστημα από την αφύπνιση. Το άτομο πρέπει να είναι τελείως χαλαρό και σε ύπτια θέση για τουλάχιστον 30 λεπτά σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Οποιοσδήποτε παράγοντας μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή επιπλέον ενέργειας ελαχιστοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο. Ουσιαστικά το BMR αντικατοπτρίζει την ενέργεια που χρειάζεται ο οργανισμός για να διατηρήσει τις βασικές λειτουργίες του ώστε να διατηρηθεί εν ζωή (μεταβολικές διεργασίες των κυττάρων και ιστών, κυκλοφορία αίματος, αναπνευστική λειτουργία, γαστρεντερική και νεφρική επεξεργασία) (Institute of Medicine, 2005; Gropper, Smith and Carr, 2021). Επίσης περιέχει την ενέργεια που χρειάζεται για να μείνει κανείς ξύπνιος, που αντικατοπτρίζει το γεγονός

ότι ο μεταβολικός ρυθμός κατά την διάρκεια του ύπνου είναι κατά 5% με 10% χαμηλότερος (Garby *et al.*, 1987).

Για τη μέτρηση του BMR η κατανάλωση O₂ μετριέται για τουλάχιστον 10 λεπτά. Εν συνέχεια, μετατρέπεται η αναλογία καταναλισκόμενου O₂ σε ενεργειακή δαπάνη. Για να έχει περισσότερο νόημα η μέτρηση, γίνεται η αναγωγή στα 1440 λεπτά της ημέρας και ο BMR ανάγεται σε Βασική Ενεργειακή Δαπάνη (Basal Energy Expenditure, BEE) και εκφράζεται σε kcal/24h ή kcal/day (Institute of Medicine, 2005; Gropper, Smith and Carr, 2021).

Επειδή η μέτρηση του BMR απαιτεί αυστηρώς ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες, κάνοντάς τη δύσκολη να πραγματοποιηθεί στους περισσότερους ανθρώπους, γίνεται εναλλακτικά μέτρηση του RMR, όπου οι συνθήκες μέτρησης είναι πιο ευέλικτες και εύκολα διατηρήσιμες. Σε ένα ξύπνιο, σε εγρήγορση άτομο, η ενεργειακή δαπάνη που προκύπτει από την έμμεση θερμιδομετρία αντικατοπτρίζει τον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR) (Matarese, 1997). Το κανονικό πρωτόκολλο του RMR περιλαμβάνει μόνο 3-4 ώρες νηστείας (Gropper, Smith and Carr, 2021), πολύ λιγότερο από την αυστηρή διάρκεια νηστείας που απαιτεί η μέτρηση του BMR. Και εδώ απαιτείται η ηρεμία πριν την μέτρηση της κατανάλωσης O₂, αλλά δεν είναι απαραίτητο η μέτρηση να πραγματοποιηθεί το πρωί μετά την αφύπνιση. Οι πληροφορίες που μπορεί να μας δώσει ο RMR είναι παρόμοιες με τον BMR, αλλά ελάχιστα υψηλότερες (περίπου 10%) από τις βασικές μεταβολικές συνθήκες, λόγω των αυξήσεων στην ενεργειακή δαπάνη από την θερμογένεση της τροφής ή και από την (καθυστερημένη) πρόσφατα εκτελούμενη φυσική δραστηριότητα (Matarese, 1997; Institute of Medicine, 2005; Gropper, Smith and Carr, 2021). Είναι σημαντικό να γίνεται η διάκριση μεταξύ BMR και RMR, όμως αυτό που παρατηρήθηκε στην βιβλιογραφία ήταν μια ανομοιογένεια ως προς τον ορισμό και την χρήση μετρήσεων RMR ή BMR για τον υπολογισμό των PAL.

Εμείς, για την μέτρηση του PAL εφαρμόσαμε πρωτόκολλο έμμεσης θερμιδομετρίας που πλησιάζει κατά πολύ αυτό του BMR με μόνη διαφορά την ύπτια θέση, όπου αντ' αυτής οι εξεταζόμενοι ήταν καθιστοί σε μια βολική πολυθρόνα. Συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο περιλάμβανε επίσης 12 ώρες νηστεία, αποχή από το αλκοόλ για τουλάχιστον 48 ώρες, αποχή από το κάπνισμα για τουλάχιστον 2 ώρες πριν την

μέτρηση. Επίσης, για την προηγούμενη ημέρα (24 ώρες πριν από την μέτρηση) ζητούνταν απαραίτητα αποχή από οποιαδήποτε έντονη φυσική δραστηριότητα (π.χ. έντονη προπόνηση για τους αθλητές, τρέξιμο στο στάδιο κ.ά.). Τέλος, δινόταν η οδηγία για αποχή από κάθε είδος φυσικής δραστηριότητας (π.χ. περπάτημα) μετά το τελευταίο γεύμα, ούτως ώστε να αποφευχθεί η απώλεια νερού.

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η χρήση του όρου RMR³ για να περιγραφεί η μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας μιας και οι μετρήσεις έγιναν στο εργαστήριο και όχι στις ελεγχόμενες συνθήκες του νοσοκομείου ή του ερευνητικού κέντρου που απαιτούνται για την κλινική μέτρηση του BMR (Adriaens, Schoffelen and Westerterp, 2003, *pp.* 419). Όμως, λόγω του πρωτοκόλλου που εφαρμόστηκε [τουλάχιστον 12 ώρες νηστεία, αποχή από έντονη φυσική δραστηριότητα για τουλάχιστον 24 ώρες (την προηγούμενη ημέρα), αποχή από αλκοόλ για 48 ώρες, αποχή για 2 ώρες από κάπνισμα, κατάσταση ηρεμίας πριν την μέτρηση], καθώς και το γεγονός ότι οι μετρήσεις γίνονταν πρωινές ώρες (συνήθως στις 9 π.μ.), που διασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό την τήρηση του πρωτοκόλλου, μπορεί κανείς να πει πως **στην παρούσα μελέτη το RMR ουσιαστικά ταυτίζεται με τον βασικό μεταβολισμό (BMR). Καθώς όμως οι συνθήκες μέτρησης ήταν αμιγώς εργαστηριακές και όχι κλινικές επιλέχθηκε προς χρήση ο όρος "RMR", αναγνωρίζοντας όμως ότι οι μετρημένες τιμές στην παρούσα μελέτη ουσιαστικά αντιστοιχούν στο BMR.**

Το RQ είναι η αναλογία του όγκου CO₂ που εκπνέεται προς τον όγκο O₂ που καταναλώνεται και αποτελεί δείκτη για το εκάστοτε υπόστρωμα που οξειδώνεται (Mtaweh *et al.*, 2018). Με τον υπολογισμό του RQ γίνεται μια καλύτερη ποσοτική εκτίμηση του υποστρώματος που οξειδώνεται (υδατάνθρακες, λίπος, πρωτεΐνες) (Faria *et al.*, 2012). Υπό κανονικές μεταβολικές συνθήκες με σταθερή αναπνευστική λειτουργία το εύρος του RQ κυμαίνεται από 0,7 έως 1,0, με το 0,7 να αντιπροσωπεύει κυρίως την χρήση λίπους ως υπόστρωμα, το 0,8 να αντιστοιχεί σε μια μικτή διατροφή και το 1,0 κυρίως στην χρήση υδατανθράκων (Mtaweh *et al.*, 2018). Το RQ μας παρέχει επίσης και ακριβή αριθμό των διαιτητικών θερμίδων παραγόμενης ενέργειας για κάθε λίτρο O₂ που καταναλώνεται (Groppe, Smith

³ Στη βιβλιογραφία ο RMR αναφέρεται αλλιώς και ως REE (Resting Energy Expenditure, kcal/24h) (Redondo, 2015). Οι δύο όροι χρησιμοποιούνται ως συνώνυμοι στην βιβλιογραφία και αναφέρονται στην ίδια μεταβλητή (βλ. Balci *et al.*, 2021). Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η χρήση μόνο του όρου "RMR".

and Carr, 2021). Επίσης, αποτελεί και έναν δείκτη τήρησης του πρωτοκόλλου μέτρησης του RMR και εντοπισμού ανακριβών μετρήσεων (Compher *et al.*, 2006).

2.3 Επιταχυνσιομετρία με ActiGraph wGT3X-BT

Επιταχυνσιόμετρα χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της ενέργειας που δαπανάται στην φυσική δραστηριότητα (Physical Activity Energy Expenditure, PAEE). Συγκεκριμένα, το ActiGraph wGT3X-BT, που είναι συσκευή η οποία φοριέται στο σώμα και καταγράφει την σωματική κίνηση που σχετίζεται με την καθημερινή δραστηριότητα και τον ύπνο. Οι αισθητήρες κίνησής του περιέχουν επιταχυνσιόμετρο MEMS 3-αξόνων, με δυναμικό εύρος +/-8 G. Η δειγματοληψία των δεδομένων της επιτάχυνσης γίνεται από έναν αναλογικό μετατροπέα 12 Bit σε ψηφιακό, σε ρυθμούς που καθορίζονται από τον χρήστη και κυμαίνονται από 30 Hz έως 100 Hz και αποθηκεύονται σε μια ακατέργαστη, μη φιλτραρισμένη/συσσωρευμένη μορφή σε μονάδες gravity (G's) ('User Guide ActiGraph wGT3X-BT + ActiLife', 2020).

Το συγκεκριμένο επιταχυνσιόμετρο φάνηκε να έχει την καλύτερη συσχέτιση ως προς την μέτρηση της PAEE με την μέθοδο DLW, που θεωρείται gold standard, σε σχέση με άλλα επιταχυνσιόμετρα κάθετων αξόνων (Chomistek *et al.*, 2017).

Το επιταχυνσιόμετρο προγραμματιζόταν για τον κάθε εξεταζόμενο ξεχωριστά να καταγράφει το λιγότερο δυο ολόκληρες ημέρες. Ο ρυθμός δειγματοληψίας που επιλέχθηκε ήταν 80 Hz. Για τις ημέρες της καταγραφής δινόταν η οδηγία να είναι όσο πιο αντιπροσωπευτικές της καθημερινής δραστηριότητας γινόταν. Με την επιστροφή του επιταχυνσιόμετρου γινόταν υπολογισμός του μέσου όρου των διαιτητικών θερμιδών που δαπάνησε ο εξεταζόμενος κατά τις ημέρες καταγραφής με τη βοήθεια του λογισμικού Actilife 6 (ActiGraph, LLC, Pensacola, FL, USA).

2.4 Ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν

2.4.1 Ερωτήσεις για την φυσική δραστηριότητα

Για την αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας του κάθε εξεταζόμενου γίνονταν ερωτήσεις υπό μορφή συνέντευξης, από εκπαιδευμένους φοιτητές του Τμήματος που έκαναν την πρακτικής τους άσκηση στο Εργαστήριο. Οι ερωτήσεις διαμορφώθηκαν ώστε να καλύπτουν την μετέπειτα αξιολόγηση με τις 5 διαφορετικές μεθόδους εκτίμησης του δείκτη PAL που βρήκαμε στην βιβλιογραφία και αφορούσαν συγκεκριμένα την φυσική δραστηριότητα εντός και εκτός εργασίας, με διευκρινιστικές ερωτήσεις για την διάρκεια (ώρες/ημέρα), την συχνότητα (ημέρες/εβδομάδα) και την ένταση (πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή ή πολύ υψηλή). Συμπληρωματικές ερωτήσεις γινόντουσαν για τις μετακινήσεις από και προς την εργασία, τις διάφορες δραστηριότητες, αλλά και γενικότερα την κίνηση μέσα στην μέρα. Τέλος, ζητούνταν από κάθε εξεταζόμενο να αυτο-χαρακτηρίσει τον τρόπο ζωής του ως προς την φυσική του δραστηριότητα ως καθιστικό, ελαφρά δραστήριο, μέτρια δραστήριο, δραστήριο, πολύ δραστήριο.

2.5 Στατιστική ανάλυση με το λογισμικό SPSS

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS της IBM, έκδοση 23.0 και με την βοηθητική χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 15. Προτού ξεκινήσει η ανάλυση έγινε έλεγχος κανονικότητας για όλα τα δεδομένα που θα υποβάλλονταν σε παραμετρικά τεστ. Οι τιμές PAL (εκτίμησης και μέτρησης) καθώς και οι μέσοι όροι και οι διαφορές αυτών δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή. Σημειωτέων ότι από τα ιστογράμματα φάνηκε πως κάποιες μεταβλητές είχαν κλίση (skewness) και έτειναν προς την κανονικότητα.

Σε πολλές στατιστικές δοκιμές (π.χ. στο t-test) γίνεται η υπόθεση ότι η κατανομή δειγματοληψίας είναι κανονικά κατανομημένη. Επειδή όμως δεν υπάρχει πρόσβαση στην κατανομή του δείγματος (λόγω προσέλκυσης εθελοντών ως δείγμα), δεν ήταν δυνατόν εκ των προτέρων να προβλεφθεί η κανονικότητα. Ωστόσο, είναι γνωστό από το κεντρικό οριακό θεώρημα ότι εάν τα δεδομένα του δείγματος είναι περίπου κανονικά, τότε η κατανομή δειγματοληψίας θα είναι επίσης. Με επίκληση, λοιπόν, στο κεντρικό οριακό

θεώρημα, σε μεγάλα δείγματα ($n \geq 30$) η κατανομή δειγματοληψίας τείνει να είναι κανονική ούτως ή άλλως, ανεξάρτητα από το σχήμα των δεδομένων που πραγματικά συλλέξαμε. Επίσης, καθώς το δείγμα μεγαλώνει, υπάρχει περισσότερη σιγουριά ότι η κατανομή δειγματοληψίας είναι κανονική (Field, 2009). Αυτό που δοκιμάστηκε, επιπλέον, είναι να αφαιρεθούν κάποιες ακραίες τιμές από τις μεταβλητές του μετρημένου PAL και των εκτιμήσεων του και σε αυτήν την περίπτωση βρέθηκε πως η κανονικότητα είτε βελτιώνεται, είτε αποκαθίσταται πλήρως. Επειδή η ενέργεια αυτή (αφαίρεση ακραίων τιμών), σύμφωνα με τους Bland-Altman (1999), δεν συνιστάται, απλά είναι χρήσιμη ώστε να αξιολογηθεί η επίδρασή τους στα αποτελέσματα, δεν υιοθετήθηκε τελικά, αφού αυτό θα αποτελούσε χειραγώγηση των δεδομένων. Έτσι, για τα διαγράμματα Bland-Altman προχωρήσαμε στην ανάλυση όλων των δεδομένων, λαμβάνοντας όμως υπόψιν την μη κανονική (skewed) κατανομή που εμφάνισαν τα δεδομένα.

Κατόπιν έγινε η συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων εκτίμησης και της μέτρησης του PAL, με τον συντελεστή συσχέτισης Spearman και την αντίστοιχη τιμή σημαντικότητας p , της οποίας το όριο για στατιστική σημαντικότητα τέθηκε $< 0,05$. Τα δεδομένα των διαφορών μεταξύ των μεθόδων εκτίμησης και της μέτρησης του PAL αναλύθηκαν με t -test ενός δείγματος (one sample t -test). Τα αποτελέσματα παρατίθενται στο μέρος 3 των αποτελεσμάτων (βλ. Πίνακα 9).

Για την ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση της συμφωνίας μεταξύ των μεθόδων εκτίμησης και της μετρημένης τιμής του PAL χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα Bland-Altman, διαγράμματα συσχέτισης, καθώς και διαγράμματα «τύπου» Bland-Altman. Για τα διαγράμματα Bland-Altman χρησιμοποιήθηκαν ως πρότυπες οι μετρημένες τιμές PAL, που προέκυψαν από την χρήση των μετρημένων τιμών RMR και PAEE στις εξισώσεις (2) και (3). Τα διαγράμματα Bland-Altman αποτυπώνουν τη διαφορά μεταξύ της εκτίμησης PAL που προκύπτει με κάθε μια από τις πέντε μεθόδους και του μετρημένου PAL. Ο οριζόντιος άξονας $x'x$ στα διαγράμματα Bland-Altman απεικονίζει τον μέσο όρο μεταξύ μετρημένης και εκτιμώμενης τιμής PAL (υπό σύγκριση μέθοδοι), ενώ στα διαγράμματα «τύπου» Bland-Altman ο άξονας $x'x$ αντιστοιχεί στην μετρημένη τιμή PAL. Η παραλλαγή αυτή του διαγράμματος «τύπου» Bland-Altman εμφανίζεται συχνά στη βιβλιογραφία (π.χ. βλέπε Rodríguez *et al.*, 2002), όταν η μια από τις συγκρινόμενες μεθόδους είναι η πρότυπη μέθοδος μέτρησης (Krouwer, 2008). Αυτή η παραλλαγή όμως είναι αμφιλεγόμενη από τους ίδιους

τους συγγραφείς Bland και Altman (1995), καθότι μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει (Bland and Altman, 1995).

Επίσης να σημειωθεί ότι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη γραφική παράσταση Bland-Altman ορίζει μόνο τα διαστήματα συμφωνίας και δεν εξάγει συμπέρασμα εάν αυτά τα όρια είναι αποδεκτά ή όχι. Τα αποδεκτά όρια συστήθηκε πως πρέπει να ορίζονται εκ των προτέρων από τους ερευνητές, με βάση την κλινική αναγκαιότητα ή άλλους στόχους (Bland and Altman, 1995; Giavarina, 2015). Θεωρήθηκε ότι η απόκλιση του PAL θα έπρεπε να είναι $\pm 0,05$, ή τουλάχιστο $\pm 0,1$, καθότι κάθε απόκλιση θα προσθέσει το ανάλογο σφάλμα στο ενεργειακό ισοζύγιο του πελάτη/διαιτώμενου/ασθενή.

Τα όρια συμφωνίας 95% υπολογίστηκαν ως η μέση διαφορά $\pm 1,96$ SD. Όμως, όταν υπήρχε στατιστικά σημαντική τάση των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν (bias), υπολογίστηκαν και με τον τρόπο που πρότειναν οι Bland-Altman, χρησιμοποιώντας την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων που προκύπτει για τα σημεία (της μορφής $y = ax + \beta$) ως μέση διαφορά και προσθέτοντας $\pm 1,96$ SD στον όρο " β " για τον υπολογισμό των ορίων συμφωνίας αντίστοιχα (βλ. Σχήματα 1β, 3β, 4β, 5β και Bland and Altman, 1995).

Για να ελεγχθεί αν υπάρχει τάση (bias) των σημείων των δεδομένων βρέθηκε η συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς και του μέσου όρου της κάθε μεθόδου εκτίμησης PAL με την μετρημένη τιμή PAL. Έπειτα έγινε έλεγχος γραμμικής παλινδρόμησης, όπου η μηδενική υπόθεση που ελέγχεται είναι πως δεν υπάρχει κλίση (bias) των σημείων του διαγράμματος Bland-Altman. Τα αποτελέσματα συζητούνται στο επόμενο μέρος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ

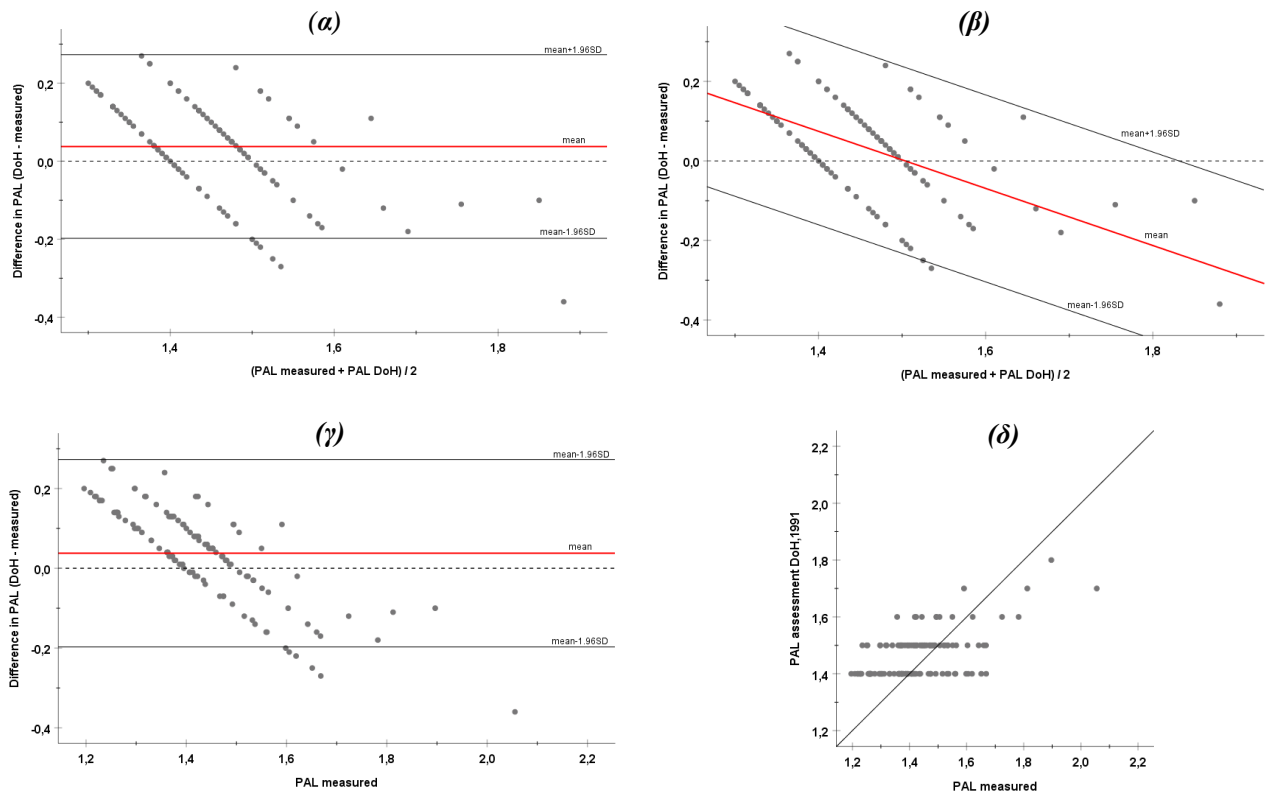
Οι πέντε μέθοδοι εκτίμησης του PAL που χρησιμοποιήθηκαν προς σύγκριση προτάθηκαν κατά χρονολογική σειρά από Department of Health (1991), Black *et al.* (1996), FAO/WHO/UNU (2004), Johansson & Westerterp (2008), Ministry of Health Labour and Welfare (2015). Δίνεται ο συντελεστής συσχέτισης r του Spearman και η αντίστοιχη τιμή σημαντικότητας p , το όριο της οποίας στην παρούσα εργασία είναι $p < 0,05$ για στατιστική σημαντικότητα.

3.1 Συσχετίσεις των πέντε μεθόδων εκτίμησης του PAL με την μετρημένη τιμή

3.1.1 Αναλυτική περιγραφή συμφωνίας της κάθε μεθόδου με την μετρημένη τιμή του PAL

3.1.1.1 Μέθοδος την επιτροπή του Department of Health (1991)

Στο διάγραμμα Bland-Altman (βλ. Σχήμα 1-α) η μέση διαφορά (απόκλιση της εκτίμησης από την μετρημένη τιμή) είναι $+0,0378$, με τυπική απόκλιση $0,1199$. Τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) είναι από $+0,2729$ έως $-0,1973$. Η ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης, για να φανεί αν υπάρχει κλίση (bias) των σημείων του διαγράμματος, βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p < 0,0001$), με τον συντελεστή συσχέτισης Spearman μεταξύ του μέσου όρου και της διαφοράς των δυο μεθόδων $r = -0,552$. Αφού βρέθηκε πως υπάρχει αρνητική κλίση (bias) των σημείων, προχωρήσαμε στην απεικόνιση της μέσης διαφοράς και των ορίων συμφωνίας με λοξό τρόπο (βλ. Bland and Altman, 1995 και για αναλυτική περιγραφή στο μέρος 2.5). Στο σχήμα 1-β, φαίνεται το διάγραμμα των Bland-Altman με την μέση διαφορά να υπολογίζεται ως η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων από την εξίσωση $y = -0,7178 * x + 1,0793$, με τυπική απόκλιση $0,1199$ και συνεπώς με όρια συμφωνίας που βρίσκονται από $y = -0,7178 * x + 1,3144$ έως $y = -0,7178 * x + 0,8442$. Το διάγραμμα «τύπου» Bland-Altman που απεικονίζεται στο Σχήμα 1-γ, έχει και αυτό μέση διαφορά $+0,0378$, τυπική απόκλιση $0,1199$, και όρια συμφωνίας από $+0,2729$ έως $-0,1973$. Με βάση την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης υπάρχει στατιστική σημαντικότητα στην κλίση (bias) των σημείων του διαγράμματος ($p < 0,0001$), αναμενόμενο, αφού σύμφωνα με τους Bland και Altman (1995)



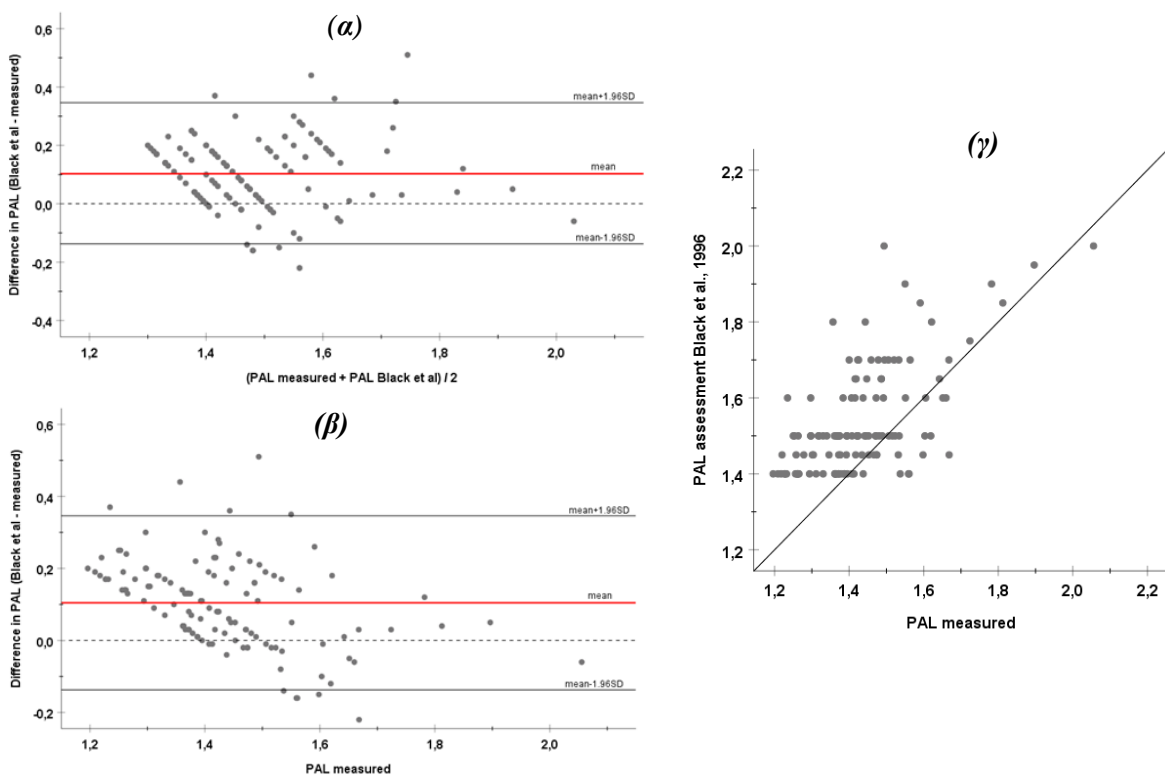
Σχήμα 1 Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών PAL που προκύπτουν σύμφωνα με την μέθοδο του Department of Health (1991) με τις μετρημένες τιμές PAL. Διάγραμμα Bland-Altman (α), διάγραμμα Bland-Altman με άξονα αναφοράς τον μέσο όρο μεταξύ της μετρημένης τιμής PAL και τις εκτίμησής PAL με την μέθοδο Department of Health (1991) με τα υπολογισμένα όρια συμφωνίας με βάση την κλίση (bias) των σημείων (β) και διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του PAL (γ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δύο άξονες (δ).

μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), που δεν υπάρχει στην πραγματικότητα. Η συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς των δύο μεθόδων και της μετρημένης τιμής του PAL εμφανίζει συντελεστή Spearman $r = -0,811$, επομένως και εδώ η κλίση (bias) των σημείων είναι αρνητική. Τέλος, από την συσχέτιση μεταξύ της εκτίμησης με την μέθοδο του Department of Health (1991) και της μετρημένης τιμής του PAL ο συντελεστής συσχέτισης Spearman βρέθηκε ίσος με $+0,4135$ ($p < 0,0001$). Από το διάγραμμα της συσχέτισης των δύο μεθόδων (βλ. Σχήμα 1-δ) φαίνεται πως τα σημεία κατανέμονται σχετικά ομοιόμορφα δεξιά και αριστερά της διχοτόμου των δυο αξόνων, που σημαίνει πως δεν υπάρχει σταθερή τάση υπερ- ή υποεκτίμησης.

Συνολικά, η εκτίμηση του PAL με την μέθοδο που προτάθηκε από το Department of Health (1991) έχει αρκετά μικρή μέση διαφορά/απόκλιση από την μετρημένη τιμή του, χαμηλότερη

και από το επιθυμητό όριο $\pm 0,05$ που θέσαμε (βλ. Μέρος 2.5), όμως η τυπική απόκλιση είναι μεγάλη και συνεπώς το ίδιο και το εύρος των ορίων συμφωνίας που δίνει. Επίσης, τα σημεία ισο-καταμερίζονται γύρω από την διχοτόμο του σχήματος 1-δ, πράμα που συμφωνεί με την μικρή μέση διαφορά στο διάγραμμα Bland-Altman. Στα αρνητικά της σύγκρισης συγκαταλέγεται και η αρνητική κλίση (bias) που εμφανίζουν τα σημεία των δεδομένων στο διάγραμμα Bland-Altman.

3.1.1.2 Μέθοδος των Black *et al.* (1996)



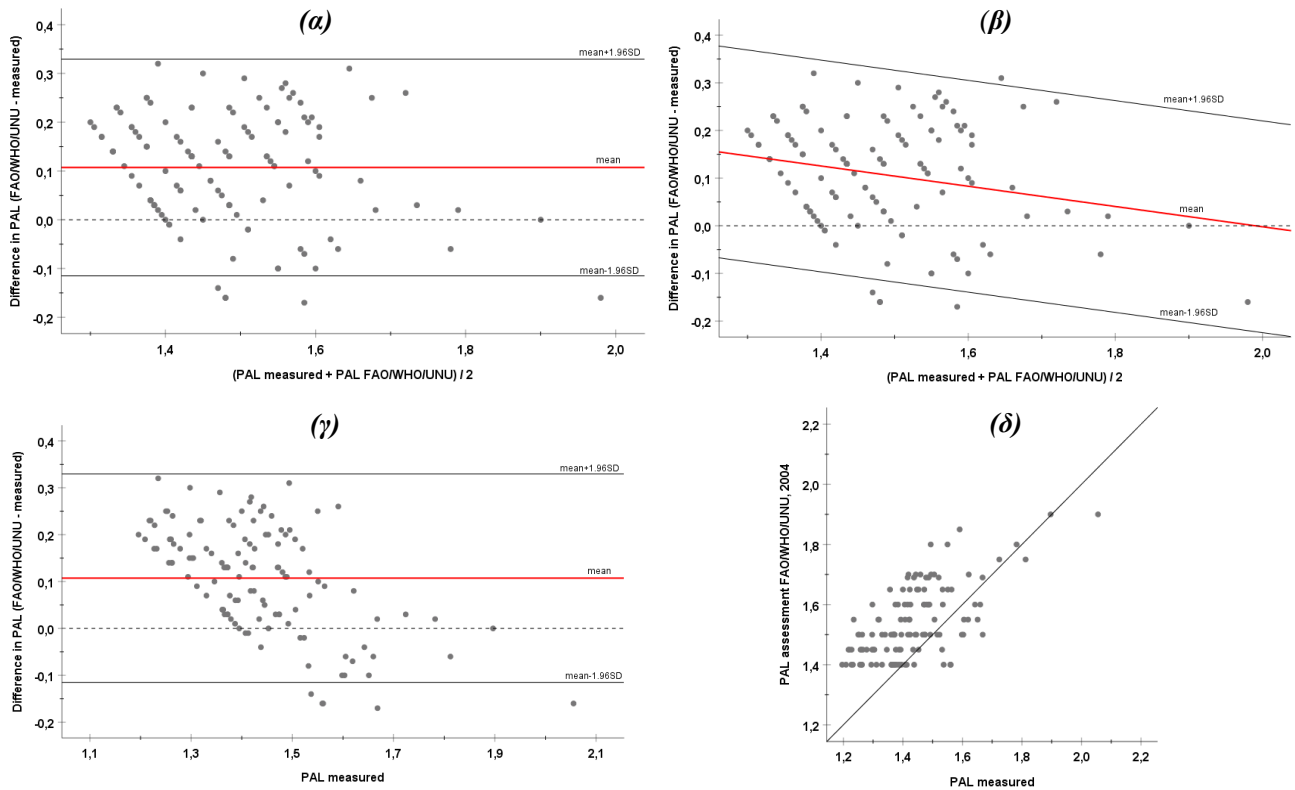
Σχήμα 2 Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών PAL που προκύπτουν σύμφωνα με την μέθοδο των Black *et al.* (1996) με τις μετρημένες τιμές PAL. Διάγραμμα Bland-Altman (α) και διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του PAL (β). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δύο άξονες (γ).

Στο διάγραμμα Bland-Altman (Σχήμα 2-α) υπάρχει μια μέση διαφορά ίση με $+0,1045$ και μια τυπική απόκλιση της τάξης του $0,1233$, επομένως τα όρια συμφωνίας που φαίνονται είναι από $+0,3462$ έως $-0,1372$. Στην συνέχεια, με την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης, βρέθηκε πως τα σημεία στο διάγραμμα δεν εμφανίζουν κλίση (bias, $p =$

0,93), και αυτό φαίνεται και από την συσχέτιση του μέσου όρου με την διαφορά των δυο μεθόδων που εμφανίζει συντελεστή συσχέτισης Spearman $r = -0,067$ με $p = 0,46$. Συνεπώς, δεν υπάρχει λόγος να σχεδιαστεί το διάγραμμα Bland-Altman με τα λοξά όρια (βλ. Bland and Altman, 1995 και για αναλυτική περιγραφή στο μέρος 2.5). Αντίθετα, στο διάγραμμα «τύπου» Bland-Altman (βλ. Σχήμα 2-β) με ίδια μέση διαφορά (+0,1045), τυπική απόκλιση (0,1233) και όρια συμφωνίας (από +0,3462 έως -0,1372), αλλά με την μετρημένη τιμή του PAL στον άξονα x'x, υπάρχει κλίση (bias, $p < 0,0001$) για τα σημεία του διαγράμματος. Αναμενόμενο γεγονός, καθώς σύμφωνα με τους Bland και Altman (1995), μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Μάλιστα, η συσχέτιση της μετρημένης τιμής PAL και της διαφοράς των δύο μεθόδων έχει συντελεστή r του Spearman ίσο με -0,466. Επομένως, τα σημεία σε αυτό το διάγραμμα έχουν αρνητική κλίση (bias). Τέλος, η εκτίμηση με την μέθοδο Black *et al.* (1996) σε σχέση με την μετρημένη τιμή του PAL εμφάνισε συσχέτιση με Spearman $r = +0,544$ ($p < 0,0001$). Στο διάγραμμα συσχέτισης που απεικονίζεται στο Σχήμα 2-γ, φαίνεται πως τα περισσότερα σημεία βρίσκονται προς την αριστερή/επάνω μεριά της ευθείας που περνά από την αρχή των αξόνων και διχοτομεί τους άξονες, επάνω στην οποία ευθεία θα έπρεπε να βρίσκονται τα σημεία εάν οι δυο μέθοδοι έδιναν τις ίδιες μετρήσεις/εκτιμήσεις. Αυτό σημαίνει πως η μέθοδος των Black *et al.* (1996) τείνει να υπερεκτιμά μέσα από την εκτίμησή της την τιμή του PAL.

Συνολικά, η εκτίμηση του PAL με την μέθοδο των Black *et al.* (1996) εμφανίζει οριακά αποδεκτή μέση διαφορά/απόκλιση με την μετρημένη τιμή σύμφωνα με το ανώτατο όριο $\pm 0,10$ που θέσαμε στο Μέρος 2.5, όμως λόγω της μεγάλης τυπικής απόκλισης, τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) έχουν αρκετά μεγάλο εύρος και είναι μη αποδεκτά. Το γεγονός πως η μέση διαφορά είναι θετική, απεικονίζεται και στο διάγραμμα συσχέτισης των δύο μεθόδων, όπως συζητήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Θετικό όμως είναι το γεγονός ότι με την συγκεκριμένη μέθοδο εκτίμησης τα σημεία των δεδομένων δεν εμφανίζουν κλίση (bias) στο διάγραμμα Bland-Altman.

3.1.1.3 Μέθοδος των FAO/WHO/UNU (2004)



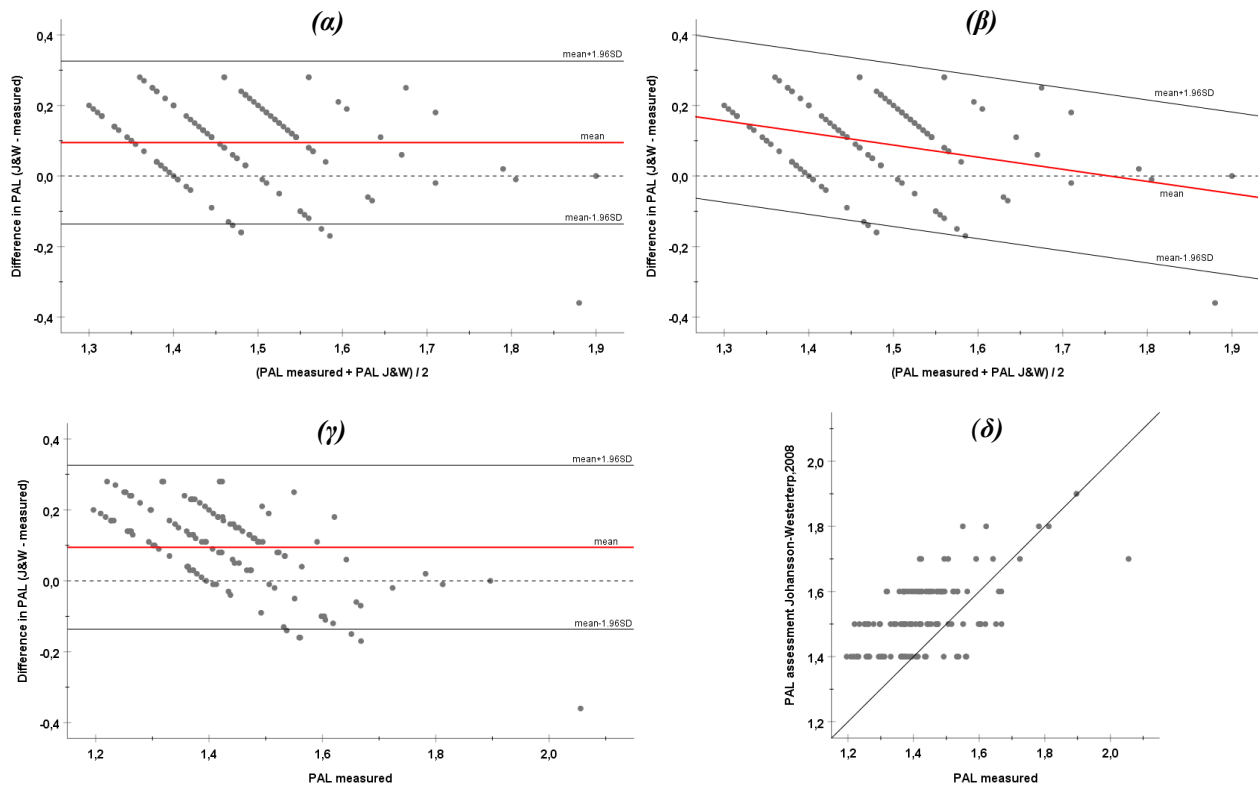
Σχήμα 3 Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών PAL που προκύπτουν σύμφωνα με την μέθοδο των FAO/WHO/UNU (2004) με τις μετρημένες τιμές PAL. Διάγραμμα Bland-Altman (α), διάγραμμα Bland-Altman με τα υπολογισμένα όρια συμφωνίας με βάση την κλίση (bias) των σημείων (β) και διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του PAL (γ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δύο άξονες (δ).

Στο Σχήμα 3-α απεικονίζεται το διάγραμμα Bland-Altman, όπου η μέση διαφορά είναι ίση με +0,1072, η τυπική απόκλιση είναι 0,1134 και τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) είναι από +0,3295 έως -0,1150. Αναλύοντας την γραμμική παλινδρόμηση των σημείων του διαγράμματος βρέθηκε πως υπάρχει κλίση (bias, $p = 0,01$), όμως η συσχέτιση Spearman του μέσου όρου με την διαφορά των δυο μεθόδων βρέθηκε στατιστικά μη σημαντική ($p = 0,13$) με $r = -0,137$. Η ανομοιομορφία των δύο αποτελεσμάτων αυτών μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης στην υπόθεση της χρησιμοποιεί τον συντελεστή Pearson, που σημαίνει πως υποθέτει την κανονική κατανομή. Για του λόγου το αληθές, στο Σχήμα 3-β παρατίθεται το διάγραμμα Bland-Altman με τα λοξά όρια συμφωνίας και τη μέση διαφορά (βλ. Bland and Altman, 1995 και για αναλυτική περιγραφή στο μέρος

2.5). Αυτό που παρατηρείται είναι πως η κλίση (bias) των σημείων πιθανώς οφείλεται στις ακραίες τιμές και δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στο διάγραμμα αυτό, η μέση διαφορά υπολογίστηκε από την ευθεία με εξίσωση $y = -0,2125 * x + 0,4230$ με μια τυπική απόκλιση της τάξης του 0,1134, όπου τα όρια συμφωνίας υπολογίστηκαν από $y = -0,2125 * x + 0,64521988$ έως $y = -0,21253 * x + 0,2008$. Στο διάγραμμα «τύπου» Bland-Altman (Σχήμα 3-γ) υπάρχει η ίδια μέση διαφορά (+0,1072), με τυπική απόκλιση (0,1134) και όρια συμφωνίας (από +0,3295 έως -0,1150) με το διάγραμμα Bland-Altman (Σχήμα 3-α), όμως εδώ σύμφωνα με την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης υπάρχει κλίση (bias, $p < 0,0001$). Αναμενόμενο γεγονός, καθώς σύμφωνα με τους Bland και Altman (1995), μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Από την συσχέτιση μεταξύ της μετρημένης τιμής PAL και της διαφοράς των δύο μεθόδων ο συντελεστής r του Spearman βρέθηκε ίσος με -0,507, που σημαίνει πως η κλίση (bias) των σημείων του διαγράμματος είναι αρνητική. Τέλος, η συσχέτιση μεταξύ της εκτίμησης με την μέθοδο που πρότειναν οι FAO/WHO/UNU (2004) και της μετρημένης τιμής του PAL έχει συντελεστή συσχέτισης Spearman $r = +0,581$ ($p < 0,0001$). Στο διάγραμμα της συσχέτισής τους (βλ. Σχήμα 3-δ) φαίνεται πως τα σημεία των δεδομένων εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση στην αριστερή/επάνω μεριά της διχοτόμου των δυο αξόνων (η ευθεία που θα έπρεπε να βρίσκονται τα σημεία εάν οι δυο μέθοδοι έδιναν τις ίδιες μετρήσεις/εκτιμήσεις), που δείχνει πως υπάρχει μια τάση της μεθόδου να υπερεκτιμά την πραγματική τιμή του PAL.

Συνολικά, η μέση διαφορά μεταξύ των μεθόδων είναι οριακά μη αποδεκτή σύμφωνα με τα όρια που θέσαμε (βλ. Μέρος 2.5). Παρομοίως, η τυπική απόκλιση είναι μεγάλη και συνεπώς και τα όρια συμφωνίας το ίδιο. Η κλίση (bias) των σημείων στο διάγραμμα Bland-Altman δεν θεωρείται πως υπάρχει, όμως το διάγραμμα της συσχέτισης των μεθόδων δείχνει μια τάση προς υπερεκτίμηση του δείκτη PAL με την μέθοδο των FAO/WHO/UNU (2004), που επιβεβαιώνεται από την θετική μέση διαφορά στο διάγραμμα Bland-Altman.

3.1.1.4 Μέθοδος των Johansson & Westerterp (2008)



Σχήμα 4 Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών PAL που προκύπτουν σύμφωνα με την μέθοδο των G. Johansson και K.R. Westerterp (2008) με τις μετρημένες τιμές PAL. Διάγραμμα Bland-Altman (α), διάγραμμα Bland-Altman με τα υπολογισμένα όρια συμφωνίας με βάση την κλίση (bias) των σημείων (β) και διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του PAL (γ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δύο άξονες (δ).

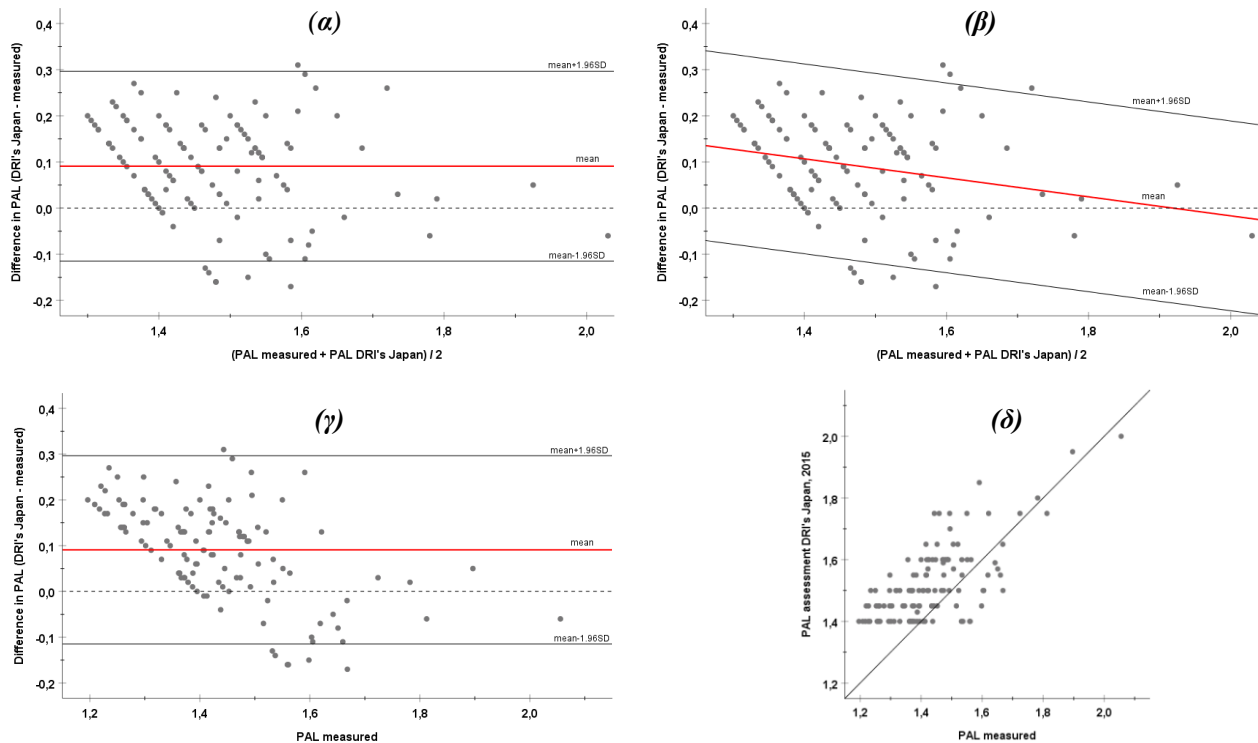
Στο διάγραμμα των Bland-Altman (Σχήμα 4-α) η μέση διαφορά είναι +0,0947, με τυπική απόκλιση 0,1179 και όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) από +0,3258 έως -0,1363. Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης βρέθηκε κλίση (bias) για τα σημεία του διαγράμματος ($p = 0,0002$), και από τη συσχέτιση του μέσου όρου με τη διαφορά των δυο μεθόδων βρέθηκε συντελεστής συσχέτισης Spearman ίσος με -0,224 ($p = 0,01$). Το διάγραμμα με τα λοξά όρια συμφωνίας και την μέση διαφορά αναπαρίσταται στο Σχήμα 4-β (βλ. Bland and Altman, 1995 και για αναλυτική περιγραφή στο μέρος 2.5). Η μέση διαφορά υπολογίστηκε από την εξίσωση της ευθείας $y = -0,3438 \cdot x + 0,6034$. Η τυπική απόκλιση ήταν 0,1179, επομένως τα άνω και κάτω όρια συμφωνίας υπολογίστηκαν από $y = -0,3438 \cdot x + 0,8344$ έως $y = -0,343809 \cdot x + 0,3723272$. Όσον αφορά το διάγραμμα «τύπου» Bland-Altman (βλ. Σχήμα 4-γ), η μέση διαφορά (+0,0947), η τυπική απόκλιση (0,1179) και τα όρια συμφωνίας

(από 0,3258 έως -0,1363) παραμένουν ίδια με του διαγράμματος Bland-Altman (Σχήμα 4-α). Και σε αυτό το διάγραμμα τα σημεία εμφανίζουν κλίση (bias), με βάση την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης ($p < 0,0001$). Αναμενόμενο γεγονός, καθώς σύμφωνα με τους Bland και Altman (1995), μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman μεταξύ της μετρημένης τιμής PAL και της διαφοράς μεταξύ των δυο μεθόδων είναι $r = -0,608$, που σημαίνει πως και εδώ υπάρχει αρνητική κλίση (bias) των σημείων του διαγράμματος. Από την συσχέτιση μεταξύ της εκτίμησης σύμφωνα με την μέθοδο των Johansson & Westerterp (2008) και της μετρημένης τιμής του PAL βρέθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman $r = +0,516$ ($p < 0,0001$). Στο διάγραμμα συσχέτισης που φαίνεται στο Σχήμα 4-δ τα σημεία δείχνουν να είναι περισσότερο συγκεντρωμένα στην αριστερή/ επάνω μεριά της ευθείας που περνά από την αρχή των αξόνων και διχοτομεί τους δυο άξονες (ευθεία επάνω στην οποία θα έπρεπε να βρίσκονται τα σημεία εάν οι δυο μέθοδοι έδιναν τις ίδιες μετρήσεις/εκτιμήσεις), που προδίδει μια τάση της μεθόδου εκτίμησης των Johansson & Westerterp (2008) να υπερεκτιμά τον δείκτη PAL.

Συνολικά, η μέθοδος εκτίμησης του PAL που πρότειναν οι Johansson & Westerterp (2008) εμφανίζει αποδεκτή μέση διαφορά/απόκλιση σε σχέση με την μετρημένη τιμή σύμφωνα με το ανώτατο όριο $\pm 0,10$ που θέσαμε στο Μέρος 2.5, όμως η τυπική απόκλιση και συνεπώς τα όρια συμφωνίας είναι αρκετά μεγάλα. Η θετική μέση διαφορά στο διάγραμμα Bland-Altman φαίνεται και από το διάγραμμα συσχέτισης, όπου διακρίνεται η τάση της μεθόδου να υπερεκτιμά το δείκτη PAL (τάση των σημείων προς την αριστερή/επάνω μεριά της διχοτόμου των δύο αξόνων). Αρνητικό είναι επίσης το γεγονός ότι τα σημεία των δεδομένων εμφανίζουν κλίση (bias) στο διάγραμμα των Bland-Altman.

3.1.1.5 Μέθοδος Japanese DRI's του Ministry of Health Labour and Welfare (2015)

Στο διάγραμμα Bland-Altman (βλ. Σχήμα 5-α) η μέση διαφορά είναι ίση με +0,0908 και η τυπική της απόκλιση είναι 0,1049. Τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) υπολογίστηκαν από +0,2964 έως -0,1148. Η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε να υπάρχει κλίση (bias) για τα σημεία του διαγράμματος ($p = 0,008$) και από τη συσχέτιση μεταξύ του μέσου όρου



Σχήμα 5 Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών PAL που προκύπτουν σύμφωνα με την μέθοδο του Ministry of Health Labour and Welfare (2015) με τις μετρημένες τιμές PAL. Διάγραμμα Bland-Altman (α), διάγραμμα Bland-Altman με τα υπολογισμένα όρια συμφωνίας με βάση την κλίση (bias) των σημείων (β) και διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του PAL (γ). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δύο άξονες (δ).

και της διαφοράς των δύο μεθόδων βρέθηκε ο συντελεστή συσχέτισης Spearman ίσος με -0,225. Η γραφική απεικόνιση των λοξών ορίων συμφωνίας και της μέσης διαφοράς αναπαρίσταται στο Σχήμα 5-β (βλ. Bland and Altman, 1995 και για αναλυτική περιγραφή

στο μέρος 2.5). Η μέση διαφορά προκύπτει από την εξίσωση της ευθείας $y = -0,2059 \cdot x + 0,3950$ με τυπική απόκλιση 0,1049, επομένως τα όρια συμφωνίας είναι από $y = -0,2059 \cdot x + 0,6006$ έως $y = -0,2059 \cdot x + 0,1894$. Στο διάγραμμα «τύπου» Bland-Altman (βλ. Σχήμα 5-γ) η μέση διαφορά (+0,0908), η τυπική απόκλιση (0,1049) και τα όρια συμφωνίας (από +0,2964 έως -0,1148) παραμένουν ίδια με του διαγράμματος Bland-Altman (Σχήμα 5-α). Η ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης δείχνει πως και εδώ υπάρχει κλίση (bias) για τα σημεία του διαγράμματος ($p < 0,0001$). Αναμενόμενο γεγονός, καθώς σύμφωνα με τους Bland και Altman (1995), μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Από την συσχέτιση μεταξύ της μετρημένης τιμής PAL και της διαφοράς μεταξύ των δυο μεθόδων, βρέθηκε πως έχουν

συντελεστή Spearman $r = -0,546$. Επομένως, η κλίση (bias) αυτή των σημείων είναι αρνητική. Τέλος, μεταξύ της εκτίμησης του PAL με την μέθοδο του Ministry of Health Labour and Welfare (2015) και της μετρημένης τιμής του, υπάρχει συντελεστής συσχέτισης Spearman ίσος με $+0,607$ ($p < 0,0001$). Από το διάγραμμα της συσχέτισης των δύο αυτών μεθόδων (βλ. Σχήμα 5-δ) φαίνεται πως τα σημεία συγκεντρώνονται περισσότερο στην αριστερή/ επάνω μεριά της ευθείας που περνάει από την αρχή των αξόνων και διχοτομεί τους δύο άξονες (η ευθεία που θα έπρεπε να βρίσκονται τα σημεία εάν οι δυο μέθοδοι έδιναν τις ίδιες μετρήσεις/εκτιμήσεις). Αυτό αποτελεί μια ένδειξη πως η μέθοδος εκτίμησης του Ministry of Health Labour and Welfare (2015) υπερεκτιμά τον δείκτη PAL.

Συνολικά, η εκτίμηση του PAL με την μέθοδο που πρότεινε στα DRIs για τον Ιαπωνικό πληθυσμό το Ministry of Health Labour and Welfare (2015) εμφανίζει αποδεκτή μέση διαφορά/απόκλιση με την μετρημένη τιμή σύμφωνα με το ανώτατο όριο $\pm 0,10$ που θέσαμε στο Μέρος 2.5. Η τυπική απόκλιση είναι μικρότερη από τις τυπικές αποκλίσεις των άλλων τεσσάρων υπό μελέτη μεθόδων, όμως τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) έχουν μεγάλο εύρος και είναι συνεπώς μη αποδεκτά. Η θετική μέση διαφορά που φαίνεται στο διάγραμμα Bland-Altman φαίνεται και στο διάγραμμα συσχέτισης, όπου η εικόνα μιας τάσης προς υπερεκτίμηση είναι διακριτή. Στα αρνητικά της συγκεκριμένης μεθόδου είναι και το γεγονός πως τα σημεία των δεδομένων εμφανίζουν (αρνητική) κλίση (bias) στο διάγραμμα Bland-Altman.

3.1.2 Στατιστικά στοιχεία σύγκρισης των πέντε μεθόδων εκτίμησης του PAL με την μετρημένη τιμή

Τα δεδομένα PAL που προέκυψαν από την εκτίμηση με τις πέντε μεθόδους και την μέτρηση συγκρίθηκαν μέσω του συντελεστή συσχέτισης Spearman και χρησιμοποιήθηκε η γραφική παράσταση της συσχέτισής τους, με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δυο άξονες (βλ. Σχήματα 1-δ, 2-γ, 3-δ, 4-δ, 5-δ). Στον πίνακα 8 παρατίθενται οι συσχετίσεις μεταξύ των πέντε εκτιμήσεων του PAL που προέρχονται από τις μεθόδους που αναλύθηκαν στο μέρος 1 με την μετρημένη τιμή PAL.

Πίνακας 8 Πίνακας με συσχετίσεις Spearman μεταξύ των πέντε μεθόδων εκτίμησης και του μετρημένου PAL

	PAL measured	
	Συντελεστής r	
PAL Department of Health(1991)	Συντελεστής r	0,413456
	Συντελεστής p	0,000
PAL Black et al. (1996)	r	0,543553
	p	0,000
PAL FAO/WHO/UNU (2004)	r	0,581182
	p	0,000
PAL Johansson & Westerterp (2008)	r	0,516387
	p	0,000
PAL Japanese DRI's (2015)	r	0,606862
	p	0,000

Τα κύρια διαγράμματα για την ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση του βαθμού συμφωνίας μεταξύ των μεθόδων εκτίμησης και της μετρημένης τιμής του PAL είναι τα Bland-Altman (βλ. Σχήματα 1-α, 2-α, 3-α, 4-α, 5-α) και «τύπου» Bland-Altman (βλ. Σχήματα 1-γ, 2-β, 3-γ, 4-γ, 5-γ) (Bland and Altman, 1986, 1995; Krouwer, 2008). Επίσης, για όποια μέθοδο βρέθηκε κλίση (bias) των σημείων των διαγραμμάτων Bland-Altman, δίνονται και τα αντίστοιχα διαγράμματα με τα λοξά όρια συμφωνίας και την μέση διαφορά (βλ. Σχήματα 1-β, 3-β, 4-β, 5-β). Στα διαγράμματα Bland-Altman και «τύπου» Bland-Altman, η μέση διαφορά αναπαρίσταται με πυκνή κόκκινη γραμμή, τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$) με απλές μαύρες γραμμές και η μηδενική διαφορά με διακεκομμένη μαύρη γραμμή (βλ. Σχήματα 1-5).

Όλες οι συσχετίσεις μεταξύ των μεθόδων βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές ($p < 0,0001$), πράγμα λογικό σύμφωνα με τους Bland και Altman, αφού μετράνε το ίδιο πράγμα (Bland and Altman, 1986). Από τις πέντε μεθόδους, η εκτίμηση που κάναμε σύμφωνα με τα DRI's της Ιαπωνίας (Ministry of Health Labour and Welfare, 2015) είχε τον υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης με την μετρημένη τιμή ($r = 0,606862$). Τα στοιχεία από τις συσχετίσεις μεταξύ των μεθόδων εκτίμησης του PAL με την μετρημένη τιμή βρίσκονται στον Πίνακα 8. Στα διαγράμματα συσχέτισης (βλ. Σχήματα 1-δ, 2-γ, 3-δ, 4-δ, 5-δ) φαίνεται η γραμμή ισότητας που περνάει από την αρχή των αξόνων και διχοτομεί τους δύο άξονες και μας δείχνει ουσιαστικά τη γραμμή στην οποία θα βρίσκονταν όλα τα σημεία εάν η υπό εξέταση μέθοδος εκτίμησης έδινε πάντα ακριβώς την ίδια ένδειξη με την μετρημένη τιμή. Με αυτό το διάγραμμα μπορεί να γίνει μια πρώτη οπτική αξιολόγηση του κατά πόσο καλά συμφωνούν οι δυο υπό συσχέτιση μέθοδοι (Bland and Altman, 1995). Όμως, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι μια υψηλή συσχέτιση δεν σημαίνει ότι οι δυο μέθοδοι (εκτίμηση και μέτρηση) συμφωνούν, γιατί ο συντελεστής συσχέτισης στην πραγματικότητα μετρά την ισχύ της σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών και όχι την συμφωνία μεταξύ τους (Bland and Altman, 1986). Από τις πέντε μεθόδους που συγκρίναμε, μόνο η μέθοδος του Department of Health (1991) παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή των σημείων των δεδομένων γύρω από την διχοτόμο των δυο αξόνων στο διάγραμμα της συσχέτισης. Οι υπόλοιπες μέθοδοι φαίνεται λίγο ή πολύ να υπερεκτιμούν την τιμή του δείκτη PAL.

Πίνακας 9 Αποτελέσματα των μεθόδων εκτιμήσεων PAL έναντι των παραδοχών της ανάλυσης των Bland-Altman. Αναγράφονται και η μέση διαφορά, η τυπική απόκλιση και τα όρια συμφωνίας των διαφορών του PAL εκτίμησης με το μετρημένο PAL για κάθε μέθοδο.

	One sample t-test $P > 0.05$	Mean of difference (i.e., bias)	SD of the difference	Upper LOA	Lower LOA	Regression coefficient $P < 0.05$ (proportional bias)
DoH, 1991	No	0,0378	0,1199	0,2729	-0,1973	Yes ($p < 0,0001$)
Black, 1996	No	0,1045	0,1233	0,3462	-0,1372	No ($p = 0,927$)
FAO/WHO/UNU, 2004	No	0,1072	0,1134	0,3295	-0,1150	Yes ($p = 0,013$)
J&W, 2008	No	0,0947	0,1179	0,3258	-0,1363	Yes ($p = 0,0002$)
Japanese DRI's, 2015	No	0,0908	0,1049	0,2964	-0,1148	Yes ($p = 0,008$)

Από την ανάλυση για τα διαγράμματα Bland-Altman τα ακριβή νούμερα φαίνονται στον Πίνακα 9. Η μέση διαφορά/απόκλιση μεταξύ της εκτίμησης και της μέτρησης του PAL ήταν +0,0378 με την μέθοδο του Department of Health (1991), +0,1045 με την μέθοδο των Black

et. al (1996), +0,1072 με την μέθοδο των FAO/WHO/UNU (2004), +0,0947 με την μέθοδο των Johansson & Westerterp (2008) και +0,0908 με την μέθοδο του Ministry of Health Labour and Welfare (2015).

Από τις πέντε μεθόδους, η εκτίμηση με την μέθοδο του Department of Health (1991) είχε την μικρότερη μέση διαφορά, μόλις +0,0378 άνω του μηδενός, μικρότερη από το επιθυμητό όριο $\pm 0,05$ που θέσαμε (βλ. Μέρος 2.5). Μικρότερη μέση διαφορά από $\pm 0,10$, που ορίσαμε ως το ανώτερο αποδεκτό όριο, εμφάνισαν και οι μέθοδοι του Ministry of Health Labour and Welfare (2015) (με μέση διαφορά +0,0908) και των Johansson & Westerterp (2008) (με μέση διαφορά +0,0947). Τέλος, μέση απόκλιση οριακά μεγαλύτερη από το ανώτερο αποδεκτό όριο $\pm 0,10$ που ορίσαμε είχαν οι μέθοδοι των Black et. al (1996) και FAO/WHO/UNU (2004), συγκεκριμένα με τιμές μέσης διαφοράς +0,1045 και +0,1072, αντίστοιχα.

Η μέθοδος Ministry of Health Labour and Welfare, (2015) είχε την μικρότερη τυπική απόκλιση ($SD = 0,1049$), ακολουθεί, με αύξουσα σειρά, η μέθοδος των FAO/WHO/UNU (2004) ($SD = 0,1134$), των Johansson & Westerterp (2008) ($SD = 0,1179$), του Department of Health (1991) ($SD = 0,1199$) και των Black et. al (1996) ($SD = 0,1233$).

Πίνακας 10 Πίνακας με συσχετίσεις Spearman μεταξύ των Μέσων Όρων [(PAL εκτίμησης + μετρημένο PAL)/2] και της Μετρημένης Τιμής PAL με τις Διαφορές (PAL εκτίμησης - μετρημένο PAL) για την κάθε μέθοδο εκτίμησης.

	Mean of PAL DoH and PAL measured	Mean of PAL Black and PAL measured	Mean of PAL FAO/WHO/UNU and PAL measured	Mean of PAL Johansson & Westerterp and PAL measured	Mean of PAL Japanese DRI's and PAL measured	PAL measured
	Συντελεστής r	-0,551717				-0,81064
	Συντελεστής p	0,00				0,000
Difference DoH (PAL DoH- PAL measured)	r					-0,46558
	p	0,46				0,000
Difference Black (PAL Black- PAL measured)	r					-0,50676
	p		0,13			0,000
Difference FAO/WHO/UNU (PAL FAO/WHO/UNU- PAL measured)	r					-0,60756
	p			0,01		0,000
Difference Johansson & Westerterp (PAL Johansson & Westerterp- PAL measured)	r					-0,225263
	p				0,01	0,000
Difference Japanese DRI's (PAL Japanese DRI's- PAL measured)	r					-0,54573
	p					0,000

Όσον αφορά τον έλεγχο για την τάση (bias) των σημείων των διαγραμμάτων Bland-Altman με βάση την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης, μόνο η μέθοδος των Black et. al (1996) βρέθηκε να μην έχει τάση (bias, $p = 0,93$). Να σημειωθεί πως παρόλο που η μέθοδος

των FAO/WHO/UNU (2004) εμφάνισε $p < 0,05$ ($p = 0,01$) για την γραμμική παλινδρόμηση, η συσχέτιση της διαφοράς με τον μέσο δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0,13$). Ένας λόγος στον οποίο μπορεί να οφείλεται αυτή η ανομοιογένεια μεταξύ των συντελεστών συσχέτισης στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι πως για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται η υπόθεση της κανονικότητας της κατανομής και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, ενώ για την συσχέτιση μεταξύ των μέσων όρων και των διαφορών των μεθόδων εμείς χρησιμοποιήσαμε τον συντελεστή συσχέτισης Spearman. Για του λόγου το αληθές, παρατίθεται το Σχήμα 3-β, όπου φαίνονται τα λοξά όρια συμφωνίας και ο μέσος, όπου και φαίνεται πως δεν υπάρχει ιδιαίτερη κλίση (bias) των σημείων του διαγράμματος. Οι υπόλοιπες μέθοδοι εκτίμησης (Department of Health, 1991; Johansson and Westerterp, 2008; Ministry of Health Labour and Welfare, 2015) εμφάνισαν στατιστικά σημαντική αρνητική τάση (bias) των σημείων με τους συντελεστές συσχέτισης να φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 10.

Πίνακας 11 Πίνακας με λοξές (skewed) μέσες διαφορές, τυπική απόκλιση και όρια συμφωνίας των διαφορών του PAL εκτίμησης με το μετρημένο PAL για κάθε μέθοδο.

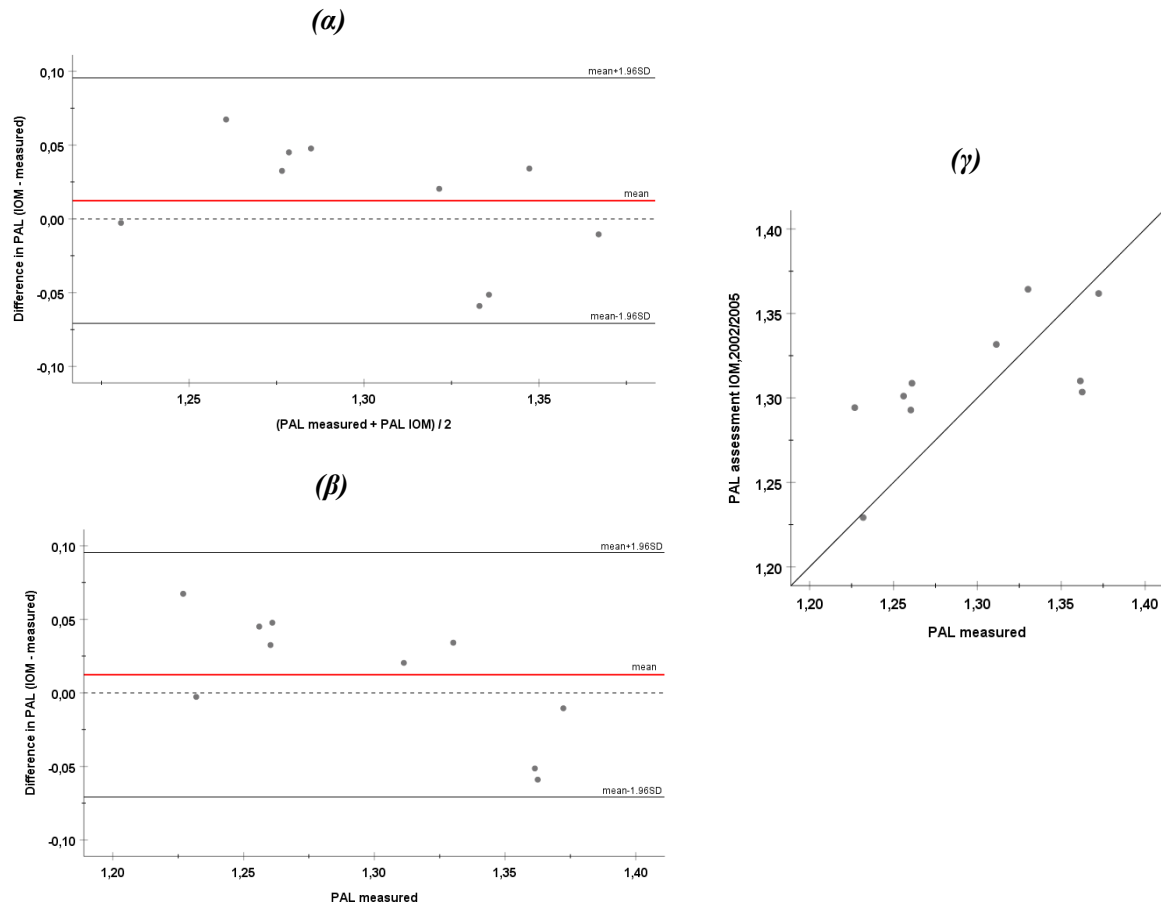
	Mean of difference	St. Deviation (SD)	95% Limits of Agreement (Mean Difference \pm 1.96SD)	
			upper	lower
DoH,1991	$y = -0,717759 * x + 1,07928$	0,120	$y = -0,717759 * x + 1,3143576$	$y = -0,717759 * x + 0,8442124$
FAO/WHO/UNU, 2004	$y = -0,21253 * x + 0,422999$	0,113	$y = -0,21253 * x + 0,64521988$	$y = -0,21253 * x + 0,20077812$
J&W, 2008	$y = -0,343809 * x + 0,603372$	0,118	$y = -0,343809 * x + 0,8344168$	$y = -0,343809 * x + 0,3723272$
Japanese DRI's, 2015	$y = -0,205878 * x + 0,395002$	0,105	$y = -0,205878 * x + 0,60062364$	$y = -0,205878 * x + 0,18938036$

Για τις μεθόδους που εμφάνισαν τάση (bias) των σημείων (Department of Health, 1991; FAO, 2004; Johansson and Westerterp, 2008; Ministry of Health Labour and Welfare, 2015) δίνονται και τα διαγράμματα των Bland-Altman με την μέση διαφορά και τα όρια συμφωνίας λοξά (βλ. Σχήματα 1-β, 3-β, 4-β, 5-β), σύμφωνα με τον τρόπο που πρότειναν οι ίδιοι οι Bland και Altman (Bland and Altman, 1995). Οι μέσες διαφορές, η τυπική απόκλιση και τα όρια συμφωνίας των διαφορών του PAL εκτίμησης με το μετρημένο PAL για κάθε μέθοδο δίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 11. Όσον αφορά τα διαγράμματα «τύπου» Bland-Altman, η μέση διαφορά και η τυπική απόκλιση με τα όρια συμφωνίας παραμένουν ίδια, όμως από την συσχέτιση μεταξύ των διαφορών και της μετρημένης τιμής του PAL, φαίνεται

πως για όλες τις μεθόδους εκτίμησης τα δεδομένα των σημείων παρουσιάζουν κλίση (bias, $p < 0,0001$) και μάλιστα αρνητική (βλ. Πίνακα 10).

Σαν συνολική εικόνα από την σύγκριση και των πέντε μεθόδων φαίνεται πως όλες οι μέθοδοι υπερεκτιμούν λίγο ή πολύ την τιμή του PAL σε σχέση με την μετρημένη τιμή. Παρόλα αυτά, η μέθοδος του Department of Health (1991) φαίνεται να εμφανίζει την βέλτιστη συμφωνία με βάση τα κριτήρια του διαγράμματος Bland-Altman, με πολύ μικρή μέση απόκλιση από την μετρημένη τιμή σε σχέση με τις υπόλοιπες πέντε μεθόδους, αλλά είναι και η μοναδική από τις πέντε μεθόδους που έχει μέση απόκλιση μικρότερη από το επιθυμητό όριο $\pm 0,05$ που θέσαμε στο Μέρος 2.5. Αυτό σημαίνει πως, ναι μεν υπερεκτιμά σταθερά την τιμή του PAL, αλλά σε αρκετά μικρό και αποδεκτό βαθμό. Βλέποντας το δεύτερο κριτήριο συμφωνίας των διαγραμμάτων Bland-Altman, που αφορά την τυπική απόκλιση και τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$), καμία μέθοδος δεν ήταν εντός αποδεκτού ορίου και είχαν όλες παρόμοια τυπική απόκλιση. Συγκεκριμένα η μέθοδος Department of Health (1991) έχει την τέταρτη μικρότερη από τις πέντε τυπικές αποκλίσεις, όμως αν αναλογιστεί κανείς ότι απέχει 0,015 από την πρώτη σε κατάταξη με βάση αυτό το κριτήριο, δηλαδή του Ministry of Health Labour and Welfare (2015), είναι γεγονός πως δεν υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ των πέντε μεθόδων. Το αρνητικό, όμως, της μεθόδου είναι πως τα σημεία του διαγράμματος Bland-Altman εμφανίζουν λοξότητα (αρνητική κλίση). Την δεύτερη καλύτερη συμφωνία φαίνεται πως έχει η μέθοδος του Ministry of Health Labour and Welfare (2015), όπου η μέση απόκλιση που εμφανίζει από τη μετρημένη τιμή του PAL είναι η δεύτερη μικρότερη, και είναι εντός του ανώτερου αποδεκτού ορίου $\pm 0,1$, που θέσαμε. Αυτή η μέθοδος εμφάνισε και τη μικρότερη τυπική απόκλιση, πάλι όμως εκτός του αποδεκτού ορίου. Και εδώ αρνητικό είναι το γεγονός πως στο διάγραμμα Bland-Altman τα σημεία εμφανίζουν αρνητική κλίση (bias). Ακολουθεί η μέθοδος των Johansson & Westerterp (2008), η οποία έχει και αυτή αποδεκτή μέση απόκλιση (με βάση το ανώτερο όριο), όμως πάλι με μεγάλη τυπική απόκλιση. Επίσης, τα σημεία του διαγράμματος Bland-Altman έχουν και σε αυτή τη μέθοδο αρνητική κλίση (bias). Τέλος, οι μέθοδοι Black *et al.* (1996) και FAO/WHO/UNU (2004) έχουν παρόμοια μέση διαφορά από την μετρημένη τιμή, η οποία όμως είναι στο όριο του αποδεκτού (οριακά μεγαλύτερη από 0,10). Έχουν επίσης και οι δυο αρκετά μεγάλη τυπική απόκλιση. Όμως, το δυνατό σημείο των δυο αυτών μεθόδων είναι πως τα σημεία των διαγραμμάτων Bland-Altman δεν εμφανίζουν κλίση (bias).

3.2 Συσχέτιση της εκτίμησης του PAL με την μέθοδο IOM (2005) με την μετρημένη τιμή



Σχήμα 6 Συσχέτιση των εκτιμώμενων τιμών PAL που προκύπτουν σύμφωνα με την μέθοδο του Institute of Medicine (2005) με τις μετρημένες τιμές PAL. Διάγραμμα Bland-Altman (α) και διάγραμμα τύπου Bland-Altman με άξονα αναφοράς τη μετρημένη τιμή του PAL (β). Τέλος, δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών με την ευθεία να περνάει από την αρχή των αξόνων και να διχοτομεί τους δυο άξονες (γ).

Σε δεύτερη φάση της ανάλυσής μας, μελετήσαμε την συμφωνία της μεθόδου εκτίμησης του PAL που πρότειναν οι ερευνητές του IOM (2005) με την μετρημένη τιμή του. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί λεπτομερή περιγραφή των εκάστοτε καθημερινών και εβδομαδιαίων δραστηριοτήτων για την εκτίμηση του δείκτη PAL, όμως λόγω των περιορισμένων αναλυτικών πληροφοριών περί φυσικής δραστηριότητας που είχαμε σε όλο το δείγμα, πραγματοποιήσαμε την ανάλυση αυτή σε ένα μέρος του συνολικού δείγματός μας. Συγκεκριμένα, συμπεριελήφθησαν 10 άτομα, για τα οποία υπήρχαν περισσότερες πληροφορίες για την φυσική τους δραστηριότητα και επομένως, η εκτίμηση του PAL με την

συγκεκριμένη μέθοδο ήταν εφικτή. Τα άτομα αυτά είχαν επίσης πολύ χαμηλή καταγεγραμμένη φυσική δραστηριότητα, για αυτό και ήταν εφικτός ο υπολογισμός του PAL με τον τρόπο που προτείνεται από τη συγκεκριμένη μέθοδο. Ως εκ τούτου οι τιμές PAL που εμφανίζονται στα δεδομένα είναι χαμηλότερες του 1,4. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα ανάλυση, για το δείγμα 10 ατόμων, ελέγχθηκαν και βρέθηκε πως όλες ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Πίνακας 12 Αποτελέσματα της μεθόδου εκτίμησης PAL που πρότεινε το IOM (2005) έναντι των παραδοχών της ανάλυσης των Bland- Altman. Αναγράφονται η μέση διαφορά, η τυπική απόκλιση και τα όρια συμφωνίας της διαφοράς του PAL εκτίμησης με το μετρημένο PAL

	<i>One sample t-test P>0.05</i>	<i>Mean of difference (i.e., bias)</i>	<i>SD of the difference</i>	<i>Lower LOA</i>	<i>Upper LOA</i>	<i>Regression coefficient P<0.05 (proportional bias)</i>
IOM, 2005	Yes	0,012344	0,042419	-0,07079724	0,09548524	No

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση για τα διαγράμματα Bland-Altman παρατίθενται στον Πίνακα 12. Από το t-test ενός δείγματος (one sample t-test) για την διαφορά των δύο μεθόδων (εκτίμηση IOM και μετρημένη τιμή PAL) βρέθηκε $p = 0,381$, που σημαίνει πως δεχόμαστε την εναλλακτική υπόθεση της ανάλυσης, δηλαδή ότι ο μέσος όρος του πληθυσμού δεν διαφέρει σημαντικά από τον συγκεκριμένο μέσο όρο. Επίσης, η μέση διαφορά βρέθηκε μόλις +0,012, αρκετά κοντά στο μηδέν και εντός του επιθυμητού ορίου που θέσαμε στο Μέρος 2.5, ενώ η τυπική απόκλιση είναι 0,04, εξίσου μικρή (βλ. Πίνακα 12 και Σχεδιαγράμματα 6-α, 6-β). Σε σύγκριση μάλιστα με τις πέντε μεθόδους που αναλύσαμε παραπάνω είναι και τα δύο (μέση διαφορά και τυπική απόκλιση) τα χαμηλότερα που βρήκαμε, που σημαίνει πως η συμφωνία με αυτή την μέθοδο (Institute of Medicine, 2005) φαίνεται να είναι καλύτερη. Επίσης από τον έλεγχο της γραμμικής παλινδρόμησης βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική τάση (bias) των σημείων του διαγράμματος να κλίνουν ($p=0,17$) (βλ. Πίνακα 13).

Πίνακας 13 Πίνακας με συσχετίσεις Pearson μεταξύ του Μέσου Όρου [(PAL εκτίμησης + μετρημένο PAL)/2] και της Μετρημένης Τιμής PAL με την Διαφορά (PAL εκτίμησης - μετρημένο PAL) για την μέθοδο εκτίμησης IOM (2005).

	Mean IOM	PAL measured
Difference IOM (PAL	Συντελεστής r	-0,469057
IOM- PAL measured)	p	0,015513

Για τα διαγράμματα «τύπου» Bland-Altman, με βάση την συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς των δυο μεθόδων και της μετρημένης τιμής του PAL, φαίνεται πως τα δεδομένα των σημείων παρουσιάζουν κλίση (bias, $p = 0,016$) και μάλιστα αρνητική ($r = -0,73$) (βλ. Πίνακα 13). Η κλίση (bias) στα διαγράμματα «τύπου» Bland-Altman είναι αναμενόμενη, αφού μια γραφική παράσταση της διαφοράς σε σχέση με μια πρότυπη μέτρηση πάντα θα φαίνεται να δείχνει μια σχέση μεταξύ διαφοράς και μεγέθους (magnitude), ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει (Bland and Altman, 1995). Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης Pearson μεταξύ της εκτίμησης με την μέθοδο IOM (2005) και της μετρημένης τιμής του PAL βρέθηκε ίσος με 0,66 και η συσχέτισή τους βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p < 0,05$, βλ. Πίνακα 14). Στο Σχήμα 6-γ φαίνεται το διάγραμμα της συσχέτισης των δύο μεθόδων, όπου φαίνεται πως τα σημεία είναι παρόμοια κατανομημένα γύρω από την ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων και διχοτομεί τους δύο άξονες, επάνω στην οποία ευθεία θα έπρεπε να βρίσκονται τα σημεία εάν οι δυο μέθοδοι έδιναν τις ίδιες μετρήσεις/εκτιμήσεις.

Πίνακας 14 Πίνακας με συσχετίσεις Pearson μεταξύ του PAL εκτίμησης με την μέθοδο του IOM (2005) και του μετρημένου PAL

	PAL measured	
PAL IOM (2005)	Συντελεστής r	0,663073
	p	0,036631

Συμπερασματικά, η μέση διαφορά των δύο μεθόδων είναι πολύ μικρή, όπως και η τυπική απόκλιση, με τα όρια συμφωνίας να είναι εντός του αποδεκτού εύρους $\pm 0,10$ που θέσαμε στο Μέρος 2.5. Επίσης, θετικό είναι πως τα σημεία των δεδομένων δεν εμφανίζουν κλίση (bias) στο διάγραμμα Bland-Altman, εύρημα που επαληθεύετε από την ομοιόμορφη κατανομή δεξιά και αριστερά της διχοτόμου των δυο αξόνων στο διάγραμμα συσχέτισης. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως στο διάγραμμα Bland-Altman 9 από τα 10 σημεία βρίσκονται εντός το επιθυμητού ορίου της τάξης του $\pm 0,05$ που ορίσαμε αρχικά και 10 από τα 10 σημεία βρίσκονται μεταξύ του $\pm 0,10$. Αυτά τα αποτελέσματα, λοιπόν, είναι ενθαρρυντικά, δείχνοντας πως η παραπάνω μέθοδος (IOM, 2005) εμφανίζει πολύ καλή συμφωνία με την μετρημένη τιμή του PAL. Όμως, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη της συμφωνίας με την συγκεκριμένη μέθοδο εκτίμησης του PAL, αποτελούνταν από 10 μόνο

υποκείμενα και επιπλέον, οι τιμές PAL αυτών των ατόμων αντιπροσώπευαν ένα πολύ μικρό εύρος τιμών ($1,2 < PAL < 1,4$). Συνεπώς, τα παραπάνω αποτελέσματα θα πρέπει να μεταχειρίζονται με επιφύλαξη και ενδείκνυται η έρευνα σε αυτό το αντικείμενο να συνεχιστεί.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από όσο γνωρίζουμε, αυτή είναι η πρώτη φορά που γίνεται μια εκτεταμένη σύγκριση μεταξύ μεθόδων εκτίμησης του δείκτη PAL με την μετρημένη τιμή του. Από τις οκτώ υπάρχουσες μεθόδους εκτίμησης που βρήκαμε στη βιβλιογραφία (βλ. Μέρος 1), στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήσαμε τις πέντε, οι οποίες μάλιστα εκτιμούσαν το PAL με έναν εύκολο και γρήγορο τρόπο. Η μετρημένη τιμή του PAL που χρησιμοποιήθηκε στην σύγκριση, υπολογίστηκε μέσω των επιμέρους μετρήσεων του βασικού μεταβολισμού και της φυσικής δραστηριότητας.

Από την ανάλυση μας βρέθηκε πως μέθοδος που πρότεινε η επιτροπή του Department of Health (1991) εμφανίζει την βέλτιστη συμφωνία με βάση τα κριτήρια του διαγράμματος Bland-Altman, με πολύ μικρή μέση απόκλιση από την μετρημένη τιμή σε σχέση με τις υπόλοιπες πέντε μεθόδους, αλλά είναι και η μοναδική από τις πέντε μεθόδους που έχει μέση απόκλιση μικρότερη από το επιθυμητό όριο $\pm 0,05$ που θέσαμε στο Μέρος 2.5. Αυτό σημαίνει πως, ναι μεν υπερεκτιμά σταθερά την τιμή του PAL, αλλά σε αρκετά μικρό και αποδεκτό βαθμό κατά μέσο όρο. Όσον αφορά την τυπική απόκλιση και τα όρια συμφωνίας ($\pm 1,96SD$), καμία μέθοδος δεν ήταν εντός αποδεκτού ορίου και είχαν όλες παρόμοια τυπική απόκλιση. Συγκεκριμένα η μέθοδος Department of Health (1991) έχει την τέταρτη μικρότερη από τις πέντε SD, όμως αν αναλογιστεί κανείς ότι απέχει ελάχιστα από την πρώτη σε κατάταξη, δηλαδή του Ministry of Health Labour and Welfare (2015), είναι γεγονός πως δεν υπάρχει μεγάλη διακύμανση στην τιμή της τυπικής απόκλισης μεταξύ των μεθόδων. Το αρνητικό, όμως, της μεθόδου Department of Health (1991) είναι πως τα σημεία του διαγράμματος Bland-Altman εμφανίζουν λοξότητα (αρνητική κλίση, bias). Την δεύτερη καλύτερη συμφωνία φαίνεται πως έχει η μέθοδος του Ministry of Health Labour and Welfare (2015), όπου η μέση απόκλιση που εμφανίζει από τη μετρημένη τιμή του PAL είναι η δεύτερη μικρότερη, και είναι εντός του ανώτερου αποδεκτού ορίου $\pm 0,10$, που θέσαμε. Αυτή

η μέθοδος εμφάνισε και τη μικρότερη τυπική απόκλιση, πάλι όμως εκτός του αποδεκτού ορίου. Και εδώ αρνητικό είναι το γεγονός πως στο διάγραμμα Bland-Altman τα σημεία εμφανίζουν αρνητική κλίση (bias). Ακολουθεί η μέθοδος των Johansson & Westerterp (2008), η οποία έχει και αυτή αποδεκτή μέση απόκλιση (με βάση το ανώτερο όριο), όμως πάλι με μεγάλη τυπική απόκλιση. Επίσης, τα σημεία του διαγράμματος Bland-Altman έχουν και σε αυτή τη μέθοδο αρνητική κλίση (bias). Τέλος, οι μέθοδοι Black *et al.* (1996) και FAO/WHO/UNU (2004) έχουν παρόμοια μέση διαφορά (+0,1045 και +0,1072 αντίστοιχα) από την μετρημένη τιμή, η οποία όμως είναι στο όριο του αποδεκτού (οριακά μεγαλύτερη από 0,10). Έχουν επίσης και οι δυο αρκετά μεγάλη τυπική απόκλιση. Όμως, το δυνατό σημείο των δυο αυτών μεθόδων είναι πως είναι οι μόνες, στις οποίες τα σημεία των διαγραμμάτων Bland-Altman δεν εμφανίζουν κλίση (bias).

Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν πως όλες οι μέσες διαφορές ήταν πάνω από το μηδέν (θετικές), που σημαίνει πως και οι πέντε μέθοδοι λίγο ή πολύ υπερεκτιμούν συστηματικά τον δείκτη PAL. Παρόμοιο εύρημα είχαν στην μελέτη τους οι Alfonzo-González *et al.* (2004), όπου έκαναν σύγκριση μεταξύ της ενεργειακής δαπάνης σύμφωνα με τους FAO/WHO/UNU (1985) και της μετρημένης TEE με την μέθοδο του DLW σε ένα δείγμα πληθυσμού του Καναδά, και οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως γίνεται υπερεκτίμηση, κυρίως κάτω από καθιστικές συνθήκες, και οφείλεται σε σημαντική υπερεκτίμηση του BMR και πιθανότατα και του PAL (Alfonzo-González *et al.*, 2004). Μάλιστα, για το εκτιμώμενο PAL ανέφεραν πως φάνηκε να είναι υψηλότερο από τις πραγματικές τιμές που παρατηρείται στον πληθυσμό που εξέτασαν (Alfonzo-González *et al.*, 2004), το οποίο συμβαίνει και στην δική μας έρευνα όπου μελετάμε ελληνικό πληθυσμό.

Το δείγμα του πληθυσμού που χρησιμοποιήσαμε έχει μέση τιμή PAL 1,43 (1,42 για γυναίκες και 1,45 για άντρες), η οποία σύμφωνα με τις εκατοστιαίες θέσεις της αναφοράς SACN (2011) βρίσκεται κάτω από την 25^η εκατοστιαία θέση (PAL = 1,49) και πάνω από την 10^η εκατοστιαία θέση (PAL = 1,40). Αυτό, σύμφωνα με την επιτροπή της SACN (2011), αντιστοιχεί σε χαρακτηρισμό του δείγματός μας ως λιγότερο δραστήριο από τον μέσο όρο του γενικού πληθυσμού (Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN), 2011). Πέρα από την μέση τιμή όμως, αξίζει να δοθεί έμφαση στις μετρημένες τιμές PAL που ήταν χαμηλότερες από 1,4 (PAL < 1,4), τιμή την οποία χρησιμοποιούν ως το κατώτατο όριο του PAL οι πέντε μέθοδοι που χρησιμοποιήσαμε. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα 55 από τα 123

υποκείμενα του δείματός μας είχαν μετρημένο PAL < 1,4 με την χαμηλότερη τιμή να φτάνει στο 1,20. Συνεπώς, σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιώντας την κατώτατη τιμή που προτείνεται για τον δείκτη PAL είναι αυτονόητη η υπερεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών των συγκεκριμένων 55 ατόμων.

Τελικά, για την εκτίμηση του PAL με τις πέντε μεθόδους που μελετήθηκαν, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως χρειάζεται κάποιος να επιδείξει μια συγκρατημένη γενναιοδωρία. Όπως είναι ήδη γνωστό οι πληροφορίες για την φυσική δραστηριότητα προέρχονται από τους εξεταζόμενους και την κρίση τους, πράγμα που μπορεί να προσθέτει σφάλμα στο πως ορίζουν την ένταση (όπως την καταλαβαίνουν και την αντιλαμβάνονται) σε σχέση με την αντικειμενικότητα των ερευνητών (π.χ. με βάση την κλίμακα των MET). Ενώ είναι επίσης γνωστή από τη βιβλιογραφία και η κοινωνική επιθυμία των εξεταζόμενων να θεωρηθούν δραστήριοι, που μπορεί να συμβάλει και αυτή στην εσφαλμένη περιγραφή της έντασης («intensity bias») (Ainsworth *et al.*, 2012). Εδώ συμπεριλαμβάνεται και το γεγονός ότι οι απαντήσεις των εξεταζόμενων μπορεί να περιγράφουν περισσότερο την δραστηριότητα που θα επιθυμούσαν να έχουν, για να νιώσουν κοινωνικά αποδεκτοί, και όχι αυτή που έχουν πραγματικά.

Για την εκτιμώμενη τιμή του PAL που χρησιμοποιήσαμε στην μελέτη μας ακολουθήσαμε κατά γράμμα την εκτίμηση σύμφωνα με τους ερευνητές της κάθε μεθόδου. Όμως, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως δεν αρκεί μόνο αυτό, αλλά χρειάζεται και η προσεκτική αξιολόγηση των πληροφοριών που μας δίνει ο κάθε εξεταζόμενος και κυρίως της έντασης που αναφέρει για την εκτέλεση κάθε δραστηριότητας. Για να γίνει πιο κατανοητό το σημείο αυτό, παρακάτω γίνεται τυχαία αναφορά σε τρεις συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπου με μια πιο φειδωλή εκτίμηση δραστηριότητας θα μπορούσε η εκτιμώμενη τιμή PAL να πλησιάσει περισσότερο την μετρημένη τιμή. Για ευκολία παρακάτω θα χρησιμοποιηθεί τυχαία μία μέθοδος από τις πέντε που μελετήσαμε και συγκεκριμένα, η μέθοδος των FAO/WHO/UNU (2004).

A) Η πρώτη περίπτωση αφορά σε έναν άντρα (49,5 ετών, ύψους 182,5 cm , μάζας 113,7 kg, ποσοστού σωματικού λίπους 28,65%), ο οποίος είναι υπάλληλος γραφείου (5 φορές την εβδομάδα, από 8 ώρες) και αναφέρει χαμηλή δραστηριότητα στην εργασία του. Στις λοιπές δραστηριότητες αναφέρει πως κάνει επίσης ασκήσεις με αντιστάσεις στο

γυμναστήριο με συχνότητα 2-3 φορές την εβδομάδα, από 1 ώρα κάθε φορά και την ένταση την χαρακτηρίζει ως έντονη. Τέλος, δηλώνει πως οι μετακινήσεις του γίνονται με αυτοκίνητο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, σύμφωνα με την μέθοδο των FAO/WHO/UNU (2004) κατατάσσεται στην πρώτη κατηγορία, του καθιστικού ή ελαφρά δραστήριου τρόπου ζωής (εύρος εκτιμώμενου PAL: 1,4-1,69). Λόγω των δηλώσεων του για την επιπλέον έντονη δραστηριότητα εκτιμήθηκε πως το PAL του είναι 1,50. Όμως αν είναι κάποιος πιο προσεκτικός και αναλογιστεί την αντικειμενική ένταση που έχει μία ώρα προπόνησης με αντιστάσεις και πόση ώρα από αυτή που αναφέρει είναι συνολικά αφιερωμένη σε εκτελούμενη άσκηση, τότε ίσως να ταίριαζε και μια χαμηλότερη εκτίμηση της τάξης του 1,45, τιμή που πλησιάζει περισσότερο στην μετρημένη τιμή 1,39. Η πιο συγκρατημένη εκτίμηση θα έδινε μια υπερεκτίμηση κατά +0,06, αρκετά μικρότερη από την αρχική εκτίμηση που έγινε, η οποία απέχει +0,11 από την πραγματική μέτρηση.

- B) Το δεύτερο παράδειγμα αφορά σε έναν άντρα (62 ετών, ύψους 181,4 cm, μάζας 95 kg, ποσοστού σωματικού λίπους 27,56%), ο οποίος δηλώνει πως έχει καθιστική εργασία με πολύ χαμηλή ένταση και στον ελεύθερο χρόνο του συμμετέχει σε ομαδικά αερόβια προγράμματα γυμναστηρίου σε συχνότητα 1-2 φορές την εβδομάδα, από 1 με 1,5 ώρα κάθε φορά, τα οποία είναι μέτριας έντασης. Επίσης, αναφέρει πως μπορεί μέσα στην εβδομάδα να παίζει και (φιλικό) αγώνα τένις, ο οποίος θα είναι μέχρι μία φορά την εβδομάδα, και αυτός σε μέτρια ένταση. Οι μετακινήσεις για την εργασία του γίνονται με αυτοκίνητο, ενώ κάποιες φορές χρησιμοποιεί και το ποδήλατο για απλές δουλειές στην πόλη. Με αυτές τις πληροφορίες έγινε η εκτίμηση του PAL με την τιμή 1,50, που αντιστοιχεί στη πρώτη κατηγορία με βάση τους FAO/WHO/UNU (2004). Βέβαια, πάλι αν είναι κρατήσει κανείς μια επιφύλαξη για την αυτό-αξιολόγηση, θα μπορούσε να δει πιο αντικειμενικά την ένταση που αναφέρει ο εξεταζόμενος και να αναλογιστεί επίσης πόσο απαιτητικά είναι τα ομαδικά προγράμματα ενός γυμναστηρίου που προορίζονται για το ευρύ κοινό. Τότε, ίσως μια τιμή PAL της τάξης του 1,45 να ήταν πιο σωστή, η οποία μάλιστα είναι πιο κοντά στην μετρημένη τιμή PAL 1,37. Σε αυτή την περίπτωση θα υπήρχε υπερεκτίμηση κατά +0,08, και όχι κατά +0,13, που έγινε με την αρχική εκτίμηση.

Γ) Το τρίτο παράδειγμα, όμως με χαρακτηριστικά υψηλότερη εκτιμώμενη τιμή PAL σε σχέση με την μετρημένη, είναι ένας άντρας (58,8 ετών, ύψους 168 cm, μάζας 105,3 kg, ποσοστού σωματικού λίπους 34,0%), ο οποίος έχει χειρωνακτική αγροτική εργασία 5-6 μέρες την εβδομάδα, από 6 ώρες κάθε φορά, με μέτρια ένταση, όπως αναφέρει. Επίσης, δηλώνει πως πηγαίνει καθημερινά για πρωινό περπάτημα που διαρκεί 30-40 λεπτά, σε μέτρια ένταση. Οι υπόλοιπες μετακινήσεις του αναφέρει πως γίνονται με τα πόδια. Εδώ να σημειωθεί πως παρόλο που η εργασία του είναι για 6 ώρες αντί για 8, όπως χρησιμοποιείται από τους ερευνητές στις τιμές PAL που έχουν ορίσει, δεν θεωρήθηκε σημαντικά διαφορετικό το ωράριο γιατί αν η εργασία είναι 6 ημέρες (ο ίδιος αναφέρει 5-6 ημέρες την εβδομάδα) τότε πάλι η εβδομαδιαία εργασία είναι συνολικά 36 ώρες, έναντι 40 ωρών που αντιστοιχούν στο οχτάωρο πενθήμερο. Με βάση τα παραπάνω, και κυρίως λόγω του επαγγέλματος που είναι χειρωνακτικό, τον κατατάξαμε στην δεύτερη κατηγορία που όρισε η επιτροπή των FAO/WHO/UNU (2004), περίπου στο μέσο του εύρους δραστηρίου ή μέτρια δραστηρίου τρόπου ζωής (1,7-1,99), με εκτιμώμενη τιμή PAL = 1,85, μια υπερεκτίμηση του PAL κατά 0,26. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αν σκεφτεί κανείς πως την σημερινή εποχή η αγροτική εργασία δεν είναι τόσο απαιτητική όσο παλαιότερα, λόγω της ευκολίας που προσδίδουν τα μηχανήματα που υπάρχουν, και αν βασιζόταν περισσότερο στην μικρότερη συχνότητα των 5 εργασιακών ημερών ανά εβδομάδα σε συνδυασμό με το ωράριο εργασίας που είναι 6 αντί για 8 ώρες, θα μπορούσε να κατατάξει τον άντρα αυτόν στο χαμηλότερο όριο της δεύτερης κατηγορίας, δηλαδή στο 1,7, ή ακόμα και στις ανώτερες τιμές της πρώτης κατηγορίας, δηλαδή 1,65-1,69, δηλαδή ως ελαφρά δραστήριο τρόπο ζωής. Τότε η εκτίμησή μας θα βρίσκονταν πολύ κοντά στην μετρημένη τιμή PAL 1,59 και επομένως θα είχαμε μια υπερεκτίμηση μόνο κατά +0,06 έως +0,10, και όχι κατά +0,26 που είχαμε αρχικά.

Θα μπορούσε να γίνει και μια αναφορά για τα άτομα με τιμές PAL κοντά στο 1,4, όμως τα άτομα αυτά θα είχαν ανάλογα μετρημένο PAL. Συνηθέστερα, μάλιστα, το μετρημένο PAL αυτών των ατόμων θα ήταν χαμηλότερο του 1,4, για το οποίο δεν προβλέπεται αντίστοιχη τιμή στις πέντε μεθόδους εκτίμησης που χρησιμοποιήσαμε, επομένως η εκτίμησή μας ήταν ήδη η καλύτερη δυνατή. Η πρόταση που μπορεί να γίνει σε αυτή την περίπτωση είναι, όταν αξιολογούνται άτομα με καθιστικό τρόπο ζωής και χρησιμοποιούνται μέθοδοι εκτίμησης

όπου οι τιμές PAL δεν προήλθαν από μετρήσεις DLW (Department of Health, 1991; FAO, 2004), είναι να λαμβάνεται υπόψιν ο τρόπος που προέκυψαν οι τιμές PAL, δηλαδή από παραγοντικούς υπολογισμούς των μέσων καθημερινών δραστηριοτήτων των ανθρώπων (βλ. Μέρος 1), οι οποίες δραστηριότητες στην πλειοψηφία δεν συνάδουν με τον σημερινό τρόπο ζωής. Επειδή, λοιπόν, οι περισσότεροι άνθρωποι δεν ανταποκρίνονται στην περιγραφή που είχε υιοθετηθεί παλαιότερα (κατά την περίοδο που δημοσιεύτηκαν οι συγκεκριμένες μέθοδοι εκτίμησης του PAL), για τον καθιστικό τρόπο ζωής (χαμηλή φυσική δραστηριότητα) ίσως θα ήταν πρόπον να χρησιμοποιηθεί κάποια τιμή χαμηλότερη από το 1,4. Από την παρούσα μελέτη φάνηκε πως ο καθιστικός τρόπος ζωής της σημερινής εποχής, που μετρήθηκε από δείγμα του πληθυσμού της περιφερειακής ενότητας Ηρακλείου Κρήτης, αντιστοιχεί περισσότερο σε τιμές γύρω στο 1,3 (από 1,2 έως 1,4). Μια τέτοια τιμή σαφώς δεν αντιστοιχεί σε ένα υγιεινό πρότυπο δραστηριότητας, όμως αντανακλά αντικειμενικά την κατηγορία της σημερινής καθιστικής ζωής, με βάση τις δικές μας μετρήσεις.

Οι τόσο χαμηλές τιμές PAL δεν είναι πρωτόγνωρες στη βιβλιογραφία. Οι Black *et al.* (1996) που χρησιμοποίησαν μετρήσεις DLW αναφέρουν πολύ χαμηλές μετρημένες τιμές (π.χ. 1,21) για ανθρώπους κατάκοιτους σε καροτσάκι. Παρομοίως, στο άρθρο FAO/WHO/UNU (1985) προτείνεται η τιμή 1,27 για τη συγκεκριμένη κατηγορία ασθενών. Όμως η διαφορά εδώ είναι πως και οι δύο μέθοδοι προτείνουν αυτήν την τιμή αποκλειστικά ως την ελάχιστη ανάγκη για επιβίωση (FAO, 1985; Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996), ενώ εμείς μελετήσαμε υγιείς ανθρώπους που ζουν ελεύθερα την καθημερινότητά τους και καταγράψαμε τόσο χαμηλές τιμές. Αντίστοιχα και η επιτροπή της SACN το 2011 στα δεδομένα από τις μελέτες που χρησιμοποίησαν βρήκαν χαμηλές τιμές PAL έως και 1,01 (Subar *et al.*, 2003; Toozee *et al.*, 2007; Moshfegh *et al.*, 2008; SACN, 2011), αλλά τις προσάρμοσαν για >1,27 στις εκατοστιαίες θέσεις τους, με την ερμηνεία πως τόσο χαμηλές τιμές δεν θεωρούνται βιώσιμες (SACN, 2011). Επίσης, σύμφωνα με την μελέτη του Westerterp (2018), οι τιμές του δείκτη PAL που μετρήθηκαν μέσω της μεθόδου DLW σε δείγμα γενικού πληθυσμού ηλικίας άνω των 18 ετών κυμαινόταν από 1,1 έως 2,5, πολύ κοντά στο εύρος που μετρήσαμε και στην παρούσα μελέτη. Μόνο η μέθοδος που προτείνει το IOM (2005) δίνει την δυνατότητα εκτίμησης του δείκτη PAL με τιμές από 1,0 έως 1,39 για άτομα με καθιστική ζωή (Institute of Medicine, 2005), μέσω της αποτίμησης της ενεργειακής δαπάνης καθεμίας δραστηριότητας που εκτελείται ημερησίως. Μια τέτοια

προσέγγιση, που εμπεριέχει και την δυνατότητα για τόσο χαμηλές εκτιμήσεις, πιθανώς να συμφωνεί με την μετρημένη τιμή του PAL για τον πληθυσμό μας, όπως άλλωστε παρατηρήθηκε και από τους Alfonzo-González *et al.* (2004).

Μπορεί οι τόσο χαμηλές τιμές PAL να μην είναι σωστές όσον αφορά την προαγωγή ενός υγιεινού τρόπου ζωής, όμως από την πλευρά του διαιτολόγου είναι σημαντική και επιβεβλημένη η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του πελάτη. Επομένως, η χρήση τέτοιων τιμών προτείνεται ως ένα πρακτικό εργαλείο στα χέρια του διαιτολόγου, όχι για την προαγωγή και θέσπιση συστάσεων, αλλά για την πραγματική εκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας του διαιτώμενου, που **θα οδηγήσει σε ακριβέστερη εκτίμηση της δαπανώμενης ενέργειας και ως εκ τούτου, του παρεχόμενου διαιτολογίου.**

Όπως φαίνεται από την δευτερεύουσα ανάλυση που κάναμε σε μικρό μέρος του συνολικού δείγματός μας ($n = 10$), τα διαγράμματα Bland-Altman δείχνουν συμφωνία μεταξύ μετρημένης τιμής και εκτίμησης του PAL με την μέθοδο που προτάθηκε στην αναφορά του IOM (2005), με την μέση διαφορά να είναι σχεδόν μηδενική και την τυπική απόκλιση να είναι αρκετά μικρή (0,04), πολύ μικρότερη και από τις πέντε κύριες υπό μελέτη μεθόδους. Αξιοσημείωτο είναι επίσης πως τα όρια συμφωνίας βρίσκονται εντός του ανώτερου ορίου $\pm 0,10$ που θέσαμε, αλλά και 9 από τα 10 σημεία βρίσκονται εντός του επιθυμητού ορίου $\pm 0,05$. Επίσης, τα σημεία δεν εμφανίζουν κάποια κλίση (bias) στο διάγραμμα Bland-Altman. Η καταλληλότητα της εκτίμησης της TEE (συνολικής ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης) μέσω της μεθόδου που προτάθηκε στα DRIs από το IOM (2005), για περιπτώσεις ατόμων με χαμηλό ή μέτριο επίπεδο δραστηριότητας, επιβεβαιώνεται και από τους Alfonzo-González *et al.* (2004) οι οποίοι μέτρησαν το TEE με τη μέθοδο DLW. Στην παρούσα δευτερεύουσα αυτή ανάλυση, λόγω του μικρού δείγματος ($n = 10$), δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα, όμως τα δεδομένα δείχνουν αρκετά ελπιδοφόρα για περαιτέρω μελέτη.

Σε αυτό το σημείο θα γίνει αναφορά και στους πιθανούς περιορισμούς της μελέτης μας, ένας από τους οποίους είναι η χρήση επιταχυνσιόμετρου για την μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης για την φυσική δραστηριότητα (PAEE). Ναι μεν το Actigraph wGT3X – BT φορεμένο στην περιοχή της μέσης ανήκει στην κατηγορία των επιταχυνσιόμετρων που εμφανίζει την καλύτερη συμφωνία με την μέτρηση του DLW (σε συνδυασμό με εξισώσεις

BMR για την εύρεση της PAEE), αλλά η μέτρηση που δίνει είναι πάλι χαμηλότερη κατά 50-73% (Chomistek *et al.*, 2017). Υπάρχει, δηλαδή, υποεκτίμηση της φυσικής δραστηριότητας. Ένας πιθανός λόγος που με το επιταχυνσιόμετρο γίνεται υποεκτίμηση σύμφωνα με τους ερευνητές Chomistek *et al.* (2017) είναι η αδυναμία του οργάνου να καταγράφει ορισμένους τύπους δραστηριότητας, π.χ. κινήσεις των χεριών, περπάτημα σε ανηφόρα (αντί σε επίπεδη επιφάνεια) ή επιπλέον δραστηριότητα που εκτελείται κατά τη μεταφορά αντικειμένων (Chomistek *et al.*, 2017). Τα επιταχυνσιόμετρα, λοιπόν, δεν είναι ευαίσθητα σε δραστηριότητες όπως η ποδηλασία ή το ανέβασμα σκάλας, όπως επίσης και στο κολύμπι, λόγω μη χρήσης του εξοπλισμού στο νερό (Miles, 2007). Ένα ιδιαίτερο εύρημα είναι πως η μέτρηση βημάτων με το Actigraph wGT3X – BT βρέθηκε ως μια από τις πιο αξιόπιστες σε σχέση με άλλα επιταχυνσιόμετρα, για ταχύτητες 1,1-2,7 m/s (Ngueleu *et al.*, 2022). Η αξιοπιστία αυτή, όμως, φάνηκε να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα βάδισης, γιατί σε χαμηλό ρυθμό (<0,9 m/s) βρέθηκε αντίστοιχα μειωμένη εγκυρότητα (υποεκτίμηση) ως προς την βηματομέτρηση (Esliger *et al.*, 2007; Motl, Snook and Agiovlasitis, 2011; Nuss *et al.*, 2020; Ngueleu *et al.*, 2022). Επομένως, υπάρχει πιθανότητα οι χαμηλές τιμές που βρήκαμε στις μετρήσεις μας, να οφείλονται σε αδυναμία του επιταχυνσιόμετρου να αντιληφθεί πολύ ελαφριά φυσική δραστηριότητα, εξάλλου το δείγμα μας όπως είδαμε παραπάνω έχει ως επί το πλείστον καθιστική ζωή. Παρομοίως, να σημειωθεί πως μπορεί να έχουν υποκαταγραφεί και άλλες ιδιαίτερες δραστηριότητες (ποδηλασία, κολύμπι ή ασκήσεις με βάρη), τις οποίες μας ανέφεραν πως κάνουν καθημερινά ορισμένα από τα υποκείμενα του δείγματος.

Ένας άλλος παράγοντας που πιθανώς παίζει ρόλο στην απόκλιση μεταξύ μέτρησης και εκτίμησης είναι η αυθόρμητη φυσική δραστηριότητα (Spontaneous Physical Activity) (Ravussin *et al.*, 1986; Levine, Schleusner and Jensen, 2000), που φαίνεται να έχει μεγάλη διακύμανση από άτομο σε άτομο και μπορεί να αποτελέσει σημαντικό μέρος της δαπανώμενης ενέργειας (100-800 kcal/d) (Ravussin *et al.*, 1986), συμβάλλοντας έτσι στην μεταβλητότητα της TEE (Ravussin *et al.*, 1986; Levine, Schleusner and Jensen, 2000). Τέτοιες κινήσεις, αναφερόμενες ως “fidgeting”, περιλαμβάνουν την κίνηση των άκρων λόγω νευρικότητας (σε καθιστή ή όρθια θέση) (Levine, Schleusner and Jensen, 2000). Πιθανότατα αυτού του είδους οι κινήσεις, όπως και το πολύ αργό περπάτημα, να μην

βρίσκονται στο φάσμα της ευαισθησίας του οργάνου ώστε να καταγραφούν και για αυτό να είχαμε τόσο χαμηλές τιμές PAL.

Ένας άλλος πιθανός περιορισμός είναι το ελάχιστο όριο των δυο (2) τουλάχιστον ημερών καταγραφής της φυσικής δραστηριότητας με το επιταχυνσιόμετρο. Για όλο το δείγμα μας είχαμε καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας από 2 έως και 22 ημέρες, ενώ ο μέσος όρος των καταγεγραμμένων ημερών ήταν 3,5 ημέρες. Για τα άτομα με ελαφρά ή υψηλή δραστηριότητα μπορεί αυτός ο χρόνος να αρκούσε ώστε να καταγραφεί η συνήθης φυσική δραστηριότητα, όμως για τον μέσο όρο του δείγματος, που έχει καθιστικό τρόπο ζωής, προτείνεται από τη βιβλιογραφία η καταγραφή της δραστηριότητας για περισσότερο από πέντε ημέρες. Επομένως, για τα άτομα, που είχαν μόνο δυο ή τρεις ημέρες καταγραφής μπορεί να μην φάνηκε επαρκώς η διακύμανση της φυσικής δραστηριότητας από μέρα σε μέρα (Hart *et al.*, 2011; Sasaki *et al.*, 2017). Επειδή, πάντα δίνονταν η οδηγία στους εξεταζόμενους να καταγράψουν αντιπροσωπευτικές ημέρες, και για να συμπεριληφθούν στην παρούσα μελέτη γίνονταν διασταύρωση της καταγραφής με τις απαντήσεις των ερωτήσεων φυσικής δραστηριότητας από εμάς, ώστε να συμπεριληφθούν στο δείγμα. Επομένως, το σφάλμα αυτό θεωρείται, κατά το δυνατόν, ελάχιστο.

Παρόλα αυτά, δεν μπορεί να μείνει ασχολίαστο πως με μια ματιά στα διαγράμματα Bland-Altman των πέντε μεθόδων αυτή η υποεκτίμηση της μετρημένης φυσικής δραστηριότητας είναι διακριτή. Τα σημεία στο αριστερό μέρος των διαγραμμάτων Bland-Altman (χαμηλές τιμές PAL) έχουν υπερεκτίμηση του δείκτη φυσικής δραστηριότητας, ενώ καθώς πάμε δεξιά, όπου αυξάνεται η φυσική δραστηριότητα με βάση τον δείκτη PAL, η διαφορά φαίνεται να μειώνεται και φτάνει περίπου στο μηδέν. Αυτό ενδεχομένως να συνάδει με τα παραπάνω, ότι δηλαδή πιθανώς υπάρχει υποεκτίμηση στην μετρημένη φυσική δραστηριότητα για τα άτομα με καθιστικό τρόπο ζωής.

Τέλος, στους περιορισμούς συγκαταλέγεται και το γεγονός ότι οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα διαγράμματα Bland-Altman εμφάνισαν λοξότητα στην κατανομή τους (μη κανονική κατανομή). Αυτό είναι επόμενο, αφού όπως είδαμε, το δείγμα στην συγκεκριμένη μελέτη είναι επικεντρωμένο σε χαμηλές τιμές PAL (βλ. μέση τιμή δείγματος $PAL=1,43$), με πολύ λίγες υψηλές τιμές που δεν επαρκούν ώστε να εξομαλυνθεί η καμπύλη της κανονικότητας.

Αναφορικά με τα δυνατά σημεία της έρευνας αυτής, παρατηρήθηκε πως ακόμα και στις μελέτες που χρησιμοποιήθηκε η gold standard μέθοδος του DLW για την μέτρηση της TEE, δε γινόταν πάντα μέτρηση του BMR, αλλά ως επί το πλείστον γινόταν χρήση εξισώσεων εκτίμησής του (Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, 1996; Institute of Medicine, 2005; Johansson and Westerterp, 2008; SACN, 2011; Ministry of Health Labour and Welfare, 2015). Επομένως, στις προαναφερόμενες μελέτες εμπεριέχεται το σφάλμα της εκτίμησης του BMR που έχει η κάθε εξίσωση στα διάφορα άτομα και αντίστοιχα, στον κάθε πληθυσμό μελέτης. Όμως το σφάλμα αυτό της εκτίμησης του BMR μεταφέρεται στην τελική εκτίμηση των τιμών PAL στις μελέτες αυτές, καθώς $PAL = TEE/BMR$. Στην παρούσα έρευνα, παρόλο που δεν χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του DLW, μετρήθηκαν και οι δύο παράμετροι (RMR και PAEE), επομένως η τιμή PAL που βρέθηκε ήταν πλήρως μετρημένη.

Επίσης, οι συγγραφείς Chomistek *et al.* (2017) πρότειναν την χρήση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης από τη φυσική δραστηριότητα, που υπολογίζει το επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων, έναντι της απομόνωσης της μέτριας προς έντονης φυσικής δραστηριότητας (Moderate to Vigorous Physical Activity) που έχει τη δυνατότητα το λογισμικό να υπολογίζει ως ξεχωριστή μεταβλητή, καθώς δίνει την καλύτερη συσχέτιση με την μέτρηση της PAEE μέσω του DLW. Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε η παραπάνω πρακτική και δεν χρησιμοποιήθηκε μόνο κάποια συγκεκριμένη ένταση για την φυσική δραστηριότητα, αλλά αυτή αξιολογήθηκε ως σύνολο, πράγμα που θεωρητικά κατατάσσεται στα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού της μελέτης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μια πολύ σημαντική παράμετρος για την πρακτική εξάσκηση του επαγγέλματος διαιτολόγου είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του διαιτώμενου/πελάτη. Ένας απλός τρόπος για να γίνει αυτό είναι με χρήση του Δείκτη Φυσικής Δραστηριότητας (Physical Activity Level, PAL), ο οποίος μπορεί να εκτιμηθεί με βάση τη φυσική δραστηριότητα που δηλώνεται. Στη βιβλιογραφία είναι καταγεγραμμένες, εξ όσων τουλάχιστον γνωρίζουμε, οκτώ μέθοδοι εκτίμησης του PAL, όμως απ' ότι φαίνεται δεν έχει μελετηθεί εκτεταμένα η εγκυρότητα όλων αυτών των μεθόδων, συσχετίζοντας τις εκτιμήσεις με τις μετρημένες τιμές του PAL. Η παρούσα μελέτη είχε σκοπό τη διερεύνηση της εγκυρότητας των πέντε από τις οκτώ διαφορετικές προσεγγίσεις εκτίμησης του PAL, σε ένα δείγμα υγιούς πληθυσμού 123 ατόμων από την περιφερειακή ενότητα του Ηράκλειου Κρήτης. Η σύγκριση έγινε μεταξύ των εκτιμώμενων τιμών του PAL και της μετρημένης τιμής του, χρησιμοποιώντας μια δική μας μεθοδολογία μέτρησης του PAL, μέσω της μέτρησης του βασικού μεταβολισμού με έμμεση θερμιδομετρία και της μέτρησης της φυσικής δραστηριότητας με χρήση επιταχυνσιομέτρου.

Αυτό που βρέθηκε είναι πως και οι πέντε μέθοδοι είχαν κάποια αδυναμία ως προς την συμφωνία τους με την μετρημένη τιμή για χρήση στον πληθυσμό της περιοχής Ηρακλείου Κρήτης. Όλες οι μέθοδοι υπερεκτιμούν λίγο ή πολύ τη τιμή του PAL σε σχέση με την μετρημένη τιμή, με την μέση διαφορά να είναι για όλες τις μεθόδους από εντός του επιθυμητού ορίου μέχρι και οριακά μη αποδεκτή (από +0,03 έως +0,11), με γνώμονα τα όρια που θέσαμε για πρακτική χρήση. Η μέθοδος του Department of Health (1991) φαίνεται να εμφανίζει την βέλτιστη συμφωνία με βάση τα κριτήρια του διαγράμματος Bland-Altman, με πολύ μικρή μέση απόκλιση (+0,03) από την μετρημένη τιμή του PAL, σε σχέση με τις υπόλοιπες τέσσερις μεθόδους και είναι η μοναδική από τις πέντε μεθόδους που έχει μέση απόκλιση μικρότερη από το επιθυμητό όριο που θέσαμε στο Μέρος 2.5, δηλαδή $\pm 0,05$. Αυτό σημαίνει πως, να μεν υπερεκτιμά σταθερά την τιμή του PAL, αλλά σε αρκετά μικρό και αποδεκτό βαθμό ως προς τον μέσο όρο της υπερεκτίμησης. Όσον αφορά την τυπική απόκλιση και τα όρια συμφωνίας στα διαγράμματα Bland-Altman, καμία μέθοδος δεν ήταν εντός αποδεκτού ορίου και είχαν όλες παρόμοια τυπική απόκλιση, της τάξης του 0,10 έως 0,12. Την δεύτερη καλύτερη συμφωνία φαίνεται πως έχει η μέθοδος του Ministry of Health Labour and Welfare (2015), όπου η μέση απόκλιση που εμφανίζει από τη μετρημένη τιμή

του PAL είναι η δεύτερη μικρότερη, και είναι εντός του ανώτερου αποδεκτού ορίου $\pm 0,10$, που θέσαμε. Αυτή η μέθοδος εμφάνισε και τη μικρότερη τυπική απόκλιση, πάλι όμως εκτός του αποδεκτού ορίου για τις μεμονωμένες μετρήσεις. Ακολουθεί η μέθοδος των Johansson & Westerterp (2008), η οποία έχει και αυτή αποδεκτή μέση απόκλιση (με βάση το ανώτερο όριο που τέθηκε), πάλι όμως με μεγάλη τυπική απόκλιση. Και για τις τρεις αυτές μεθόδους, το αρνητικό είναι πως τα σημεία των διαγραμμάτων Bland-Altman εμφανίζουν λοξότητα (αρνητική κλίση, bias). Τέλος, οι μέθοδοι Black *et al.* (1996) και FAO/WHO/UNU (2004) έχουν παρόμοια μέση διαφορά από την μετρημένη τιμή, η οποία όμως είναι στο όριο του μη αποδεκτού (οριακά μεγαλύτερη από $+0,10$). Έχουν επίσης και οι δυο αρκετά μεγάλη τυπική απόκλιση. Όμως, το δυνατό σημείο των δυο αυτών μεθόδων είναι πως τα σημεία των διαγραμμάτων Bland-Altman δεν εμφανίζουν κλίση (bias).

Αυτό που παρατηρήθηκε είναι πως μια πιο προσεκτική εκτίμηση, με συγκρατημένη γενναιοδωρία όσον αφορά την χρήση υψηλών τιμών PAL, μπορεί να συμβάλει θετικά στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί πως οι πολύ χαμηλές τιμές PAL ($< 1,4$) που μετρήσαμε σε ένα σημαντικό ποσοστό του δείγματος και οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι οι μέθοδοι εκτίμησης υπερεκτιμούν την πραγματική τιμή του PAL, μπορεί να οφείλονται στο γεγονός πως αρκετά άτομα του δείγματος έχουν καθιστικό τρόπο ζωής, επομένως η μικρή φυσική τους δραστηριότητα με το επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων μπορεί να υποεκτιμά την πραγματική τιμή της ενεργειακής δαπάνης.

Σε μια δευτερεύουσα ανάλυση προχωρήσαμε σε μελέτη της εγκυρότητας της εκτίμησης του PAL με την μέθοδο που πρότειναν οι ερευνητές του IOM (2005). Η ανάλυση αυτή έγινε ξεχωριστά, διότι η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί λεπτομερή περιγραφή των εκάστοτε καθημερινών και εβδομαδιαίων δραστηριοτήτων για την εκτίμηση του δείκτη PAL και λόγω των περιορισμένων αναλυτικών πληροφοριών περί φυσικής δραστηριότητας που είχαμε σε όλο το δείγμα, συμπεριλήφθηκε μόνο ένα μέρος του συνολικού δείγματός μας ($N = 10$) με $PAL < 1,4$. Με τη μέθοδο εκτίμησης που πρότεινε το IOM (2005) βρήκαμε μια καλή συμφωνία με τις μετρημένες τιμές, με μηδενική μέση διαφορά και μικρή τυπική απόκλιση, με αποδεκτά όρια συμφωνίας για όλα τα σημεία και επίσης, χωρίς κλίση (bias) των σημείων στο διάγραμμα Bland-Altman. Όμως, σε αυτήν τη δευτερεύουσα ανάλυση, λόγω του μικρού δείγματος ($N=10$) και του μικρού εύρους διακύμανσης των τιμών ($1,2 < PAL < 1,4$), δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Τα ευρήματά μας όσον αφορά τις δύο μεθόδους, των FAO/WHO/UNU (2004) και του IOM (2005), συμφωνούν με τα αποτελέσματα της μελέτης των Alfonzo-González *et al.* (2004), η οποία έδειξε πως η μέθοδος που προτάθηκε στα DRIs (IOM, 2005) φαίνεται να είναι πιο προσαρμοσμένη στο να μετρά την πραγματική ενεργειακή ανάγκη, σε σχέση με τη μέθοδο των FAO/WHO/UNU (2004) που υπερεκτιμά την πραγματική τιμή.

Τέλος, μέσω της παρούσας μελέτης φάνηκαν κάποια σημεία προσοχής για την μελλοντική έρευνα που είναι δυνατό να βελτιώσουν την δύναμη των αποτελεσμάτων. Η αξιόπιστη μέτρηση της φυσικής δραστηριότητας είναι πολύ σημαντική. Η μέτρηση με επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί, όμως περισσότερες ημέρες καταγραφής και συγκεκριμένα από 5 ημέρες και πάνω, θα βελτιώσουν την αξιοπιστία της καθημερινής δραστηριότητας και θα εξασφαλιστεί ότι είναι αντιπροσωπευτική. Σίγουρα η μέτρηση με την μέθοδο του διπλά σημασμένου νερού (DLW) είναι η πρότυπη για την εύρεση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης και έπειτα της φυσικής δραστηριότητας, όμως είναι κατανοητό πως δεν είναι εύκολα εφαρμόσιμη. Ένα ακόμα σημείο προσοχής που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της εκτίμησης του PAL, είναι η χρήση μελετημένων ερωτηματολογίων φυσικής δραστηριότητας, όπως το IPAQ (International Physical Activity Questionnaire) και το APAQ (Athens Physical Activity Questionnaire). Μέσω αυτών λαμβάνονται πιο συγκεκριμένες πληροφορίες για την καθημερινή φυσική δραστηριότητα και τον τρόπο ζωής, σε σχέση με τον τρόπο που επιλέξαμε εμείς μέσω συνέντευξης και κατάλληλων ερωτήσεων. Οι διευκρινιστικές ερωτήσεις προσφέρουν σίγουρα το κάτι παραπάνω. Ένα δυνατό σημείο της μελέτης αυτής αποτέλεσε η μέτρηση των επιμέρους παραμέτρων του PAL από την εξίσωση $PAL = TEE/BMR$. Επομένως, αυτό που μπορεί να προταθεί είναι η μέτρηση και της TEE, αλλά και του BMR, και όχι η εκτίμησή του μέσω εξισώσεων, που προσθέτει ανάλογο σφάλμα. Η αξιόπιστη μέτρηση του BMR έχει ύψιστη σημασία, συνεπώς, το πρωτόκολλο μέτρησης του BMR θα πρέπει να εφαρμόζεται κατά γράμμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Adriaens, M. P. E., Schoffelen, P. F. M. and Westerterp, K. R. (2003) 'Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing', *British Journal of Nutrition*, 90(2), pp. 419–423. doi: 10.1079/bjn2003895.
- Ainsworth, B. E. *et al.* (2012) 'Recommendations to Improve the Accuracy of Estimates of Physical Activity Derived From Self Report', *Journal of Physical Activity and Health*. Human Kinetics, Inc., 9(s1), pp. S76–S84. doi: 10.1123/JPAH.9.S1.S76.
- Alfonzo-González, G. *et al.* (2004) 'Estimation of daily energy needs with the FAO/WHO/UNU 1985 procedures in adults: Comparison to whole-body indirect calorimetry measurements', *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(8), pp. 1125–1131. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601940.
- Balci, A. *et al.* (2021) 'Current Predictive Resting Metabolic Rate Equations Are Not Sufficient to Determine Proper Resting Energy Expenditure in Olympic Young Adult National Team Athletes', *Frontiers in Physiology*. Frontiers Media S.A., 12, p. 51. doi: 10.3389/FPHYS.2021.625370/BIBTEX.
- Bandini, L. G. *et al.* (1991) 'Body composition and energy expenditure in adolescents with cerebral palsy or myelodysplasia', *Pediatric research*. *Pediatr Res*, 29(1), pp. 70–77. doi: 10.1203/00006450-199101000-00014.
- Black, AE Coward, WA Cole, TJ Prentice, A. (1996) 'Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements', *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(5), pp. 157–167.
- Bland, J. M. and Altman, D. G. (1986) 'STATISTICAL METHODS FOR ASSESSING AGREEMENT BETWEEN TWO METHODS OF CLINICAL MEASUREMENT', *The Lancet*, pp. 307–310.
- Bland, J. M. and Altman, D. G. (1995) 'Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading', *Lancet (London, England)*. *Lancet*, 346(8982), pp. 1085–1087. doi: 10.1016/S0140-6736(95)91748-9.
- Chatzaki, A. (2018) *Measurement of Body Composition and Resting Metabolic Rate by using various methods in a healthy population of age 16-78*. Hellenic Mediterranean University.
- Chomistek, A. K. *et al.* (2017) 'Physical Activity Assessment with the ActiGraph GT3X and Doubly Labeled Water', *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(9), pp. 1935–1944. doi: 10.1249/MSS.0000000000001299.
- Compher, C. *et al.* (2006) 'Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review', *Journal of the American Dietetic Association*, 106(6), pp. 881–903. doi: 10.1016/j.jada.2006.02.009.
- D'Alessio, D. A. *et al.* (1988) 'Thermic effect of food in lean and obese men', *Journal of Clinical Investigation*, 81(6), pp. 1781–1789. doi: 10.1172/JCI113520.
- Department of Health (1991) 'Dietary reference values for food energy and nutrients for

the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy', *Reports on health and social subjects*. Rep Health Soc Subj (Lond), 41, pp. 1–210. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1961974/> (Accessed: 10 November 2021).

Erlichman, J., Kerbey, A. L. and James, W. P. T. (2002) 'Physical activity and its impact on health outcomes. Paper 2: prevention of unhealthy weight gain and obesity by physical activity: an analysis of the evidence', *Obesity Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, 3(4), pp. 273–287. doi: 10.1046/J.1467-789X.2002.00078.X.

Esco, M. R. *et al.* (2019) 'Agreement between supine and standing bioimpedance spectroscopy devices and dual-energy X-ray absorptiometry for body composition determination', *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 39(5), pp. 355–361. doi: 10.1111/cpf.12585.

Esliger, D. W. *et al.* (2007) 'Validity of the Actical accelerometer step-count function', *Medicine and science in sports and exercise*. Med Sci Sports Exerc, 39(7), pp. 1200–1204. doi: 10.1249/MSS.0B013E3804EC4E9.

FAO (1985) *Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. Geneva. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3937340/> (Accessed: 5 November 2021).

FAO (2004) *Human energy requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, FAO Food and nutrition technical report series*. Rome.

Faria, S. L. *et al.* (2012) 'Diet-induced thermogenesis and respiratory quotient after Roux-en-Y gastric bypass', *Surgery for Obesity and Related Diseases*. Elsevier Inc., 8(6), pp. 797–802. doi: 10.1016/j.soard.2012.06.008.

Field, A. (2009) *Discovering Statistics using SPSS*. 3rd edn. SAGE Publications.

Garby, L. *et al.* (1987) 'Energy expenditure during sleep in men and women: evaporative and sensible heat losses', *Human nutrition. Clinical nutrition*. Hum Nutr Clin Nutr, 41(3), pp. 225–233. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3610667/> (Accessed: 22 December 2022).

Giavarina, D. (2015) 'Understanding Bland Altman analysis', *Biochemia Medica*. Medicinska naklada, 25(2), pp. 141–151. doi: 10.11613/BM.2015.015.

Going, S. B. (2005) *Human Body Composition*. 2nd edn. Edited by S. B. Heymsfield *et al.* Human Kinetics. Available at: <https://us.humankinetics.com/products/human-body-composition-2nd-edition> (Accessed: 2 January 2023).

Gropper, S. S., Smith, J. L. and Carr, T. P. (2021) *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. 8th edn. Cengage Learning, Inc.

Hart, T. L. *et al.* (2011) 'How many days of monitoring predict physical activity and sedentary behaviour in older adults?', *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. BioMed Central, 8(1), pp. 1–7. doi: 10.1186/1479-5868-8-62/TABLES/4.

- Haugen, H. A., Chan, L.-N. and Li, F. (2007) 'Invited Review Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians Determining Energy Expenditure', *Nutrition in clinical practice*, (22), pp. 377–388.
- Henry, C. (2005) 'Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations', *Public health nutrition*. Public Health Nutr, 8(7A), pp. 1133–1152. doi: 10.1079/PHN2005801.
- Heyward, V. H. and Wagner, D. R. (2004) *Applied Body Composition Assessment*. 2nd edn. Human Kinetics. Available at: <https://www.amazon.com/Applied-Body-Composition-Assessment-2nd/dp/0736046305> (Accessed: 2 January 2023).
- Institute of Medicine (2005) 'Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids', *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*. National Academies Press, pp. 1–1358. doi: 10.17226/10490.
- Ishikawa-Takata, K. *et al.* (2011) 'Use of Doubly Labeled Water to Validate a Physical Activity Questionnaire Developed for the Japanese Population', *Journal of Epidemiology*. Japan Epidemiological Association, 21(2), p. 114. doi: 10.2188/JEA.JE20100079.
- Johansson, G. and Westerterp, K. R. (2008) 'Assessment of the physical activity level with two questions: Validation with doubly labeled water', *International Journal of Obesity*, 32(6), pp. 1031–1033. doi: 10.1038/ijo.2008.42.
- Kerr, A. *et al.* (2015) 'Validation of bioelectrical impedance spectroscopy to measure total body water in resistance-trained males', *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(5), pp. 494–503. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0188.
- Krouwer, J. S. (2008) 'Why Bland-Altman plots should use X, not (Y+X)/2 when X is a reference method', *Statistics in medicine*. Stat Med, 27(5), pp. 778–780. doi: 10.1002/SIM.3086.
- Levine, J. A., Schlessner, S. J. and Jensen, M. D. (2000) 'Energy expenditure of nonexercise activity', *The American journal of clinical nutrition*. Am J Clin Nutr, 72(6), pp. 1451–1454. doi: 10.1093/AJCN/72.6.1451.
- Matarese, L. E. (1997) 'Indirect calorimetry: Technical aspects', *Journal of the American Dietetic Association*, 97(2), pp. 154–160. doi: 10.1097/00044067-200305000-00005.
- Matias, C. N. *et al.* (2013) 'Is bioelectrical impedance spectroscopy accurate in estimating total body water and its compartments in elite athletes?', *Annals of Human Biology*, 40(2), pp. 152–156. doi: 10.3109/03014460.2012.750684.
- Miles, L. (2007) 'Physical activity and health', *British Nutrition Foundation*, pp. 314–363. doi: 10.1201/9781315119410.
- Ministry of Health Labour and Welfare (2015) 'Overview of Dietary Reference Intakes for Japanese: Ministry of Health, Labour and Welfare', 21(103), pp. 1–42.
- Moon, J. R. *et al.* (2008) 'Total body water estimations in healthy men and women using bioimpedance spectroscopy: A deuterium oxide comparison', *Nutrition and Metabolism*,

5(1), pp. 1–6. doi: 10.1186/1743-7075-5-7.

Moshfegh, A. J. *et al.* (2008) ‘The US Department of Agriculture Automated Multiple-Pass Method reduces bias in the collection of energy intakes’, *The American journal of clinical nutrition*. Am J Clin Nutr, 88(2), pp. 324–332. doi: 10.1093/AJCN/88.2.324.

Motl, R. W., Snook, E. M. and Agiovlasitis, S. (2011) ‘Does an accelerometer accurately measure steps taken under controlled conditions in adults with mild multiple sclerosis?’, *Disability and Health Journal*. Elsevier, 4(1), pp. 52–57. doi: 10.1016/J.DHJO.2010.02.003.

Mtaweh, H. *et al.* (2018) ‘Indirect Calorimetry: History, Technology, and Application’, *Frontiers in Pediatrics*. Frontiers Media SA, 6, p. 257. doi: 10.3389/FPED.2018.00257.

Ngueleu, A.-M. *et al.* (2022) ‘Criterion validity of ActiGraph monitoring devices for step counting and distance measurement in adults and older adults: a systematic review’, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 19, p. 112. doi: 10.1186/s12984-022-01085-5.

Nickerson, B. S. *et al.* (2017a) ‘Impact of Measured vs. Predicted Residual Lung Volume on Body Fat Percentage Using Underwater Weighing and 4-Compartment Model’, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), pp. 2519–2527. doi: 10.1519/JSC.0000000000001698.

Nickerson, B. S. *et al.* (2017b) ‘Validity of Selected Bioimpedance Equations for Estimating Body Composition in Men and Women: A Four-Compartment Model Comparison’, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), pp. 1963–1972.

Nickerson, B. S. *et al.* (2018) ‘Validity of BMI-Based Body Fat Equations in Men and Women: A 4-Compartment Model Comparison’, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), pp. 121–129.

Nickerson, B. S. *et al.* (2019) ‘The relative accuracy of skinfolds compared to four-compartment estimates of body composition’, *Clinical Nutrition*. Elsevier Ltd, 39(4), pp. 1112–1116. doi: 10.1016/j.clnu.2019.04.018.

Nuss, K. J. *et al.* (2020) ‘Comparison of Energy Expenditure and Step Count Measured by ActiGraph Accelerometers Among Dominant and Nondominant Wrist and Hip Sites’, *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*. Human Kinetics, 3(4), pp. 315–322. doi: 10.1123/JMPB.2019-0064.

Prentice, A. M. *et al.* (1989) ‘Is severe wasting in elderly mental patients caused by an excessive energy requirement?’, *Age and ageing*. Age Ageing, 18(3), pp. 158–167. doi: 10.1093/AGEING/18.3.158.

Ravussin, E. *et al.* (1986) ‘Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber’, *Journal of Clinical Investigation*, 78(6), pp. 1568–1578. doi: 10.1172/JCI112749.

Ravussin, E. *et al.* (1991) ‘Energy expenditure by doubly labeled water: validation in lean and obese subjects’, *The American journal of physiology*. Am J Physiol, 261(3 Pt 1). doi: 10.1152/AJPENDO.1991.261.3.E402.

- Redondo, R. B. (2015) 'Resting energy expenditure; assessment methods and applications', *Nutricion hospitalaria*. Nutr Hosp, 31 Suppl 3, pp. 245–254. doi: 10.3305/NH.2015.31.SUP3.8772.
- Rodríguez, G. *et al.* (2002) 'Resting energy expenditure in children and adolescents: Agreement between calorimetry and prediction equations', *Clinical Nutrition*, 21(3), pp. 255–260. doi: 10.1054/clnu.2001.0531.
- Sadabadi, F. *et al.* (2021) 'Physical activity level (PAL) and risk factors of cardiovascular disease in the MASHAD study cohort', *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*. Elsevier Ltd, 15(6). doi: 10.1016/J.DSX.2021.102316.
- Saris, W. H. M. *et al.* (2003) 'How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement', *Obesity Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, 4(2), pp. 101–114. doi: 10.1046/J.1467-789X.2003.00101.X.
- Sasaki, J. E. *et al.* (2017) 'Number of days required for reliably estimating physical activity and sedentary behaviour from accelerometer data in older adults', <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1403527>. Routledge, 36(14), pp. 1572–1577. doi: 10.1080/02640414.2017.1403527.
- Schulz, L. O. *et al.* (1992) 'Energy expenditure of elite female runners measured by respiratory chamber and doubly labeled water', *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. J Appl Physiol (1985), 72(1), pp. 23–28. doi: 10.1152/JAPPL.1992.72.1.23.
- Schutz, Y. and Deurenberg, P. (1996) 'Energy Metabolism: Overview of Recent Methods Used in Human Studies', *Annals of Nutrition and Metabolism*. Karger Publishers, 40(4), pp. 183–193. doi: 10.1159/000177913.
- Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN) (2011) *Dietary Reference Values for Energy*, *Dietary Reference Values for Energy*. Available at: www.sacn.gov.uk.
- Shetty, P. (2005) 'Energy requirements of adults', *Public health nutrition*. Public Health Nutr, 8(7A), pp. 994–1009. doi: 10.1079/PHN2005792.
- Stroud, M. A., Coward, W. A. and Sawyer, M. B. (1993) 'Measurements of energy expenditure using isotope-labelled water (2H₂(18)O) during an Arctic expedition', *European journal of applied physiology and occupational physiology*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 67(4), pp. 375–379. doi: 10.1007/BF00357638.
- Subar, A. F. *et al.* (2003) 'Using intake biomarkers to evaluate the extent of dietary misreporting in a large sample of adults: the OPEN study', *American journal of epidemiology*. Am J Epidemiol, 158(1), pp. 1–13. doi: 10.1093/AJE/KWG092.
- Tooze, J. A. *et al.* (2007) 'Total daily energy expenditure among middle-aged men and women: the OPEN Study', *The American Journal of Clinical Nutrition*. Oxford Academic, 86(2), pp. 382–387. doi: 10.1093/AJCN/86.2.382.
- 'User Guide ActiGraph wGT3X-BT + ActiLife' (2020). ActiGraph, LLC.
- Vasconcellos, M. T. L. and Anjos, L. A. (2003) 'A simplified method for assessing

physical activity level values for a country or study population’, *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(8), pp. 1025–1033. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601638.

Westerterp, K. R. *et al.* (1986) ‘Use of the doubly labeled water technique in humans during heavy sustained exercise’, *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. *J Appl Physiol* (1985), 61(6), pp. 2162–2167. doi: 10.1152/JAPPL.1986.61.6.2162.

Westerterp, K. R. (2018) ‘Exercise, energy expenditure and energy balance, as measured with doubly labelled water’, *Proceedings of the Nutrition Society*. Cambridge University Press, 77(1), pp. 4–10. doi: 10.1017/S0029665117001148.