



ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΗΜΑΤΟΜΕΤΡΩΝ OMRON HJ-720IT-E2 ΚΑΙ WALKING STYLE PRO II ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ

της
Δήμητρας Γιαννακίδου

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας, στην κατεύθυνση «Μεγιστοποίηση της Αθλητικής επίδοσης και απόδοσης».

Κομοτηνή

2008

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων: Αντώνιος Καμπάς, Επικ. Καθηγητής

2^{ος} Επιβλέπων: Νικόλαος Αγγελούσης, Αν. Καθηγητής

3^{ος} Επιβλέπων: Ιωάννης Φατούρος, Επικ. Καθηγητής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 7270/1
Ημερ. Εισ.: 27/07/2009
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
613.7
ΓΙΑ



© 2008
Δήμητρα Γιαννακίδου
ALL RIGHTS RESERVED

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δήμητρα Γιαννακίδου: Μελέτη της ακρίβειας μέτρησης των βηματόμετρων OMRON HJ-720IT-E2 και Walking Style Pro II σε διαφορετικές εντάσεις επιβάρυνσης

(Υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Αντώνιου Καμπά)

Τα τελευταία χρόνια κυκλοφορούν στην αγορά πολλά ηλεκτρονικά βηματόμετρα, με αποτέλεσμα να γίνεται αναγκαίος ο έλεγχος της ακρίβειας και της αξιοπιστίας τους. Σκοπός της μελέτης ήταν η αξιολόγηση των βηματόμετρων OMRON HJ-720I-E2 και OMRON Walking Style Pro II στην καταγραφή των βημάτων, στον προσδιορισμό της απόστασης και στον προσδιορισμό των θερμίδων, κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες και σε διαφορετικά επίπεδα έντασης. Στη μελέτη συμμετείχαν 42 φοιτητές. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν στο δαπεδοεργόμετρο 5 προσπάθειες των 5 λεπτών σε διαφορετική ταχύτητα κάθε φορά (54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$). Δύο εξεταστές κατέγραφαν για την κάθε επιβάρυνση ξεχωριστά τον πραγματικό αριθμό των βημάτων. Τα βηματόμετρα HJ και WS παρουσίασαν ακρίβεια στην καταγραφή των βημάτων σε όλες τις ταχύτητες. Το βηματόμετρο YAM υποεκτίμησε τη τιμή των βημάτων στη δρομική ταχύτητα $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, ενώ η ακρίβεια καταγραφής των βημάτων βελτιώθηκε στις επόμενες ταχύτητες. Τα βηματόμετρα HJ και WS κατέγραψαν τη μέση απόσταση που διανύθηκε σε τιμές $\pm 10\%$ στις ταχύτητες 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Τα βηματόμετρα HJ και WS παρουσίασαν ακρίβεια στην καταγραφή των θερμίδων στις ταχύτητες 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ παρουσιάζοντας τιμές $\pm 30\%$. Συμπερασματικά τα βηματόμετρα παρουσιάζουν ακρίβεια στην καταγραφή των βημάτων, λιγότερη ακρίβεια στην καταγραφή της απόστασης και ακόμα λιγότερη στην καταγραφή των θερμίδων.

Λέξεις κλειδιά: αισθητήρες κίνησης, φυσική δραστηριότητα, άσκηση

ABSTRACT

Dimitra Giannakidou: A study on the accuracy of OMRON HJ-720IT-E2 and Walking Style Pro II pedometers

(Under the supervision of Assistant Professor Antonios Kambas)

There is considerable public interest in the positive relationship between physical activity and health. The increasing use of pedometers in studies makes necessary the examination of the accuracy and reliability as valid tools for measurements. This study examined the effects of walking speed on the accuracy of 2 pedometers: Omron Walking style pro HJ-720IT-E2 (HJ), Omron and Walking style II (WS). Forty two subjects walked on a treadmill at various speeds (54, 67, 80, 94, and 107m·min⁻¹) for five min stages. Simultaneously, two investigators determined steps by a hand counter and energy expenditure (kcal) by indirect calorimetry. HJ and WS were accurate at all speeds. YAM underestimated steps at 54 m·min⁻¹, but accuracy for step counting improved at faster speeds. HJ and WS displayed the distance traveled. Both of them estimated mean distance to within $\pm 10\%$ at 67, 80, 94 and 107m·min⁻¹, but overestimated distance at slower speed. HJ and WS displayed gross kilocalories. Both pedometer were accurate at 67, 80, 94 and 107m·min⁻¹ to within $\pm 30\%$. In general, pedometers are most accurate for assessing steps, less accurate for assessing distance, and even less accurate for assessing kilocalories.

Key Words: Physical activity, exercise, motion sensor.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στη συγγραφή αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής συνέβαλαν κάποιοι άνθρωποι προς τους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου στον κ. Αντώνιο Καμπά, Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ. Με τις πολύτιμες μεθοδολογικές του υποδείξεις και τις καθοριστικές του συμβουλές κατάφερα να ολοκληρώσω αυτή την έρευνα. Η συμπαράσταση και η φιλική του διάθεση με ωθούν στην ευρύτερη αναζήτηση γνώσεων, με απώτερο στόχο τις διδακτορικές σπουδές.

Οφείλω να ευχαριστήσω τον κ. Κυριάκο Ταξιλάρη, Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ. που μου χάρισε πρώτα από κάθε τι άλλο την εμπιστοσύνη του, τον κ. Νικόλαο Αγγελούση, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ., για την ουσιαστική καθοδήγησή του στη πορεία της εργασίας μου και τον κ. Ιωάννη Φατούρο, Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ., για τις χρήσιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της έρευνάς μου.

Ευχαριστώ θερμά το ισχυρότερο πρότυπο της ζωής μου, τον αδελφό μου Παρασκευά Γιαννακίδη, πτυχιούχο Γεωπονίας ΑΠΘ, που με ενθαρρύνει και με παροτρύνει να θέτω συνεχώς υψηλότερους στόχους μέσω των δικών του επιτευγμάτων. Ευχαριστώ τον θείο μου, κ. Δημήτριο Γιαννακίδη, Καθηγητή Μαθηματικών, για την αντικειμενικότητα, τη σωστή του κρίση καθώς και την απεριόριστη συμπαράσταση του σε κάθε μου βήμα. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου, στους γονείς μου, Μιχάλη και Κατερίνα Γιαννακίδη, που μέσω της εμπιστοσύνης και της στήριξής τους μου δίνουν απλόχερα τη δυνατότητα υλοποίησης κάθε ονείρου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες αξίζουν στους συναδέλφους μου και φίλους, του Εργαστηρίου Προπονητικής και Φυσικής Απόδοσης, Ιωάννη Ντουρουντό, Ιωάννη Μιχαηλίδη, Ελένη Πρίμπα, Μιχάλη Τσιαβταρή και Αθανάσιο Χατζηνικολάου, που βοήθησαν συμβάλλοντας ουσιαστικά στην υλοποίηση αυτής της έρευνας.

*Στους θερμότερους υποστηρικτές μου,
τους γονείς μου...*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT.....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	xiii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Ορισμός και περιγραφή αισθητήρων κίνησης	2
Εγκυρότητα αισθητήρων κίνησης σε καθημερινές συνθήκες διαβίωσης	3
Οριοθετήσεις αισθητήρων κίνησης	4
Σημασία της έρευνας	6
Σκοπός της έρευνας	6
Ερευνητική Υπόθεση	7
Στατιστικές Υποθέσεις	7
Περιορισμοί της μελέτης	9
Θεωρητικοί και Λειτουργικοί ορισμοί	10

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	12
Ακρίβεια βηματόμετρων σε παιδιά	12
Ακρίβεια βηματόμετρων σε καθημερινές συνθήκες διαβίωσης	15
Ακρίβεια βηματόμετρων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες	17
Εγκυρότητα και διαβάθμιση επιταχυνσιόμετρων	18
Μέρες τοποθέτησης αισθητήρων κίνησης	22
Τοποθέτηση και αριθμός αισθητήρων	23
Χρονική διάρκεια καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων	23
Μάζα σώματος	24
Οριοθετήσεις αισθητήρων κίνησης	24
Οριοθετήσεις επιταχυνσιόμετρων	25
Ερμηνεία των δεδομένων των επιταχυνσιόμετρων	25
Αποκλεισμός δεδομένων	26
Εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης με τη χρήση επιταχυνσιόμετρων	27
Ερμηνεία δεδομένων των βηματόμετρων	27
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	29
Δείγμα	29
Εξοπλισμός και Όργανα	29
Προκαταρτικές μετρήσεις	32
Προετοιμασία δοκιμασίας	32
Δοκιμασία αξιολόγησης	33
Αξιολόγηση ακρίβειας στην καταγραφή των βημάτων	34
Αξιολόγηση ακρίβειας στην καταγραφή της απόστασης	34
Αξιολόγηση ακρίβειας στον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης	35
Στατιστική Ανάλυση	35

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
A. Βήματα	38
Περιγραφική στατιστική	38
Ακρίβεια μέτρησης	39
Root Mean Squared Difference (RMS)	39
Standard Error of Measurement (SEM)	40
Συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (ICC)	41
Ανάλυση Διακύμανσης	42
Σύνοψη Ευρημάτων	43
B. Απόσταση	44
Περιγραφική στατιστική	44
Ακρίβεια καταγραφής	45
Root Mean Squared Difference (RMS)	45
Standard Error of Measurement (SEM)	46
Ανάλυση Διακύμανσης	47
Σύνοψη Ευρημάτων	48
Γ. Θερμίδες	48
Περιγραφική στατιστική	48
Ακρίβεια μέτρησης	50
Root Mean Squared Difference (RMS)	50
Standard Error of Measurement (SEM)	50
Συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (ICC)	51
Ανάλυση Διακύμανσης	52
Σύνοψη Ευρημάτων	54

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	55
Ακρίβεια μέτρησης των βημάτων	55
Ακρίβεια καταγραφής της απόστασης	57
Ακρίβεια προσδιορισμού των θερμίδων	58
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	38
Πίνακας 2. Ποσοστιαίες τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών βημάτων για κάθε δρομική ταχύτητα	40
Πίνακας 3. Ποσοστιαίες τιμές SEM για τον αριθμό των βημάτων σε κάθε βηματόμετρο σε κάθε ταχύτητα	41
Πίνακας 4. Συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (ICC) και 95% διάστημα εμπιστοσύνης, μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων βημάτων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα	42
Πίνακας 5. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	43
Πίνακας 6. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόστασης που κατέγραψε κάθε βηματόμετρο ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	44
Πίνακας 7. Ποσοστιαίες τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένης και πραγματικής απόστασης για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα	46
Πίνακας 8. Ποσοστιαίες τιμές SEM για την απόσταση σε κάθε βηματόμετρο σε κάθε ταχύτητα	46
Πίνακας 9. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών της απόστασης κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	47
Πίνακας 10. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	49
Πίνακας 11. Ποσοστιαίες τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών θερμίδων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα	50

Πίνακας 12. Ποσοστιαίες τιμές SEM για τον αριθμό των θερμίδων σε κάθε βηματόμετρο σε κάθε ταχύτητα	51
Πίνακας 13. Συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (ICC) και 95% διάστημα εμπιστοσύνης, μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων θερμίδων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα	52
Πίνακας 14. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	39
Σχήμα 2. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	43
Σχήμα 3. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι της απόστασης που κατέγραψε κάθε βηματόμετρο ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα	45
Σχήμα 4. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών της απόστασης κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	48
Σχήμα 5. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	49
Σχήμα 6. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Βηματόμετρο OMRON HJ-720IT-E2	30
Εικόνα 2. Βηματόμετρο OMRON Walking Style Pro II	30
Εικόνα 3. Χειροκίνητος Μετρητής Βημάτων	31
Εικόνα 4. Αναλυτής αερίων	31
Εικόνα 5. Απεικόνιση δεδομένων	31
Εικόνα 6. Αναστημόμετρο και ζυγαριά (Seca)	32
Εικόνα 7. Τοποθέτηση βηματόμετρων	33
Εικόνα 8. Εφαρμογή μάσκας	33
Εικόνα 9. Καταγραφή πραγματικών βημάτων	34

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

AC	Βηματομέτρο Accusplit Alliance 1510
AG	Επιταχυνσιόμετρο ActiGraph
CO	Βηματομέτρο Colorado on the Move
FR	Βηματομέτρο Freestyle Pacer Pro
HJ	Βηματομέτρο OMRON HJ-720IT-E2
HR	Καρδιακή συχνότητα (Heart Rate)
KZ	Βηματομέτρο Kenz Lifecorder
LC	Επιταχυνσιόμετρο Lifecorder EX
NL	Βηματομέτρο New-Lifestyle NL-200
OM	Βηματομέτρο OMRON HJ-105
OR	Βηματομέτρο Oregon Scientific PE316CA
PA	Φυσική δραστηριότητα (Physical Activity)
RMS	Μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (Resting Metabolic Rate)
RER	Αναπνευστικό πηλίκο
SK	Βηματομέτρο Yamax Skeletone EM-180
SL330	Βηματομέτρο Sportline 330
SL345	Βηματομέτρο Sportline 345
WL	Βηματομέτρο Walk4Life LS 2525
WS	Βηματομέτρο Yamax Digi-Walker SW-200
YX200	Βηματομέτρο Yamax Digi-Walker SW-200
YX701	Βηματομέτρο Yamax Digi-Walker SW-701
DW701	Βηματομέτρο Yamax Digi-Walker SW-701

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΗΜΑΤΟΜΕΤΡΩΝ OMRON HJ-720IT ΚΑΙ WALKING STYLE PRO II ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην αύξηση του ενδιαφέροντος για αντικειμενική καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας με τη χρήση αισθητήρων κίνησης στο σώμα του ασκούμενου (επιταχυνσιόμετρο και βηματόμετρο), μιας και η φυσική δραστηριότητα συνδέεται πλέον από πολλούς ερευνητές με την αποφυγή και την πρόληψη χρόνιων παθήσεων όπως είναι ο σακχαρώδης διαβήτης, η υπέρταση, η παχυσαρκία και οι καρδιαγγειακές ασθένειες.

Παρατηρώντας τα παραρτήματα επιστημονικών περιοδικών που ήδη έχουν εκδοθεί απεικονίζεται ξεκάθαρα η αλματώδης εξέλιξη του ενδιαφέροντος των επιστημόνων για έρευνες της φυσικής δραστηριότητας, ενώ παράλληλα οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες πραγματοποιούνται με τη χρήση επιταχυνσιόμετρου και βηματόμετρου. Με μια απλή έρευνα την ιστοσελίδα Pubmed, χρησιμοποιώντας σαν λέξη κλειδί τη φυσική δραστηριότητα και το επιταχυνσιόμετρο, θα παρουσιαστούν πάνω από 150 άρθρα, τα οποία δημοσιεύτηκαν μεταξύ 1990 και 2005. Παρόμοια έρευνα με λέξη κλειδί το βηματόμετρο θα μας παρουσιάσει πάνω από 50 μελέτες.

Τα ηλεκτρονικά βηματόμετρα αποτελούν μια απλή και σχετικά φθηνή λύση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της φυσικής δραστηριότητας. Τα τελευταία χρόνια κυκλοφορούν στην αγορά πάρα πολλά είδη, με αποτέλεσμα να γίνεται αναγκαίος ο έλεγχος της ακρίβειας και της αξιοπιστίας τους. Τα περισσότερα μοντέλα προσδιορίζουν όχι μόνο τον αριθμό των βημάτων αλλά και την απόσταση που διανύεται καθώς και το θερμιδικό κόστος (kcal). Επιπλέον κάποια από τα μοντέλα διαθέτουν εσωτερικό ρολόι και δίνουν τη δυνατότητα να αποθηκευτούν πληροφορίες και δεδομένα, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να ψηφιοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία.

Ορισμός και περιγραφή αισθητήρων κίνησης

Τα επιταχυνσιόμετρα και τα βηματόμετρα προσδιορίζουν την φυσική δραστηριότητα και η χρησιμοποίησή τους σε έρευνες και μελέτες προσδιορισμού της φυσικής δραστηριότητας ολοένα και αυξάνεται (de Vries, Bakker, & Horman-Rock, 2006). Παρόλα αυτά, υπάρχουν αρκετά ερωτήματα όσον αφορά τη συσχέτιση, τη σύγκριση και την ερμηνεία των δεδομένων των αισθητήρων κίνησης. Τα περισσότερα ηλεκτρονικά βηματόμετρα αποτελούνται από έναν οριζόντιο μοχλό αναπήδησης, ο οποίος κινείται με την κάθετη επιτάχυνση της μέσης κατά τη διάρκεια βάδισης. Τα πρώτα βηματόμετρα αποτελούνταν από ένα μοντέλο μηχανικού μοχλού κίνησης, το οποίο παρουσιάζει μικρότερη ακρίβεια απ' ό,τι παρουσιάζει ο μηχανισμός των ηλεκτρονικών βηματόμετρων (Melanson, Knoll, & Bell, 2004). Σε έρευνες με μεγάλο αριθμό εξεταζόμενων χρησιμοποιούνται κυρίως βηματόμετρα για τον προσδιορισμό της φυσικής δραστηριότητας λόγω του χαμηλότερου οικονομικού κόστους που παρουσιάζουν σε σχέση με τα επιταχυνσιόμετρα. Το κόστος ενός βηματόμετρου κυμαίνεται από 10 έως 200 δολάρια. Τα βηματόμετρα καταγράφουν ως επί το πλείστον τον αριθμό των βημάτων, ενώ όπως αναφέρθηκε, κάποια μοντέλα προσδιορίζουν επιπρόσθετα την απόσταση και την ενεργειακή δαπάνη. Η λειτουργία των επιταχυνσιόμετρων συσχετίζεται με την αξιολόγηση και τον ποσοστιαίο υπολογισμό της κίνησης που συσχετίζεται με τη φυσική δραστηριότητα (Chen, & Basset, 2005). Η επιτάχυνση είναι μια μεταβολή στην ταχύτητα σε σχέση με το χρόνο (m/s^2), που επιτρέπει στα επιταχυνσιόμετρα να υπολογίσουν την ένταση της κίνησης (Freedson, Pober, & Jank, 2005). Τα περισσότερα επιταχυνσιόμετρα αποτελούνται από έναν άξονα και παρουσιάζουν ευαισθησία στην κίνηση στον κάθετο άξονα αλλά κάποια παρουσιάζουν επίσης ευαισθησία στον ίδιο άξονα αλλά σε τρία επίπεδα, προς τα εμπρός, πίσω και πλευρικά (διαξονικό ή τριαξονικό). Τα επιταχυνσιόμετρα που κινούνται προς κάθε κατεύθυνση υπολογίζουν την επιτάχυνση σε πολλαπλές κατευθύνσεις. Ωστόσο, επειδή είναι πολύ ευαίσθητα στην κίνηση σε κάθετο επίπεδο είναι κατά βάση μονοαξονικά (Puyau, Adolph, & Vohra, 2004). Οι νέες τεχνολογίες που δίνουν τη δυνατότητα αναγνώρισης των διάφορων μορφών κίνησης

χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο και αποτελούν ένα κριτήριο επικύρωσης πιο φθηνών και μικρών σε μέγεθος αισθητήρων (Welk, McClain, Eisenmann, & Wickel, 2007; Zhang, Pi-Sunyer, & Boozer, 2004). Τα επιταχυνσιόμετρα συνήθως παρέχουν τα δεδομένα σε μορφή μονάδων μέτρησης (counts), και συχνά χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την ένταση, τη συχνότητα και τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας, ενώ παρέχουν επιπρόσθετα δεδομένα σε μορφή καταγεγραμμένων βημάτων. Από αυτούς τους δύο αισθητήρες κίνησης (επιταχυνσιόμετρο και βηματόμετρο), τα βηματόμετρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη χρήση λόγω του χαμηλού κόστους και της εγκυρότητάς τους (Crouter, Schneider, Karabulut, & Basset, 2003; Le Masurier, & Tudor-Locke, 2003; Schneider, Crouter, Lukajic, & Basset, 2003). Το χαρακτηριστικό που προβάλλεται από τις εταιρίες που κατασκευάζουν βηματόμετρα, έχει να κάνει με την αξιοπιστία τους, τον απλό τρόπο χρήσής τους και την χαμηλή τιμή τους (Freedson, & Miller, 2000).

Εγκυρότητα αισθητήρων κίνησης σε καθημερινές συνθήκες διαβίωσης

Οι περισσότερες μελέτες εγκυρότητας σε αισθητήρες κίνησης, έχουν πραγματοποιηθεί κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες με πρωτόκολλα τα οποία πραγματοποιούνται σε εργοδιάδρομο ή σε προσχεδιασμένες ελεγχόμενες δραστηριότητες. Η ενεργειακή δαπάνη (κατανάλωση οξυγόνου), χρησιμοποιείται ως κριτήριο προσδιορισμού της φυσικής δραστηριότητας, παρόλα αυτά οι αισθητήρες κίνησης προσδιορίζουν με βιομηχανική προσέγγιση τη φυσική δραστηριότητα. Η βάση δεδομένων από εργαστηριακές μελέτες χρησιμεύει στην ανάπτυξη εξισώσεων πρόβλεψης της έντασης και στην αντικειμενική σύγκριση των δεδομένων των αισθητήρων σε σχέση με τη μέθοδο του κριτηρίου. Ένα από τα προβλήματα που έχουν να αντιμετωπίσουν οι ερευνητές εστιάζεται στη χρησιμοποίηση των παραγόμενων εξισώσεων, οι οποίες πολλές φορές παρουσιάζουν χαμηλή ακρίβεια κυρίως όταν χρησιμοποιούνται για έρευνες οι οποίες πραγματοποιούνται σε συνθήκες καθημερινής διαβίωσης. Αυτό ακριβώς απεικονίζεται σε μία πρόσφατη δημοσιευμένη έρευνα εγκυρότητας. Στην αρχική έρευνα τα δεδομένα του αισθητήρα και του δείκτη μάζας σώματος

ερμηνεύτηκαν κατά 82% σε σχέση με την εγκυρότητα που παρουσίασε η ενεργειακή δαπάνη, η οποία προσδιορίστηκε από θερμιδομετρία κατά τη διάρκεια άσκησης σε εργοδιάδρομο (Freedson, Melanson, & Sirard, 1998), αλλά τα δεδομένα του αισθητήρα και του δείκτη μάζας σώματος αιτιολογήθηκαν σε χαμηλό ποσοστό σε σχέση με την εγκυρότητα που παρουσίασε η μέθοδος του διπλού ιχνηθετιμένου νερού, κατά τη διάρκεια 14 ημερών σε πραγματικές συνθήκες διαβίωσης (Masse, Fulton, & Watson, 2004).

Οριοθετήσεις αισθητήρων κίνησης

Λόγω των πολλών και διαφορετικών μοντέλων επιταχυνσιόμετρων, ο προσδιορισμός της φυσικής δραστηριότητας (Macfarlane, Lee, & Ho, 2006) καθώς και η κατηγοριοποίησή της (Esliger, & Tremblay, 2006), δεν πραγματοποιείται από τα ίδια πρωτόκολλα, δυσκολεύοντας έτσι την σύγκριση των αποτελεσμάτων. Δεν υπάρχει ούτε μια έρευνα που να συγκρίνει τα αποτελέσματα κοινών σε χρήση και λειτουργία επιταχυνσιόμετρων με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ταυτοποίηση των αποτελεσμάτων των αισθητήρων κίνησης (Freedson, Pober, & Janz, 2005; Trost, McIver, & Pate, 2005). Η κυριότερη οριοθέτηση της μέτρησης της επιτάχυνσης παρουσιάζεται στην μη ακριβή καταγραφή δραστηριοτήτων εκτός της βάδισης, όπως είναι η κολύμβηση και η ποδηλασία (Freedson et al., 2005). Στους ενήλικες η πλειοψηφία των καθημερινών δραστηριοτήτων περιλαμβάνει βάδιση, σε αντίθεση με τα παιδιά όπου τα χαρακτηριστικά των φυσικών δραστηριοτήτων ποικίλουν με αποτέλεσμα να καταγράφονται αμφισβητούμενα και μη ταξινομημένα δεδομένα. Η τριαξονική μέθοδος θα μπορούσε θεωρητικά να προσδιορίσει τη φυσική δραστηριότητα με μεγαλύτερη ακρίβεια, σε δραστηριότητες εκτός του βαδίσματος, αλλά δεν υπάρχουν δεδομένα μιας και οι περισσότερες έρευνες που συγκρίνουν την τριαξονική μέθοδο με τις απλές μεθόδους, δεν εμφανίζουν συγκρίσιμα αποτελέσματα (Freedson et al., 2005). Ακόμη και κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων όπως η βάδιση τα μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα παρουσιάζουν κάποιους περιορισμούς. Οι τιμές μέτρησης του επιταχυνσιόμετρου Actigraph ανά λεπτό αυξάνονται αναλογικά με την ταχύτητα του βαδίσματος αλλά δεν ξεπερνούν το όριο των 10,000 μονάδων

στους ενήλικες και τις 8000 μονάδες στα παιδιά κατά τη διάρκεια τρεξίματος (Brage, Wedderkopp, & Franks, 2003; Brage, Wedderkopp, Andersen, & Froberg, 2003). Ο τρόπος λειτουργίας και η εγκυρότητα των βηματόμετρων έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Tudor-Locke, Williams, Reis, & Pluto, 2002). Σκοπός των ερευνών αυτών, ήταν η σύγκριση διαφορετικών μοντέλων βηματόμετρων (Schneider, Crouter, Lukajic, & Basset, 2003; Tudor-Locke, Sisson, & Lee, 2006; Crouter et al., 2003; Le Masurier et al., 2004; Schneider, Crouter, & Basset, 2004). Οι έρευνες έδειξαν ότι τα δεδομένα των καταγεγραμμένων βημάτων σε διαφορετικά βηματόμετρα δεν είναι απαραίτητα συγκρίσιμα (Melanson et al., 2004, Schneider et al., 2003). Σε πρόσφατη έρευνα διαπιστώθηκε ότι 8 στα 10 βηματόμετρα καταγράφουν τον αριθμό βημάτων με ακρίβεια (Schneider et al., 2003). Επιπρόσθετα, έχουν προταθεί οδηγίες για τον προσδιορισμό της εγκυρότητας των βηματόμετρων, οι οποίες πρέπει να βελτιωθούν ώστε στις επόμενες έρευνες να παρουσιαστούν αποτελέσματα τα οποία θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια (Tudor-Locke et al., 2006). Μια από τις κυριότερες οριοθετήσεις αποτελεί η μη ακριβής καταγραφή δραστηριοτήτων εκτός του βαδίσματος όπως είναι η ποδηλασία. Σε χαμηλές ταχύτητες, κυρίως κάτω από 3 km/h, η ακρίβεια των βηματόμετρων ελαττώνεται (Melanson et al., 2004). Σε ταχύτητες όμως πάνω των 16 km/h η καταγραφή των πραγματικών βημάτων σταθεροποιείται. Αυτοί οι περιορισμοί αφορούν όλα τα βηματόμετρα εξαιτίας της βιομηχανικής του τρεξίματος. Παρόλα αυτά η έκταση αυτών των περιορισμών ποικίλει ανάλογα με το κάθε βηματόμετρο (Crouter et al., 2003). Κάποια βηματόμετρα δεν παρέχουν τη δυνατότητα καταγραφής δεδομένων πάνω από 24 ώρες, δυσκολεύοντας έτσι τους συμμετέχοντες των ερευνών, μιας και θα πρέπει να καταγράφουν ατομικά τα δεδομένα τους. Τα νεότερα όμως βηματόμετρα παρέχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων για αρκετές ημέρες, διευκολύνοντας έτσι την διεκπεραίωση των ερευνών (Schneider et al., 2003). Παρόλες τις βελτιώσεις στη λειτουργία των βηματόμετρων είναι ακόμα αδύνατος ο προσδιορισμός της έντασης, της συχνότητας και της διάρκειας των φυσικών δραστηριοτήτων από τα δεδομένα των βηματόμετρων. Δεν υπάρχει τρόπος ταυτοποίησης και διαβάθμισης της χρονικής διάρκειας των δεδομένων των βηματόμετρων. Τέλος μια από τις



οριοθετήσεις έχει να κάνει με το κατά πόσο οι συμμετέχοντες στις έρευνες που δεν πραγματοποιούνται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, ακολουθούν πιστά τις οδηγίες του πρωτόκολλου.

Σημασία της έρευνας

Η παρούσα εργασία αξιολόγησε την ακρίβεια των βηματόμετρων OMRON HJ-720IT-E2, Walking Style Pro II και Yamax SW-200 σε διαφορετικές επιβαρύνσεις. Τα αποτελέσματα δεν αφορούν μόνο την ερευνητική κοινότητα ή την αξιοπιστία της συγκεκριμένης κατασκευαστικής εταιρίας αλλά την ενθάρρυνση του κάθε ασκούμενου για χρήση του συγκεκριμένου οργάνου με σκοπό την βελτιστοποίηση της φυσικής του δραστηριότητας. Οι πληροφορίες που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης πιθανόν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες στο πληθυσμό που ήδη χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο εργαλείο, σε άτομα που στοχεύουν στην αύξηση και στον προσδιορισμό της φυσικής τους δραστηριότητας, σε ερευνητές που ασχολούνται με το αντικείμενο, σε άτομα που ενδιαφέρονται για ψυχαγωγικούς ή λόγους υγείας καθώς και σε ειδικούς που ασχολούνται με την προπονητική διαδικασία. Επιπλέον η παρούσα μελέτη πιθανόν να αποτελέσει έναυσμα για περαιτέρω μελέτη στο συγκεκριμένο κομμάτι της φυσικής δραστηριότητας.

Τέλος η σημασία της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να αποδείξει ότι δεν χρειάζονται ακριβά εργαλεία για τη βελτίωση της φυσικής δραστηριότητας. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες κίνησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι εύκολοι στη χρήση και παρουσιάζονται στην αγορά σε χαμηλό κόστος.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της μελέτης ήταν η αξιολόγηση των βηματόμετρων OMRON HJ-720I-E2 και OMRON Walking Style Pro II στην καταγραφή των βημάτων, στον προσδιορισμό της απόστασης και στον προσδιορισμό των θερμίδων, κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες και σε διαφορετικά επίπεδα έντασης.

Ερευνητική Υπόθεση

Η βασική ερευνητική υπόθεση της παρούσας μελέτης ήταν ότι τα βηματόμετρα OMRON HJ-720IT-E2, Walking Style Pro II και Yamax SW-200 καταγράφουν με ακρίβεια τον αριθμό των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν. Επιπλέον υποστηρίζεται ότι τα βηματόμετρα OMRON HJ-720IT-E2, Walking Style Pro II καταγράφουν με ακρίβεια την απόσταση που διανύθηκε καθώς και τις θερμίδες που καταναλώθηκαν σε πέντε διαφορετικές δρομικές ταχύτητες.

Στατιστικές Υποθέσεις

1. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στα καταγεγραμμένα βήματα του βηματόμετρου OMRON HJ-720IT-E2, σε σχέση με τα πραγματικά βήματα στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

2. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στα καταγεγραμμένα βήματα του βηματόμετρου Walking Style Pro II και Yamax SW-200, σε σχέση με τα πραγματικά βήματα στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

3. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στα καταγεγραμμένα βήματα του βηματόμετρου Yamax SW-200, σε σχέση με τα πραγματικά βήματα στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

4. Μηδενική Υπόθεση: ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης μεταξύ κάθε βηματόμετρου και του κριτηρίου θα είναι: $H_0: \rho_0 = .80$ με εναλλακτική $H_1: \rho > .80$.

5. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στην καταγεγραμμένη απόσταση του βηματόμετρου OMRON HJ-720IT-E2, σε σχέση με την πραγματική ταχύτητα στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

6. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στην καταγεγραμμένη απόσταση του βηματόμετρου Walking Style Pro II, σε σχέση με την πραγματική ταχύτητα στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

7. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στις καταγεγραμμένες θερμίδες του βηματόμετρου OMRON HJ-720IT-E2, σε σχέση με τις πραγματικές θερμίδες στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

8. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα στις καταγεγραμμένες θερμίδες του βηματόμετρου Walking Style Pro II, σε σχέση με τις πραγματικές θερμίδες στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

9. Μηδενική Υπόθεση: ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης μεταξύ κάθε βηματόμετρου και του κριτηρίου θα είναι: $H_0: \rho_0 = .80$ με εναλλακτική $H_1: \rho > .80$.

Περιορισμοί της μελέτης

Οι περιορισμοί της μελέτης σχετικά με την επιλογή του δείγματος και τη διαδικασία των μετρήσεων των δοκιμαζόμενων, αναφέρονται παρακάτω:

α) Περιορισμός ως προς την επιλογή των ταχυτήτων για την αξιολόγηση της ακρίβειας του βηματόμετρου στο δαπεδοεργόμετρο. Η αξιολόγηση της ακρίβειας του βηματόμετρου θα πραγματοποιηθεί μέσω καταγραφής των αποτελεσμάτων στις ταχύτητες, 54, 67, 80, 94 και $107 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$.

β) Περιορισμός ως προς την επιλογή της διάρκειας της κάθε προσπάθειας σε κάθε ταχύτητα. Η διάρκεια της κάθε προσπάθειας για την αξιολόγηση της ακρίβειας του βηματόμετρου θα είναι 5 λεπτά για κάθε ταχύτητα.

γ) Περιορισμός στην περίοδο διεξαγωγής της έρευνας. Οι εξεταζόμενοι μια μέρα πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας θα πρέπει να αποκλείσουν την κατανάλωση αλκοολούχων και καφεϊνούχων ροφημάτων.

δ) Όλες οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν για τον κάθε εξεταζόμενο στον ίδιο χώρο κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Θεωρητικοί και Λειτουργικοί ορισμοί

Αξιοπιστία επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (test-retest reliability): Ο βαθμός στον οποίο, οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις του ίδιου χαρακτηριστικού, οι οποίες πραγματοποιούνται κάτω από τις ίδιες συνθήκες, είναι αναπαραγώγιμες (Morrow, Jackson, Disch, & Mood 1995).

Βηματομετρο: Ηλεκτρονικό φορητό εργαλείο μικρού μεγέθους που κατασκευάστηκε για τον προσδιορισμό και την καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας.

Δείκτης Σωματικής Μάζας (BMI): Ο υπολογισμός της απόκλισης του ποσοστού λίπους διαιρώντας το σωματικό βάρος με το ύψος στο τετράγωνο. Οι μονάδες μέτρησης εκφράζονται ως kg/m^2 .

Εγκυρότητα (validity): Είναι ο βαθμός στον οποίο ένα τεστ μετράει αυτό που δηλώνει ότι μετράει. Περιλαμβάνει την καταλληλότητα, τη σημαντικότητα και τη χρησιμότητα του τεστ (Dunn, 1989).

Επιταχυνσιόμετρο: Φορητό όργανο μικρού μεγέθους που κατασκευάστηκε για την καταγραφή της φυσιολογικής κίνησης.

Καρδιακή συχνότητα (HR, heart rate): Ο ρυθμός με τον οποίο συσπάται η καρδιά.

Φυσική δραστηριότητα (PA. Physical Activity): Ορίζεται ως η οποιαδήποτε μορφή μυϊκής προσπάθειας που αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη πάνω από το επίπεδο της σωματικής ηρεμίας.

METS: Είναι το μεταβολικό ισοδύναμο της κατάστασης ηρεμίας και αντιστοιχεί σε 3.5ml/kg/min^{-1} .

MVPA (Moderate Vigorous Physical Activity): έντονη δραστηριότητα, προσδιορισμός επιπέδου έντασης της φυσικής δραστηριότητας

PAEE (Physical Activity Energy Expenditure): ενεργειακή δαπάνη φυσικής δραστηριότητας. Υποδηλώνει την ενέργεια που δαπανήθηκε κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας.

VCO₂: Η ποσότητα διοξειδίου που καταναλώνει ένα άτομο για την πραγματοποίηση μιας φυσικής δραστηριότητας και εκφράζεται σε l/min ή ml/kg/min .

VO_2 : Η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνει ένα άτομο για την πραγματοποίηση μιας φυσικής δραστηριότητας και εκφράζεται σε l/min ή ml/kg/min.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Ακρίβεια βηματόμετρων σε παιδιά

Οι Beets, Patton και Edwards (2005), χρησιμοποίησαν δύο διαφορετικά πρωτόκολλα για να αξιολογήσουν την ακρίβεια καταγραφής των βημάτων και την ακρίβεια μέτρησης του χρόνου σε τέσσερα διαφορετικά βηματόμετρα σε παιδιά ηλικίας 5-11 χρονών. Τα βηματόμετρα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής: Yamax SW-200, Walk4life 2505 (WL), Digiwalker SW-701 (DW701) και SunTrekling (SUN). Με το πρώτο πρωτόκολλο αξιολογήθηκε ο ρυθμός βαδίσματος του κάθε παιδιού, πραγματοποιώντας τρεις κύκλους σε κλειστό στίβο 400 μέτρων. Στη προσπάθεια αυτή αξιολογήθηκε το DW701 και το WL. Το δεύτερο πρωτόκολλο πραγματοποιήθηκε σε εργοδιάδρομο. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν σε πέντε διαφορετικές ταχύτητες 40, 54, 67, 80 και 94 m·min⁻¹, για δύο λεπτά αντίστοιχα. Κάθε συμμετέχοντας φορούσε δύο μοντέλα από κάθε εταιρία, συνολικά 8 βηματόμετρα, τέσσερα δεξιά και τέσσερα αριστερά. Από τα αποτελέσματα στο πρώτο πρωτόκολλο παρουσιάστηκε συμφωνία στα πραγματικά βήματα και στα βήματα που καταγράφηκαν στα βηματόμετρα DW200 και WL, με το συντελεστή εσωτερικής συσχέτισης να κυμαίνεται μεταξύ .985 και .997 (ICC). Στο δεύτερο πρωτόκολλο στην ταχύτητα 54 mmin⁻¹ και τα τέσσερα βηματόμετρα παρουσίασαν μικρή συμφωνία μεταξύ των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν και αυτών που καταγράφηκαν (ICC ≤ .720). Ο χρόνος καταγραφής του βηματόμετρου WL στην πρώτη περίπτωση (400 μέτρα) παρουσίασε συντελεστή εσωτερικής συχνότητας από .997 έως .998. Στην δεύτερη περίπτωση (εργοδιάδρομο) το βηματόμετρο WL σε όλες τις ταχύτητες παρουσιάστηκε με ακρίβεια 5,3%, ενώ τα αποτελέσματα του συμφωνούσαν με το βηματόμετρο SUN μέχρι και την δρομική ταχύτητα 80 m·min⁻¹.

Ο Scruggs (2007), μελέτησε τα εξερχόμενα δεδομένα του βηματόμετρου Walk4Life LS2505 υπό καθορισμένες συνθήκες. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από

288 παιδιά κατά τη διάρκεια προγραμμάτων φυσικής δραστηριότητας σε σχολικό χώρο. Τα επίπεδα της φυσικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων προσδιορίστηκαν με τη χρήση του βηματόμετρου Yamax SW701 και Walk4Life LS2505, καθώς και ενός επιστημονικού συστήματος παρακολούθησης δραστηριοτήτων (SOFIT, system for observing fitness instructions time). Τα δεδομένα της φυσικής δραστηριότητας συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια 59 μαθημάτων που διδάσκονταν από επτά διδάσκοντες, τα οποία αποτελούνταν από έντεκα διαφορετικούς τύπους διδασκαλίας. Οι έντεκα αυτοί τύποι κατηγοριοποιήθηκαν με αποτέλεσμα την δημιουργία των πέντε τελικών θεματικών ενοτήτων, οι οποίοι ήταν οι εξής: 1) συνεχόμενο τρέξιμο και ενεργητική αποκατάσταση με βάδισμα, 2) παιχνίδια επαφής (π.χ. ποδόσφαιρό), 3) εσωκλειστες δραστηριότητες (π.χ. μπαντμιντον), 4) παιχνίδια στόχου (βελάκια), και τέλος 5) χορευτικές δραστηριότητες. Τα μαθήματα που διαδραματίστηκαν σε κλειστό χώρο ήταν 21 ενώ σε ανοιχτό χώρο 38. Τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα φορούσαν και τα δύο βηματόμετρα και στις δύο πλευρές. Η τοποθέτηση και η απομάκρυνση των βηματόμετρων γινόταν από τους διδάσκοντες και η χρονική διάρκεια της μέτρησης ήταν όση και η ώρα διδασκαλίας. Εκτός από τα βηματόμετρα για τον προσδιορισμό της φυσικής δραστηριότητας των παιδιών χρησιμοποιήθηκε το σύστημα παρακολούθησης, το οποίο αποτέλεσε το κριτήριο αξιολόγησης και σύγκρισης με τα δεδομένα του βηματόμετρου LS2505. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων δύο κάμερες κατέγραφαν τις δραστηριότητες των παιδιών. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε από εκπαιδευμένο προσωπικό, με τη χρήση του προγράμματος ταξινόμησης της φυσικής δραστηριότητας (SOFIT). Ο συσχετισμός των μετρήσεων της φυσικής δραστηριότητας εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικός ($r = .85-.98$, $p < 0.05$), παρόλα αυτά το βηματόμετρο LS2505 παρουσίασε στατιστικά σημαντικό σφάλμα στην καταγραφή των βημάτων, καταγράφοντας λιγότερα βήματα ανά λεπτό ($M_{diff} = 6.37 \pm 5.79$, $P < 0.05$) και υπερεκτιμώντας το χρόνο φυσικής δραστηριότητας ($M_{diff} = -7.73 \pm 3.13$, $P < 0.05$). Η μέτρηση του χρόνου της φυσικής

δραστηριότητας του βηματόμετρου LS2505 ήταν στατιστικά αποδεκτή μόνο όταν η φυσική δραστηριότητα ήταν συνεχής.

Οι Jago, Watson, Baranowski, Zakeri, Yoo, Baranowski και Conry (2005), μελέτησαν την επιρροή του σωματικού βάρους εφήβων, στην καταγραφή των βημάτων του βηματόμετρου. Επιπρόσθετα μελέτησαν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των βηματόμετρων σε καθορισμένες συνθήκες και τέλος δημιούργησαν κλίμακα φυσικής δραστηριότητας για έφηβους. Στην έρευνα συμμετείχαν 78 αγόρια ηλικίας 11 έως 15 ετών, τα οποία πραγματοποίησαν τριών ειδών δραστηριότητες: 1) περπάτημα, 2) γρήγορο περπάτημα και 3) τρέξιμο. Κάθε δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε δύο φορές. Οι συμμετέχοντες κατά την αξιολόγηση φορούσαν τρία βηματόμετρα της ίδιας εταιρίας (New Lifestyles Digiwalker SW-200) και ένα επιταχυνσιόμετρο (CSA, MTI Actigraph). Μετά την καταγραφή των σωματομετρικών στοιχείων των αγοριών, πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός του δείγματος σε δύο ομάδες ανάλογα με το BMI. Η πρώτη ομάδα αποτελούνταν από εφήβους με φυσιολογικό σωματικό βάρος ($BMI < 85^{\text{th}}$ percentile), σε αντίθεση με την δεύτερη ομάδα, στην οποία κατατάχθηκαν οι έφηβοι που το σωματικό τους βάρος πλησίαζε τα όρια των υπέρβαρων ($BMI \geq 85^{\text{th}}$ percentile). Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε σε αρένα 200 μέτρων υπό την επίβλεψη εξεταστών. Η πρώτη δοκιμασία (περπάτημα) είχε διάρκεια 10 λεπτών σε ταχύτητα $4.83 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ η οποία αντιστοιχεί σε 3.0 METS, δηλαδή μέτρια ένταση φυσικής δραστηριότητας. Η δεύτερη δοκιμασία (γρήγορο περπάτημα) είχε διάρκεια 10 λεπτών σε ταχύτητα $6.44 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ η οποία αντιστοιχεί σε 5.0 METS, δηλαδή μέτρια προς έντονη ένταση φυσικής δραστηριότητας και τέλος η τρίτη δοκιμασία είχε διάρκεια 5 λεπτών σε ταχύτητα $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ η οποία αντιστοιχεί σε 8.0 METS, δηλαδή έντονη ένταση φυσικής δραστηριότητας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αξιοπιστία μεταξύ των δραστηριοτήτων ($r = .51-.92$, $P < .001$). Ο μέσος όρος των μονάδων (counts) που καταγράφηκαν και στις δύο ομάδες κατά τη διάρκεια της δεύτερης δοκιμασίας (γρήγορο περπάτημα), ήταν 127 counts σε κάθε λεπτό. Μεταξύ των δύο ομάδων δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές που να αφορούν το

σωματικό βάρος των συμμετεχόντων στην καταγραφή των βημάτων του βηματόμετρου. Συμπερασματικά, η έρευνα έδειξε ότι το βηματόμετρο New Lifestyles Digiwalker SW-200 παρέχει ακριβή αποτελέσματα στη φυσική δραστηριότητα εφήβων, η οποία καθορίζεται στα 8000 βήματα σε διάρκεια 60 λεπτών, η οποία αντιστοιχεί σε 60 λεπτά μέτριας προς έντονης έντασης φυσικής δραστηριότητας.

Τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωριστεί από την επιστημονική κοινότητα η σημαντικότητα του αξιόπιστου και έγκυρου καθορισμού μέτρησης της φυσικής δραστηριότητας στην προσχολική ηλικία (Oliver, Schofield, Kolt, & Schluter, 2006). Μέσο των μετρήσεων της φυσικής δραστηριότητας δίνεται η δυνατότητα στους ερευνητές να παραθέσουν απαντήσεις σε ερωτήματα που συσχετίζονται με τη σχέση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και παραγόντων υγείας. Οι Oliver, Schofield, Kolt και Schluter (2006), μελέτησαν αρχικά την εγκυρότητα του βηματόμετρου Yamax Digiwalker SW-200, σε συνθήκες ελεύθερου παιχνιδιού καθώς και την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του συγκεκριμένου βηματόμετρου σε ελεγχόμενες συνθήκες. Οι συμμετέχοντες (N=13, 3-5 ετών), κατά τη διάρκεια ελεύθερου παιχνιδιού 35 λεπτών φορούσαν το βηματόμετρο YX SW-200, ενώ ταυτόχρονα γινόταν καταγραφή των δραστηριοτήτων τους από το εγκεκριμένο σύστημα οπτικής παρακολούθησης της φυσικής δραστηριότητας CARS. Επιπρόσθετα για τον έλεγχο της ακρίβειας και της αξιοπιστίας του βηματόμετρου ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να πραγματοποιήσουν σε μια ευθεία 29 μέτρων βάδισμα σε τρεις διαφορετικές ταχύτητες (αργό βάδισμα, κανονικό βάδισμα και τρέξιμο). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η συσχέτιση μεταξύ της παρακολούθησης με το σύστημα CARS και της βηματομέτρησης δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($r = .59, p=.04$).

Ακρίβεια βηματόμετρων σε καθημερινές συνθήκες διαβίωσης

Οι Schneider, Crouter και Basset (2004), μελέτησαν και σύγκριναν τις τιμές των καταγεγραμμένων βημάτων δεκατριών βηματόμετρων στη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου. Οι είκοσι συμμετέχοντες, 10 άνδρες και 10 γυναίκες,

φορούσαν για 24ώρες δύο βηματόμετρα. Στη μία πλευρά το βηματόμετρο Yamax SW-200, το οποίο ήταν κοινό σε όλους και αποτελούσε το κριτήριο και συγκρίσιμο όργανο μέτρησης. Στην άλλη πλευρά τοποθετήθηκε στους συμμετέχοντες ένα από τα παρακάτω βηματόμετρα: Accusplit Alliance1510 (AC), Freestyle Pacer Pro (FR), Colorado on the Move (CO), Kenz Lifecorder (KZ), New-Lifestyle NL-2000 (NL), Omron HJ-105 (OM), Oregon Scientific PE316CA (OR), Sportline 330 (SL330) και 345 (SL345), Walk4Life LS 2525 (WL), Yamax Skeletone EM-180 (SK), Yamax Digi-Walker SW-200 (YX200), Yamax Digi-Walker SW-701 (YX701). Ο μέσος όρος καταγραφής βημάτων των συμμετεχόντων στη διάρκεια ενός 24ώρου ήταν $9244 \text{ steps} \cdot \text{d}^{-1}$. Τα βηματόμετρα KZ, YX200, NL, YX701 και SL330 κατέγραψαν τιμές οι οποίες δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από το συγκρίσιμο βηματόμετρο (YX200). Τα βηματόμετρα FR, AC, SK, CO και SL345 παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά καταγράφοντας λιγότερα βήματα σε σχέση με το YX200 ($p < .05$) και τα βηματόμετρα WL, OM και OR παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά συγκρινόμενα πάντα με το βηματόμετρο YX200 καταγράφοντας περισσότερα βήματα ($p < .05$). Επιπρόσθετα κάποια βηματόμετρα παρουσίασαν καταγραφές μειωμένες κατά 25% και άλλα κατέγραψαν βήματα υπερεκτιμημένα κατά 45%. Στη συγκεκριμένη μελέτη τα βηματόμετρα KZ, YX200, NL και YX701 εμφανίστηκαν καταλληλότερα για ερευνητικούς σκοπούς.

Ο Leicht και Crowther (2007), εξέτασαν την ακρίβεια στην καταγραφή των βημάτων του βηματόμετρου Yamax SW-700 σε διαφορετικές συνθήκες βαδίσματος. Η έρευνα διεξήχθη στην Αυστραλία από 52 εθελοντές οι οποίοι πραγματοποίησαν 6 προσπάθειες τον 150 μέτρων σε 4 διαφορετικές συνθήκες. Αρχικά οι προσπάθειες πραγματοποιήθηκαν στο κράσπεδο, έπειτα σε γκαζόν, και οι τελευταίες δύο σε παραλία σε υγρή και ξηρή άμμο αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα εμφάνισαν μείωση της ταχύτητας βαδίσματος στην παραλία με μεγαλύτερη αυτή στην ξηρή άμμο (κράσπεδο, $5.6 \pm 0.5 \text{ kmh}^{-1}$, γκαζόν, $5.6 \pm 0.5 \text{ kmh}^{-1}$, ξηρή άμμος, $5.0 \pm 0.5 \text{ kmh}^{-1}$ και υγρή άμμος, $5.4 \pm 0.4 \text{ kmh}^{-1}$) καθώς και αύξηση των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν (κράσπεδο, 190 ± 13 , γκαζόν,

186 ± 12, ξηρή άμμος, 207 ± 12 και υγρή άμμος, 194 ± 11) και αυτών που καταγράφηκαν από το βηματόμετρο (κράσπεδο, 195 ± 14, γκαζόν, 191 ± 14, ξηρή άμμος, 213 ± 15 και υγρή άμμος, 201 ± 16). Συμπερασματικά φάνηκε από την παραπάνω έρευνα ότι κάτω από διαφορετικές συνθήκες βαδίσματος, παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική μείωση της ταχύτητας και στατιστικά σημαντική απόκλιση των πραγματικών βημάτων σε σχέση με τα δεδομένα του βηματόμετρου κυρίως στα κορίτσια και με μικρότερο ποσοστό στα αγόρια.

Ακρίβεια βηματόμετρων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες

Οι Schneider, Crouter, Lukajic, και Basset (2003), αξιολόγησαν την ακρίβεια και την αξιοπιστία 10 βηματόμετρων σε μία προσπάθεια 400 μέτρων σε ανοιχτό στίβο. Τα βηματόμετρα που αξιολογήθηκαν ήταν τα εξής: Freestyle Pacer Pro (FR), Kenz Lifecorder (KZ), New-Lifestyle NL-2000 (NL), Omron HJ-105 (OM), Oregon Scientific PE316CA (OR), Sportline 330 (SL330) και 345 (SL345), Walk4Life LS 2525 (WL), Yamax Skeletone EM-180 (SK), Yamax Digi-Walker SW-701 (YX701). Κάθε συμμετέχον πραγματοποίησε ένα κύκλο 400 μέτρων σε ανοιχτό στίβο φορώντας και στις δύο πλευρές (δεξιά και αριστερά), βηματόμετρο της ίδιας εταιρίας. Η καταγραφή των πραγματικών βημάτων γινόταν με τη χρήση χειροκίνητου καταμετρητή βημάτων (hand counter). Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι όλα τα βηματόμετρα παρουσίασαν ακριβή καταγραφή με τα KZ, NL και DW να παρουσιάζονται πιο ακριβή στην καταγραφή των βημάτων ±3% από τα πραγματοποιήσιμα βήματα και το SL330 και το OM λιγότερο ακριβή ±37%. Η αξιοπιστία για κάθε βηματόμετρο ήταν >.80 με εξαίρεση το βηματόμετρο SL330, ενώ τα βηματόμετρα KZ, OM, NL και DW παρουσίασαν υψηλή αξιοπιστία (>.99).

Οι Crouter, Schneider, Karabulut, και Basset (2003), μελέτησαν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία δέκα βηματόμετρων ως αναφορά των καταγεγραμμένων βημάτων, την απόσταση και τη θερμιδική κατανάλωση. Τα βηματόμετρα που αξιολογήθηκαν ήταν τα εξής: Freestyle Pacer Pro (FR), Kenz Lifecorder (KZ), New-Lifestyle NL-2000 (NL), Omron (OM), Oregon Scientific

(OR), Sportline 330 (SL330) και 345 (SL345), Walk4Life LS 2525 (WL), Yamax Skeletone (SK), Yamax Digi-Walker SW-701 (DW). Στην έρευνα συμμετείχαν δέκα άτομα ηλικίας 33 ± 12 ετών, τα οποία αξιολογήθηκαν σε εργοδιάδρομο σε πέντε διαφορετικές ταχύτητες (54, 67, 80, 94, και $107 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) με χρονική διάρκεια πέντε λεπτών σε κάθε στάδιο. Κατά τη διάρκεια του βαδίσματος ένας ερευνητής κατέγραφε τον πραγματικό αριθμό των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια χειροκίνητου καταμετρητή βημάτων (hand counter) ενώ η παραγόμενη ενέργεια καθορίστηκε με τη χρήση θερμιδομετρίας. Όλα τα βηματόμετρα αξιολογήθηκαν και από τις δύο πλευρές (δεξιά και αριστερά). Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ δεξιάς και αριστερής πλευράς διαπιστώθηκε ότι ξεπερνούσε το .81 για όλα τα βηματόμετρα, με εξαίρεση το OR (.76) και το SL345 (.57). Τα περισσότερα βηματόμετρα κατέγραφαν λιγότερα βήματα σε σύγκριση με τα πραγματικά στην πρώτη ταχύτητα ($54 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$), ενώ η ακρίβεια στην καταγραφή βημάτων βελτιώθηκε στις γρηγορότερες ταχύτητες. Στα $80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ και πάνω, 6 βηματόμετρα (SK, OM, DW, KZ, NL, και WL) έδωσαν τιμές οι οποίες απέκλειαν $\pm 1\%$ από τα πραγματικά βήματα. Έξι από τα βηματόμετρα που αξιολογήθηκαν εμφάνιζαν την απόσταση που διανύθηκε. Τα περισσότερα από αυτά καθόριζαν την μέση απόσταση $\pm 10\%$ στην ταχύτητα $80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ αλλά υπερεκτιμούσαν την απόσταση σε χαμηλότερες ταχύτητες και παρουσίαζαν χαμηλότερες τιμές σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Από τα δέκα βηματόμετρα τα οκτώ προσδιόριζαν την θερμιδική κατανάλωση, εμφανίζοντας μια γενικότερη τάση υπερεκτίμησης της θερμιδικής κατανάλωσης σε όλες τις ταχύτητες. Γενικότερα τα βηματόμετρα παρουσιάζονται περισσότερο ακριβή στην καταγραφή των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν, λιγότερο ακριβή στην απόσταση που διανύθηκε και ακόμα λιγότερο στον προσδιορισμό της θερμιδικής κατανάλωσης.

Εγκυρότητα και διαβάθμιση επιταχυνσιόμετρων

Στον ερευνητικό χώρο υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα μεθόδων μέτρησης της φυσικής δραστηριότητας σε παιδιά και σε ενήλικες. Η επιλογή της

καταλληλότερης μεθόδου ποικίλει ανάλογα με τα ερωτήματα του κάθε ερευνητή επειδή η κάθε μέθοδος παρουσιάζει της δικές της δυνατότητες αλλά και αδυναμίες (Pfeiffer, Mciver, Dowda, Almeida & Pate, 2006). Η αξιοπιστία, η εγκυρότητα και το κόστος των μεθόδων ποικίλει ανάλογα με το εύρος του δείγματος και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί. Οι περισσότερες έρευνες που αφορούν πληθυσμιακές καταγραφές χρησιμοποίησαν δεδομένα φυσικής δραστηριότητας που προέκυψαν μετά από προσωπική συλλογή δεδομένων λόγω της εφικτότητας και του χαμηλού κόστους. Παρόλα αυτά, οι μετρήσεις με προσωπική καταγραφή δεδομένων παρουσιάζουν πολλούς περιορισμούς και οριοθετήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψιν όταν χρησιμοποιούνται σε παιδιά και ενήλικες. Ως γνωστόν είναι ανέφικτο τα παιδιά να καταγράψουν την προσωπική τους φυσική δραστηριότητα και έρευνες που υποβοηθούνται από τους γονείς ή τους κηδεμόνες παρουσιάζουν χαμηλή εγκυρότητα (Sallis, & Saelens, 2000). Για αυτό το λόγο οι ερευνητές προτιμούν για τον προσδιορισμό της φυσικής δραστηριότητας σε παιδιά και ενήλικες τη χρήση επιταχυνσιόμετρων μιας και παρέχουν δεδομένα για τη συχνότητα, τη διάρκεια καθώς και την ένταση των δραστηριοτήτων (Freedson, & Miller, 2000). Πραγματοποιώντας μια έρευνα αγοράς θα διαπιστώσουμε ότι υπάρχει ποικιλία επιταχυνσιόμετρων.

Έτσι λοιπόν οι Pfeiffer, Mciver, Dowda, Almeida και Pate (2006), μελέτησαν την εγκυρότητα και τη διαβάθμιση του επιταχυνσιόμετρου Actical (Mini-Mitter; Bend, OR) σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 18 παιδιά προσχολικής ηλικίας (3 έως 5 ετών). Το πρωτόκολλο περιελάμβανε τρεις δοκιμασίες. Αρχικά αξιολογήθηκε ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας των παιδιών (RMR), σε περίοδο ηρεμίας με διάρκεια 10 λεπτών, φορώντας μόνο την ειδική μάσκα του φορητού αναλυτή αναλυτή (Cosmed), ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα εμφανιζόντουσαν δίπλα από το κάθε παιδί. Κατά τη διάρκεια αυτή τα παιδιά φορούσαν και το επιταχυνσιόμετρο Actical. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν μια προσπάθεια 5 λεπτών σε τρεις διαφορετικές ταχύτητες (2mph, 3mph και 4mph). Για την τελευταία δοκιμασία ζητήθηκε από τα παιδιά να επιλέξουν μια από τις προτεινόμενες δραστηριότητες (ενδοσχολικές ή

εξωσχολικές) και να την πραγματοποιήσουν με την παρότρυνση του ερευνητή για 20 λεπτά. Κατά τη διάρκεια αυτή τα παιδιά φορούσαν το επιταχυνσιόμετρο και τη φορητή μονάδα του αναλυτή (Cosmed). Όσον αφορά τη διαβάθμιση του επιταχυνσιόμετρου, η σχέση μεταξύ της VO_2 και των counts ήταν $r = 0.89$ κατά τη διάρκεια όλων των δραστηριοτήτων. Η προσδιορισμένη εξίσωση απ' όπου προέκυψε η διαβάθμιση του επιταχυνσιόμετρου ήταν $VO_2 = \text{counts} * 15 \text{ s}^{-1} (0.01437) + 9.73 (R^2 = .96, SEE = 3.02)$. Το όριο της μέτριας δραστηριότητας ($20 \text{ mlkg}^{-1}\text{min}^{-1}$) ήταν $715 \text{ counts } 15 \text{ s}^{-1}$ ενώ το όριο της έντονης δραστηριότητας ($30 \text{ mlkg}^{-1}\text{min}^{-1}$) ήταν $1411 \text{ counts } 15 \text{ s}^{-1}$. Στη στατιστική ανάλυση που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της εγκυρότητας κριτηρίου υπολογίστηκε ο intraclass correlation coefficient ($R = .59$) και ο συντελεστής συσχέτισης Spearman ήταν $R = .80 (P < .001)$. Μεταξύ των τιμών VO_2 που μετρήθηκαν και των τιμών που υπολογίστηκαν από το επιταχυνσιόμετρο, το ποσοστό συμφωνίας οι τιμές cappa και modified cappa για την μέτρια δραστηριότητα ήταν .73, .40 και .46. Για την έντονη δραστηριότητα οι τιμές ήταν .85, .26 και .71. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι το συγκεκριμένο επιταχυνσιόμετρο αποτελεί ένα έγκυρο εργαλείο μέτρησης της φυσικής δραστηριότητας σε νεαρά παιδιά.

Οι Le Masurier, Lee και Tudor-Locke (2004), μελέτησαν την ακρίβεια των βηματόμετρων Yamax SW-200 (YAM), Omron HJ-105 (OM) και Sportline 330 (SL) και του επιταχυνσιόμετρου CSA, σε διαφορετικές συνθήκες. Στην μία περίπτωση η έρευνα πραγματοποιήθηκε εργαστηριακά. Οι αισθητήρες κίνησης αξιολογήθηκαν στην καταγραφή των βημάτων κατά τη διάρκεια προσπαθειών 5 λεπτών σε πέντε διαφορετικές ταχύτητες (54, 67, 80, 94 και $107 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$). Στην δεύτερη περίπτωση η δοκιμασία των βηματόμετρων πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, σε συνθήκες καθημερινής διαβίωσης αξιολογώντας τα καταγεγραμμένα βήματα σε σχέση με τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου. Στην πρώτη περίπτωση τα αποτελέσματα του βηματόμετρου SL έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα καταγεγραμμένα βήματα σε όλες τις ταχύτητες ($P < .05$). Στην χαμηλότερη ταχύτητα ($54 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) οι απόλυτες τιμές του ποσοστιαίου λάθους αυξήθηκαν για τα βηματόμετρα Yamax και OM. Στη δεύτερη περίπτωση

μόνο το βηματόμετρο SL κατέγραψε λιγότερα βήματα από το επιταχυνσιόμετρο CSA ($P < .05$). Το βηματόμετρο YAM παρουσίασε τη χαμηλότερη απόλυτη τιμή ποσοστιαίου λάθους κάτω από συνθήκες καθημερινής διαβίωσης.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2007, από τους McClain, Sisson, Washington, Craig και Tudor-Locke, συγκρίθηκαν τα επιταχυνσιόμετρα Kenz Lifecorder EX (LC) και ActiGraph (AG) και το βηματόμετρο Yamax SW-200 (DW), σε καθημερινές συνθήκες διαβίωσης σχετικά με τα καταγεγραμμένα βήματα και το χρόνο που πραγματοποιήθηκε σε χαμηλή έντασης φυσική δραστηριότητα (PA) και σε μέτρια προς έντονη έντασης φυσική δραστηριότητα (MVPA). Τα 31 παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα, ηλικίας 10 περίπου ετών, φορούσαν και τους τρεις αισθητήρες κίνησης από τη στιγμή που έφταναν στο σχολείο μέχρι τη στιγμή του βραδινού ύπνου. Η χρονική διάρκεια σε χαμηλή (PA) και μέτρια προς έντονη (MVPA) φυσική δραστηριότητα προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας για το επιταχυνσιόμετρο LC δύο ξεχωριστές εντάσεις διαβάθμισης (LC_4 και LC_5) και τέσσερις διαβαθμίσεις για το AG (AG_Treuth, AG_Puyau, AG_Trost, και AG_Freedom). Και τα δύο επιταχυνσιόμετρα παρουσιάζουν τα δεδομένα υπό μορφή βημάτων. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των καταγεγραμμένων βημάτων του βηματόμετρου DW και του επιταχυνσιόμετρου LS ($\Delta = 200$ steps), αλλά παρατηρήθηκε μια μη στατιστικά σημαντική τάση στη σύγκριση των κελιών μεταξύ των τιμών των καταγεγραμμένων βημάτων του DW και του AG ($\Delta = 1001$ steps, $P = .058$). Το AG κατέγραψε στατιστικά σημαντικά ακριβέστερα βήματα από το LC ($\Delta = 801$ steps, $P = .001$). Ο καθορισμός της χαμηλής έντασης φυσικής δραστηριότητας κυμάνθηκε χρονικά από 75.6 ± 18.4 min (LC_5) έως 309 ± 69.2 min (AG_Treuth). Ο καθορισμός της μέτριας προς έντονης έντασης φυσικής δραστηριότητας κυμάνθηκε χρονικά από 25.9 ± 9.4 min (LC_5) έως 112.2 ± 34.5 min (AG_Freedom). Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των LC_5 και AG_Treuth ($\Delta = 4.9$ min) ή μεταξύ του AG_Puyau ($\Delta = 1.7$ min). Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το LC κατέγραψε ανάλογο αριθμό βημάτων όπως και το DW αλλά σημαντικά

λιγότερα βήματα από αυτά που κατέγραψε το AG όσον αφορά τα παιδιά. Τα παραπάνω αποτελέσματα πιστοποιούν ότι οι διαβαθμίσεις LC_5, AG_Treuth και AG_Puyau παρέχουν κοινούς μέσους όρους όσον αφορά τη χρονική διάρκεια στην MVPA κατά τη διάρκεια καθημερινών συνθηκών διαβίωσης σε παιδιά ηλικίας 10 ετών.

Μέρες τοποθέτησης αισθητήρων κίνησης

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για τον αριθμό των ημερών που απαιτείται να τοποθετηθεί ο αισθητήρας κίνησης για τον έγκυρο προσδιορισμό της συστηματικής φυσικής δραστηριότητας. Όσον αφορά τα επιταχυνσιόμετρα προτείνεται 4 (Janz, Witt, & Mahoney, 1995) έως 8.5 ημέρες (Troost, Pate, & Freedson, 2000) για παιδιά και μεταξύ 3.5 (Gretebeck, & Montoye, 1992; Matthews, Ainsworth, Thompson, & Bassett, 2002) έως 7 ημέρες (Matthews et al., 2002) για ενήλικες. Παρόλα αυτά μια πρόσφατη έρευνα σε παιδιά ηλικίας 5 ετών αξιολόγησε την αξιοπιστία του επιταχυνσιόμετρου Actigraph βρίσκοντας ότι η αξιοπιστία αυξάνεται καθημερινά μέχρι και 80% για 7 ημέρες παρακολούθησης και καταγραφής δεδομένων. Παρόλα αυτά, το 62% της αξιοπιστίας επιτεύχθηκε από 3 ημέρες καταγραφής (Penpraze, Reilly, & MacLean, 2006). Η επιλογή των εβδομαδιαίων ημερών καταγραφής δεδομένων δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην αξιοπιστία. Μελέτες που συγκρίναν τα αποτελέσματα καταγραφής δεδομένων μεταξύ ημερών της εβδομάδας και ημερών του σαββατοκύριακου, βρήκαν διαφορές μόνο μεταξύ των δύο φύλων (αγόρια, κορίτσια), με τα αγόρια να παρουσιάζονται περισσότερο δραστήρια το σαββατοκύριακο (Penpraze et al., 2006). Η εποχή της πραγματοποίησης των μετρήσεων αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό της συστηματικής φυσικής δραστηριότητας. Μια πρόσφατη μελέτη που χρησιμοποίησε βηματόμετρα διαπίστωσε ότι χρειάζεται το λιγότερο 5 ημέρες συνεχόμενης καταγραφής της φυσικής δραστηριότητας για την επίτευξη αξιόπιστων δεδομένων $r=.8$ σε κορίτσια ηλικίας 10 έως 14 ετών, ενώ 2 ημέρες καταγραφής ήταν αρκετές για τον προσδιορισμό της φυσικής

δραστηριότητας σε γυναίκες που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη, ηλικίας 40 ετών και άνω (Stryker, Duncan, & Chaumeton, 2007).

Τοποθέτηση και αριθμός αισθητήρων

Οι αισθητήρες κίνησης μπορούν να τοποθετηθούν στο ύψος της μέσης, χαμηλά στην πλάτη, στον αστράγαλο, στο μηρό και στον καρπό (Trost et al., 2005; Ward, Evenson, & Vaughn, 2005). Υπάρχουν όμως πολλές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν σημαντική ενεργοποίηση του άνω μέρους του σώματος, η ποσότητα της ενεργειακής δαπάνης εξαιτίας αυτής της τοποθέτησης είναι πολύ λιγότερη σε σχέση με την ενεργειακή δαπάνη κινήσεων ολόκληρου του σώματος. Κατά την πραγματοποίηση εργαστηριακής μέτρησης της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας, ένα επιταχυνσιόμετρο καρπού βρέθηκε να προσμετρά 2% σε σχέση με τα επιταχυνσιόμετρα που τοποθετούνται στη μέση του ισχίου (Kumahara, Tanaka, & Schutz, 2004).

Χρονική διάρκεια καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων

Η πιο ακριβής χρονική διάρκεια μέτρησης για τον προσδιορισμό των περισσότερων μεταβολών στη φυσική δραστηριότητα που καταγράφεται από τα επιταχυνσιόμετρα εξαρτάται από την ηλικία των εξεταζόμενων. Το μικρότερο ιδανικό χρονικό διάστημα που πρέπει να χρησιμοποιείται για παιδιά είναι το λιγότερο 15s, αλλά προτείνεται μικρότερο χρονικό διάστημα για την καταγραφή της σποραδικής δραστηριότητας σε έντονη άσκηση (Baquet, Stratton, Van Praagh, & Berthoin, 2007). Η ιδανική χρονική διάρκεια μέτρησης σε ενήλικες δεν έχει συστηματικά (Trost et al., 2005). Νέες τεχνολογίες στη μέτρηση της επιτάχυνσης δίνουν την δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης των δεδομένων μιας ολόκληρης εβδομάδας σε χρονική διάρκεια 5s.

Μάζα σώματος

Τα περισσότερα βηματόμετρα και επιταχυνσιόμετρα επιτυγχάνουν την καταγραφή της κίνησης μόνο όταν πραγματοποιείται σε κάθετη κατεύθυνση, έτσι η ακρίβεια μέτρησης οριοθετείται όταν οι αισθητήρες κίνησης τοποθετηθούν με κλίση. Μια περίπτωση που χρησιμοποιείται συχνά αυτή η μέθοδος είναι όταν εξετάζονται παχύσαρκα άτομα (Maffeis, Schutz, & Schena, 1993). Προφανώς προκαλούνται διαφορές λόγω της κλήσης του σώματος από το υπερβολικό σωματικό λίπος ή πραγματοποιούνται διαφοροποιήσεις στο βηματισμό των παχύσαρκων (Jacobi, Perrin, & Grossman, 2007). Η ενεργειακή δαπάνη επηρεάζεται από το μέγεθος του σώματος και την αποτελεσματικότητα της κίνησης. Είναι απαραίτητη η καταγραφή και διαβάθμιση του βάρους και του σωματικού λίπους (Ekelund, Sardinha, & Anderssen, 2004), για την επεξεργασία των δεδομένων της ενεργειακής δαπάνης των φυσικών δραστηριοτήτων (Prentice, Black, Coward, & Cole, 1996).

Οριοθετήσεις αισθητήρων κίνησης

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις όσον αφορά τον αριθμό των ημερών που πρέπει να φορεθεί ο αισθητήρας κίνησης για τον έγκυρο προσδιορισμό της συστηματικής δραστηριότητας. Σε παιδιά προτείνεται η τοποθέτηση του επιταχυνσιόμετρου για 4 (Janz et al., 1995) έως 8.5 ημέρες (Trost et al., 2000), ενώ για ενήλικες από 3.5 (Matthews et al., 2002; Gretebeck et al., 1992) έως 7 ημέρες (Matthews et al., 2002). Παρόλα αυτά μια πρόσφατη έρευνα σε παιδιά ηλικίας 5 ετών εξέτασε την αξιοπιστία του επιταχυνσιόμετρου Actigraph βρίσκοντας ότι η αξιοπιστία αυξάνεται καθημερινά πάνω από 80% για 7 ημέρες παρακολούθησης. Το 62% της αξιοπιστίας επιτυγχάνεται στο διάστημα των τριών πρώτων ημερών (Penpraze et al., 2006). Σημαντικό ρόλο στην αξιοπιστία των μετρήσεων παίζουν και η ημέρες της εβδομάδας. Για αυτό το λόγο οι περισσότεροι ερευνητές διαχωρίζουν και συγκρίνουν ξεχωριστά τα αποτελέσματα των καθημερινών ημερών με τα αποτελέσματα των ημερών του σαββατοκύριακου. Από έρευνες έχει βρεθεί ότι τα παιδιά είναι πιο δραστήρια τις

ημέρες του σαββατοκύριακου (Penpraze et al., 2006). Επιπρόσθετα η εποχή που πραγματοποιείται μια μέτρηση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό της συστηματικής φυσικής δραστηριότητας. Στα βηματόμετρα διαπιστώθηκε ότι χρειάζεται το λιγότερο 5 μέρες συνεχούς καταγραφής της φυσικής δραστηριότητας για την επίτευξη αξιόπιστων δεδομένων σε κορίτσια ηλικίας 10-14 ετών, ενώ 2 ημέρες καταγραφής είναι αρκετές σε γυναίκες που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη, ηλικίας 40 ετών (Stryker et al., 2007).

Οριοθετήσεις επιταχυνσιόμετρων

Λόγο των πολλών και διαφορετικών επιταχυνσιόμετρων, ο προσδιορισμός της φυσικής δραστηριότητας (Macfarlane et al., 2006) καθώς και η κατηγοριοποίηση της (Esliger et al., 2006), δεν πραγματοποιείται από τα ίδια πρωτόκολλα, δυσκολεύοντας έτσι την σύγκριση των αποτελεσμάτων. Δεν υπάρχει μέχρι στιγμής έρευνα που να συγκρίνει τα αποτελέσματα κοινών σε χρήση και λειτουργία επιταχυνσιόμετρων και έτσι δεν είναι δυνατή η ταυτοποίηση των αισθητήρων κίνησης (Freedson et al., 2005; Trost et al., 2005). Ο κυριότερος περιορισμός της μέτρησης της φυσικής δραστηριότητας με τη χρήση επιταχυνσιόμετρων παρουσιάζεται στην αδυναμία καταγραφής όλων των δραστηριοτήτων π.χ. ποδηλασία ή κολύμβηση (Freedson et al., 2005). Σε ενήλικα άτομα η πλειοψηφία των περισσότερων καθημερινών φυσικών δραστηριοτήτων τους, περιλαμβάνει το περπάτημα, στα παιδιά όμως τα χαρακτηριστικά των καθημερινών φυσικών δραστηριοτήτων ποικίλουν με αποτέλεσμα τα δεδομένα που καταγράφονται να μην θεωρούνται ακριβή και να δυσκολεύουν την ταξινόμηση τους.

Ερμηνεία των δεδομένων των επιταχυνσιόμετρων

Τα δεδομένα από τα επιταχυνσιόμετρα χρειάζονται προσεκτική ερμηνεία και τα πιο σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την ανάλυση και την ερμηνεία αυτού του είδους δεδομένων εξηγούνται παρακάτω.

Αποκλεισμός δεδομένων

Καθώς τα επιταχυνσιόμετρα δεν τοποθετούνται για 24 ώρες τη μέρα είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του χρόνου που δεν τοποθετήθηκε ο αισθητήρας σε σχέση με κάποια υπάρχουσα κατηγοριοποίηση. Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι: σε περιπτώσεις που τα δεδομένα αποτελούνται από συνεχή μηδενικά αποκλείονται. Τα δεδομένα μπορούν να αποκλειστούν ύστερα από σύγκριση με ένα ημερολόγιο του χρόνου τοποθέτησης. Τα δεδομένα μπορούν να αποκλειστούν από τον υποτιθέμενο σταθερό χρόνο ύπνου ή με βάση κάποια εξωγενή στατιστικά κριτήρια. Η επιλογές που λαμβάνονται και ο τρόπος που θα συμπληρώσει ο καθένας αυτά τα κενά στα δεδομένα μπορεί να έχει δραματικά αποτελέσματα σε επακόλουθες προβλέψεις ενεργειακής δαπάνης. Όταν δύο εξισώσεις που προέρχονται από εργαστηριακές μετρήσεις (Trost, Ward, & Moorehead, 1998; Puyau, Adolph, Vohra, & Butte, 2002), συγκρίθηκαν με μια εξίσωση που προερχόταν κατά τη διάρκεια καθημερινών συνθηκών διαβίωσης για τον υπολογισμό του PAEE (Ekelund, Sjostrom, & Yingve, 2001) χρησιμοποιώντας τα ίδια δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου στις ίδιες συνθήκες υπερέτιμησησαν το PAEE κατά 17 (Trost et al., 1998), και 83% (Puyau et al., 2002) όταν ο μη καταγεγραμμένος χρόνος (κυρίως κατά τη διάρκεια του ύπνου), αντικαταστάθηκε από τον μέσο όρο των υπόλοιπων δεδομένων. Ωστόσο οι ίδιες εξισώσεις έδωσαν κατώτερες τιμές της ενεργειακής δαπάνης κατά 46 (Trost et al., 1998) και 3% (Puyau et al., 2002), όταν το PAEE υπολογίστηκε ως μηδέν κατά τη διάρκεια του μη καταγεγραμμένου χρόνου (Nilsson, Brage, & Riddoch, 2007) περίπου 10 ώρες τοποθέτησης χρησιμοποιούνται συνήθως (Ekelund et al., 2004; Macfarlane et al., 2006; Riddoch, Bo Andersen, & Wedderkopp, 2004). 10 ώρες δεδομένων ανά ημέρα έχουν δείξει ότι μεγιστοποιούν την αξιοπιστία σε 5 χρονών παιδιά αλλά η αξιοπιστία ήταν αποδεκτή ακόμη και όταν περιλάμβανε δεδομένα για 3 ώρες την ημέρα (Penpraze et al., 2006).

Εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης με τη χρήση επιταχυνσιόμετρου

Η επιστημονική κοινότητα θεωρεί ότι τα δεδομένα των επιταχυνσιόμετρων δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση και τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης μιας και δεν υπάρχει κάποια εξίσωση που να παρέχει έγκυρη πρόβλεψη για την ενεργειακή δαπάνη (Crouter, Churilla, & Bassett, 2006). Παρόλα αυτά πρόσφατα έχουν προταθεί πολλές νέες προσεγγίσεις στο συγκεκριμένο ζήτημα. Προτείνεται για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης, ο συνδυασμός εργομετρικών μετρήσεων όπως είναι η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας (Brage, & Franks, 2005; Corder, Brage, Wareham, & Ekelund, 2005; Crouter, Churilla, & Bassett, 2007; Thompson, Batterham, & Bock, 2006), καθώς και η καταγραφή της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτές οι μέθοδοι είναι ικανές για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης με μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο συνδυασμός της καρδιακής συχνότητας και της κίνηση έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο ακριβής από τη χρησιμοποίηση κάθε μεθόδου ξεχωριστά σε ελεγχόμενες συνθήκες σε ενήλικες (Brage et al., 2005; Thompson et al., 2006; Crouter et al., 2007) και παιδιά (Corder et al., 2005). Η χρήση επιταχυνσιόμετρων σε συνδυασμό με τις παραγωγικές εξισώσεις εκτίμησης του ενεργειακού κόστους της φυσικής δραστηριότητα σε συνθήκες ελεύθερης διαβίωσης, πρέπει να στηρίζονται στη σχέση των αποτελεσμάτων από τα δεδομένα των επιταχυνσιόμετρων και της καρδιακής συχνότητας με τα αποτελέσματα της ενεργειακής δαπάνης του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας.

Ερμηνεία των δεδομένων των βηματόμετρων

Η φύση των δεδομένων των βηματόμετρων σαν μία συνολική καθημερινή μονάδα βημάτων σημαίνει ότι οι επιλογές για την ερμηνεία τους είναι πιο περιορισμένες σε σχέση με τις επιλογές που υπάρχουν για τα επιταχυνσιόμετρα. Οι προσπάθειες για να προβλεφθεί η ενεργειακή δαπάνη σε συνθήκες ελεύθερης διαβίωσης από τις μονάδες των βηματόμετρων δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής (Leenders, Sherman, Nagaraja, & Kier, 2001; Ramirez-Marrero, Smith,

Sherman, & Kirby, 2005). Ωστόσο, τα βηματόμετρα εμφανίζουν μεγαλύτερη ικανότητα πρόβλεψης της ενεργειακής δαπάνης σε σύντομο και ελεγχόμενο περιβάλλον (Foster, Lanningham-Foster, & Manohar, 2005) και κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων ταχυτήτων βάδισης (Crouter et al., 2003). Εκτός από τη μέτρηση των βημάτων, τα βηματόμετρα συχνά υπολογίζουν και την απόσταση που διανύθηκε, που είναι μία συνάρτηση του μήκους διασκελισμού και της συχνότητας του βήματος. Η ακρίβεια με την οποία υπολογίζεται το μήκος του διασκελισμού ποικίλει και μπορεί να αλλάξει στις διάφορες δρομικές ταχύτητες (Schneider et al., 2003). Ο Crouter (2003) ανακάλυψε ότι τα βηματόμετρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια όταν υπολόγιζαν την απόσταση στα 80mm⁻¹ αλλά υπερεκτιμούν την απόσταση σε χαμηλότερες ταχύτητες και την υποτιμούν σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Ο υπολογισμός της ενεργειακής δαπάνης καθώς και της απόστασης από τα δεδομένα των βηματόμετρων παρουσιάζει ουσιαστικά λάθη. Τα δεδομένα από τα βηματόμετρα θα πρέπει να περιορίζονται μόνο στην καταγραφή των βημάτων (Crouter et al., 2003). Το χαμηλό κόστος των περισσότερων βηματόμετρων, η ευκολία στη χρήση τους και τα αντικειμενικά αποτελέσματα τα καθιστά ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο μέτρησης της φυσικής δραστηριότητας σε έρευνες που μελετάνε μεγάλο πληθυσμό. Τα βηματόμετρα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε έρευνες ως εργαλεία παρακίνησης προκειμένου να αυξηθεί η φυσική δραστηριότητα του δείγματος, άλλες φορές επιτυχώς (Merom, Rissel, & Phongsavan, 2007) και άλλες ανεπιτυχώς (Stovitz, VanWorner, Center, & Bremer, 2005).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο ερευνητικός σχεδιασμός και η μεθοδολογία της έρευνας. Αναφέρονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του δείγματος, οι μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν και τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν για την διεξαγωγή της έρευνας.

Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν 42 φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης (n=42, 24 αγόρια, 18 κορίτσια). Οι εξεταζόμενοι συμμετείχαν στην έρευνα εθελοντικά αφού πρώτα ενημερώθηκαν για τις λεπτομέρειες. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αποκλείσουν την κατανάλωση αλκοολούχων και καφεϊνούχων ροφημάτων την παραμονή και την ημέρα που διεξαγωγής της έρευνας. Επιπρόσθετα ζητήθηκε και η αποφυγή έντονης σωματικής άσκησης για την ίδια χρονική περίοδο. Την ημέρα της δοκιμασίας οι εξεταζόμενοι παρουσιάστηκαν στο χώρο του Εργαστηρίου Προπονητικής και Φυσικής Απόδοσης του ΤΕΦΑΑ του ΔΠΘ, είκοσι λεπτά πριν από την έναρξη της αξιολόγησης.

Εξοπλισμός και Όργανα

Βηματομέτρο OMRON HJ-720IT-E2: To Walking style Pro HJ-720IT-E2 (Εικόνα 1) σχεδιάστηκε για να παρακολουθεί τη σωματική άσκηση σε επίπεδο βημάτων, απόστασης, χρόνου, θερμίδων και όγκου λίπους που καίει ο ασκούμενος καθώς περπατάει ή κάνει τζόκινγκ. Το συγκεκριμένο εργαλείο διαθέτει λειτουργία διπλής οθόνης, η οποία μπορεί να εμφανίσει ταυτόχρονα τόσο το χρόνο όσο και τον αριθμό των βημάτων. Η λειτουργία μνήμης του HJ-720IT-E2 μπορεί να αποθηκεύει δεδομένα 41 ημερών και εμφανίζει στην οθόνη τα δεδομένα των τελευταίων 7 ημερών. Επιπλέον, διαθέτει λειτουργία

βηματόμετρο αεροβικής το οποίο καταγράφει τον αριθμό των σταθερών βημάτων που πραγματοποιήθηκαν σε διάρκεια τριάντα λεπτών. Επιπρόσθετα διαθέτει τη δυνατότητα σύνδεσης με το PC μέσω θύρας USB 2.0 και μέσω ειδικού λογισμικού της OMRON τα δεδομένα αποθηκεύονται στον υπολογιστή με τη μορφή αρχείου xls.



Εικόνα 1: Βηματόμετρο OMRON HJ-720IT-E2

Βηματόμετρο OMRON Walking style II: Το Walking style II (Εικόνα 2) μετρά τα βήματα, την απόσταση, τις θερμίδες και το λίπος που καταναλώθηκε στη διάρκεια κάποιας δραστηριότητας. Επιπρόσθετα παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης ένδειξης στην οθόνη, της ώρας και του αριθμού των βημάτων. Η μνήμη του μπορεί και καταχωρεί δεδομένα επτά ημερών. Το Walking style II έχει και δυνατότητα μέτρησης της αερόβιας άσκησης, δηλαδή του αριθμού των σταθερών βημάτων που πραγματοποιήθηκαν σε διάρκεια τριάντα λεπτών.



Εικόνα 2: Βηματόμετρο OMRON Walking style II

Για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας χρησιμοποιήθηκε καρδιοσυχνόμετρο Polar T-61, τα δεδομένα του οποίου παρουσιάζονταν στην οθόνη του υπολογιστή.

Για τη διεξαγωγή του πρωτόκολλου, χρησιμοποιήθηκε, δαπεδοεργόμετρο RAM, Medical and Industrial Instruments & Supplies model 770 S.

Για την καταγραφή των πραγματικών βημάτων χρησιμοποιήθηκε χειροκίνητος μετρητής βημάτων, hand counter Basch SJ-504 (Εικόνα3) καθώς και βιντεοκάμερα Canon.



Εικόνα 3: Χειροκίνητος Μετρητής Βημάτων

Για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης χρησιμοποιήθηκε αναλυτής αερίων, Oxygon Mobile Jaeger, ο οποίος αποτελεί ένα φορητό σύστημα αξιολόγησης της πνευμονικής λειτουργίας (Εικόνα 4) και απεικονίζει την καρδιοαναπνευστική λειτουργία κατά τη διάρκεια αξιολόγησης της άσκησης (Εικόνα 5). Ο συγκεκριμένος αναλυτής αερίων επιτρέπει την τηλεμετρική καταγραφή μεταβολικών παραγόντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις σε ενήλικες και παιδιά άνω των 14 ετών. Ο αναλυτής της Jaeger, μετράει σημαντικούς εργοσπιρομετρικούς παράγοντες όπως: VO_2 , VCO_2 , RER, HR, EQO, $EQCO_2$. Το σύστημα ανακτά τα δεδομένα σε κάθε αναπνοή και ονομάζεται "ανοικτό σύστημα".



Εικόνα 4: Αναλυτής αερίων



Εικόνα 5: Απεικόνιση δεδομένων

Το σωματικό βάρος και ύψος των συμμετεχόντων στην έρευνα, μετρήθηκε με ηλεκτρονική ζυγαριά και αναστημόμετρο, Seca (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Αναστημόμετρο και ζυγαριά (Seca)

Προκαταρκτικές μετρήσεις

Όπως προαναφέρθηκε οι συμμετέχοντες παρουσιάστηκαν στο χώρο διεξαγωγής της έρευνας 20 λεπτά πριν την έναρξη της αξιολόγησης. Κατά τη διάρκεια εκείνη πραγματοποιήθηκαν οι προκαταρκτικές μετρήσεις οι οποίες είναι:

- α) Σωματικό βάρος (kg)
- β) Ύψος (cm)
- γ) Μήκος διασκελισμού (cm)

Οι δύο πρώτες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χωρίς υποδήματα και με ελαφρύ ρουχισμό. Για τη μέτρηση του μήκους του διασκελισμού ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να πραγματοποιήσουν 3 φορές από 20 βηματισμούς σε ευθεία. Για κάθε προσπάθεια καταγραφόταν η απόσταση σε μέτρα και εκατοστά. Στη συνέχεια προστίθενται οι τιμές των τριών αποστάσεων και η τιμή που προέκυπτε διαιρούσαν με το συνολικό αριθμό των βημάτων, των τριών προσπαθειών. Η τιμή που προκύπτει αποτελεί το μήκος του διασκελισμού που εισήχθη στο βηματόμετρο.

Προετοιμασία δοκιμασίας

Πριν την έναρξη της αξιολόγησης δόθηκαν στους συμμετέχοντες οδηγίες για τον τρόπο βηματισμού στον εργοδιάδρομο και μερικά λεπτά για να δοκιμάσουν και να προσαρμοστούν στις διάφορες ταχύτητες που επακολούθησαν. Κατά την προετοιμασία για λόγους εξοικείωσης, τοποθετήθηκε στους συμμετέχοντες όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Η ταχύτητα και η κλίση του

εργοδιάδρομου προσαρμόστηκε από τον εξεταστή πριν την έναρξη της αξιολόγησης, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Μετά το στάδιο προσαρμογής όλα ήταν έτοιμα για την έναρξη της αξιολόγησης. Ο εξεταστής «εισήγαγε» στο μηδενισμένο βηματόμετρο 1) την ώρα, 2) το βάρος του συμμετέχοντα και 3) το μήκος διασκελισμού του. Στη συνέχεια ο εξεταστής τοποθετούσε το βηματόμετρο HJ-720IT-E2 στη δεξιά πλευρά στη μέση του συμμετέχοντα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Τα βηματόμετρα OMRON φορέθηκαν με ειδική σταθεροποιητική ζώνη δεξιά και αριστερά στο επίπεδο της μέσης και στο ύψος του ισχίου των δοκιμαζόμενων (Εικόνα 7). Στη δεξιά πλευρά και δίπλα από το HJ-720IT-E2 τοποθετήθηκε το βηματόμετρο Yamax SW-200, αφού προηγουμένως ελέγχθηκε μέσω πιλοτικής μελέτης η επίδραση της θέσης στην ακρίβεια καταγραφής των βημάτων στις δυο ακραίες ταχύτητες του πρωτοκόλλου. Εφαρμόστηκε στο στόμα και τη μύτη του συμμετέχοντα ειδική μάσκα, η οποία είναι συνδεδεμένη με τον αναλυτή αερίων (Εικόνα 8). Τέλος τοποθετήθηκε στο στήθος του συμμετέχοντα η ζώνη του καρδιοσυχνόμετρου.



Εικόνα 7: Τοποθέτηση βηματόμετρων



Εικόνα 8: Εφαρμογή μάσκας

Δοκιμασία αξιολόγησης

Αφού πραγματοποιήθηκαν όλες οι παραπάνω ενέργειες, ο κάθε δοκιμαζόμενος ήταν έτοιμος για την έναρξη της δοκιμασίας, η οποία έχει ως εξής:

Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν στο δαπεδοεργόμετρο 5 προσπάθειες σε διαφορετική ταχύτητα κάθε φορά. Οι ταχύτητες ήταν:

- α) 54 mmin^{-1}
- β) 67 mmin^{-1}
- γ) 80 mmin^{-1}
- δ) 94 mmin^{-1}

ε) $107 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Η συγκεκριμένες ταχύτητες επιλέχθηκαν από πολλούς ερευνητές που ασχολήθηκαν στο παρελθόν με την ακρίβεια και την αξιοπιστία βηματόμετρων. Η χρονική διάρκεια εκτέλεσης σε κάθε ταχύτητα ήταν 5 λεπτά. Μεταξύ των προσπαθειών σε κάθε ταχύτητα, οι συμμετέχοντες σταματούσαν για 2 λεπτά χωρίς να μετακινούνται για την πλήρη καταγραφή των δεδομένων των βηματόμετρων.

Αξιολόγηση ακρίβειας στην καταγραφή των βημάτων

Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, δύο εξεταστές κατέγραφαν για την κάθε επιβάρυνση ξεχωριστά τον πραγματικό αριθμό των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια των 5 λεπτών. Η καταγραφή αυτή γινόταν με τη χρήση δύο ειδικών χειροκίνητων εργαλείων καταμέτρησης βημάτων (hand counter). Επιπλέον για την επιβεβαίωση αυτής της καταμέτρησης οι προσπάθειες βιντεοσκοπούσαν. Η αξιολόγηση της ακρίβειας καταγραφής των βημάτων σε κάθε επιβάρυνση ξεχωριστά έγινε συγκρίνοντας τον πραγματικό αριθμό των βημάτων με τον αριθμό που κατέγραψαν τα βηματόμετρα OMRON HJ-720IT-E2, Walking style Pro II και Yamax SW-200.



Εικόνα 9: Καταγραφή πραγματικών βημάτων

Αξιολόγηση ακρίβειας στην καταγραφή της απόστασης

Η αξιολόγηση της ακρίβειας καταγραφής της απόστασης σε κάθε επιβάρυνση ξεχωριστά έγινε συγκρίνοντας την πραγματική απόσταση με την απόσταση που κατέγραψαν τα βηματόμετρα OMRON HJ-720IT-E2 και Walking style Pro II. Η πραγματική απόσταση υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας κάθε ταχύτητα με τη χρονική διάρκεια εκτέλεσης του κάθε στάδιου.

Αξιολόγηση ακρίβειας στον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης

Από τα αποτελέσματα του αναλυτή αερίων υπολογίστηκε το σταθερό επίπεδο της VO_2 . Το σταθερό επίπεδο της VO_2 για κάθε συμμετέχοντα, αντιπροσωπεύεται από το μέσο όρο των δεδομένων των 5 λεπτών της κάθε προσπάθειας. Τα χιλιοστόλιτρα (ml) της VO_2 μετατράπηκαν σε λίτρα (l), διαιρώντας τον μέσο όρο με το 1000 και πολλαπλασιάστηκαν με το 5 (1L O_2 = 5 kcal) και έπειτα πολλαπλασιάστηκαν πάλι με τον αριθμό 5 (η χρονική διάρκεια σε κάθε δρομική ταχύτητα). Τέλος πολλαπλασιάστηκε με το σωματικό βάρος του κάθε συμμετέχοντα και ο τελικός αριθμός αντιπροσωπεύει την ενεργειακή δαπάνη.

Στατιστική Ανάλυση

Για την αξιολόγηση της ακρίβειας καταγραφής των βημάτων, της απόστασης και των θερμίδων, των βηματόμετρων OMRON HJ-720IT-E2, Walking Style Pro II και YAMAX SW-200 υπολογίστηκαν, για κάθε μεταβλητή (αριθμός βημάτων, απόσταση βάδισης και αριθμός θερμίδων) οι παρακάτω δείκτες:

α) τετραγωνική ρίζα των μέσων τετραγώνων των διαφορών (root mean square difference - RMS) ανάμεσα σε κάθε βηματόμετρο και στο κριτήριο. Η τετραγωνική ρίζα των μέσων τετραγώνων των διαφορών μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων τιμών, για μεταβλητή (αριθμός βημάτων, συνολική απόσταση και αριθμός θερμίδων) και για κάθε βηματόμετρο, υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (X_{ij} - X_i)^2}{N}}$$

όπου, X_i : η πραγματική τιμή κάθε μεταβλητής για κάθε εξεταζόμενο i , X_{ij} : η καταγεγραμμένη τιμή του βηματόμετρου j για κάθε εξεταζόμενο i , και N ο αριθμός των εξεταζομένων. Η τιμή RMS για κάθε μια από τις παραπάνω

μεταβλητές, εκφράστηκε ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με το RMS των πραγματικών τιμών της αντίστοιχης μεταβλητής.

β) σταθερό σφάλμα μέτρησης (standard error of measurement – SEM) ανάμεσα σε κάθε βηματόμετρο και στο κριτήριο. Το σταθερό σφάλμα της μέτρησης υπολογίστηκε από την εξίσωση:

$$SEM = \frac{s_{diff}}{\sqrt{2}}$$

όπου, s_{diff} : η τυπική απόκλιση των διαφορών μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων τιμών για κάθε βηματόμετρο, σε κάθε ταχύτητα. Η τιμή SEM για κάθε μια από τις παραπάνω μεταβλητές, εκφράστηκε ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με το RMS των πραγματικών τιμών της αντίστοιχης μεταβλητής όπως μετρήθηκαν από το τεστ – κριτήριο.

γ) συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (intra-class correlation coefficient - ICC) ανάμεσα σε κάθε βηματόμετρο και στο κριτήριο. Ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης μεταξύ των πραγματικών και των καταγεγραμμένων τιμών για κάθε μεταβλητή (αριθμός βημάτων, συνολική απόσταση και αριθμός θερμίδων), υπολογίστηκε μέσω ενός μοντέλου ανάλυσης διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), σύμφωνα με την εξίσωση (Baumgartner, 1989):

$$ICC = \frac{MS_s - MS_i}{MS_s}$$

όπου, ICC : ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης μεταξύ των δύο μετρήσεων (πραγματικές τιμές και βηματόμετρο), MS_s : το μέσο τετράγωνο μεταξύ των μετρήσεων, MS_i : το μέσο τετράγωνο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μετρήσεων και των εξεταζομένων.

Επίσης, πραγματοποιήθηκε, στις διαφορές μεταξύ κάθε βηματόμετρου και κριτηρίου, ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δυο επαναλαμβανόμενους παράγοντες (two-way ANOVA for repeated measures), οι οποίοι ήταν ο παράγοντας βηματόμετρο (HJ, WS, YAM) και ο παράγοντας ταχύτητα (54, 67, 80, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$), για τον έλεγχο της επίδρασης της ταχύτητας βάδισης στην ακρίβεια των βηματόμετρων για κάθε μεταβλητή. Το παραγοντικό μοντέλο της ανάλυσης ήταν 3×5 για τον αριθμό των βημάτων (3 μετρήσεις \times 5 ταχύτητες) και 2×5 για την απόσταση βάδισης και τον αριθμό των θερμίδων (2 μετρήσεις \times 5 ταχύτητες). Για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων όρων των κελιών του παραγοντικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Sidak. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε ως $p<.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A. Βήματα

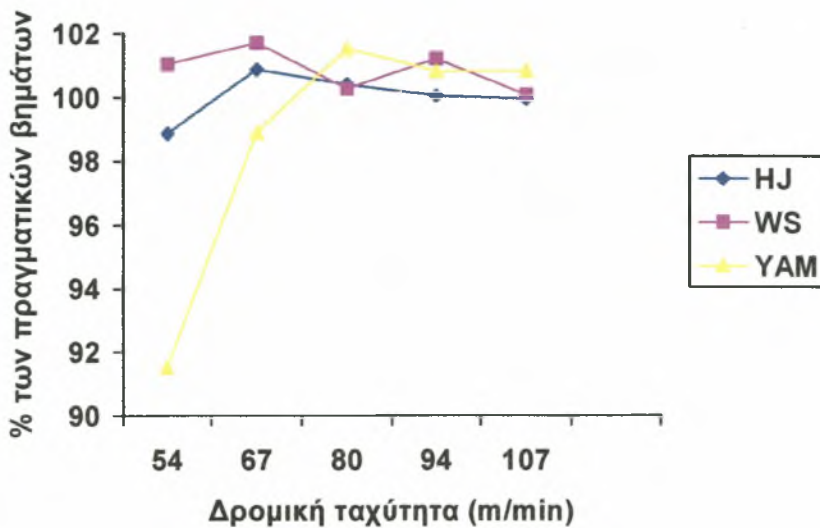
Περιγραφική στατιστική

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των βημάτων κάθε βηματόμετρου, σε ποσοστό επί τοις εκατό ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης (Σχήμα 1).

Πίνακας 1. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II, YAM: Yamax SW-200).

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	HJ		WS		YAM	
	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
54m·min ⁻¹	98,85	6,19	101,03	5,49	91,50	18,82
67m·min ⁻¹	100,84	2,89	101,67	5,06	98,88	7,26
80m·min ⁻¹	100,37	1,53	100,24	1,80	101,51	5,94
94m·min ⁻¹	100,01	0,36	101,18	3,36	100,77	1,30
107m·min ⁻¹	99,92	2,77	100,05	0,64	100,80	1,33

Από τον παραπάνω Πίνακα διαπιστώθηκε ότι το βηματόμετρο HJ υπερεκτιμάει τα βήματα στις ταχύτητες 67, 80, 94m·min⁻¹, ενώ αντίθετα υποεκτιμάει τα βήματα στις ταχύτητες 54 και 107m·min⁻¹. Το βηματόμετρο WS υπερεκτιμάει τα βήματα σε όλες τις δρομικές ταχύτητες και τέλος το βηματόμετρο YAM υποεκτιμάει τα βήματα στις ταχύτητες 54 και 67m·min⁻¹, ενώ υπερεκτιμάει τα βήματα στις δρομικές ταχύτητες 80, 94, 107m·min⁻¹.



Σχήμα 1. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II, YAM: Yamax SW-200).

Ακρίβεια μέτρησης

Root Mean Squared Difference (RMS). Οι τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών βημάτων παρουσιάζονται για κάθε ταχύτητα στον Πίνακα 2. Για τη διευκόλυνση των συμπερασμάτων οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με την RMS τιμή των πραγματικών βημάτων. Από τον Πίνακα 2 διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο οι RMS διαφορές μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών βημάτων δεν υπερέβαιναν το 10% σε όλες τις ταχύτητες για τα βηματόμετρα HJ και WS. Όσον αφορά το βηματόμετρο YAM αυτό ίσχυε για όλες τις ταχύτητες εκτός από την ταχύτητα των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ όπου η μέση διαφορά μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων βημάτων ήταν αρκετά μεγαλύτερη.

Πίνακας 2. Ποσοστιαίες τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών βημάτων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα

TACHYTHTA	HJ	WS	YAM
54m·min ⁻¹	5,49	5,53	19,27
67m·min ⁻¹	2,89	5,23	6,75
80m·min ⁻¹	1,65	1,79	5,22
94m·min ⁻¹	0,35	3,31	1,36
107m·min ⁻¹	2,87	0,61	1,47

Standard Error of Measurement (SEM). Οι τιμές SEM για κάθε βηματόμετρο, όσον αφορά στον αριθμό των βημάτων παρουσιάζονται για κάθε ταχύτητα στον Πίνακα 3. Για τη διευκόλυνση των συμπερασμάτων οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με την RMS τιμή των πραγματικών βημάτων. Από τον Πίνακα 3 διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο οι διαφορές μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών βημάτων δεν υπερέβαιναν το 10% σε όλες τις ταχύτητες για τα βηματόμετρα HJ και WS. Όσον αφορά στο βηματόμετρο YAM αυτό ίσχυε για όλες τις ταχύτητες εκτός από την ταχύτητα των 54m·min⁻¹ όπου η τιμή SEM ήταν αρκετά μεγαλύτερη (12,66 βήματα).

Πίνακας 3. Ποσοστιαίες τιμές SEM για τον αριθμό των βημάτων σε κάθε βηματόμετρο σε κάθε ταχύτητα

TAXYTHTA	HJ	WS	YAM
54m·min ⁻¹	3,89	3,92	12,66
67m·min ⁻¹	1,99	3,57	4,78
80m·min ⁻¹	1,15	1,27	3,63
94m·min ⁻¹	0,25	2,24	0,82
107m·min ⁻¹	0,99	0,44	0,90

Συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (ICC). Οι τιμές των συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης (ICC) μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων βημάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Ως ελάχιστη αποδεκτή τιμή ICC για την τεκμηρίωση του ισχυρισμού για την ακρίβεια ενός οργάνου μέτρησης θεωρείται η τιμή .80. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τον Πίνακα 4 τα βηματόμετρα HJ και WS ικανοποιούν το παραπάνω κριτήριο σε όλες τις δρομικές ταχύτητες. Αντίθετα το βηματόμετρο YAM εμφανίζει αποδεκτές τιμές ICC μόνο για τις δύο μεγαλύτερες δρομικές ταχύτητες. Επιπλέον βάση τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας των τιμών ICC σε σχέση με την τιμή – κριτήριο του .80 επιβεβαιώνεται η μηδενική υπόθεση αριθμός 4 όσον αφορά για το βηματόμετρο HJ σε όλες τις δρομικές ταχύτητες, για το βηματόμετρο WS σε όλες τις ταχύτητες εκτός από τη δρομική ταχύτητα 67m·min⁻¹ και για το βηματόμετρο YAM επιβεβαιώνεται στις δρομικές ταχύτητες 94 και 107m·min⁻¹, ενώ απορρίπτεται στις δρομικές ταχύτητες 54, 67 και 80m·min⁻¹ (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης (ICC) και 95% διαστήματα εμπιστοσύνης, μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων βημάτων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II, YAM: Yamax SW-200).

TACHYTHTA	HJ	WS	YAM
54m·min ⁻¹	.88* (.79-.94)	.86* (.76-.92)	.46 (.18-.67)
67m·min ⁻¹	.93* (.87-.96)	.80 (.66-.89)	.74 (.57-.85)
80m·min ⁻¹	.97* (.94-.98)	.97* (.94-.98)	.66 (.45-.80)
94m·min ⁻¹	.99* (.99-.99)	.86* (.75-.93)	.97* (.92-.99)
107m·min ⁻¹	.89* (.81-.94)	.99* (.99-.99)	.97* (.92-.99)

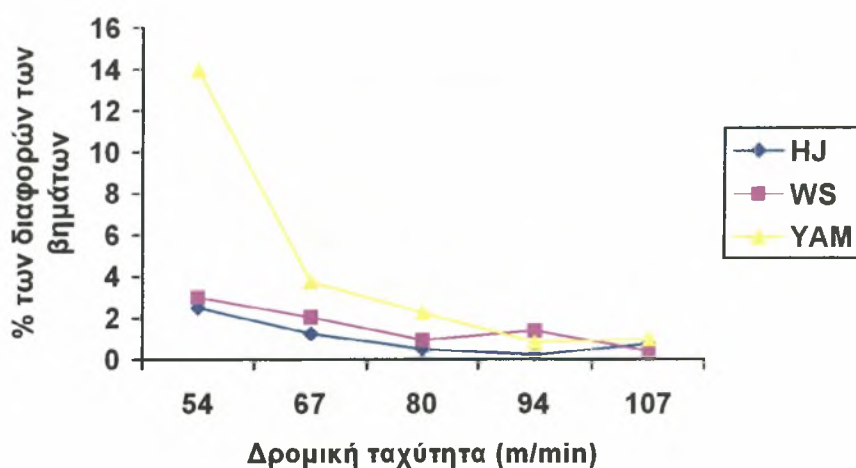
* σημαντικά μεγαλύτερο ($p < .05$) από την τιμή-κριτήριο .80.

Ανάλυση Διακύμανσης

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων “βηματόμετρο” και “ταχύτητα”, ($F_{8,328}=11.876$, $p < .001$, $\eta^2 = .225$) (Σχήμα 2). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Sidak, διαπιστώθηκε επιπλέον ότι το βηματόμετρο Yamax SW-200 παρουσίασε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σφάλμα στην δρομική ταχύτητα 54m·min⁻¹, ($p < .05$), σε σχέση με τις υπόλοιπες ταχύτητες. Αντίθετα τα βηματόμετρα OMRON HJ-720IT-E2 και Walking Style Pro II, δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά διαφορετικό σφάλμα σε καμία δρομική ταχύτητα (Πίνακας 5, Σχήμα 2). Τα παραπάνω ευρήματα απορρίπτουν την μηδενική υπόθεση με αριθμό 3, ενώ αντίθετα επιβεβαιώνουν τις μηδενικές υποθέσεις με αριθμό 1 και 2.

Πίνακας 5. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II, YAM: Yamax SW-200).

TAXYTHTA	HJ	WS	YAM
54m·min ⁻¹	2,47	2,95	13,89
67m·min ⁻¹	1,20	1,99	3,70
80m·min ⁻¹	0,46	0,89	2,18
94m·min ⁻¹	0,19	1,34	0,80
107m·min ⁻¹	0,72	0,36	0,93



Σχήμα 2: Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των βημάτων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II, YAM: Yamax SW-200).

Σύνοψη Ευρημάτων

Από τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τον αριθμό των βημάτων διαπιστώθηκε ότι τα βηματόμετρα HJ και WS παρουσιάζουν πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης ανεξάρτητα από την ταχύτητα της βάρδισης. Αντίθετα το σφάλμα μέτρησης του βηματόμετρου YAM επηρεάζεται από την ταχύτητα βάρδισης και

είναι σημαντικά μεγαλύτερο στην ταχύτητα των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ σε σχέση με τις υπόλοιπες ταχύτητες.

B. Απόσταση

Περιγραφική στατιστική

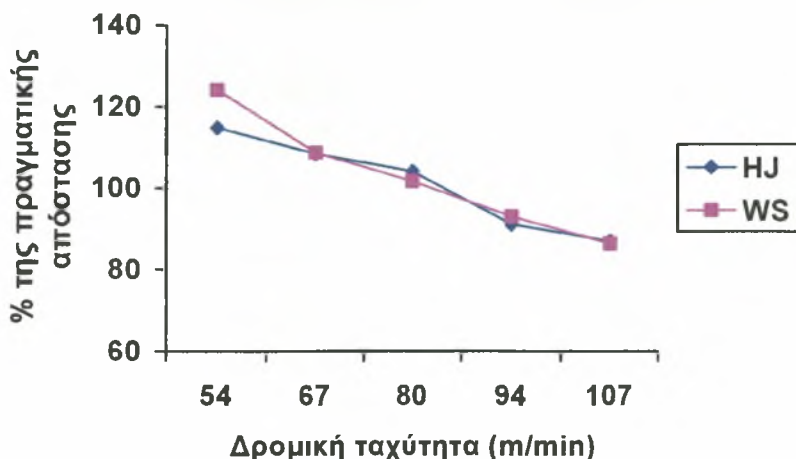
Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της απόστασης που κατέγραψε κάθε βηματόμετρο, σε ποσοστό επί τοις εκατό ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης (Σχήμα 3).

Πίνακας 6. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόστασης που κατέγραψε κάθε βηματόμετρο ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	HJ		WS	
	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
$54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	114,81	21,09	124,07	17,39
$67\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	108,36	11,52	108,66	11,70
$80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	104,00	10,15	101,50	9,36
$94\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	91,06	7,82	92,98	6,65
$107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	86,91	6,49	86,35	6,15

Από τον παραπάνω Πίνακα διαπιστώθηκε ότι στις δρομικές ταχύτητες 54, 67, $80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ και τα δύο βηματόμετρα υπερεκτίμησαν την απόσταση που διανύθηκε και στις δρομικές ταχύτητες 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ υποτίμησαν την απόσταση που διανύθηκε. Στις δρομικές ταχύτητες 67, 94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ και τα δύο βηματόμετρα παρουσιάζουν κοινές αποκλίσεις. Στην πρώτη όμως δρομική ταχύτητα $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, το βηματόμετρο WS εμφάνισε 10% παραπάνω από το βηματόμετρο HJ ($54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$: HJ (114,81%), WS (124,07%)), ενώ στην ταχύτητα

$80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, το βηματοόμετρο HJ ήταν αυτό που κατέγραψε 2,5% παραπάνω από το βηματοόμετρο WS ($80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$: HJ (104%), WS (101,5%)).



Σχήμα 3: Ποσοστιαίοι μέσοι όροι της απόστασης που κατέγραψε κάθε βηματοόμετρο ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

Ακρίβεια καταγραφής

Root Mean Squared Difference (RMS). Οι τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένης και πραγματικής απόστασης παρουσιάζονται για κάθε ταχύτητα στον Πίνακα 7. Για τη διευκόλυνση των συμπερασμάτων οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με την RMS τιμή της πραγματικής απόστασης. Από τον Πίνακα 7 διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο οι RMS διαφορές μεταξύ καταγεγραμμένης και πραγματικής απόστασης δεν υπερέβαινε το 10% στο βηματοόμετρο WS στις ταχύτητες 80, 94, $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ και στο βηματοόμετρο HJ στη δρομική ταχύτητα $80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Πίνακας 7. Ποσοστιαίες τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένης και πραγματικής απόστασης για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα

TAXYTHTA	HJ	WS
54m·min ⁻¹	24,90	29,18
67m·min ⁻¹	13,76	14,08
80m·min ⁻¹	10,00	9,01
94m·min ⁻¹	11,61	9,44
107m·min ⁻¹	14,46	14,84

Standard Error of Measurement (SEM). Οι τιμές SEM για κάθε βηματόμετρο, όσον αφορά στην απόσταση παρουσιάζονται για κάθε ταχύτητα στον Πίνακα 8. Για τη διευκόλυνση των συμπερασμάτων οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με την RMS τιμή της πραγματικής απόστασης. Από τον Πίνακα 8 διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο οι διαφορές μεταξύ καταγεγραμμένης και πραγματικής απόστασης δεν υπερέβαινε το 10% και στα δυο βηματόμετρα στις δρομικές ταχύτητες 60, 80, 94, 107m·min⁻¹. Όσον αφορά την ταχύτητα 54m·min⁻¹ η τιμή SEM ήταν αρκετά μεγαλύτερη.

Πίνακας 8. Ποσοστιαίες τιμές SEM για την απόσταση σε κάθε βηματόμετρο σε κάθε ταχύτητα

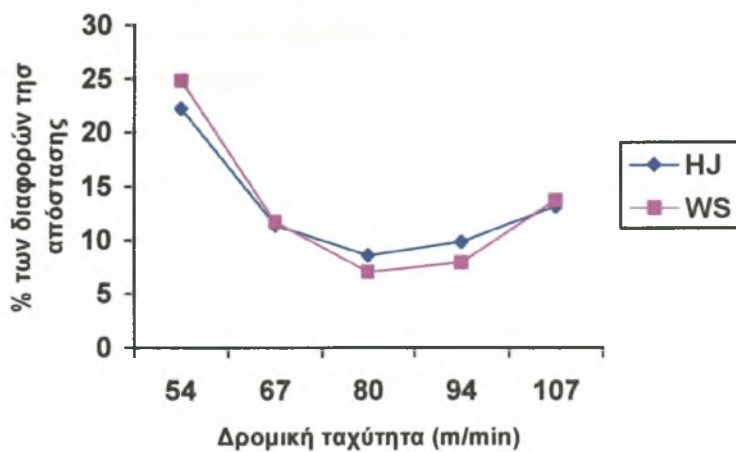
TAXYTHTA	HJ	WS
54m·min ⁻¹	14,91	12,29
67m·min ⁻¹	8,14	8,27
80m·min ⁻¹	7,17	6,62
94m·min ⁻¹	5,53	4,70
107m·min ⁻¹	4,58	4,35

Ανάλυση Διακύμανσης

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων “βηματόμετρο” και “ταχύτητα”, ($F_{4,36}=0.909$, $p=.469$, $\eta^2= .092$). Επιπλέον δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων “βηματόμετρο” ($F_{1,9}=0.044$, $p= .838$, $\eta^2= .005$) και “ταχύτητα” ($F_{4,36}=1.505$, $p= .089$, $\eta^2= .263$) (Πίνακας 9, Σχήμα 4). Τα παραπάνω ευρήματα επιβεβαιώνουν τις μηδενικές υποθέσεις αριθμό 5 και 6.

Πίνακας 9. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών της απόστασης κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

TAXYTHTA	HJ	WS
54mmin ⁻¹	22,22	24,81
67mmin ⁻¹	11,34	11,64
80mmin ⁻¹	8,5	7,00
94mmin ⁻¹	9,78	7,87
107mmin ⁻¹	13,08	13,64



Σχήμα 4. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών της απόστασης κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

Σύνοψη Ευρημάτων

Από τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με την απόσταση διαπιστώθηκε ότι τα βηματόμετρα HJ και WS παρουσιάζουν πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης ανεξάρτητα από την ταχύτητα της βάδισης.

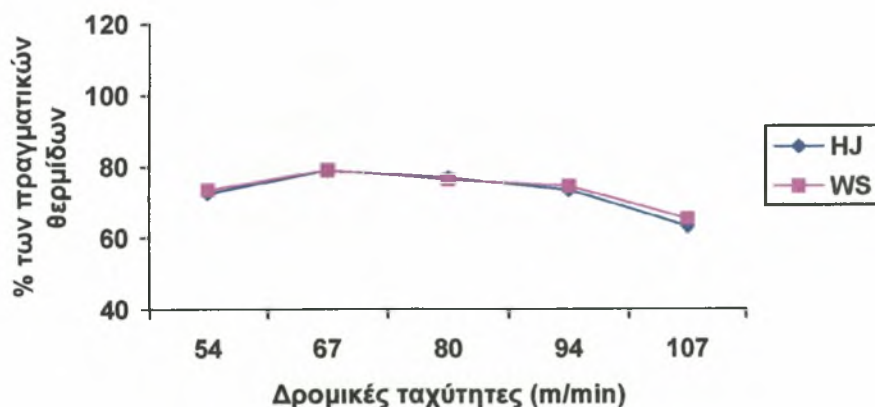
Γ. Θερμίδες

Περιγραφική στατιστική

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των θερμίδων που κατέγραψε κάθε βηματόμετρο, σε ποσοστό επί τοις εκατό ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης (Σχήμα 5).

Πίνακας 10. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	HJ		WS	
	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
54m·min ⁻¹	72,43	12,88	73,34	14,03
67m·min ⁻¹	78,76	13,48	78,82	13,84
80m·min ⁻¹	76,71	9,29	76,22	9,30
94m·min ⁻¹	73,30	11,06	74,45	9,40
107m·min ⁻¹	63,06	8,74	65,14	11,18



Σχήμα 5. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

Ακρίβεια μέτρησης

Root Mean Squared Difference (RMS). Οι τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών θερμίδων παρουσιάζονται για κάθε ταχύτητα στον Πίνακα 11. Για τη διευκόλυνση των συμπερασμάτων οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με την RMS τιμή των πραγματικών θερμίδων. Από τον Πίνακα 11 διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο οι RMS διαφορές μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών θερμίδων υπερέβαιναν το 10% σε όλες τις ταχύτητες για τα βηματόμετρα HJ και WS.

Πίνακας 11. Ποσοστιαίες τιμές RMS των διαφορών μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών θερμίδων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα

TAXYTHTA	HJ	WS
54m·min ⁻¹	28,86	29,00
67m·min ⁻¹	23,83	23,14
80m·min ⁻¹	22,63	23,35
94m·min ⁻¹	26,67	26,09
107m·min ⁻¹	36,57	35,31

Standard Error of Measurement (SEM). Οι τιμές SEM για κάθε βηματόμετρο, όσον αφορά στον αριθμό των θερμίδων παρουσιάζονται για κάθε ταχύτητα στον Πίνακα 12. Για τη διευκόλυνση των συμπερασμάτων οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται ως ποσοστό επί τοις εκατό σε σχέση με την RMS τιμή των πραγματικών θερμίδων. Από τον Πίνακα 12 διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο οι διαφορές μεταξύ καταγεγραμμένων και πραγματικών θερμίδων υπερέβαιναν το 10% σε όλες τις ταχύτητες για τα βηματόμετρα HJ και WS.

Πίνακας 12. Ποσοστιαίες τιμές SEM για τον αριθμό των θερμίδων σε κάθε βηματόμετρο σε κάθε ταχύτητα

TACHYTHTA	HJ	WS
54m·min ⁻¹	8,75	9,98
67m·min ⁻¹	9,68	9,36
80m·min ⁻¹	4,72	5,41
94m·min ⁻¹	7,38	6,98
107m·min ⁻¹	6,53	8,79

Συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης. Οι τιμές των συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης (ICC) μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων θερμίδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Ως ελάχιστη αποδεκτή τιμή ICC για την τεκμηρίωση του ισχυρισμού για την ακρίβεια ενός οργάνου μέτρησης θεωρείται η τιμή .80. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τον Πίνακα 13 το βηματόμετρο HJ ικανοποιεί το παραπάνω κριτήριο σε όλες τις δρομικές ταχύτητες εκτός της δεύτερης, ενώ το βηματόμετρο WS ικανοποιεί το παραπάνω κριτήριο σε όλες τις δρομικές ταχύτητες εκτός της πρώτης. Επιπλέον βάση τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας των τιμών ICC σε σχέση με την τιμή – κριτήριο του .80 επιβεβαιώνεται η μηδενική υπόθεση με αριθμό 9 όσον αφορά για το βηματόμετρο HJ στις δρομικές ταχύτητες 80, 94, 107m·min⁻¹, ενώ για το βηματόμετρο WS στις δρομικές ταχύτητες 80 και 94m·min⁻¹.



Πίνακας 13. Συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης (ICC) και 95% διάστημα εμπιστοσύνης, μεταξύ πραγματικών και καταγεγραμμένων θερμίδων για κάθε βηματόμετρο σε κάθε δρομική ταχύτητα. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

TAXYTHTA	HJ	WS
54m·min ⁻¹	.81 (.30-.96)	.74 (.16-.94)
67m·min ⁻¹	.79 (.25-.95)	.82 (.35-.96)
80m·min ⁻¹	.95* (.77-.99)	.93* (.71-.99)
94m·min ⁻¹	.91* (.61-.98)	.90* (.58-.98)
107m·min ⁻¹	.89* (.56-.98)	.83 (.39-.96)

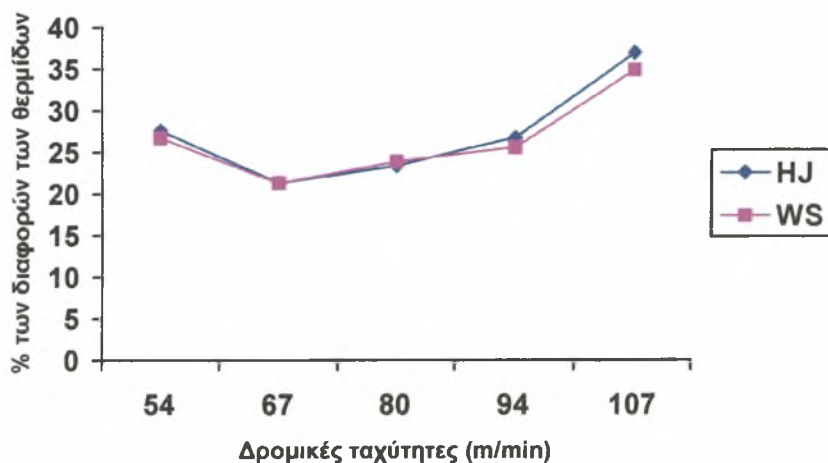
* στατιστικά μεγαλύτερο ($p < .05$) από την τιμή-κριτήριο .80.

Ανάλυση Διακύμανσης

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων “βηματόμετρο” και “ταχύτητα”, ($F_{4,28}=0.282$, $p=.887$, $\eta^2=.039$). Επιπλέον δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα “βηματόμετρο” ($F_{1,7}=1.816$, $p=.220$, $\eta^2=.206$). Αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα “ταχύτητα” ($F_{4,28}=19.370$, $p<.001$, $\eta^2=.735$). Όσον αφορά στην επίδραση του παράγοντα ταχύτητα το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Sidak έδειξε ότι στην δρομική ταχύτητα των 107m·min⁻¹ και τα δύο βηματόμετρα είχαν σημαντικά μεγαλύτερο σφάλμα από ότι στις άλλες δρομικές ταχύτητες (Πίνακας 14, Σχήμα 6). Τα παραπάνω ευρήματα απορρίπτουν τις μηδενικές υποθέσεις αριθμό 7 και 8.

Πίνακας 14. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

TAXYTHTA	HJ	WS
54m·min ⁻¹	27.57	26.66
67m·min ⁻¹	21.24	21.18
80m·min ⁻¹	23.29	23.78
94m·min ⁻¹	26.70	25.55
107m·min ⁻¹	36.94	34.85



Σχήμα 6. Ποσοστιαίοι μέσοι όροι των διαφορών των θερμίδων κάθε βηματόμετρου ως προς το κριτήριο, σε κάθε δρομική ταχύτητα μέτρησης. (HJ: OMRON HJ-720IT-E2, WS: OMRON Walking Style Pro II).

Σύνοψη Ευρημάτων

Από τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τον αριθμό των θερμίδων διαπιστώθηκε ότι τα βηματόμετρα HJ και WS παρουσιάζουν πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης στις δρομικές ταχύτητες 60, 80, 94 και 107m·min⁻¹. Αντίθετα το σφάλμα μέτρησης των βηματόμετρων HJ και WS επηρεάζεται από την δρομική ταχύτητα και είναι αρκετά μεγαλύτερο στην ταχύτητα των 54m·min⁻¹ σε σχέση με τις υπόλοιπες ταχύτητες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η χρήση των βηματόμετρων τόσο στην θεωρία (έρευνα) όσο και στην πράξη αυξάνεται ραγδαία καθώς οι συσκευές αυτές αποτελούν ένα φθινό, αντικειμενικό εργαλείο αξιολόγησης της φυσικής δραστηριότητας και είναι γενικά αποδεκτό ότι είναι ακριβή και αξιόπιστα. Οι ερευνητές συνήθως προτιμούν να αποκαλούν τα δεδομένα των βηματόμετρων ως <<βήματα>>, επειδή αυτή είναι η πιο άμεση έκφραση για το τι προσδιορίζει το βηματόμετρο (Rowlands, Eston, & Ingledeu, 1997; Tudor-Locke, & Myers, 2001; Tudor-Locke, & Myers, 2001).

Ακρίβεια μέτρησης των βημάτων

Τα περισσότερα βηματόμετρα παρουσιάζουν μεγάλη ακρίβεια στην καταγραφή των βημάτων σε ταχύτητες $80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ και πάνω, καταγράφοντας τιμές οι οποίες προσεγγίζουν το $\pm 1,5\%$ των πραγματικών βημάτων (Crouter et al., 2003). Στην παρούσα έρευνα, το βηματόμετρο OMRON HJ-720IT-E2 κατέγραψε σε όλες τις δρομικές ταχύτητες (54,67,80,94 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$), τιμές $\pm 1,5\%$ των πραγματικών βημάτων. Το βηματόμετρο OMRON Walking Style Pro II κατέγραψε τιμές $\pm 1,5\%$ των πραγματικών βημάτων σε όλες τις δρομικές ταχύτητες, με εξαίρεση την ταχύτητα $67\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, όπου το ποσοστό κυμάνθηκε στο $+1,7\%$. Το βηματόμετρο Yamax SW-200, κατέγραψε τιμές $\pm 1,5\%$ των πραγματικών βημάτων σε δρομικές ταχύτητες άνω των $67\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, παρουσιάζοντας στη δρομική ταχύτητα $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ υποτίμηση των πραγματικών βημάτων σε ποσοστό $8,5\%$. Ο Basset, Ainsworth και Leggett (1996) αξιολόγησαν την ακρίβεια πέντε βηματόμετρων, τα οποία όμως δε βρίσκονται τα τελευταία χρόνια στην αγορά και βρήκαν ότι τα βηματόμετρα καταγράφουν σε ποσοστό από 50 έως 75% λιγότερα βήματα στην ταχύτητα 2mph ($54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$). Είναι αποδεκτό από τους ερευνητές ότι τα βηματόμετρα δεν καταγράφουν τα βήματα με ακρίβεια σε χαμηλές ταχύτητες (Crouter et al., 2003). Για το γεγονός αυτό, πιθανόν να ευθύνεται ο μηχανισμός

καταγραφής των βημάτων, μιας και η κίνηση που πραγματοποιείται από τη λεκάνη στις χαμηλές ταχύτητες είναι μικρότερη από ότι είναι σε γρηγορότερες ταχύτητες, με αποτέλεσμα να καταγράφονται λιγότερα βήματα από τα πραγματικά. Τα βηματόμετρα της OMRON (HJ-720IT-E2 και Walking Style Pro II), παρουσίασαν ακριβή καταγραφή και στην χαμηλή ταχύτητα ($54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$). Σύμφωνα με τον Crouter (2003), σε έρευνα με ανάλογο πρωτόκολλο, μόνο πέντε βηματόμετρα (OM, WL, KZ, NL και DW) από τα δέκα παρουσίασαν ακρίβεια καταγραφής των βημάτων στην ταχύτητα ($54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$). Τέσσερα βηματόμετρα (SL330, SK, SL345 και FR) από τα δέκα κατέγραψαν λιγότερα βήματα σε σχέση με τα πραγματικά ($p<0.05$), ενώ ένα μόνο βηματόμετρο (OR) κατέγραψε παραπάνω βήματα από τα πραγματικά. Παρόλα αυτά, πρέπει να επισημανθεί ότι ακόμα και τα βηματόμετρα που παρουσιάζουν ακρίβεια καταγραφής των βημάτων σε αυτή την έρευνα, σε πληθυσμούς όπως είναι οι ηλικιωμένοι που διαφοροποιείται το πρότυπο βαδίσματος, πιθανόν να μην παρουσιάζουν την ίδια ακρίβεια (Tudor-Locke, Jones, Myers, Paterson, & Ecclestone, 2002). Ο Schneider, Crouter και Basset (2004), αξιολόγησαν την ημερήσια φυσική δραστηριότητα 20 ενηλίκων με τη χρήση βηματόμετρου, με σκοπό να συγκρίνουν τις τιμές των καταγεγραμμένων βημάτων δεκατριών βηματόμετρων. Ως κριτήριο των βημάτων χρησιμοποιήθηκε το βηματόμετρο Yamax SW-200. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα βηματόμετρα KZ, YX200, NL, YX701 και SL330 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικό σφάλμα. Αντίθετα τα βηματόμετρα FR, AC, SK, CO και SL345 παρουσίασαν στατιστικά σημαντικό σφάλμα ($p<.05$), καταγράφοντας λιγότερα βήματα από αυτά του κριτηρίου και τέλος τα βηματόμετρα WL, OM και OR παρουσίασαν στατιστικά σημαντικό σφάλμα ($p<.05$), καταγράφοντας περισσότερα βήματα από αυτά του κριτηρίου. Το βηματόμετρο Yamax SW-200 που χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο, εξετάστηκε στην παρούσα έρευνα και βρέθηκε να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικό σφάλμα στη δρομική ταχύτητα $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Σε προηγούμενη έρευνα τα βηματόμετρα KZ, NL και YX701, παρουσιάστηκαν ως τα εγκυρότερα βηματόμετρα στην καταγραφή των βημάτων κατά τη διάρκεια 400m βαδίσματος. Από τα παραπάνω

συμπεραίνουμε ότι το ίδιο βηματόμετρο που μπορεί να θεωρείται έγκυρο σε έρευνα καθημερινών συνθηκών διαβίωσης, μπορεί να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικό σφάλμα σε έρευνες οι οποίες διεξάγονται σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες. Έτσι λοιπόν, πριν από κάθε έρευνα προτείνεται να ελέγχεται η ακρίβεια καθώς και η αξιοπιστία των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν σε κοινές συνθήκες μέτρησης.

Ακρίβεια καταγραφής της απόστασης

Η πλειοψηφία των βηματόμετρων καταγράφει μόνο βήματα. Τα τελευταία όμως χρόνια έχουν παρουσιαστεί στην αγορά βηματόμετρα τα οποία καταγράφουν επιπρόσθετα και την απόσταση η οποία διανύθηκε. Δεν υπάρχουν όμως ακόμα, πολλές έρευνες που να έχουν αξιολογήσει την ακρίβεια των βηματόμετρων στην καταγραφή της απόστασης. Σύμφωνα με τους Crouter, Schneider, Karabulut και Basset (2003), τα περισσότερα βηματόμετρα που αξιολογήθηκαν υπό ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες, παρουσίασαν σχετική ακρίβεια στη μέτρηση της απόστασης στην ταχύτητα των $80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, παρέχοντας μέσες τιμές $\pm 10\%$ της πραγματικής απόστασης. Γενικότερα τα βηματόμετρα τείνουν να υπερεκτιμούν την απόσταση που διανύθηκε σε χαμηλές ταχύτητες ($54, 67\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$), να υποτιμούν την απόσταση που διανύθηκε σε γρηγορότερες ταχύτητες ($94, 107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$), ενώ στην ταχύτητα $80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, τείνουν να καταγράφουν με ακρίβεια την απόσταση που διανύθηκε. Στην παρούσα έρευνα, τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των προηγούμενων ερευνών. Τα βηματόμετρα OMRON HJ-720-E2 και Walking Style Pro II, κατέγραψαν στην ταχύτητα $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, $+14\%$ και $+24\%$, αντίστοιχα. Στην ταχύτητα $67\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ κατέγραψαν και τα δύο βηματόμετρα $+8\%$, ενώ στην ταχύτητα $80\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, τα ποσοστά κυμάνθηκαν στο $+4\%$ και $+1,5\%$, αντίστοιχα. Στις γρηγορότερες ταχύτητες τα βηματόμετρα υποτίμησαν την απόσταση που διανύθηκε παρουσιάζοντας στη ταχύτητα $94\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, τιμές -9% και -7% , αντίστοιχα, και τέλος στην ταχύτητα $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, η υποτίμηση αυξήθηκε παρουσιάζοντας τιμές -13% και για τα δύο βηματόμετρα. Το μήκος διασκελισμού

που προγραμματίστηκε στο βηματόμετρο προσδιορίστηκε σε φυσιολογικές ταχύτητες βαδίσματος, οι οποίες προσέγγιζαν τα $84\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ σε υγιείς ενήλικες. Σε χαμηλότερες ταχύτητες το πραγματικό μήκος διασκελισμού ήταν μικρότερο από αυτό που είχε προγραμματιστεί στο βηματόμετρο προκαλώντας μια υπερτίμηση της απόστασης. Στις μεγαλύτερες ταχύτητες το πραγματικό μήκος διασκελισμού ήταν μεγαλύτερο από την προγραμματισμένη τιμή, προκαλώντας υποτίμηση της απόστασης. Η απόσταση που διανύθηκε δεν επηρεάστηκε μόνο από το μήκος του διασκελισμού αλλά και από την ευαισθησία των βηματόμετρων. Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί ότι στην παρούσα μελέτη όπως και στη μελέτη του Crouter (2003) η απόσταση που τέθηκε ως κριτήριο προσδιορίστηκε από την ταχύτητα κίνησης του εργοδιάδρομου και όχι από την ταχύτητα κίνησης του κέντρου μάζας του σώματος.

Ακρίβεια προσδιορισμού των θερμίδων

Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι ξεκάθαρο αν τα βηματόμετρα μετράνε μικτές ή καθαρές θερμίδες. Προηγούμενοι ερευνητές έχουν καταλήξει σε διαφορετικά συμπεράσματα πάνω στο τι πραγματικά αντιπροσωπεύουν οι τιμές των καταγεγραμμένων θερμίδων που προέρχονται από τα βηματόμετρα. Ο Nelson, Leenders και Sherman (1998), υπέθεσαν ότι οι τιμές που αντλήθηκαν από το Yamax Digiwalker 500 ήταν μικτές θερμίδες και βρήκαν υπολογίζοντας στις δρομικές ταχύτητες ($80, 107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$) με σχετική ακρίβεια τις μικτές θερμίδες. Οι Bassett, Ainsworth, Swartz, Strath, O'Brien και King (2000), σε μια μελέτη καθημερινών δραστηριοτήτων (δουλειές σπιτιού, δουλειές αυλής, φροντίδα παιδιών και δημιουργικές δραστηριότητες) ισχυρίστηκαν ότι προσδιόρισαν τις καθαρές θερμίδες, χωρίς το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, και ανακάλυψαν ότι σε ταχύτητες βηματισμού μεταξύ 78 και $107\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ το Yamax SW-701 υπερτιμά τις καθαρές θερμίδες. Κατά τη διάρκεια πολλών άλλων καθημερινών δραστηριοτήτων, ωστόσο, εντόπισαν μια υποτίμηση των καθαρών θερμίδων. Αυτό σταθερά σημαίνει ότι τα βηματόμετρα υποτιμούν την ενεργειακή δαπάνη πολλών άλλων καθημερινών δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα εκείνων που

περιλαμβάνουν δραστηριότητες με το πάνω μέρος του σώματος όπως η μεταφορά αντικειμένων, το περπάτημα σε ανηφόρα, ή το ανέβασμα σε σκάλα. Αυτός είναι ένας περιορισμός όταν γίνεται προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν βηματόμετρα για να υπολογιστεί η ενεργειακή δαπάνη της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας (Basset et al., 2000). Στην παρούσα έρευνα τα αποτελέσματα των θερμιδών εμφανίζονται ως μικτές θερμίδες μιας και η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μόνο για τη διάρκεια που ο δοκιμαζόμενος περπατούσε στον εργοδιάδρομο. Αυτός είναι και ο λόγος που τα βηματόμετρα υποτίμησαν τη τιμή των θερμιδών σε όλες τις δρομικές ταχύτητες. Σε συμφωνία με τα παραπάνω έρχεται η έρευνα του Crouter (2003), ο οποίος ισχυρίζεται επιπρόσθετα ότι τα βηματόμετρα τείνουν να υποτιμούν τις θερμίδες σε διάφορες δραστηριότητες και κυρίως σε αυτές που περιλαμβάνουν κινήσεις του άνω μέρος του σώματος, οι οποίες πραγματοποιούνται κατά κανόνα σε καθημερινές συνθήκες διαβίωσης.

Τα βηματόμετρα HJ και WS καταγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια των αριθμό των βημάτων και την απόσταση που διανύθηκε σε όλες τις δρομικές ταχύτητες. Όσον αφορά τις θερμίδες, υπολογίζουν μικτές θερμίδες και παρουσιάζουν σχετική ακρίβεια στην καταγραφή τους σε ταχύτητες μεγαλύτερες των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Το βηματόμετρο YAM καταγράφει μόνο βήματα και από τα αποτελέσματά του φάνηκε ότι αποτελεί αξιόπιστο όργανο μέτρησης σε ταχύτητες μεγαλύτερες των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Το βηματόμετρο HJ παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων για 42 ημέρες, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία. Το μειονέκτημα του βηματόμετρου HJ σε σχέση με τα άλλα δύο βηματόμετρα εστιάζεται στο υψηλότερο κόστος αγοράς σε σχέση με τα άλλα δύο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν απ' την παρούσα έρευνα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής.

α) Το βηματομέτρο HJ παρουσιάζει πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης ανεξάρτητα από την δρομική ταχύτητα στην καταγραφή των βημάτων

β) Το βηματομέτρο WS παρουσιάζει πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης ανεξάρτητα από την δρομική ταχύτητα στην καταγραφή των βημάτων

γ) Το βηματομέτρο YAM παρουσιάζει σφάλμα μέτρησης το οποίο είναι αρκετά μεγάλο στην ταχύτητα των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ σε σχέση με τις υπόλοιπες ταχύτητες στην καταγραφή των βημάτων

δ) Το βηματομέτρο HJ παρουσιάζει πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης ανεξάρτητα από την δρομική ταχύτητα στην καταγραφή της απόστασης

ε) Το βηματομέτρο WS παρουσιάζει πολύ μικρό σφάλμα μέτρησης ανεξάρτητα από την δρομική ταχύτητα στην καταγραφή της απόστασης

στ) Το βηματομέτρο HJ παρουσιάζει σφάλμα μέτρησης το οποίο είναι αρκετά μεγάλο στην ταχύτητα των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ σε σχέση με τις υπόλοιπες ταχύτητες στην καταγραφή των θερμίδων

ζ) Το βηματομέτρο WS παρουσιάζει σφάλμα μέτρησης το οποίο είναι αρκετά μεγάλο στην ταχύτητα των $54\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ σε σχέση με τις υπόλοιπες ταχύτητες στην καταγραφή των θερμίδων

Προτάσεις

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η αξιολόγηση των βηματόμετρων OMRON HJ-720I-E2 και OMRON Walking Style Pro II στην καταγραφή των βημάτων, στον προσδιορισμό της απόστασης και στον προσδιορισμό των θερμίδων, κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες και σε διαφορετικά επίπεδα έντασης. Γενικά, για πλήρη κάλυψη του θέματος με το οποίο ασχολήθηκε η παρούσα εργασία, προτείνεται να πραγματοποιηθεί μια σειρά μελετών με σκοπό:

α) την αξιολόγηση των δύο βηματόμετρων σε συνθήκες ελεύθερης διαβίωσης.

β) την αξιολόγηση των δύο βηματόμετρων σε παιδιά κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες.

γ) την αξιολόγηση των δύο βηματόμετρων σε παιδιά, σε συνθήκες ελεύθερης διαβίωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baquet, G., Stratton, G., Van Praagh, E. & Berthoin, S. (2007). Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. *Prev. Med.*, 44, 143-147.
- Basset, D.R., Ainsworth, B.E., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L. & King, G.A. (2000). Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, S471-S480.
- Basset, D.R., Ainsworth, B.E. & Leggett, S.R. (1996). Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28, 1071-1077.
- Baumgartner, T.A. (1989) Norm-referenced measurement: reliability. In M.J. Safrit & T.M. Woods (Eds) *Measurement concepts in physical education and exercise science*. Champaign, IL:Human Kinetics.
- Beets, M.W., Patton, M.M. & Edwards, S. (2005). The accuracy of pedometers steps and time during walking in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37, 513-520.
- Brage S., Brage N. & Franks, P. (2005). Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. *Eur. J Clin. Nutr.*, 59, 561-570.
- Brage, S., Wedderkopp, N., Andersen, L. & Froberg, K. (2003). Influence of step frequency on movement intensity predictions with the CSA accelerometer: a field validation study in children. *Pediatr. Exer. Sci.*, 15, 277-287.
- Brage, S., Wedderkopp, N. & Franks, P. (2003). Reexamination of validity and reliability of the CSA monitor in walking and running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35, 1447-1454.
- Chen, K. & Basset, D.J. (2005). The technology of accelerometer-based activity monitors: current and future. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37, S490-S500.
- Corder, K., Brage, S., Wareham, N.J. & Ekelund, U. (2005). Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37, 1761-1767.

- Crouter, S., Churilla, J. & Bassett, D.J. (2007). Accuracy of the Actiheart for the assessment of energy expenditure in adults. *Eur. J Clin. Nutr.*, (Epub ahead of print).
- Crouter, S., Churilla, J. & Bassett, D.J. (2006). Estimating energy expenditure using accelerometers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 21, 601-612.
- Crouter, S., Clowers, K. & Bassett, D.R. (2006). A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *J Appl. Physiol.*, 100, 1324-1331.
- Crouter, S. E., Schneider, P.L., Karabulut, M. & Basset, J.R. (2003). Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 8, 1455-1460.
- De Vries, S., Bakker, I. & Hopman-Rock, M. (2006). Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *J Clin Epidemiol.*, 59, 670-680.
- Dunn, W. (1989). Validity. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, 9, 149-168.
- Ekelund, U., Sardinha, L.B. & Anderssen, S.A. (2004). Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old. European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe. *Am. J Clin. Nutr.*, 80, 584-590.
- Ekelund, U., Sjostrom, M. & Yingve, A. (2001). Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33, 275-281.
- Esliger, D. & Tremblay, M. (2006). Technical reliability assessment of three accelerometer models in a mechanical set-up. *Med Sci. Sports Exerc.*, 38, 2173-2181.
- Foster, R., Lanningham-Foster, L. & Manohar, C. (2005). Precision and accuracy of an ankle-worn accelerometer-based pedometer in step counting and energy expenditure. *Prev. Med.*, 41, 778-783.
- Freedson, P., Melanson E, Sirard J. Calibration of the computer science and application, Inc. accelerometer. *Med Sci. Sports Exerc.* 1998; 30:777-781.
- Freedson, P. S. & Miller, K. (2000). Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 71(2suppl), S21-S29.
- Freedson, P., Pober, D. & Jank, K. (2005). Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc.*, 37, S523-S530.

- Gretebeck, R. & Montoye, H. (1992). Variability of some objective measures of physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 1167-1172.
- Jacobi, D., Perrin, A. & Grossman, N. (2007). Physical activity-related energy expenditure with the RT3 and TriTrac accelerometers in overweight adults. *Obesity*, 15, 950-956.
- Jago, R., Watson, K., Baranowski, T., Zakeri, I., Yoo, S., Baranowski, J. & Conry, K. (2005). Pedometer reliability, validity and daily activity targets among 10- to 15-year-old boys. *Journal of Sports Sciences*, 3, 241-251.
- Janz, K., Witt J. & Mahoney, L. (1995). The stability of children's physical activity as measured by accelerometry and self-report. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27, 1326-1332.
- Kumahara, H., Tanaka, H. & Schutz, Y. (2004). Daily physical assessment: what is the importance of upper limb movements vs whole body movements? *Int J Obes Relat Metab Disord.*, 28, 1105-1110.
- Le Masurier, G., Lee, S.M. & Tudor-Locke, C.E. (2004). Motion sensor accuracy under controlled and free-living conditions. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 5, 905-910.
- Leenders, N., Sherman, W., Nagaraja, H. & Kier, C. (2001). Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33, 1233-1240.
- Leicht, A.S. & Crowther, R.G. (2007). Pedometer accuracy during walking over different surfaces. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 10, 1847-1850.
- Macfarlane, D., Lee, C. & Ho, E. (2006). Convergent validity of six methods to assess physical activity in daily life. *J Appl Physiol.*, 38, 1328-1334.
- Maffeis, C., Schutz, Y. & Schena, F. (1993). Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. *J Pediatr.*, 123, 193-199.
- Masse, L., Fulton, J. & Watson, K. (2004). Influence of body composition on physical activity validation studies using doubly labeled water. *J. Appl Physiol.*, 96, 1357-1364.
- Matthews, C., Ainsworth, B., Thompson, R. & Bassett, D.J. (2002). Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34, 1376-1381.

- McClain, J.J., Sisson, S.B., Washington, T.L., Craig, C.L. & Tudor-Locke, C.E. (2007). Comparison of Kenz Lifecorder EX and ActiGraph accelerometers in 10-yr-old children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 4, 630-638.
- Melanson, E., Knoll, J. & Bell, M. (2002). Commercially available pedometers: considerations for accurate step counting. *Prev Med.*, 32, 795-808.
- Merom, D., Rissel, C. & Phongsavan, P. (2007). Promoting walking with pedometers in the community: the step-by-step trial. *Am J Prev. Med.*, 32, 290-297.
- Morrow, J., Jackson, A., Disch, J., & Mood, D. (1995). Measurement and evaluation in human performance. Champaign, IL:Human Kinetics.
- Nelson, T.E., Leenders, N.Y. & Sherman, W.M. (1998). Comparison of activity monitors worn during treadmill walking. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, S11.
- Nilsson, A., Brage, S. & Ridloch, C. (2007). Comparison of equations for predicting energy expenditure from accelerometer counts in children. *Scand. J Med. Sci. Sports*, (in press).
- Oliver, M., Schofield, G.M., Kolt G.S. & Schluter P.J. (2007). Pedometer accuracy in physical activity of preschool children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 303 – 310.
- Penpraze, V., Reilly, J. & MacLean, C. (2006). Monitoring of physical activity in young children: how much is enough? *Pediatr. Exer. Sci.*, 18, 483-491.
- Pfeiffer, K.A., Mciver, K.L., Dowda, M., Almeida, C.A. & Pate, R. (2006). Validation and calibration of the Actical accelerometer in preschool children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1, 152-157.
- Prentice, A., Black, A., Coward, W. & Cole, T. (1996). Energy expenditure in overweight and obese adults in affluence societies: an analysis of 319 doubly-labelled water measurements. *Eur. J Appl. Physiol.*, 50, 72-92.
- Puyau, M., Adolph, A.L. & Vohra, F. (2004). Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36, 1625-1631.
- Puyau, M., Adolph, A.L., Vohra, F. & Butte, N. (2002). Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res.*, 10, 150-157.
- Ramirez-Marrero, F., Smith, B., Sherman, W. & Kirby, T. (2005). Comparison of methods to estimate physical activity and energy expenditure in African American children. *Int. J Sports Med.*, 26, 363-371.

- Riddoch, C.J., Bo Andersen, L. & Wedderkopp, N. (2004). Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36, 86-92.
- Rowlands, A.V., Eston, R.G. & Ingledew, E.K. (1997). Measurement of physical activity in children with particular reference to the use of heart rate and pedometry. *Sports Medicine*, 24, 258-272.
- Sallis, J.F. & Saelens, B.E. (2000). Assessment of physical activity by self-report. Status, limitations, and future directions. *Res. Q. Exerc. Sport*, 71, S1-S14.
- Schneider, P.L., Crouter, S.E., Lukajic, O. & Basset, D.R. (2003). Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 10, 1779-1784.
- Schneider, P.L., Crouter, S.E. & Basset, D.R. (2004). Pedometer measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2, 331-335.
- Scrugss, P.W. (2007). A comparative analysis of pedometry in measuring physical activity of children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 10, 1837-1846.
- Stovitz, S., VanWorner, J., Center, B. & Bremer, K. (2005). Pedometers as a means to increase ambulatory activity for patients seen at a family medicine clinic. *J Am. Board Fam. Pract.*, 18, 335-343.
- Stryker, L., Duncan, S. & Chaumeton, N. (2007). Reliability of pedometer data in samples of youth and older women. *Int. J Behav. Nutr. Physical Activity*, 4, 4.
- Thompson, D., Batterham, A. & Bock, S. (2006). Assessment of low-to-moderate intensity physical activity thermogenesis in young adults using synchronized heart rate and accelerometry with branched-equation modeling. *J Nutr.*, 136, 1037-1042.
- Trost, S., McIver, K. & Pate, R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc.*, 37, 531-543.
- Trost, S., Pate, R. & Freedson, P. (2000). Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 426-431.
- Trost, S., Ward, D. & Moorehead, S. (1998). Validity of the computer and science and applications (CSA) activity monitor in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 629-633.

- Tudor-Locke, C.E., Sisson, S. & Lee, S. (2006). Evaluation of quality of commercial pedometers. *Can. J Public Health*, 97, S10-S15.
- Tudor-Locke, C.E., Jones, R., Myers, A.M., Paterson, D.H. & Ecclestone, N.A. (2002). Contribution of structured exercise class participation and informal walking for exercise to daily physical activity in community-dwelling older adults. *Res. Q. Exerc. Sport*, 73, 350-356.
- Tudor-Locke, C.E., Williams, J., Reis, J. & Pluto, D. (2002). Utility of pedometers for assessing physical activity. Convergent validity. *Sports Medicine*, 32, 795-808.
- Tudor-Locke, C.E. & Myers, A.M. (2001). Challenges and opportunities for measuring physical activity in sedentary adults. *Sports Medicine*, 31, 91-100.
- Tudor-Locke, C.E. & Myers, A.M. (2001). Methodological considerations for researchers and practitioners using pedometers to measure physical (ambulatory) activity. *Res. Q. Exerc. Sport*, 72, 1-12.
- Ward, D., Evenson, K. & Vaughn, A. (2005). Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37, S582-S588.
- Welk, G., McClain, J., Eisenmann, J. & Wickel, E. (2007). Field validation of the MTI Actigraph and BodyMedia armband monitor using the IDEEA monitor. *Obesity*, 15, 918-928.
- Zhang, K., Pi-Sunyer, F. & Boozer, C. (2004). Improving energy expenditure estimation for physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36, 883-889.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Α: ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΘΛΗΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΗΣ

Εργαστηριακές Μετρήσεις για την έρευνα της Δήμητρας Γιαννακίδου με Θέμα: Μελέτη της ακρίβειας μέτρησης του βηματόμετρου OMRON HJ-720IT σε διαφορετικές εντάσεις επιβάρυνσης
 Υπεύθυνος εργαστηρίου: Αντώνιος Καμπάς, Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ

USER NUMBER:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:

ΩΡΑ ΞΕΝΑΡΞΗΣ:

ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ:

ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ

ΒΑΡΟΣ (kg):

ΎΨΟΣ (cm):

Μήκος Διασκελισμού

ΜΕΤΡΗΣΗ	1	2	3	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΣΚΕΛΙΣΜΟΥ(cm)				

Καταγραφή Βημάτων

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	HAND COUNTER	HJ 720IT ΔΕΞΙΑ	WALKING STYLE II	YAMAX
3.2km/h				
4km/h				
4.8km/h				
5.6km/h				
6.4km/h				

TAXYTHTA	HJ 720IT ΔΕΞΙΑ	WALKING STYLE II
3.2km/h		
4km/h		
4.8km/h		
5.6km/h		
6.4km/h		

ΑΠΟΣΤΑΣΗ

TAXYTHTA	HJ 720IT ΔΕΞΙΑ	WALKING STYLE II
3.2km/h		
4km/h		
4.8km/h		
5.6km/h		
6.4km/h		

ΘΕΡΜΙΔΕΣ

TAXYTHTA	HJ 720IT ΔΕΞΙΑ	WALKING STYLE II
3.2km/h		
4km/h		
4.8km/h		
5.6km/h		
6.4km/h		