



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΤΙΤΛΟΣ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΜΕΣΩ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ ΣΤΑ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΑΔΙΣΗΣ ΗΛΙΚΙΩΜΕΝΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

ΤΟΥ

ΒΛΑΧΑΒΑ ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΙΟΚΑΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Τριμελής επιτροπή: Τσιόκανος Αθανάσιος, Γιάκας Ιωάννης, Τζιαμούρτας Αθανάσιος

ΤΡΙΚΑΛΑ

2009

1

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό την εξέταση των μεταβολών που προκύπτουν στα χαρακτηριστικά της βάρδισης ηλικιωμένων ατόμων, έπειτα από κόπωση μέσω καθημερινών δοκιμασιών. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 16 υγιείς ηλικιωμένοι άνδρες ηλικίας $72,2 \pm 6,4$ ετών οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 8 ατόμων και υποβλήθηκαν σε δοκιμασίες βάρδισης παρατεταμένης διάρκειας (ομάδα 1) και παρατεταμένης όρθιας στάσης (ομάδα 2). Πραγματοποιήθηκαν καταγραφές της βάρδισης πριν (pre) και μετά (post) τις δοκιμασίες, μέσω οπτοηλεκτρονικού συστήματος Vicon MX αποτελούμενο από 10 κάμερες. Στην ομάδα 1, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές pre και post στη γωνία μέγιστης πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής (φάση foot-off), η οποία αυξήθηκε ($13,24^\circ \pm 5,24^\circ$) σε σχέση με πριν ($9,85^\circ \pm 4,71^\circ$), στη μέγιστη στροφή της πύελου, η οποία αυξήθηκε μετά ($8,37^\circ \pm 3,31^\circ$) σε σχέση με την τιμή της πριν ($6,73^\circ \pm 3,76^\circ$) και στο εύρος στροφής της πύελου, το οποίο παρουσίασε αύξηση μετά ($14,88^\circ \pm 7^\circ$) συγκριτικά με πριν τη δοκιμασία ($11,12^\circ \pm 5,02^\circ$). Στην ομάδα 2, στατιστικά σημαντικές μεταβολές προέκυψαν στη γωνία μέγιστης ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής στη φάση αιώρησης, η οποία μειώθηκε ($7,15^\circ \pm 7,86^\circ$) συγκριτικά με την τιμή της πριν την παρέμβαση κόπωσης ($8,01^\circ \pm 7,82^\circ$), στη γωνία μέγιστης κάμψης του γόνατος στη φάση στήριξης, η οποία αυξήθηκε ($47,26^\circ \pm 10,14^\circ$) σε σχέση με πριν ($43,88^\circ \pm 10,51^\circ$), στη μέγιστη πάνω/κάτω κλίση της πύελου, η οποία αυξήθηκε ($4,44^\circ \pm 2,49^\circ$) σε σχέση με την τιμή της πριν ($3,67^\circ \pm 2,43^\circ$) και στο εύρος πάνω/κάτω κλίσης της πύελου, η οποία αυξήθηκε μετά ($7,64^\circ \pm 3^\circ$), συγκριτικά με πριν τη δοκιμασία όρθιας στάσης ($6,93^\circ \pm 2,63^\circ$). Συμπερασματικά, η όρθια στάση προκάλεσε μεγαλύτερη κόπωση, αφού επηρέασε περισσότερες παραμέτρους της βάρδισης και ενίσχυσε την πιθανότητα εμφάνισης πτώσης συγκριτικά με τη δοκιμασία παρατεταμένης βάρδισης.

Abstract

The study aimed to examine whether fatigue caused by physical activity similar to daily living, results in changes in gait parameters in healthy, old adults. Sixteen people being over 65 years old ($72,2 \pm 6,4$ years) were divided into 2 groups of eight subjects and were asked to perform prolonged walking (group 1) and prolonged standing (group 2) activities. The gait trials were recorded before (pre) and after (post) the activity protocols by a 10-camera VICON MX motion capture system. A significant post increase in maximum plantar-flexion angle ($13,24^\circ \pm 5,24^\circ$ vs. $9,85^\circ \pm 4,71^\circ$), a significant post increase in maximum pelvic rotation ($8,37^\circ \pm 3,31^\circ$ vs. $6,73^\circ \pm 3,76^\circ$) and a significant post increase in pelvic rotation range of motion ($14,88^\circ \pm 7^\circ$ vs. $11,12^\circ \pm 5,02^\circ$), were found in group 1. Significant changes in post-analysis trials were found for maximum ankle dorsi-flexion in swing phase ($7,15^\circ \pm 7,86^\circ$ vs. $8,01^\circ \pm 7,82^\circ$), for maximum knee flexion in stance phase ($47,26^\circ \pm 10,14^\circ$ vs. $43,88^\circ \pm 10,51^\circ$), for maximum pelvic obliquity ($4,44^\circ \pm 2,49^\circ$ vs. $3,67^\circ \pm 2,43^\circ$) and for pelvic obliquity range of motion ($7,64^\circ \pm 3^\circ$ vs. $6,93^\circ \pm 2,63^\circ$) in the second group. In conclusion, the trial of prolonged standing was more fatiguing for the elderly participants. It had greater effects on gait parameters and enhanced the risk of a falling incident, compared with the prolonged walking trial.

Key words: gait, fatigue, prolonged standing, ADL's, elderly

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή.....	6
1.1 Σημαντικότητα της ερευνητικής μελέτης.....	8
1.2 Σκοπός.....	9
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	10
2.1 Η βάδιση σαν βασική ανθρώπινη κίνηση.....	10
2.2 Η βάδιση στην τρίτη ηλικία.....	12
2.3 Κόπωση μέσω μυϊκών συστολών και βάδιση στην τρίτη ηλικία.....	15
2.4 Κόπωση μέσω καθημερινών κινήσεων και βάδιση στην τρίτη ηλικία.....	17
2.5 Βάδιση και όρθια στάση σαν καθημερινές δραστηριότητες στην τρίτη ηλικία.....	19
3. Μεθοδολογία.....	21
3.1 Πρωτόκολλα άσκησης.....	22
3.2 Κριτήρια αποκλεισμού από την μελέτη.....	23
3.3 Ανάλυση των δεδομένων.....	23
3.4 Στατιστική ανάλυση.....	27
4. Αποτελέσματα.....	28
4.1 Χωρο-χρονικές παράμετροι.....	28
4.2 Κινηματικές παράμετροι.....	28
4.3 Σύγκριση δοκιμασιών (αξιολογήσεων post).....	34
5. Συζήτηση.....	36
5.1 Χωρο-χρονική ανάλυση.....	37
5.2 Κινηματική ανάλυση.....	38
5.3 Σύγκριση μεταβολών στις δύο ομάδες.....	42
5.4 Συμπεράσματα-μελλοντικές προτάσεις για έρευνα.....	44
6. Βιβλιογραφία.....	46

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Χωρο-χρονικές παράμετροι της βάρδισης.....	28
Πίνακας 2. Μεταβλητές ποδοκνημικής pre και post στις δύο ομάδες	29
Πίνακας 3. Μεταβλητές γόνατος pre και post στις δύο ομάδες.....	30
Πίνακας 4. Μεταβλητές ισχίου pre και post και στις δύο ομάδες	32
Πίνακας 5. Μεταβλητές πυέλου pre και post στις δύο ομάδες	33

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1. Οι διαδοχικές φάσεις ενός κύκλου βάρδισης.....	11
Σχήμα 2. Τοποθέτηση των ανακλαστήρων σύμφωνα με το κλασικό μοντέλο του Davis (1991).....	22
Σχήμα 3. Γωνίες αρθρώσεων στο οβελιαίο επίπεδο (άξονας X) της κίνησης	24
Σχήμα 4. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στη άρθρωση της ποδοκνημικής 2Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Σχήμα 5. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στην άρθρωση του γόνατος. 2Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Σχήμα 6. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στην άρθρωση του ισχίου.....	26
Σχήμα 7. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στην κίνηση της πυέλου.....	26

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Γράφημα 1. Στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ποδοκνημική	30
Γράφημα 2. Στατιστικά σημαντικές διαφορές στο γόνατο	31
Γράφημα 3. Στατιστικά σημαντικές διαφορές στην πύελο	33
Γράφημα 4. Συγκρίσεις post (μεταβλητές 1,2).....	34
Γράφημα 5. Συγκρίσεις post (μεταβλητή 3)	35
Γράφημα 6. Συγκρίσεις post (μεταβλητή 4).....	35

1. Εισαγωγή

Για τους ηλικιωμένους, η φυσική δραστηριότητα είναι σημαντικός παράγοντας για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας και της κινητικής ανεξαρτησίας τους και συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό σε προστασία από ασθένειες και από κινητική ανικανότητα (American College of Sports Medicine, 1998; Drewnowski & Evans, 2001). Παρά τα θετικά της όμως, η φυσική δραστηριότητα μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση. Η αυτό-προσδιοριζόμενη κόπωση αντιπροσωπεύει αισθήσεις κούρασης, μειωμένη σωματική ενέργεια και μειωμένη δύναμη (Kroenke, Wood, Mangelsdorff, Meier, & Powell, 1998). Από βιομηχανική-φυσιολογική άποψη, η κόπωση που προκαλείται από φυσική δραστηριότητα μπορεί να οριστεί σαν η ανικανότητα των μυών να δημιουργούν ή να διατηρούν σταθερή τη δύναμη και το έργο που παράγουν (Enoka & Stuart, 1992). Επίσης, κόπωση μέσω φυσικής δραστηριότητας μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη μυϊκή απόδοση (Stackhouse et al., 2001) και σε διαταραχές στην ισορροπία (Gribble & Hertel, 2004). Γνωρίζοντας το ρόλο των παραγόντων που αναφέρθηκαν στη φυσική λειτουργικότητα του ατόμου και ειδικά στους ευπαθείς πληθυσμούς, είναι φανερό πως η κόπωση είναι ικανή να περιορίσει δραστηριότητες που περιλαμβάνουν βάδιση και ισορροπία (Adlerton & Moritz, 2001). Έτσι, πολλές έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει τη βάδιση σαν ενδεικτικό μέσο του βαθμού κόπωσης του ατόμου (Egerton, Brauer & Creswell, 2009; Helbostad, Leirfall, Moe-Nilssen & Sletvold, 2007; Paul, Rafferty, Wood & MacLaren, 2008).

Εκτός από το παραπάνω, η βάδιση αποτελεί δείκτη φυσικής υγείας του ηλικιωμένου ατόμου, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό των πτώσεων που συμβαίνουν σε ηλικίες άνω των 65 ετών, πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της βάδισης (Hausdorf, Edelberg, Mitchell, Goldberger & Wei, 1997). Για τους παραπάνω λόγους

επιλέχθηκε στην παρούσα διατριβή η βάδιση σαν μέσο αξιολόγησης του βαθμού κόπωσης των ατόμων του δείγματος.

Στη βιβλιογραφία, η επίδραση της κόπωσης στη βάδιση των ηλικιωμένων έχει μελετηθεί κυρίως μετά από μυϊκή κόπωση μέσω ισοκινητικών και ισομετρικών συστολών σε ισοκινητικά δυναμόμετρα (Baudry, Klass, Pasquet & Duchateau, 2007; Helbostad, Leirfall, Moe-Nilssen & Sletvold, 2007; Kanekar, Santos & Aruin, 2008; Mademli, Arampatzis & Walsh, 2006), χωρίς να έχει δοθεί έμφαση σε καθημερινές δοκιμασιές. Όμως, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο βαθμός της κόπωσης εξαρτάται από το είδος, τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης και το μεγαλύτερο ποσοστό ηλικιωμένων δραστηριοποιείται μέσω καθημερινών δραστηριοτήτων (Activities of Daily Living, ADL's) και όχι μέσω προγραμμάτων άσκησης. Κάτω από το 20% των ηλικιωμένων συμμετέχουν σε συστηματικά προγράμματα άσκησης (Kligman & Pepin, 1991). Επομένως είναι σημαντικό να προσδιοριστεί αν φυσική δραστηριότητα επιβάρυνσης πολύ κοντά σε αυτή που εκτελούν καθημερινά (ADL's), είναι δυνατόν να προκαλέσει κόπωση στους ηλικιωμένους και μεταβολές στα χαρακτηριστικά της βάδισής τους.

Οι καθημερινές δραστηριότητες που πραγματοποιούνται περισσότερο από τα άτομα τρίτης ηλικίας είναι η βάδιση, οι δουλειές εντός σπιτιού, τα ψώνια, η μετάβαση σε υπηρεσίες και η κηπουρική (Finlayson, Mallinson & Barbosa, 2005; National Aging Research Institute of Australia, 2003). Για την εκτέλεση αυτών των δραστηριοτήτων είναι απαραίτητη η πραγματοποίηση βάδισης διάρκειας αρκετών λεπτών και η παρατεταμένη στάση σε όρθια θέση. Οι δύο αυτές βασικές καθημερινές δοκιμασιές έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν κόπωση (Madeleine, Voigt & Arendt-Nielsen, 1998; Yoshino, Motoshige, Araki & Matsuoka 2004; Zhang, Drury & Wooley, 1991). Η βάδιση παρατεταμένης διάρκειας προκαλεί κόπωση των μυών του

γόνατος και της ποδοκνημικής (Motoshige, Araki & Matsuoka 2004) ενώ η παρατεταμένη όρθια στάση προκαλεί περιορισμό της αιμάτωσης στα κάτω άκρα, ζάλη, μυϊκή κόπωση και αυξημένη πίεση στις αρθρώσεις (Duarte & Zatsiorsky, 1999; Duarte, Harvey & Zatsiorsky, 2000; Kraemer et al., 2000).

1.1 Σημαντικότητα της ερευνητικής μελέτης

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί η επίδραση φυσικής δραστηριότητας έντασης και διάρκειας παρόμοιας με την καθημερινή δραστηριότητα των ηλικιωμένων ατόμων στην απόδοση και στη φυσική κόπωσή τους. Η διαδικασία αξιολόγησης της έρευνας περιλαμβάνει την επίδραση της κόπωσης των ηλικιωμένων απευθείας στη διαδικασία της βάρδισης και όχι μέσω συναφών δοκιμασιών αξιολόγησης της κόπωσης (τεστ δύναμης, ισορροπίας κτλ), εξασφαλίζοντας έτσι πιο ασφαλή, πιο άμεσα και πιο αξιόπιστα συμπεράσματα. Μέσω της εξέτασης της επίδρασης συνηθισμένης άσκησης στα χαρακτηριστικά της βάρδισης των ηλικιωμένων ατόμων, θα προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με το αν αυτές οι δραστηριότητες είναι ικανές να προκαλέσουν κόπωση επικίνδυνου βαθμού στην ευπαθή αυτή ηλικιακή ομάδα. Στις χώρες της Ευρώπης, καταγράφονται ετησίως περίπου 85.000 θάνατοι ηλικιωμένων εξαιτίας ατυχημάτων. Από αυτά τα ατυχήματα, το μεγαλύτερο ποσοστό τους (40%) αποτελούν οι πτώσεις οι οποίες μπορεί να καταλήξουν σε σοβαρό τραυματισμό (κατάγματα οστών και αρθρώσεων) αλλά και συχνά στο θάνατο. Οι πτώσεις αποτελούν πρωταρχικό παράγοντα ρίσκου για τους ηλικιωμένους, αφού το 32% των ατόμων ηλικίας 65 ετών θα υποστούν μια πτώση κατά τη διάρκεια ενός έτους (Tinetti, Speechley & Ginter, 1988) ενώ το ποσοστό αυξάνεται σε 50% μετά την ηλικία των 80 ετών (Tinetti & Williams, 1997). Οι Avlund και Schultz-Larsen (2007), σε ένα ευρύ δείγμα 705 κινητικά ανεξάρτητων-υγιών ηλικιωμένων, απέδειξαν πως η

αυτό-προσδιοριζόμενη κόπωση σε καθημερινές κινήσεις είναι ένας σημαντικός τρόπος για το διαχωρισμό ανάμεσα σε υγιείς και σε μη υγιείς, με κίνδυνο εμφάνισης πτώσης ηλικιωμένου. Επομένως, εφόσον προκύψει ότι δύο πολύ βασικές καθημερινές δραστηριότητες είναι δυνατόν να προκαλέσουν μεταβολές ικανές να οδηγήσουν σε πτώση στην ήδη επηρεασμένη από τις σωματικές αλλαγές βάδιση του ηλικιωμένου, τότε η καθημερινή τους δραστηριότητα θα πρέπει να αλλάξει και να προσαρμοστεί σε λιγότερο απαιτητικές συνθήκες. Τέλος, η μελέτη μπορεί να οδηγήσει σε προσδιορισμό των χρονικών ορίων καθημερινής δραστηριότητας για τον ηλικιωμένο, στα οποία η εμφάνιση κόπωσης και κατά συνέπεια η πιθανότητα μη ασφαλούς βάδισης και πτώσης, μειώνεται σημαντικά.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να προσδιοριστεί αν δύο βασικές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής των ηλικιωμένων όπως το περπάτημα και η παρατεταμένη όρθια στάση μπορούν να προκαλέσουν κόπωση και αν η κόπωση αυτή επηρεάζει τα κινηματικά και χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της βάδισής τους. Η κινηματική ανάλυση μπορεί να προσφέρει τις πιο αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της βάδισης του ατόμου και την καταγραφή των μεταβολών της.

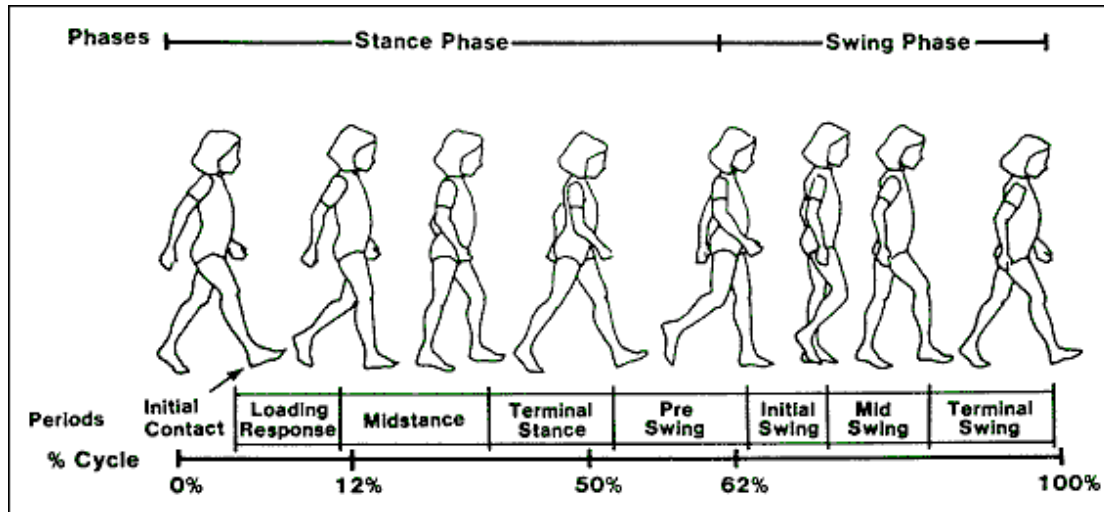
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Η βάδιση σαν βασική ανθρώπινη κίνηση

Η βάδιση είναι μια από τις πιο βασικές και συχνές κινήσεις της καθημερινής ζωής. Η κίνηση αυτή, η οποία αντιπροσωπεύει την ικανότητα αισθητήριων και κινητικών μηχανισμών του σώματος να σταθεροποιούν το κέντρο βάρους του κατά τη διάρκεια μεταφορικής κίνησης, εξελίσσεται και αφομοιώνεται μέχρι την ηλικία των 7 χρόνων περίπου (Miyamoto & Okita, 1997). Μπορεί να οριστεί σαν μια μέθοδος μετακίνησης του ανθρώπινου σώματος που χαρακτηρίζεται από περιόδους φόρτισης και αποφόρτισης των κάτω άκρων (Kirtley, 2006). Ένας ακόμη ορισμός της κίνησης της βάδισης που έχει δοθεί είναι ‘η μέθοδος μετακίνησης που περιλαμβάνει τη χρήση και των δύο ποδιών, εναλλάξ, για την παροχή στήριξης και προώθησης (Whittle, 2007). Για τον αποκλεισμό της περίπτωσης του τρεξίματος, στους παραπάνω ορισμούς θα πρέπει να συμπληρωθεί και η φράση ‘στην οποία διαδικασία τουλάχιστον ένα πόδι θα πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος κάθε στιγμή (Whittle, 2007). Είναι η συχνότερα χρησιμοποιούμενη κίνηση από τον άνθρωπο, παρέχει ανεξαρτησία και χρησιμοποιείται σε πολλές από τις βασικές καθημερινές δραστηριότητες (ADL’s). Επίσης διευκολύνει πολλές κοινωνικές δραστηριότητες και είναι απαραίτητη για πολλές από αυτές (Kirtley, 2006). Επομένως η βάδιση αποτελεί μια βασική καθημερινή δραστηριότητα και απαιτεί το συνδυασμό πολλών λειτουργικών παραμέτρων του σώματος.

Η διαδικασία της βάδισης, για ευκολότερη ανάλυση και περιγραφή, χωρίζεται σε κύκλους και σε επιμέρους φάσεις του κύκλου. Ένας κύκλος βάδισης υφίσταται όταν πραγματοποιούνται διαδοχικά δύο επαναλαμβανόμενα χαρακτηριστικά συμβάντα της βάδισης. Παρ’ όλο που θα μπορούσε να επιλεχθούν οποιαδήποτε

συμβάντα, συνηθίζεται ένα κύκλο βάρδισης να αποτελεί ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικές επαφές του ίδιου ποδιού στο έδαφος (Whittle, 2007). Οι δύο βασικές φάσεις του κύκλου βάρδισης είναι η φάση στήριξης (stance phase) στην οποία το ένα πόδι βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και η φάση αιώρησης (swing phase) στην οποία το ίδιο πόδι παύει να έχει επαφή με το έδαφος και αιωρείται μέχρι την επόμενη επαφή. Η φάση στήριξης χωρίζεται σε 4 βασικές περιόδους: υποδοχή βάρους (loading response), μέση φάση στήριξης (mid stance), τελική φάση στήριξης (terminal stance) και προ-αίωση (pre swing). Η φάση αιώρησης με τη σειρά της χωρίζεται σε 3 επιμέρους φάσεις: αρχική αιώρηση (initial swing), ενδιάμεση αιώρηση (mid swing) και τελική αιώρηση (terminal swing). Οι φάσεις που περιγράφηκαν παρουσιάζονται στο σχήμα 1.



Σχήμα1. Οι διαδοχικές φάσεις ενός κύκλου βάρδισης (Sutherland et al., 1988).

Η μελέτη της βάρδισης του ατόμου μπορεί να πραγματοποιηθεί σε όλα τα επίπεδα κίνησης. Στο οβελιαίο (sagittal), στο μετωπιαίο (frontal) και στο εγκάρσιο

επίπεδο (transverse) (Perry, 1992). Η βάδιση μπορεί να αξιολογηθεί εξετάζοντας τα εξής χαρακτηριστικά της: α) Χώρο-χρονικά χαρακτηριστικά στα οποία εξετάζονται παράμετροι όπως η ταχύτητα βάδισης, το μήκος, ο χρόνος και η συχνότητα διασκελισμού του κύκλου. β) Κινηματικά χαρακτηριστικά τα οποία παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις αρθρώσεις και την κίνησή τους. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες παράμετροι είναι η γωνία ραχιαίας και πελματιαίας κάμψη της ποδοκνημικής, η γωνία κάμψης-έκτασης του γόνατος και η γωνία κάμψης-έκτασης της άρθρωσης του ισχίου. Μια ακόμα παράμετρος που χρησιμοποιείται συχνά είναι η κλίση και η στροφή της πύελου του ατόμου στα τρία επίπεδα κίνησης που αναφέρθηκαν. γ) Δυναμικά χαρακτηριστικά τα οποία περιγράφουν την τιμή της κάθετης αντίδρασης του εδάφους στις φάσεις του κύκλου βάδισης και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη δύναμη που εφαρμόζουν οι κινητήριοι μηχανισμοί του ατόμου και στους τρεις άξονες της κίνησης στην επιφάνεια της βάδισης (Kirtley, 2006; Whittle, 2007).

2.2. Η βάδιση στην τρίτη ηλικία.

Η βάδιση στην τρίτη ηλικία παρουσιάζει αρκετές και σημαντικές μεταβολές σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της φυσιολογικής, υγιούς βάδισης. Γενικά, οι ηλικιωμένοι φαίνεται ότι υιοθετούν έναν πιο συντηρητικό τρόπο βάδισης αφού όσον αφορά τα χώρο-χρονικά χαρακτηριστικά, βαδίζουν πιο αργά, πραγματοποιούν μικρότερα σε μήκος βήματα και παρουσιάζουν πολλές μεταβολές στους χρόνους των βημάτων (Rose & Gamble, 2006). Έχει προσδιοριστεί από πολλούς ερευνητές ότι οι ηλικιωμένοι παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα στις τιμές παραμέτρων όπως η ταχύτητα, το μήκος και ο χρόνος βάδισης από κύκλο σε κύκλο (Owings & Grabiner, 2004; Oberg, Karzsnia & Oberg, 1994; Oberg, Karzsnia & Oberg, 1993). Αυτό συμβαίνει ακόμα και στους υγιείς και κινητικά ενεργούς ηλικιωμένους και σχετίζεται

με πιθανότητα εμφάνισης πτώσης (Hausdorff, Rios & Edelberg, 2001). Η μεταβλητότητα αυτή ανάμεσα στις προσπάθειες, είναι πιθανόν να οφείλεται στις μεταβολές του μυϊκού και σκελετικού συστήματος των ηλικιωμένων και κυρίως στη απώλεια δύναμης, αλλά και σε δυσλειτουργίες του κεντρικού νευρικού συστήματος (Hausdorff, et al., 2005). Ένα ακόμη τυπικό χαρακτηριστικό των ηλικιωμένων είναι η πιο αργή βάδιση (Winter, Patla, Frank & Walt, 1990) αφού όπως έχει βρεθεί, βαδίζουν με σημαντικά χαμηλότερη ταχύτητα (1.1 ± 0.2 m/s) σε σχέση με τους νέους (1.2 ± 0.1 m/s) (Benedetti et al., 2007; Lee et al., 2007). Το μήκος διασκελισμού που παρουσιάζουν οι ηλικιωμένοι έχει αποδειχθεί από πολλές έρευνες ότι είναι μικρότερο (1.1 ± 0.1 m) σε σχέση με τους νέους (1.2 ± 0.2 m) (Murray, Kory & Clarkson, 1969; Winter & Patla, 1990). Παρ' όλα αυτά υπάρχουν και έρευνες που υποστηρίζουν πως δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο μήκος βήματος ανάμεσα στους νέους και στους ηλικιωμένους κατά τη βάδιση (Begg & Sparrow, 2006; Blanke & Hageman, 1989). Τέλος, σημαντικές διαφορές ανάμεσα στη φυσιολογική βάδιση και στη βάδιση των ηλικιωμένων έχουν βρεθεί στη διάρκεια των φάσεων μονής και διπλής στήριξης του κύκλου. Οι ηλικιωμένοι έχει φανεί ότι παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τους νέους στη διάρκεια της φάσης στήριξης με το ένα ($62.3 \pm 1.8\%$ vs. $60.3 \pm 2.3\%$) αλλά και με τα 2 πόδια ($13.4 \pm 1.7\%$ vs. $12.0 \pm 2.2\%$) (Benedetti et al., 2007; Lee et al., 2007). Η μεγαλύτερη διάρκεια της διπλής φάσης στήριξης έχει προσδιοριστεί πως είναι η αιτία για την πιο αργή βάδιση των ηλικιωμένων (Bohannon, 1997; Judge, Davis, Ounpuu, 1996).

Όσον αφορά τα κινηματικά χαρακτηριστικά της βάδισης των ηλικιωμένων, πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στη μελέτη των μεταβολών τους κατά τη διάρκεια της κίνησης, για να εντοπίσουν τις διαφορές ανάμεσα σε νέους και ηλικιωμένους και για να προσδιορίσουν κατά πόσο οι διαφορές αυτές σχετίζονται με

πιθανότητα εμφάνισης πτώσης. Οι μεταβολές, όπως έχει φανεί, είναι αρκετές και εκεί και συμβαίνουν σε όλες τις αρθρώσεις. Στην άρθρωση της ποδοκνημικής, οι ηλικιωμένοι εμφανίζουν μια πιο επίπεδη-οριζόντια επαφή με το έδαφος (Winter, Patla, Frank & Walt, 1990). Επίσης, παρουσιάζουν μικρότερο εύρος κίνησης πελματιαίας και ραχιαίας κάμψης σε όλη τη διάρκεια του κύκλου (Begg & Sparrow, 2006), περιορισμένη ραχιαία κάμψη του πέλματος ($16.9 \pm 8.7^\circ$) έναντι των νέων ($17.5 \pm 6.7^\circ$) (Begg & Sparrow, 2006; Lee, et al., 2007) και μειωμένη πελματιαία κάμψη στην τελική φάση στήριξης (Kerrigan, et al., 1998). Τα παραπάνω αποτελούν παράγοντα υψηλού κινδύνου για πτώσεις, αφού έτσι είναι ευκολότερη η επαφή του άκρου ποδός με εμπόδια. Στην άρθρωση του γόνατος, έχει βρεθεί και εκεί ότι το μέσο εύρος κίνησης της άρθρωσης μειώνεται σημαντικά (Begg & Sparrow, 2006), γεγονός στο οποίο συμβάλλει σημαντικά η μειωμένη σημαντικά τιμή της μέγιστης γωνίας έκτασης της άρθρωσης. Στην άρθρωση του ισχίου και στη λεκάνη, χαρακτηριστικές μεταβολές που εμφανίζουν οι ηλικιωμένοι είναι η μειωμένη μέγιστη γωνία έκτασης του ισχίου στη φάση στήριξης και η αυξημένη πρόσθια κλίση της πυέλου (Judge, Davis, Ounpuu, 1996; Kerrigan, Todd, Dela Croce, Lipsitz & Collins, 1998). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά έχει βρεθεί ότι σχετίζονται με τη συχνή εμφάνιση μυϊκών συσπάσεων για την κάμψη του ισχίου κατά τη βάρδιση του πληθυσμού της τρίτης ηλικίας (Kerrigan, Todd, Dela Croce, Lipsitz & Collins, 1998).

Αναφορικά με τα δυναμικά χαρακτηριστικά της βάρδισης στη τρίτη ηλικία, οι φυσικές μεταβολές των χαρακτηριστικών του σώματος του ηλικιωμένου, επηρεάζουν σημαντικά τη βάρδισή του. Η μειωμένη μυϊκή μάζα και δύναμη, η μειωμένη οστική μάζα (Aniansson, Hedberg, Henning & Grimby 1986) και η αυξημένη συγκέντρωση λιπώδους ιστού (Hughes, Frontera, Roubenoff, Evans & Singh, 2002) είναι κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά που έχει αποδειχθεί ότι εμφανίζονται στα άτομα της

τρίτης ηλικίας. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με την έλλειψη φυσικής δραστηριότητας, είναι δυνατόν να προκαλέσουν μια γενική αδυναμία παραγωγής έργου από τις αρθρώσεις (Patla, 1995). Σε προτιμώμενες ταχύτητες βάδισης, οι ηλικιωμένοι παράγουν σημαντικά μικρότερη δύναμη και ροπή αρθρώσεων των κάτω άκρων σε σχέση με τους νέους. Πιο συγκεκριμένα, οι συχνότερες μεταβολές που εμφανίζονται είναι η μειωμένη δύναμη της ποδοκνημικής και κυρίως της πελματιαίας κάμψης της στην τελική φάση στήριξης (DeVita & Hortobagyi, 2000), μειωμένη δύναμη της άρθρωσης του γόνατος (DeVita & Hortobagyi, 2000) με παράλληλη αύξηση της απορρόφησης δύναμης στην τελική φάση στήριξης (McGibbon & Krebs, 2004), αυξημένη δύναμη και ροπή έκτασης του ισχίου κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης (DeVita & Hortobagyi, 2000) και αυξημένη δύναμη κάμψης του ισχίου σαν αντισταθμιστικό παράγοντα στη μειωμένη δύναμη πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής (Judge, Davis, Ounpruu, 1996).

2.3 Κόπωση μέσω μυϊκών συστολών και βάδιση στην τρίτη ηλικία.

Η κόπωση που προκαλείται από φυσική δραστηριότητα του ηλικιωμένου ατόμου, είναι ένας σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας για το αν η συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα θα έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει με ασφάλεια και επιτυχώς απαραίτητες βασικές δοκιμασίες και να διατηρήσει την κινητική της ανεξαρτησία (Allman & Rice, 2002).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Petrella και τους συνεργάτες του (2005) για την αξιολόγηση της δύναμης, της ταχύτητας κίνησης και του επιπέδου κόπωσης της άρθρωσης του γόνατος, 2 ομάδες νέων και ηλικιωμένων ατόμων υποβλήθηκαν σε πρωτόκολλο κόπωσης κάμψης-έκτασης της άρθρωσης σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Από την έρευνα προέκυψε πως οι ηλικιωμένοι εμφάνισαν

σημαντικά χαμηλότερη (25-41%) δύναμη έκτασης της άρθρωσης σε σχέση με τους νέους και σημαντικά αμεσότερη εμφάνιση της κόπωσης, αφού η μέγιστη ταχύτητα κίνησης της άρθρωσης μειώθηκε σημαντικά (-20%). Και οι δύο μεταβολές εμφανίστηκαν νωρίς, στην 10η επανάληψη του πρωτοκόλλου και σχετίστηκαν άμεσα με πιθανότητα απώλειας ισορροπίας και εμφάνισης πτώσης στα άτομα τρίτης ηλικίας.

Όσον αφορά την άρθρωση της ποδοκνημικής, η μελέτη της επίδρασης της κόπωσης στην κίνηση του ηλικιωμένου έχει μελετηθεί σε εκτενή βαθμό, λόγω του ζωτικού της ρόλου στη διαδικασία της βάδισης. Ο Baudry και οι συνεργάτες του (2007), συνέκριναν την κόπωση που εμφανίστηκε σε νέους και σε ηλικιωμένους στους μύες ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, έπειτα από πρωτόκολλο έκκεντρων και ομόκεντρων συστολών σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Η έρευνα κατέληξε ότι οι ηλικιωμένοι, συγκριτικά με τους νέους, εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερη πτώση της ρόπης στην ομόκεντρη (50.2 vs. 40.9%) και στην έκκεντρη (42.1 vs. 27.1%) συστολή με το πέρας του πρωτοκόλλου. Ωστόσο, παρά το γεγονός αυτό, φάνηκε πως οι δύο ηλικιακές ομάδες παρουσίασαν όμοιες τιμές στο χρόνο και στο επίπεδο της κόπωσης.

Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές έρευνες τα αποτελέσματα των οποίων έρχονται σε αντίθεση με αυτά που προαναφέρθηκαν. Ο Lin και οι συνεργάτες του (2009) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η κόπωση στην ποδοκνημική είχε σημαντικότερες επιδράσεις στη δυναμική ισορροπία των ηλικιωμένων σε σχέση με την κόπωση στην άρθρωση του γόνατος. Επίσης οι Bellew και Fenter (2006), έπειτα από πρωτόκολλο κόπωσης στις 2 αρθρώσεις κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η εμφάνιση της κόπωσης δεν εμφανίζει σημαντικές διαφορές στις εξεταζόμενες αρθρώσεις και πως η απόδοση στην ισορροπία μειώθηκε σημαντικά μόνο μέσω της κόπωσης στην ποδοκνημική. Σε γενικές γραμμές πρέπει να τονιστεί πως οι υπάρχουσες έρευνες δεν καταλήγουν σε

ένα συγκεκριμένο συμπέρασμα σχετικά με το ποια άρθρωση, έπειτα από κόπωση, προκαλεί μεγαλύτερες μεταβολές στην απόδοση της ισορροπίας του ηλικιωμένου, με ανάλογες προεκτάσεις στη βιάδισή του. Η εξήγηση που δίνεται από τους ερευνητές είναι πως πιθανά, η κόπωση εξαρτάται από τους μύες που επηρεάζει, αφού αυτοί αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο και χρόνο στο ερέθισμα που τους ασκείται (Bellew & Fenter, 2006; Lin et al., 2009).

2.4 Κόπωση μέσω καθημερινών κινήσεων και βιάδιση στη τρίτη ηλικία

Παρά την ευρεία έρευνα αναφορικά με την επίδραση των προγραμμάτων μυϊκών συστολών στην κόπωση των ηλικιωμένων, η κόπωση μέσω φυσιολογικών καθημερινών κινήσεων έχει ερευνηθεί ελάχιστα. Είναι πολύ σημαντικό να ερευνήσουμε και να κατανοήσουμε την επίδραση φυσικής δραστηριότητας χαρακτηριστικών παρόμοιων με καθημερινές δοκιμασίες (ADL's) στα επίπεδα κόπωσης και στην απόδοση της βιάδισής τους. Αυτό είναι απαραίτητο για αρκετούς λόγους. Αρχικά, όπως προαναφέρθηκε, ο βαθμός της κόπωσης εξαρτάται από το είδος, τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης και το μεγαλύτερο ποσοστό ηλικιωμένων (~80%) δραστηριοποιείται μέσω καθημερινών δραστηριοτήτων (ADL's) και όχι μέσω προγραμμάτων άσκησης (~20%) (Kligman & Pepin, 1991). Επίσης, είναι σημαντικό το γεγονός ότι οι δοκιμασίες αυτές προκαλούν κίνηση (και ακολούθως κόπωση) σε πολλούς μύες και αρθρώσεις ταυτόχρονα, εξασφαλίζοντας πιο συνολική και όχι στοχευμένη σε συγκεκριμένη άρθρωση εικόνα των επιπέδων κόπωσης του ηλικιωμένου.

Μέχρι σήμερα, μόνο 2 έρευνες έχουν μελετήσει την κόπωση μέσω καθημερινών δραστηριοτήτων (ADL's) και την επίδρασή της στη βιάδιση των ηλικιωμένων ατόμων, με περιορισμένο εύρος ανάλυσης και ευρημάτων. Ο Helbostad

και οι συνεργάτες του (2007), μελέτησαν την επίδραση επαναλαμβανόμενων άρσεων από καθιστή σε όρθια θέση μέχρι την εξάντληση, στην κόπωση και στη βάρδιση ατόμων τρίτης ηλικίας. Η ανάλυση των χωρο-χρονικών δεδομένων έδειξε πως η δοκιμασία προκάλεσε κόπωση στους ηλικιωμένους, γεγονός το οποίο εκφράστηκε σε αρκετά σημαντικές αλλαγές στη βάρδισή τους. Τα εύρος της βάσης στήριξης και το εύρος εγκάρσιας επιτάχυνσης του κορμού αυξήθηκαν σημαντικά ($p < .05$), ενώ σημαντική ήταν και η αύξηση της μεταβλητότητας του μήκους διασκελισμού στους κύκλους βάρδισης. Οι αλλαγές αυτές συμφωνούν με τις αλλαγές στη βάρδιση των ηλικιωμένων οι οποίοι φάνηκε από άλλες έρευνες ότι αντιμετωπίζουν ρίσκο εμφάνισης πτώσης. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η φυσική δραστηριότητα με τη συγκεκριμένη δοκιμασία ADL προκαλεί κόπωση και μπορεί να οδηγήσει σε πιθανή εμφάνιση πτώσης.

Μια ακόμη έρευνα που είχε σαν σκοπό την απάντηση στο αν φυσική δραστηριότητα παρόμοια με την καθημερινή ζωή των ηλικιωμένων είναι δυνατόν να προκαλέσει κόπωση και περιορισμό της υγιούς βάρδισης πραγματοποιήθηκε από τους Egerton, Brauer και Cresswell (2009). Το πρωτόκολλο της κόπωσης που εφαρμόστηκε περιλάμβανε μια σειρά δοκιμασίες όπως περπάτημα, πέρασμα από εμπόδια, άρση από καθιστή σε όρθια θέση, μεταφορά φορτίου και όρθια στάση, σε χαμηλή-μέτρια ένταση, ενώ η συνολική διάρκεια ήταν 14 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως με το πέρας του πρωτοκόλλου οι ηλικιωμένοι εμφάνισαν αυξημένες τιμές κόπωσης (μέσω αυτοπροσδιορισμού τοπικής μυϊκής κόπωσης με κλίμακα Borg). Ωστόσο, παρά τις αυξημένες τιμές κόπωσης που προσδιόρισαν οι ηλικιωμένοι, δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές πριν και μετά την άσκηση στις παραμέτρους της βάρδισης που μελετήθηκαν. Οι συγγραφείς, συγκρίνοντας τα ευρήματά τους με την

προαναφερθείσα έρευνα, αιτιολογούν το φαινόμενο αυτό σαν αποτέλεσμα της διαφοράς έντασης που επιλέχθηκε ανάμεσα στα δύο πρωτόκολλα των ερευνών.

2.5 Βάδιση και όρθια στάση σαν καθημερινές δραστηριότητες στην τρίτη ηλικία.

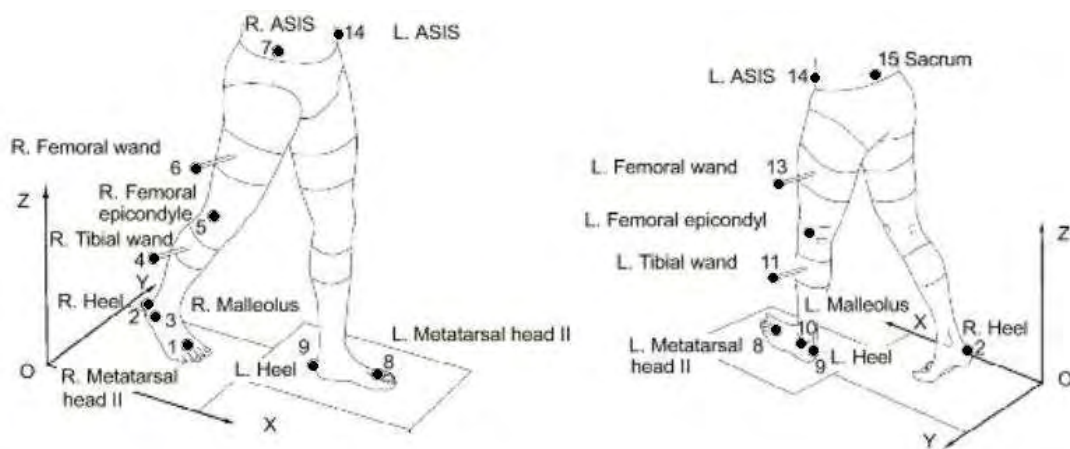
Η δραστηριότητα που πραγματοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό από τα άτομα τρίτης ηλικίας καθημερινά είναι η βάδιση. Σε χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης, οι ηλικιωμένοι αφιερώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου άσκησής τους στο περπάτημα (~34%), το οποίο είναι απαραίτητο για την εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων (Van den Brink et al., 2005). Η επίδραση της βάδισης παρατεταμένης διάρκειας στην κόπωση ατόμων τρίτης ηλικίας, έχει ερευνηθεί μόνο μέσω της απόδοσής των μυών πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής (γαστροκνήμιος,υποκνημίδιος), πριν και μετά την άσκηση, όπου και δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές (Davies & White, 1983). Οι συγγραφείς πρότειναν πως η έλλειψη κόπωσης ίσως να οφειλόταν στη διαφορά έντασης ανάμεσα στη δοκιμασία κόπωσης (βάδιση) και στη δοκιμασία αξιολόγησης (τετανικές και εκούσιες συστολές της ποδοκνημικής).

Εκτός όμως από τη βάδιση, βασικές καθημερινές δραστηριότητες των ηλικιωμένων είναι οι δουλειές εντός σπιτιού, τα ψώνια, η μετάβαση σε υπηρεσίες και η κηπουρική (Finlayson, Mallinson, & Barbosa, 2005; National Aging Research Institute of Australia, 2003). Οι παραπάνω δραστηριότητες περιλαμβάνουν διαστήματα στα οποία το άτομο θα πρέπει να υποβληθεί σε παρατεταμένη όρθια στάση. Επίσης, διαστήματα παρατεταμένης όρθιας στάσης συμβαίνουν καθημερινά σε χώρους εργασίας, σε ουρά σε κάποια υπηρεσία, σε συνομιλίες με άλλα άτομα κτλ. (Stoffregen, Pagulayan, Bardy & Hettinger, 2000). Η στάση σε όρθια θέση για αρκετό διάστημα είναι αποδεκτό ότι προκαλεί κόπωση (Madeleine, Voigt & Arendt-Nielsen,

1998; Rys & Konz, 1994) και όπως προαναφέρθηκε, προκαλεί περιορισμό της αιμάτωσης στα κάτω άκρα, ζάλη, μυϊκή κόπωση και αυξημένη πίεση στις αρθρώσεις (Duarte & Zatsiorsky, 1999; Duarte, Harvey & Zatsiorsky, 2000; Kraemer et al., 2000). Η κόπωση από μακράς διάρκειας στάση σε όρθια θέση έχει ερευνηθεί κυρίως μέσω αυτό-προσδιοριζόμενων κλιμάκων αίσθησης κόπωσης, ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών των κάτω άκρων, στατικής ισορροπίας με μετακίνηση του κέντρου πίεσης και μέσω θερμοκρασίας της επιφάνειας του δέρματος ανάμεσα σε αρκετές άλλες μεθόδους (Duarte & Zatsiorsky, 1999; Kraemer et al., 2000; Rys & Konz, 1994). Οι περισσότερες από αυτές έχουν χρησιμοποιήσει τη μέθοδο της εξέτασης του επιπέδου κόπωσης μέσω της δραστηριότητας του κέντρου πίεσης (COP), αφού μέσω αυτής ελέγχεται η δυναμική ισορροπία του ηλικιωμένου η οποία, σχετίζεται με την κινητικότητα και τη βάρδιση και όταν μειώνεται έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί παράγοντα ρίσκου εμφάνισης πτώσης (Adlerton & Moritz, 1996; Freitas, Wiczorek, Marchetti & Duarte, 2005). Από τις έρευνες που αναφέρθηκαν, έχει προκύψει πως η κόπωση που εμφανίζεται στους ηλικιωμένους εξαιτίας της παρατεταμένης όρθιας στάσης είναι έντονη, ωστόσο η απευθείας επίδρασή της στα χαρακτηριστικά της βάρδισης δεν έχει ακόμα ερευνηθεί.

3. Μεθοδολογία

Στην έρευνα συμμετείχαν 16 ηλικιωμένοι υγιείς άνδρες ηλικίας ($72,2 \pm 6,4$ χρ), ύψους ($1,68 \pm 0,06\mu$) και σωματικού βάρους ($75,9 \pm 11,8$ κ). Τα άτομα του δείγματος ήταν απόλυτα υγιή και κινητικά δραστήρια. Οι συμμετέχοντες πριν από τη συμμετοχή τους στην έρευνα συμπλήρωσαν προσαρμοσμένα ιατρικά-συναινετικά έντυπα, στα οποία βεβαίωσαν την επαρκή ενημέρωση για την έρευνα, την άριστη κατάσταση υγείας τους και την οικειοθελή συμμετοχή και αποχώρησή τους. Το δείγμα χωρίστηκε σε δύο ομάδες των 8 ατόμων οι οποίες υποβλήθηκαν σε δύο διαφορετικά πρωτόκολλα δοκιμασιών. Η πρώτη ομάδα (group1) πραγματοποίησε δοκιμασία βάδισης παρατεταμένης διάρκειας (25 λεπτών) και η δεύτερη ομάδα (group2) υποβλήθηκε σε δοκιμασία παρατεταμένης όρθιας στάσης (20-30 λεπτών). Πραγματοποιήθηκαν δύο κατηγορίες καταγραφών βάδισης για κάθε άτομο, πριν (pre) και μετά (post) τη δοκιμασία κόπωσης. Η κάθε κατηγορία περιλάμβανε 6 καταγραφές περπατήματος σε διάδρομο βάδισης μήκους 9 μέτρων στην προτιμώμενη ταχύτητα του κάθε ατόμου. Η καταγραφή των κινηματικών χαρακτηριστικών της κίνησης έγινε με χρήση οπτικοηλεκτρονικού συστήματος VICON MX αποτελούμενο από 10 κάμερες (Oxford Metrics, Oxford, UK). Το τρισδιάστατο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είχε συνολικά 16 ανακλαστήρες, σύμφωνα με το μοντέλο του Davis (1991) για τα κάτω άκρα όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Οι δοκιμασίες κόπωσης των ατόμων του δείγματος και η αξιολόγηση των παραμέτρων της βάδισης πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο εμβιομηχανικής του Τ.Ε.Φ.Α.Α του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Σχήμα 2. Τοποθέτηση των ανακλαστήρων σύμφωνα με το κλασικό μοντέλο του Davis (1991).

3.1 Πρωτόκολλα άσκησης

Η δοκιμασία της παρατεταμένης βάρδισης πραγματοποιήθηκε σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym, Italy) και η διάρκειά της ήταν 20 λεπτά, με ~5 λεπτά αρχικής εξοικείωσης με το διάδρομο. Η χρονική διάρκεια επιλέχθηκε για να συμφωνεί με μελέτες που υποστηρίζουν πως οι κινητικά δραστήριοι ηλικιωμένοι δραστηριοποιούνται και βαδίζουν περίπου 30 λεπτά τη μέρα (Cunat et al., 2000; U.S. DHHS, 2000), αλλά και για να βρίσκεται μέσα στα προτεινόμενα όρια ασφαλούς και ευεργετικής εξάσκησης για την τρίτη ηλικία (American College of Sports Medicine, 1995; Bandura, 1997). Η ένταση της δοκιμασίας ήταν ~60% της ΜΚΣ των ηλικιωμένων αφού σε αυτή την ηλικιακή ομάδα, οι καθημερινές δραστηριότητες πραγματοποιούνται ως επί το πλείστον σε χαμηλή-μέτρια ένταση (Brown, Fuller, Lee, Cockburn, & Adamson, 1999). Παράλληλα, σε αυτή την ένταση αποφεύχθηκε η καρδιοαναπνευστική κόπωση, η οποία θα μπορούσε να επιβαρύνει την πιθανή νευρομυϊκή κόπωση που τέθηκε σαν στόχος, οδηγώντας σε μη ρεαλιστική εξαγωγή

συμπερασμάτων. Η παρακολούθηση της έντασης και των τιμών της καρδιακής συχνότητας έγινε με καταγραφέα Polar.

Η δοκιμασία της παρατεταμένης όρθιας στάσης, περιλάμβανε ελεύθερη όρθια στάση, με επιτρεπόμενη κίνηση άκρων, κορμού κτλ διάρκειας από 20 ως 30 λεπτά. Η διάρκεια επιλέχθηκε με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία που χρησιμοποίησε την ίδια δοκιμασία στους ηλικιωμένους (Freitas, Wieczorek, Marchetti & Duarte, 2005), αλλά και με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για το χρόνο άσκησης των ηλικιωμένων.

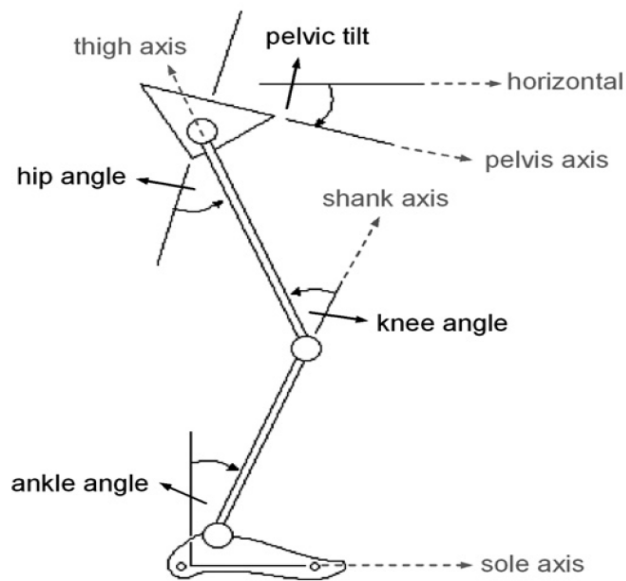
3.2 Κριτήρια αποκλεισμού από την μελέτη

Στην έρευνα δεν επιτράπηκε να συμμετάσχουν άτομα των οποίων η ηλικία ήταν πάνω από 80 έτη, άτομα που έπασχαν από οποιασδήποτε μορφής ασθένεια ή νόσημα, που λάμβαναν οποιασδήποτε μορφής φαρμακευτική αγωγή ή διαιτητικά σκευάσματα, που παρουσίασαν στο παρελθόν κάποιο μυοσκελετικό τραυματισμό των κάτω άκρων ή της σπονδυλικής στήλης και άτομα τα οποία είχαν περιορισμένες κινητικές ικανότητες και δε συμμετείχαν σε καθημερινές κινητικές δραστηριότητες.

3.3 Ανάλυση των δεδομένων

Όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιήθηκαν 6 καταγραφές για κάθε χρονική στιγμή pre και post των δοκιμασιών. Όλες οι καταγραφές αναλύθηκαν κινηματικά και επιλέχθηκε μια από αυτές για σύγκριση για την κάθε χρονική στιγμή. Η συλλογή των κινηματικών δεδομένων έγινε με δειγματοληψία 100Hz και στη συνέχεια, κατά την επεξεργασία των καταγραφών, τα δεδομένα εξομαλύνθηκαν με φίλτρο Woltring. Στο διάδρομο βάρδισης του εργαστηρίου στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι καταγραφές, ο X άξονας κίνησης ορίστηκε για το οβελιαίο επίπεδο, ο Y άξονας για το μετωπιαίο και ο Z για το εγκάρσιο. Κινηματικά δεδομένα αποτέλεσαν οι γωνίες του ισχίου, της

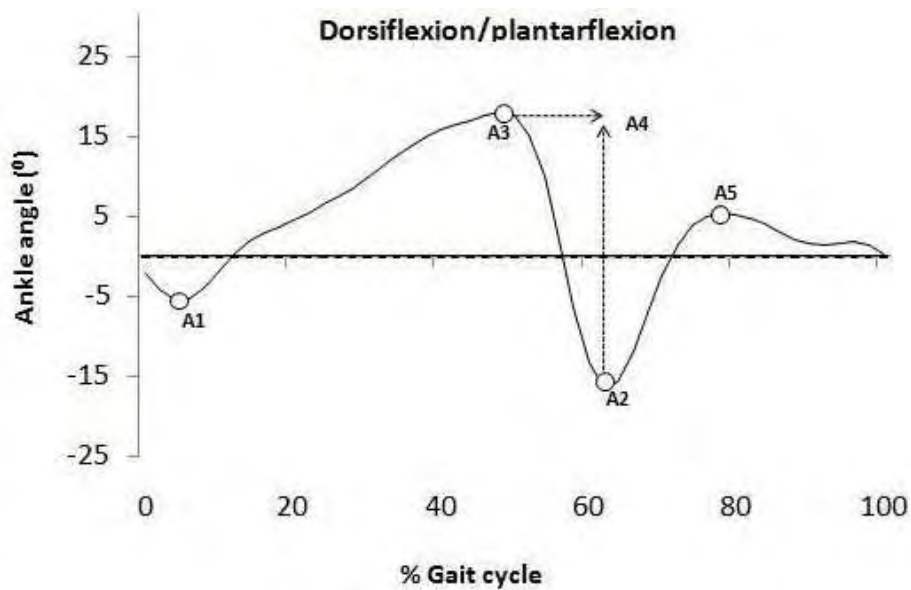
λεκάνης, του γόνατος και της ποδοκνημικής των ατόμων του δείγματος. Για τις γωνίες της λεκάνης χρησιμοποιήθηκαν και τα τρία επίπεδα κίνησης, ενώ για τις γωνίες του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής χρησιμοποιήθηκε μόνο το οβελιαίο επίπεδο. Οι γωνίες των αρθρώσεων και ο σχηματισμός τους φαίνονται στο σχήμα 3.



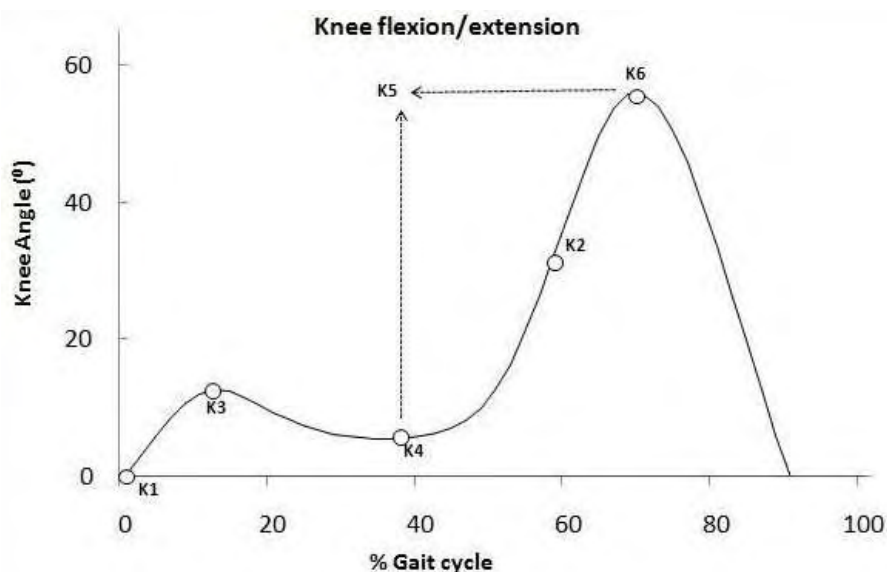
Σχήμα 3. Γωνίες αρθρώσεων στο οβελιαίο επίπεδο (άξονας X) της κίνησης.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της βάρδισης είναι οι παρακάτω: γωνίες ποδοκνημικής pre και post στην αρχική επαφή του πέλματος με το έδαφος (foot strike) (A1) και στην τελική αποκόλληση του πέλματος από το έδαφος (foot off) (μέγιστη πελματιαία κάμψη) (A2), μέγιστη ραχιαία κάμψη, A3), εύρος κίνησης (A4) και μέγιστη ραχιαία κάμψη της φάσης αιώρησης (A5). Γωνίες γόνατος pre και post στο foot strike (K1) και στο foot off (K2), μέγιστο (μέγιστη κάμψη, K3), ελάχιστο (μέγιστη έκταση, K4), εύρος κίνησης (K5) και μέγιστη κάμψη στη φάση αιώρησης (K6). Γωνίες ισχίου pre και post στο foot strike (H1), μέγιστο (μέγιστη κάμψη, H2), ελάχιστο (μέγιστη έκταση, H3) και εύρος κίνησης (H4). Γωνίες πύελου

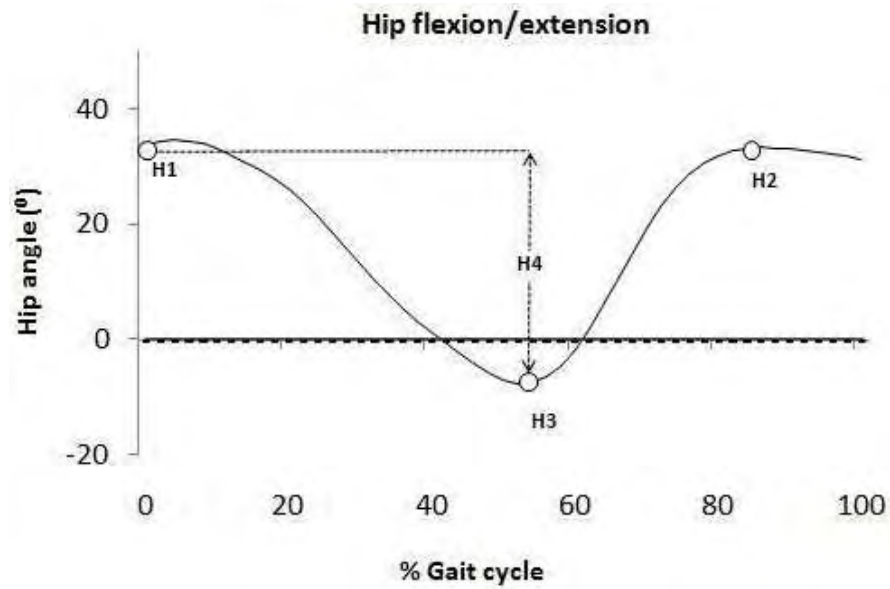
pre και post μέγιστης (PT1), ελάχιστης (PT2) και εύρους κίνησης (PT3) εμπρός/πίσω κλίσης, μέγιστης (PO1), ελάχιστης (PO2) και εύρους κίνησης (PO3) πάνω/κάτω κλίσης και μέγιστης (PR1), ελάχιστης (PR2) και εύρους κίνησης (PR3) μέσα/έξω στροφής. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν φαίνονται στις καμπύλες των αρθρώσεων στα σχήματα 4,5,6 και 7.



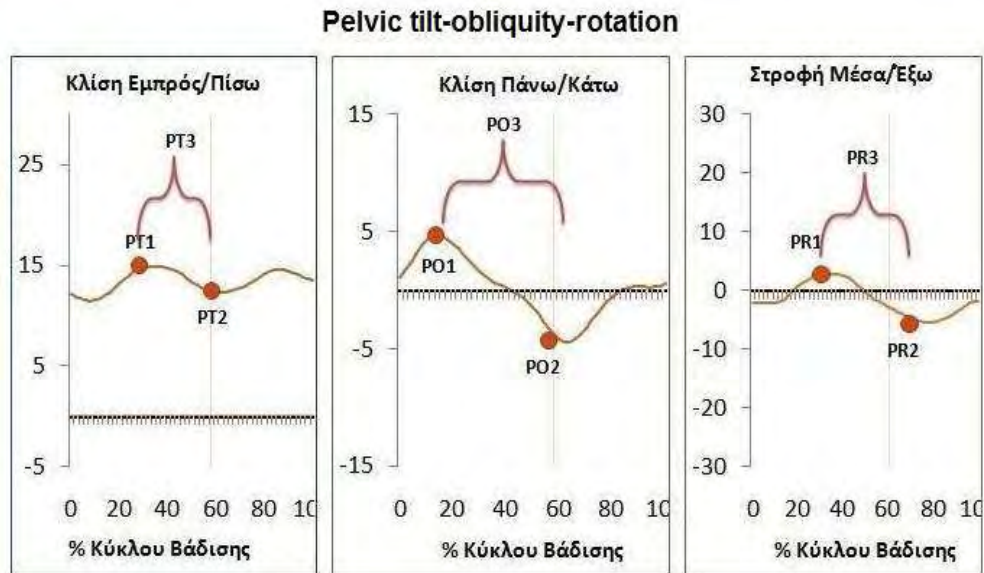
Σχήμα 4. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στη άρθρωση της ποδοκνημικής.



Σχήμα 5. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στην άρθρωση του γόνατος.



Σχήμα 6. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στην άρθρωση του ισχίου.



Σχήμα 7. Μεταβλητές που εξετάστηκαν στην κίνηση της πυέλου.

Παράλληλα, εκτός από την ανάλυση των κινηματικών παραμέτρων της κίνησης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση και των χωρο-χρονικών παραμέτρων της. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής: συχνότητα διασκελισμού (CD), ταχύτητα βάδισης (WS), εύρος βάσης στήριξης (SW), χρόνος (DS) και ποσοστό επί του κύκλου (DSP) διπλής στήριξης, μήκος διασκελισμού (SL), χρόνος διασκελισμού (ST), μήκος (STRL) και χρόνος (STRT) κύκλου βάδισης.

3.4 Στατιστική ανάλυση.

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι \pm SD της κάθε μεταβλητής. Η στατιστική ανάλυση που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Αρχικά, πραγματοποιήθηκε έλεγχος ομαλότητας της κατανομής του δείγματος με μη παραμετρικό τεστ (Kolmogorov-Smirnov). Το τεστ έδειξε ότι η κατανομή του δείγματος ήταν ομαλή. Η επόμενη ανάλυση περιλάμβανε έλεγχο paired t-test, για να αξιολογηθεί η διαφορά ανάμεσα στα δύο πόδια των ατόμων του δείγματος, στις μεταβλητές της έρευνας. Προέκυψε πως δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα δύο άκρα στο σύνολο του δείγματος. Για τη σύγκριση των μεταβλητών της βάδισης στις δυο αξιολογήσεις pre και post και για να αξιολογηθεί ποια δοκιμασία προκάλεσε μεγαλύτερη κόπωση, χρησιμοποιήθηκε ANOVA 2*2 (ομάδα*χρόνος) με repeated measures στο δεύτερο παράγοντα. Το επίπεδο σημαντικότητας τέθηκε $\alpha=0,05$ ενώ η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με στατιστικό πακέτο SPSS έκδοση 15.0 (SPSS Inc., USA).

4. Αποτελέσματα

4.1 Χωρο-χρονικές παράμετροι

Αναφορικά με τις χωρο-χρονικές παραμέτρους που αξιολογήθηκαν, στην πρώτη ομάδα της παρατεταμένης βάρδισης δε φάνηκε να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές μεταβολές ανάμεσα στις αξιολογήσεις pre και post. Το ίδιο αποτέλεσμα προέκυψε και στη δεύτερη ομάδα, της παρατεταμένης όρθιας στάσης. Και εκεί οι χωρο-χρονικές παράμετροι δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στις αξιολογήσεις pre και post. Οι τιμές των χωρο-χρονικών μεταβλητών, στις προσπάθειες pre και post της κάθε ομάδας φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χωρο-χρονικές παράμετροι της βάρδισης.

Μεταβλητές	Ομάδα1 pre	Ομάδα1 post	Ομάδα2 pre	Ομάδα2 post
CD (steps/min)	112,4 ± 13,8	110,7 ± 15,8	110,9 ± 11,2	112,4 ± 10,6
WS (m/s)	1,31 ± 0,22	1,36 ± 0,24	1,21 ± 0,21	1,22 ± 0,24
SW (m)	0,15 ± 0,02	0,14 ± 0,05	0,17 ± 0,05	0,17 ± 0,04
SL (m)	0,67 ± 0,09	0,72 ± 0,08	0,66 ± 0,09	0,64 ± 0,07
ST (sec)	0,53 ± 0,06	0,54 ± 0,07	0,54 ± 0,05	0,52 ± 0,04
STRL (m)	1,4 ± 0,16	1,48 ± 0,16	1,31 ± 0,15	1,29 ± 0,15
STRT (sec)	1,08 ± 0,13	1,1 ± 0,15	1,09 ± 0,11	1,07 ± 0,11
DS (sec)	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,03
DSP (% κύκλου)	9 ± 1,8	8,28 ± 2,1	10,49 ± 2,23	11,15 ± 2,05

*: Στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,05$

4.2 Κινηματικές παράμετροι

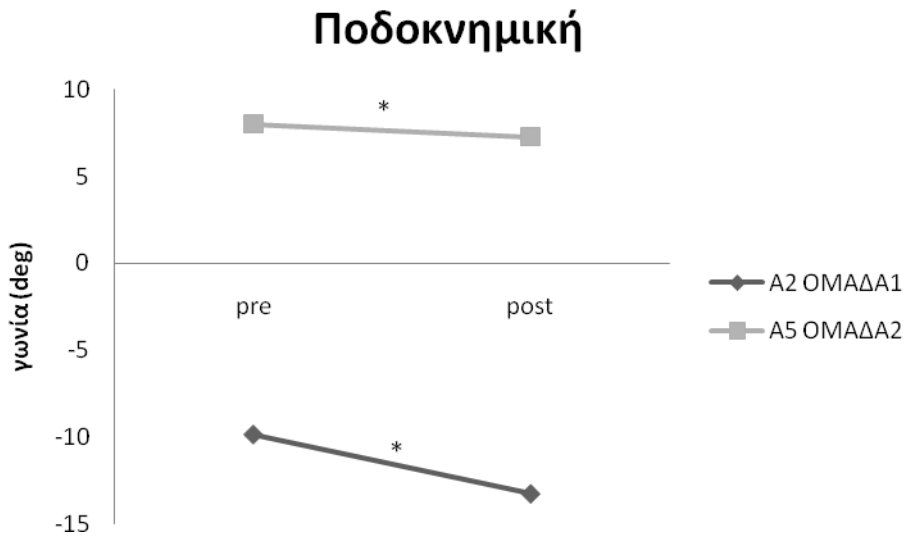
Στην κινηματική ανάλυση των δοκιμασιών βάρδισης, η στατιστική ανάλυση για να αξιολογηθεί η διαφορά ανάμεσα στα δύο πόδια των ατόμων του δείγματος, στις μεταβλητές της έρευνας δεν παρουσίασε καμία διαφορά, έτσι επιλέχθηκαν και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του δεξιού κάτω άκρου των συμμετεχόντων.

Στην άρθρωση της ποδοκνημικής, στην ομάδα 1, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στη γωνία της φάσης του foot-off (A2) η οποία αντιπροσωπεύει τη μέγιστη πελματιαία κάμψη της άρθρωσης. Στη φάση του foot-off, η γωνία εμφάνισε αύξηση στην αξιολόγηση post ($13,24^{\circ} \pm 5,24^{\circ}$) σε σχέση με την αξιολόγηση pre ($9,85^{\circ} \pm 4,71^{\circ}$). Στην ομάδα 2, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή μόνο στη γωνία μέγιστης ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής στη φάση της αιώρησης (A6). Μετά την όρθια στάση η γωνία εμφάνισε σημαντική πτώση ($7,15^{\circ} \pm 7,86^{\circ}$) συγκριτικά με την τιμή της πριν την παρέμβαση κόπωσης ($8,01^{\circ} \pm 7,82^{\circ}$). Οι μεταβολές που αναφέρθηκαν και για τις δύο ομάδες στην άρθρωση της ποδοκνημικής παρουσιάζονται στο γράφημα 1. Στις υπόλοιπες μεταβλητές της ποδοκνημικής δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές πριν και μετά την κόπωση των ηλικιωμένων. Οι τιμές και των δύο ομάδων παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Μεταβλητές ποδοκνημικής pre και post στις δύο ομάδες.

Μεταβλητές	Ομάδα1 pre	Ομάδα1 post	Ομάδα2 pre	Ομάδα2 post
A1 (deg)	$2,32 \pm 5,43$	$2,35 \pm 8,62$	$1,59 \pm 8,31$	$1,56 \pm 7,27$
A2 (deg)	$9,85 \pm 4,71$	$13,24 \pm 5,24^*$	$2,12 \pm 9,16$	$4,19 \pm 11,6$
A3 (deg)	$10,4 \pm 4,24$	$9,1 \pm 2,8$	$13,88 \pm 8,53$	$14,38 \pm 8,94$
A4 (deg)	$22,5 \pm 5,13$	$24,08 \pm 4,95$	$19,96 \pm 3,29$	$21,16 \pm 3,19$
A5 (deg)	$3,17 \pm 4,75$	$2,85 \pm 5,63$	$8,01 \pm 7,82$	$7,15 \pm 7,86^*$

*: Στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,05$



Γράφημα 1. Αύξηση A2 ομάδας 1 post, με $p=0.015 < 0.05$ και μείωση A5 ομάδας 2 με $p=0,034 < 0,05$.

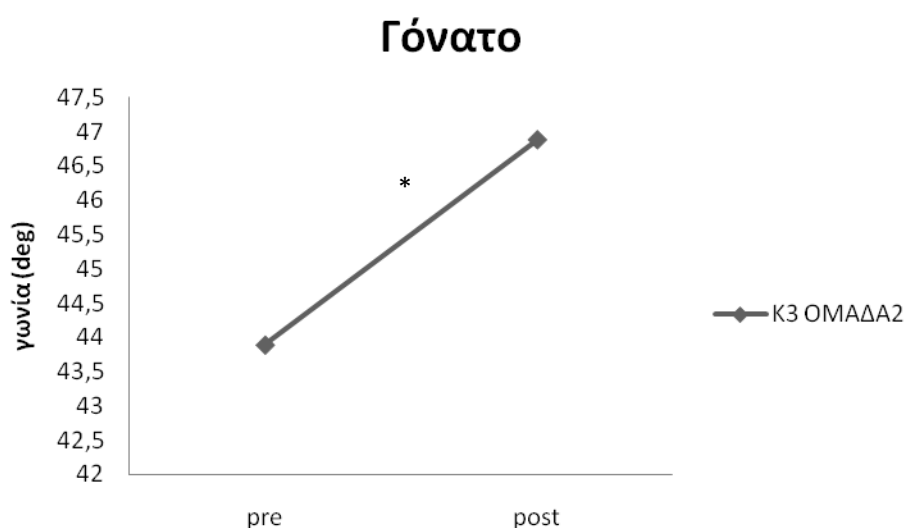
Στην άρθρωση του γόνατος, στην ομάδα 1 δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στις χρονικές αξιολογήσεις pre και post σε καμία από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν. Στην ομάδα 2, η γωνία μέγιστης κάμψης της άρθρωσης στη φάση στήριξης παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση μετά την όρθια στάση ($47,26^{\circ} \pm 10,14^{\circ}$) σε σχέση με πριν ($43,88^{\circ} \pm 10,51^{\circ}$). Οι υπόλοιπες μεταβλητές που αξιολογήθηκαν δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στις χρονικές στιγμές pre και post. Οι στατιστικά σημαντικές μεταβολές παρουσιάζονται στο γράφημα 2. Οι τιμές των μεταβλητών παρουσιάζονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Μεταβλητές γόνατος pre και post στις δύο ομάδες.

Μεταβλητές	Ομάδα1 pre	Ομάδα1 post	Ομάδα2 pre	Ομάδα2 post
K1 (deg)	1,26 ± 2,73	0,75 ± 4	1,45 ± 3,8	2,96 ± 5,14

K2 (deg)	21,87 ± 7,45	22,28 ± 4,34	23,3 ± 6,4	24,76 ± 6,88
K3 (deg)	46,63 ± 9,6	46,41 ± 8,56	43,88 ± 10,51	47,26 ± 10,14*
K4 (deg)	5,58 ± 3,12	5,94 ± 2,75	4,17 ± 6,85	3,24 ± 6,29
K5 (deg)	52,21 ± 11,76	52,35 ± 10,71	48,06 ± 11,47	50,12 ± 9,25
K6 (deg)	46,63 ± 9,6	46,41 ± 8,55	43,88 ± 10,51	46,88 ± 9,99

*: Στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,05$



Γράφημα 2. Σημαντική αύξηση K3 ομάδας 2 με $p=0,048 < 0,05$

Στην άρθρωση του ισχίου, στην ομάδα 1 δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για καμία από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν πριν και μετά τη δοκιμασία παρατεταμένης βάρδισης. Το ίδιο αποτέλεσμα προέκυψε και στη δεύτερη ομάδα, της όρθιας στάσης, χωρίς να παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές μεταβολές. Οι τιμές των μεταβλητών παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4. Μεταβλητές ισχίου pre και post στις δύο ομάδες.

Μεταβλητές	Ομάδα1 pre	Ομάδα1 post	Ομάδα2 pre	Ομάδα2 post
H1 (deg)	37,75 ± 5,7	37,71 ± 5,13	38,92 ± 6,72	38,43 ± 6,18
H2 (deg)	38,86 ± 5,64	38,9 ± 5,64	41,95 ± 5,39	41,49 ± 4,94
H3 (deg)	12,31 ± 8,17	13,52 ± 6,84	4,32 ± 7,62	4,42 ± 7,78
H4 (deg)	51,16 ± 6,78	52,41 ± 5,11	46,27 ± 7,2	45,91 ± 7,15

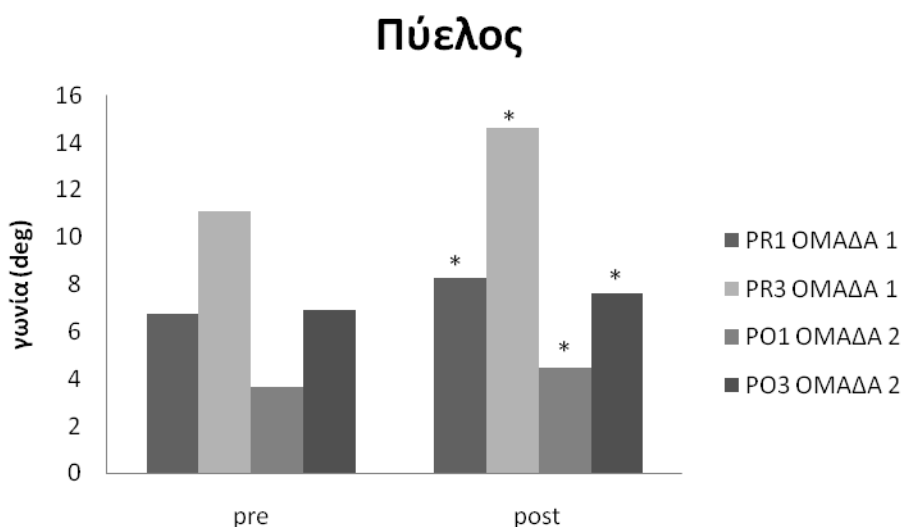
*: Στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,05$

Αναφορικά με την κινηματική ανάλυση της πυέλου, η πρώτη ομάδα στη χρονική αξιολόγηση post, παρουσίασε στατιστικά σημαντικές μεταβολές στο εγκάρσιο επίπεδο (PR). Η μέγιστη στροφή της πυέλου παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση μετά τη δοκιμασία ($8,37^\circ \pm 3,31^\circ$) σε σχέση με την τιμή της πριν ($6,73^\circ \pm 3,76^\circ$). Το εύρος στροφής της πυέλου παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση μετά ($14,88^\circ \pm 7^\circ$) συγκριτικά με πριν τη δοκιμασία ($11,12^\circ \pm 5,02^\circ$). Η ομάδα 2, παρουσίασε στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην πάνω/κάτω κλίση της πυέλου στο μετωπιαίο (PO) επίπεδο. Η μέγιστη πάνω/κάτω κλίση παρουσίασε σημαντική αύξηση μετά τη δοκιμασία ($4,44^\circ \pm 2,49^\circ$) σε σχέση με την τιμή της πριν ($3,67^\circ \pm 2,43^\circ$). Το εύρος πάνω/κάτω κλίσης παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση μετά ($7,64^\circ \pm 3^\circ$), συγκριτικά με πριν τη δοκιμασία όρθιας στάσης ($6,93^\circ \pm 2,63^\circ$). Οι στατιστικά σημαντικές μεταβολές παρουσιάζονται στο γράφημα 3. Οι υπόλοιπες μεταβολές δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική μεταβολή. Οι τιμές των μεταβλητών παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.

Πίνακας 5. Μεταβλητές πύελου pre και post στις δύο ομάδες.

Μεταβλητές	Ομάδα1 pre	Ομάδα1 post	Ομάδα2 pre	Ομάδα2 post
PT1 (rad)	16,69 ± 4,94	16,07 ± 4,86	20,16 ± 4,2	19,62 ± 4
PT2 (rad)	12,81 ± 5,1	12,64 ± 4,89	15,92 ± 3,68	15,52 ± 3,31
PT3 (rad)	3,87 ± 1,07	3,44 ± 0,84	4,23 ± 2,05	4,09 ± 2,11
PO1 (rad)	4,79 ± 3,22	5,09 ± 3,97	3,67 ± 2,43	4,44 ± 2,49*
PO2 (rad)	3,76 ± 3	4,42 ± 2,49	3,25 ± 2,16	3,19 ± 2,42
PO3 (rad)	8,55 ± 4,57	9,51 ± 5,13	6,93 ± 2,63	7,64 ± 3*
PR1 (rad)	6,73 ± 3,76	8,37 ± 3,31*	4,67 ± 2,47	5,17 ± 2,63
PR2 (rad)	4,39 ± 2,62	6,38 ± 4,39	4,72 ± 2,67	4,74 ± 2,77
PR3 (rad)	11,12 ± 5,02	14,88 ± 7*	9,39 ± 3,68	9,91 ± 4,23

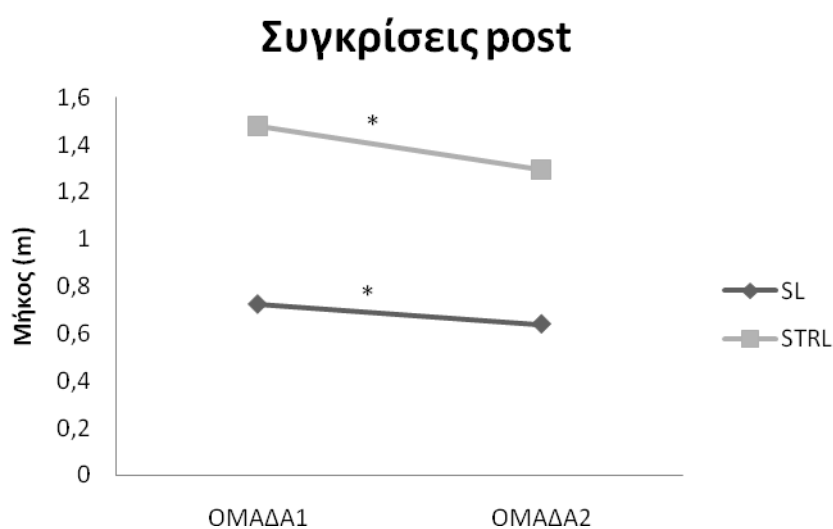
*: Στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,05$



Γράφημα 3. Αύξηση PR1 και PR3 για ομάδα 1 με $p=0,043 < 0,05$ και $p=0,041 < 0,05$ αντίστοιχα. Παρουσιάζεται επίσης και η αύξηση PO1 και PO2 για ομάδα 2 με $p=0,035 < 0,05$ και $p=0,049 < 0,05$ αντίστοιχα.

4.3 Σύγκριση δοκιμασιών (αξιολογήσεων post).

Τέλος, στη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε ανάμεσα στις καταγραφές βάρδισης μετά τις δοκιμασίες κόπωσης των δύο ομάδων (post), προέκυψαν αρκετά σημαντικές στατιστικές διαφορές. Στα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης των ατόμων, η ομάδα 2 φάνηκε να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικά μικρότερο μήκος βήματος (SL) ($0,64 \pm 0,07\text{m}$) και μήκος κύκλου βάρδισης (STRL) ($1,29 \pm 0,15\text{m}$) σε σχέση με την ομάδα 1 ($0,72 \pm 0,08\text{m}$) ($1,48 \pm 0,16\text{m}$) και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια διπλής στήριξης (DSP) ($11,15 \pm 2,05\%$ του κύκλου) σε σχέση με την ομάδα 1 ($8,28 \pm 2,1\%$). Αναφορικά με τις κινηματικές παραμέτρους της βάρδισης, στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε μόνο στο εύρος κίνησης της άρθρωσης του ισχίου (H4), στο οποίο η ομάδα 2 εμφάνισε σημαντικά μικρότερο εύρος ($45,91 \pm 7,15$) συγκριτικά με την ομάδα 1 ($52,41 \pm 5,11$). Η παραπάνω μεταβολή συνδυάστηκε με τάση ($p=0,058$) μειωμένης τιμής της μέγιστης γωνίας έκτασης της άρθρωσης. Οι διαφορές στις δοκιμασίες post παρουσιάζονται στα γραφήματα 4, 5 και 6.



Γράφημα 4. Στατιστικά σημαντικά μικρότερο SL και STRL στην ομάδα 2 με $p=0,045<0,05$ και $p=0,035<0,05$ αντίστοιχα.



Γράφημα 5. Στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο DSP στην ομάδα 2 με $p=0,015<0,05$.



Γράφημα 6. Στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη H4 στην ομάδα 2 με $p=0,048<0,05$.

5. Συζήτηση

Σκοπός της εργασίας που περιγράφηκε, ήταν να προσδιοριστεί αν δύο βασικές κινήσεις της καθημερινής ζωής του ηλικιωμένου πληθυσμού όπως η παρατεταμένη διάρκεια βάδιση και η παρατεταμένη διάρκεια όρθια στάση μπορούν να προκαλέσουν κόπωση και αν η κόπωση αυτή επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της φυσιολογικής βάδισής τους. Έχει σημασία να διερευνηθεί η επίδραση των καθημερινών δοκιμασιών των ηλικιωμένων στη βάδισή τους, αφού αντιπροσωπεύουν την καθημερινή και φυσιολογική δραστηριότητα αυτού του πληθυσμού. Επιχειρήθηκαν να διερευνηθούν οι αλλαγές που προκύπτουν στη βάδιση των ηλικιωμένων και να ελεγχθεί αν αυτές οι αλλαγές σχετίζονται με παράγοντες ρίσκου και πιθανότητα εμφάνισης πτώσης. Οι πτώσεις σε αυτή την ηλικιακή ομάδα αποτελούν πρωταρχικό παράγοντα για τραυματισμούς, κακώσεις, απώλεια κινητικής ανεξαρτησίας αλλά και για θάνατο και εμφανίζονται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό σε ηλικίες από 65 ετών και άνω. Η κινηματική και χωρο-χρονική ανάλυση της βάδισης, μπορεί να παράσχει πολλές και αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τη 'φύση' της βάδισης του ατόμου και ειδικά, στην τρίτη ηλικία, η αξιολόγηση αυτή μπορεί να αναγνωρίσει παράγοντες ρίσκου για μελλοντική εμφάνιση πτώσης. Το πρωτόκολλο που επιλέχθηκε για τις δύο δοκιμασίες και η μεθοδολογία της αξιολόγησης, επιχειρήθηκαν να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στα χαρακτηριστικά των καθημερινών δοκιμασιών των ηλικιωμένων. Έτσι, η δραστηριότητα που πραγματοποιήθηκε αποτελεί προσομοίωση της καθημερινής κίνησης και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν θα είναι ρεαλιστικά και θα ανταποκρίνονται σε φυσιολογικές συνθήκες και όχι σε συνθήκες εργαστηρίου.

5.1 Χωρο-χρονική ανάλυση

Μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου κόπωσης των δύο δραστηριοτήτων, παρ' όλο που αρκετές κινηματικές παράμετροι παρουσίασαν σημαντικές αλλαγές, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης ανάμεσα στις δοκιμασίες pre και post σε καμία από τις δύο ομάδες. Στις δύο δημοσιευμένες μελέτες που είναι γνωστές και στην παρούσα έρευνα, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν αποκλίσεις στη μεθοδολογική προσέγγιση. Στην παρούσα μελέτη, η καταγραφή των χαρακτηριστικών της βάρδισης πραγματοποιήθηκε μέσω συστήματος καμερών Vicon, ενώ στις άλλες δύο η καταγραφή πραγματοποιήθηκε μέσω διαδρόμου βάρδισης Gaitrite. Επίσης, σε κάθε έρευνα έχουν εφαρμοστεί διαφορετικά πρωτόκολλα κόπωσης, με διαφορετικές δοκιμασίες αλλά και χρονική διάρκεια φυσικής δραστηριότητας. Ωστόσο, παρά τις διαφορές που αναφέρθηκαν, τα αποτελέσματα των δύο άλλων ερευνών αναφορικά με τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης συμφωνούν με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης. Στην έρευνα των Helbostad, Leirfall, Moe-Nilssen & Sletvold (2007) μετά το πρωτόκολλο κόπωσης μέσω επαναλαμβανόμενων δοκιμασιών άρσης από καθιστή σε όρθια θέση, βρέθηκε μια σχετική αύξηση του εύρους βάσης στήριξης των ηλικιωμένων, ωστόσο δεν προέκυψε καμία στατιστικά σημαντική μεταβολή των χωρο-χρονικών χαρακτηριστικών. Στη δεύτερη έρευνα των Egerton, Brauer & Cresswell (2009) οι οποίοι, όπως προαναφέρθηκε, εφάρμοσαν πρωτόκολλο κόπωσης μέσω διαφόρων καθημερινών δοκιμασιών, επίσης δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές. Οι παραπάνω έρευνες ανέφεραν επίσης αύξηση της μεταβλητότητας του μήκους βήματος από κύκλο σε κύκλο, κάτι το οποίο σχετίζεται με πιθανότητα εμφάνισης πτώσης σε ηλικιωμένους (Oberg, Karzsnia & Oberg, 1994;

Oberg, Karzsnia & Oberg, 1993; Owings & Grabiner, 2004), ωστόσο στην παρούσα μελέτη δεν ήταν δυνατό να μελετηθεί, αφού αξιολογήθηκε μόνο ένας κύκλος βάδισης για κάθε προσπάθεια. Η δυνατότητα αξιολόγησης ενός μόνο κύκλου βάδισης και η προαναφερθείσα μεταβλητότητα των χωρο-χρονικών χαρακτηριστικών της στην τρίτη ηλικία, είναι πιθανό να είναι οι αιτίες έλλειψης σταθερών χωρο-χρονικών παραμέτρων και σημαντικών διαφορών από προσπάθεια σε προσπάθεια που προέκυψαν στην έρευνα.

Όπως φαίνεται από τις εργασίες που περιγράφηκαν αλλά και από τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, η κόπωση μέσω καθημερινών δοκιμασιών δε φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης των ηλικιωμένων ατόμων. Το συμπέρασμα αυτό όμως δε σημαίνει απαραίτητα ότι οι δοκιμασίες που χρησιμοποιήθηκαν δεν προκάλεσαν κόπωση και αρνητική επίδραση στα άτομα του δείγματος. Στην παρούσα έρευνα αξιολογήθηκαν και τα κινηματικά χαρακτηριστικά της βάδισης, με αρκετές μεταβολές όπως φάνηκε στα αποτελέσματα. Έτσι, είναι λογικό να υποστηριχθεί η πρόταση των Mulder, Zijlstra & Geurts (2002), ότι αλλαγές στη στρατηγική της βάδισης χωρίς μεταβολές στα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της και ειδικά στην ταχύτητα, μπορεί να εκφράζει την προσπάθεια διατήρησης σταθερού αποτελέσματος, αλλά με κόστος για την προσπάθεια αυτή το ρίσκο για πιθανή απώλεια ισορροπίας κατά τη διάρκεια της βάδισης.

5.2 Κινηματική ανάλυση

Αναφορικά με τις κινηματικές παραμέτρους, πρέπει να αναφερθεί ότι ήταν γνωστό πριν ξεκινήσει η διαδικασία έρευνας πως η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που επιχειρεί να παρουσιάσει το κινηματικό προφίλ της βάδισης των ηλικιωμένων έπειτα από κόπωση μέσω καθημερινών δοκιμασιών, μια και οι δύο προηγούμενες

έρευνες αξιολόγησαν τη βάδιση μόνο μέσω των χωρο-χρονικών χαρακτηριστικών της. Επομένως, η ερμηνεία των ευρημάτων δεν είναι δυνατό να γίνει μέσω σύγκρισης με άλλες μελέτες, αλλά θα πρέπει να περιοριστεί στην αναφορά ερευνών που μελέτησαν τα κινηματικά χαρακτηριστικά ηλικιωμένων που σχετίζονται με την πιθανότητα εμφάνισης περιστατικού πτώσης.

Στην άρθρωση της ποδοκνημικής, στατιστικά σημαντικές διαφορές στις αξιολογήσεις pre και post βρέθηκαν στη γωνία μέγιστης πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής στη φάση του foot-off (A2) για την πρώτη ομάδα και στη γωνία μέγιστης ραχιαίας κάμψης στη φάση της αιώρησης (A5) για την ομάδα 2. Σχετικά με την ομάδα 1, η παρατεταμένης διάρκειας βάδιση οδήγησε σε αύξηση της μέγιστης πελματιαίας κάμψης, κάτι το οποίο δε συμφωνεί με τα χαρακτηριστικά των ηλικιωμένων ατόμων και με την πιθανότητα εμφάνισης πτώσης. Οι Begg & Sparrow (2006), σε σύγκριση που πραγματοποίησαν σε προσπάθειες βάδισης σε φυσιολογική ταχύτητα ανάμεσα σε νέους και ηλικιωμένους, εντόπισαν πως οι ηλικιωμένοι παρουσιάζουν σχεδόν σημαντικά ($p=0,053$) μικρότερη γωνία πελματιαίας κάμψης στη φάση του foot-off, συγκριτικά με τους νέους. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και ο Kerrigan και οι συνεργάτες του (1998), οι οποίοι συσχέτισαν τη μειωμένη πελματιαία κάμψη στη φάση της τελικής στήριξης με μειωμένη παραγωγή δύναμης προώθησης πριν τη φάση αιώρησης του άκρου. Επίσης, ο Winter και οι συνεργάτες του (1990), εντόπισαν σημαντικά μειωμένη παραγωγή ενέργειας των μυών πελματιαίας κάμψης στην τελική φάση στήριξης στους ηλικιωμένους ($0,191 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$) συγκριτικά με τους νέους ($0,296 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$). Τα δεδομένα που αναφέρθηκαν έρχονται σε αντίθεση με την αυξημένη γωνία που βρέθηκε στην παρούσα έρευνα, επομένως η συγκεκριμένη μεταβολή δε σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά παθολογικής βάδισης και με πιθανότητα εμφάνισης πτώσης στα άτομα τρίτης ηλικίας. Το εύρημα αυτό

είναι πιθανό να οφείλεται στην προσπάθεια των ηλικιωμένων να διατηρήσουν σταθερή την ταχύτητα βάρδισης και το μήκος βήματος που πραγματοποιούν. Επίσης, η αυξημένη πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής θα μπορούσε να αποτελεί αντισταθμιστικό παράγοντα της πιθανής κόπωσης των μυών του τετρακεφάλου, έτσι ώστε να διατηρήσει την προώθηση κατά τη βάρδιση σε σταθερά επίπεδα. Στη δεύτερη ομάδα, η μόνη μεταβλητή που παρουσίασε σημαντική διαφορά στην άρθρωση της ποδοκνημικής ήταν η μέγιστη γωνία πελματιαίας κάμψης στη φάση αιώρησης. Παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,034$) μείωση της μέγιστης γωνίας μετά την όρθια στάση ($7,15^\circ \pm 7,86^\circ$) συγκριτικά με πριν τη δραστηριότητα ($8,01^\circ \pm 7,82^\circ$). Η μειωμένη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής στη φάση αιώρησης αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα ρίσκου εμφάνισης πτώσης για τους ηλικιωμένους (Begg & Sparrow, 2006; Kemoun, Thoumie, Boisson & Guieu, 2002; Lee, et al., 2007). Αυτό συμβαίνει γιατί η μειωμένη γωνία κάμψης, μειώνει το ύψος άρσης του κάτω άκρου από το έδαφος κατά τη φάση που το ένα άκρο βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο άλλο (toe clearance), με αποτέλεσμα η πιθανότητα επαφής με κάποιο εμπόδιο να αυξάνεται σημαντικά. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι ηλικιωμένοι παρουσιάζουν περίπου 2,15 cm χαμηλότερο ύψος άρσης του κάτω άκρου από το έδαφος σε σχέση με τους νέους (Begg & Sparrow, 2006), επομένως μια περεταίρω μείωση του ύψους αυτού, είναι φυσικό να αυξάνει τις πιθανότητες εμφάνισης πτώσης.

Στην άρθρωση του γόνατος, από τις μεταβλητές που εξετάστηκαν, μόνο η γωνία μέγιστης κάμψης της άρθρωσης στη φάση στήριξης (K3) παρουσίασε σημαντική μεταβολή και μόνο στην ομάδα 2. Η γωνία παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p=0,048$) μετά την όρθια στάση ($47,26^\circ \pm 10,14^\circ$) σε σχέση με πριν ($43,88^\circ \pm 10,51^\circ$) τη δοκιμασία. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τα ευρήματα παλαιότερων ερευνών οι οποίες ανέφεραν αυξημένη γωνία κάμψης του γόνατος στη

φάση στήριξης (Begg & Sparrow, 2006; Nigg, Fisher & Ronsky, 1994) της τάξης των 2.4 μοιρών (Fisher & Ronsky, 1994). Στην παρούσα μελέτη η αύξηση ήταν της τάξης των 3,4 περίπου μοιρών. Το γεγονός αυτό εκφράζει την τάση των ηλικιωμένων να ακολουθούν μια στρατηγική βάρδισης με περισσότερο λυγισμένο γόνατο, είτε για ενίσχυση στήριξης του βάρους τους, είτε για αύξηση της σταθερότητας των αρθρώσεων (Begg & Sparrow, 2006). Το χαρακτηριστικό αυτό δεν έχει φανεί ότι σχετίζεται με πιθανότητα εμφάνισης πτώσης, ωστόσο αποτελεί βασικό προσδιοριστικό κριτήριο της βάρδισης των ηλικιωμένων συγκριτικά με τους νέους και είναι λογικό η αύξησή του να ενισχύει σε μεγαλύτερο βαθμό την απόκλιση από την υγιή, χωρίς ρίσκο πτώσης βάρδιση.

Στην άρθρωση του ισχίου, καμία μεταβλητή δε φάνηκε να επηρεάζεται σε καμία από τις δύο ομάδες. Στην ομάδα 2, το εύρος κίνησης της άρθρωσης φάνηκε να παρουσιάζει μια μικρή πτώση χωρίς όμως να εμφανίζεται μείωση στη γωνία μέγιστης έκτασης της άρθρωσης (H3). Η γωνία μέγιστης έκτασης στις φάση στήριξης έχει αναφερθεί από αρκετές έρευνες σαν μέσο αναγνώρισης της βάρδισης κινητικά υγιών ηλικιωμένων και ηλικιωμένων που αντιμετώπισαν περιστατικά πτώσης. Τα άτομα που έχουν υποστεί στο παρελθόν εμπειρία πτώσης, φάνηκε ότι παρουσιάζουν μειωμένη γωνία στη συγκεκριμένη μεταβλητή, γεγονός το οποίο εκφράζεται πρακτικά σε πιο ‘σκυφτό’ περπάτημα (Kerrigan et al., 2001; Lee et al., 2005). Στην παρούσα μελέτη, η τιμή της μέγιστης γωνίας κάμψης δε φάνηκε να αλλάζει στις χρονικές στιγμές των αξιολογήσεων, γεγονός το οποίο είναι πιθανόν να οφείλεται στη χαμηλή επιβάρυνση του ισχίου από τις δοκιμασίες βάρδισης και όρθιας στάσης.

Αναφορικά με τις μεταβολές που προέκυψαν στην κίνηση της πύελου, η ομάδα 1 παρουσίασε σημαντικές μεταβολές στην έσω/έξω στροφή του μέλους (PR), ενώ η ομάδα 2 παρουσίασε σημαντικές μεταβολές στην άνω/κάτω κλίση της (PO). Η

μεταβλητή PR παρουσίασε αύξηση στη μέγιστη τιμή της και στο εύρος κίνησης για την πρώτη ομάδα, γεγονός το οποίο εκφράζεται πρακτικά με μεγαλύτερο εύρος στροφής κατά τη διάρκεια της βάρδισης. Η μεταβολή της μέγιστης τιμής και του εύρους κίνησης στη μεταβλητή PO της δεύτερης ομάδας αντιπροσωπεύει το διευρυμένο εύρος κίνησης στο μετωπιαίο επίπεδο (άνω/κάτω κλίση). Η κλίση της πυέλου στο οβελιαίο επίπεδο (PT) δε φάνηκε να επηρεάζεται. Η αυξημένη πρόσθια κλίση της πυέλου στον άξονα X, η οποία προκαλεί μειωμένη μέγιστη γωνία έκτασης του ισχίου, έχει φανεί στη βιβλιογραφία ότι αποτελεί ένδειξη παθολογικής βάρδισης, με πιθανότητα εμφάνισης περιστατικού (Judje, Ounpuu & Davis, 1996; Lee et al., 2005; Shimada, 1996). Αυτό συμβαίνει γιατί οι μεταβολές αυτές προκαλούν με τη σειρά τους μειωμένο μήκος βήματος και μειωμένη ταχύτητα βάρδισης (Judje, Ounpuu & Davis, 1996; Kerrigan et al., 1998). Οι μεταβολές που εμφανίστηκαν και στις δύο ομάδες δεν έχουν ερευνηθεί εκτενώς και δεν αποτελούν ένδειξη κινδύνου και πιθανότητας εμφάνισης πτώσης στην τρίτη ηλικία. Η ύπαρξη των συγκεκριμένων μεταβολών, υπολογίζοντας την έλλειψη μεταβολών στην πρόσθια κλίση της πυέλου (pelvic tilt), είναι πολύ πιθανόν να σχετίζεται με προσαρμογές στη βάρδιση σαν αντιστάθμιση των μεταβολών που εμφανίστηκαν στις αρθρώσεις των κάτω άκρων μετά την κόπωση. Στην ομάδα 1, το μεγαλύτερο εύρος στροφής της πυέλου είναι πιθανό να οφείλεται στη μεγαλύτερη γωνία πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, ενώ στην ομάδα 2, το αυξημένο εύρος άνω/κάτω κλίσης της πυέλου φαίνεται σαν λογικό επακόλουθο της αύξησης της γωνίας κάμψης του γόνατος στη φάση στήριξης.

5.3 Σύγκριση μεταβολών στις δύο ομάδες.

Στην τελική σύγκριση των καταγραφών βάρδισης (συγκρίσεις post) έπειτα από τις δοκιμασίες κόπωσης, φάνηκε ότι η παρατεταμένη όρθια στάση προκάλεσε ισχυρότερη κόπωση στους ηλικιωμένους, αφού αρκετές πρωτεύουσες μεταβλητές της

υγιούς βάδισης, φάνηκαν να επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό. Πριν τη συγκεκριμένη αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σύγκριση των καταγραφών pre για να εξασφαλιστεί η δυνατότητα σύγκρισης των ομάδων, υπό την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, πράγμα το οποίο επιβεβαιώθηκε.

Στα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης των ατόμων, η ομάδα 2 φάνηκε να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικά μικρότερο μήκος βήματος (SL) και μήκος κύκλου βάδισης (STRL) σε σχέση με την ομάδα και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια διπλής στήριξης (DSP) σε σχέση με την ομάδα 1 μετά την εφαρμογή των δοκιμασιών κόπωσης. Το μειωμένο μήκος βήματος και κατά συνέπεια το μειωμένο μήκος κύκλου, αποτελούν χαρακτηριστικά της βάδισης των ηλικιωμένων σε σχέση με τους νέους και έχουν συσχετιστεί με ρίσκο εμφάνισης περιστατικού πτώσης (Rose & Gamble, 2006; Winter & Patla, 1990). Η αυξημένη διάρκεια διπλής φάσης στήριξης, έχει φανεί επίσης ότι αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό της βάδισης των ηλικιωμένων και σχετίζεται με την προσπάθειά τους για εξασφάλιση καλύτερης ισορροπίας και ασφάλειας κατά την κίνηση (Benedetti et al., 2007; Lee et al., 2007).

Τέλος, σημαντική διαφορά φάνηκε στο εύρος κίνησης της άρθρωσης του ισχίου (H4), με σημαντικά μειωμένη τιμή στην ομάδα 2, η οποία συνοδεύτηκε από τάση ($p=0,058$) σημαντικά μικρότερης γωνίας μέγιστης κάμψης του ισχίου. Έτσι, είναι πολύ πιθανόν η διαφορά αυτή στο εύρος κίνησης να οφείλεται στη μείωση της γωνίας μέγιστης έκτασης της άρθρωσης. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, όπως προαναφέρθηκε σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της βάδισης που έχουν υποστεί στο παρελθόν περιστατικό πτώσης (Kerrigan et al., 2001; Lee et al., 2005).

5.4 Συμπεράσματα-μελλοντικές προτάσεις για έρευνα.

Από τις δύο δοκιμασίες που εφαρμόστηκαν στις ομάδες του δείγματος, φάνηκε πως το παρατεταμένο περπάτημα δεν προκάλεσε κόπωση στους ηλικιωμένους. Οι αλλαγές που προέκυψαν, δηλαδή η αυξημένη πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής στη φάση του foot-off και οι αυξημένες τιμές έσω/έξω στροφής της πυέλου δεν αποτελούν ενδείξεις κόπωσης και παθολογικής βάρδισης. Επομένως, η καθημερινή βάρδιση διάρκειας κοντά στη μισή ώρα φαίνεται ότι είναι απόλυτα ασφαλής για τους ηλικιωμένους. Αντίθετα, η παρατεταμένη όρθια στάση, φάνηκε να προκαλεί ενδείξεις κόπωσης και βάρδισης με χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε περιστατικό πτώσης. Έπειτα από τη δοκιμασία, τα άτομα του δείγματος παρουσίασαν μειωμένη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής στη φάση αιώρησης, αυξημένη γωνία κάμψης του γόνατος στη φάση στήριξης και αυξημένη άνω/κάτω κλίση της πυέλου. Επίσης, συγκριτικά με τα αποτελέσματα της πρώτης ομάδας, η όρθια στάση φάνηκε να προκαλεί σημαντικά μεγαλύτερη μείωση του μήκους βήματος και του μήκους κύκλου βάρδισης, σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση της διάρκειας διπλής φάσης στήριξης και σημαντικά μεγαλύτερη μείωση του εύρους κίνησης του ισχίου συνδυαζόμενη με τάση μείωσης της μέγιστης γωνίας έκτασής του. Τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν αποτελούν ενδείξεις παθολογικής βάρδισης και παράγοντες επικινδυνότητας για πιθανή εμφάνιση πτώσης κατά τη βάρδιση. Επομένως, η παραμονή σε όρθια θέση για μεγάλη διάρκεια (αναμονή σε ουρά, συζήτηση σε όρθια θέση, παρατεταμένες εργασίες κτλ) θα πρέπει να αποφεύγεται από τα άτομα της τρίτης ηλικίας ή όταν πραγματοποιείται, θα πρέπει να ακολουθεί διάστημα ξεκούρασης πριν τη βάρδιση.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν απόλυτα υγιείς ηλικιωμένοι, με καθημερινοί φυσική δραστηριότητα και χωρίς κανένα

κινητικό πρόβλημα. Επίσης, ο μέσος όρος ηλικίας των ατόμων του δείγματος ήταν 72,2 έτη, γεγονός το οποίο τους κατατάσσει στο πρώτο στάδιο ένταξης στην τρίτη ηλικία. Επομένως, είναι φυσικό ηλικιωμένοι που δεν είναι απόλυτα υγιείς, ή αντιμετωπίζουν κινητικούς περιορισμούς, ή είναι μεγαλύτεροι σε ηλικία, να επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από την παρατεταμένη όρθια στάση. Ίσως τα συγκεκριμένα άτομα να επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό και από την παρατεταμένη βάρδια.

Τα παραπάνω συμπεράσματα αυτομάτως γεννούν αρκετές προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Η κόπωση μέσω των συγκεκριμένων δοκιμασιών θα μπορούσε να επεκταθεί σε υποκατηγορίες της τρίτης ηλικίας, για να διερευνηθεί η επίδρασή τους στη βάρδια κινητικά περιορισμένων ηλικιωμένων, χωρίς καθημερινή δραστηριότητα και μεγαλύτερων σε ηλικία. Επίσης, θα ήταν σημαντικό να ερευνηθεί εάν η έλλειψη κόπωσης από το παρατεταμένο περπάτημα, οφείλεται στη χρονική διάρκεια του πρωτοκόλλου που εφαρμόστηκε στην παρούσα μελέτη (~30 λεπτά), υποθέτοντας πως διάρκεια της δοκιμασίας πάνω από μισή ώρα ίσως προκαλέσει ευρύτερες ενδείξεις κόπωσης στη βάρδια. Τέλος, χρήσιμη προέκταση της έρευνας θα μπορούσε να αποτελέσει η διερεύνηση του αποτελεσματικού και απαιτούμενου χρόνου ξεκούρασης έπειτα από παρατεταμένη όρθια στάση, στον οποίο μεσολαβεί επαναφορά των χαρακτηριστικών της βάρδιας στα φυσιολογικά επίπεδα.

6. Βιβλιογραφία

- Adlerton, A.K., & Moritz, U. (2001). How does calf-muscle fatigue and age affect vibration-perturbed one-leg stance? *Advances in Physiotherapy*, 3, 179-187.
- Adlerton, A.K. & Moritz, U. (1996). Does calf-muscle fatigue affect standing balance? *Scand J Med Sci Sports*, 6, 211-215.
- Administration of Aging (2003). Profile of older Americans: 2002. <http://www.aoa.dhhs.gov/aoa/STATS/profile/12.html> [On-line]
- Allman, B.L., & Rice, C.L. (2002). Neuromuscular fatigue and aging: Central and peripheral factors. *Muscle & Nerve*, 25, 785–796.
- American College of Sports Medicine. (1998). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 992-1008.
- Aniansson, A., Hedberg, M., Henning, G.B. & Grimby, G. (1986). Muscle porphology, enzymatic activity and muscle strength in elderly men:a follow-up study. *Muscle Nerve*, 9, 585-591.
- Australian National Ageing Research Institute. (2003). Participation in physical activity amongst older people-final report.
- Avlund, K., Schultz-Larsen, K. & Davidsen, M. (1998). Tiredness in daily activities at age 70 as a predictor of mortality during the next years. *J Clin Epidemiol*, 51(4), 323-333.

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman
- Barak, Y., Wagenaar, R.C. & Holt, K.G. (2006). Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach, *Physical Therapy*, 86, 1501-1510.
- Baudry, S., Klass, M., Pasquet, B. & Duchateau, J. (2007). Age-related fatigability of the ankle dorsiflexor muscles during concentric and eccentric contractions, *European Journal of Applied Physiology*, 100 (5), 515-525.
- Begg, R.K. & Sparrow, W.A. (2006). Ageing effects on knee and ankle joint angles at key events and phases of the gait cycle. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 30 (6), 382-389.
- Bellew, J.W. & Fenter, P.C. (2006). Control of balance differs after knee or ankle fatigue in older women. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(11), 1486-1489.
- Benedetti, M.G., Berti, L., Maselli, S., Mariani, G. & Giannini, S. (2007). How do the elderly negotiate a step? A biomechanical assessment. *Clinical Biomechanics*, 22, 567-573.
- Blanke, D.J. & Hageman, P.A. (1989). Comparison of gait of young men and elderly men. *Physical Therapy*, 69, 144-148.
- Bohannon, R.W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 26, 15-19.
- Brown, W.J., Fuller, B., Lee, C., Cockburn, J. & Adamson, L. (1999). Never too late: older people's perceptions of physical activity. *Health Promotion Journal of Australia*, 9, 56-63

- Cunat, V.A., Castelblanque, M.E., Perez, M.J.A., Altozano, S.C. & Jodra, M.V. (2000). Leisure-free time activities and walking outside their homes among the elderly in the province of Guadalajara. *Aten Primaria*, 26(10), 685-688.
- Davies, C.T.M. & White, M.J. (1983). Effects of dynamic exercise on muscle function in elderly men, aged 70 years. *Gerontology*, 29(1), 26-31.
- DeVita, P. & Hortobagyi, T. (2000). Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *J Appl Physiol*, 88, 1804-1811.
- Drewnowski, A., & Evans, W. (2001). Nutrition, physical activity, and quality of life in older adults: Summary. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56A(Spec. Iss. II), 89-94.
- Duarte, M., Harvey, W. & Zatsiorsky, V.M. (2000). Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Ergonomics*, 43, 1824-1839.
- Duarte, M. & Sternad, D. (2008). Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing, *Exp Brain Res*, 191, 265-276.
- Duarte, M. & Zatsiorsky, V.M. (1999). Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing, *Motor Control*, 3, 12-27.
- Egerton, T., Brauer, S.G. & Cresswell, A.G. (2009). Fatigue after physical activity in healthy and balance-impaired elderly, *Journal of Aging and Physical Activity*, 17, 89-105.
- Enoka, R.M., & Stuart, D.G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1631-1648.

- Finlayson, M., Mallinson, T. & Barbosa, M.V. (2005). Activities of daily living (ADL) and instrumental activities of daily living (IADL) items were stable over time in a longitudinal study on aging, *Journal of Clinical Epidemiology*, 58, 338-349.
- Freitas, S., Wieczorek, S.A., Marchetti, P.H. & Duarte, M. (2005). Age-related changes in human postural control of prolonged standing, *Gait & Posture*, 22, 322-330.
- Gribble, P.A. & Hertel, J. (2004). Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil*, 85, 589-592.
- Hausdorff, J.M., Edelberg, H.K., Mitchell, S.L., Goldberger, A.L. & Wei, J.Y. (1997). Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. *Arch Phys Med Rehabil*, 78, 278-283.
- Hausdorff, J.M., Rios, D.A. & Edelberg, H.K. (2001). Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil*, 82, 1050-1056.
- Hausdorff, J.M., Yogev, G., Springer, S., Simon, E.S. & Giladi, N. (2005). Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Experimental Brain Research*, 164, 541-548.
- Helbostad, J.L., Leirfall, S., Moe-Nilssen, R. & Sletvold, O. (2007). Physical fatigue affects gait characteristics in older persons, *Journal of Gerontology*, 62, (9), 1010-1015.

- Hughes, V.A., Frontera, W.R., Roubenoff, R, Evans, W.J. & Singh, M.A. (2002). Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *Am J Clin Nutr*, 76, 473-481.
- Judge, J.O., Davis, R.B. & Ounpuu, S. (1996). Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51, 303-312.
- Judge, J.O., Ounpuu, S. & Davis, R.B. (1996). Effects of age on the biomechanics and physiology of gait. *Clin Geriatr Med*, 12, 659-678.
- Kanehara, N., Santos, M.J. & Aruin, A.S. (2008). Anticipatory postural control following fatigue of postural and focal muscles. *Clinical Neurophysiology*, 119 (10), 2304-2313.
- Kemoun, G., Thoumie, P., Boisson, D. & Guieu, J.D. (2002). Ankle dorsiflexion delay can predict falls in the elderly. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 34, 278-283.
- Kerrigan, D.C., Lee, L.W., Collins, J.L., Riley, P.O. & Lipsitz, L.A. (2001). Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 82, 26-30.
- Kerrigan, D.C., Todd, M.K., Croce, U.D., Lipsitz, L.A. & Collins, J.J., (1998). Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation*, 79, 317- 322.
- Kirtley, C. (2006). *Clinical gait analysis: theory and practice*. Elsevier.

- Kligman, E.W. & Pepin, E. (1992). Prescribing physical activity for older patients, *Geriatrics*, 47 (8), 33-34, 37-44, 47.
- Kraemer, W.J., Volek, J.S., Bush, J.A., Gotshalk, L.A., Wagner, P.R., Gomez, A.L., et al. (2000). Influence of compression hosiery on physiological responses to standing fatigue in women, *Med Sci Sports Exerc*, 32, 1849-1858.
- Kroenke, K., Wood, D.R., Mangelsdorff, A.D., Meier, N.J. & Powell, J.B. (1988). Chronic fatigue in primary care. Prevalence, patient characteristics, and outcome. *JAMA*, 260, 929-934.
- Lee, J.H., Chun, M.H., Jang, D.H., Ahn, J.S. & Yoo, J.Y. (2007). Comparison of young and old using three-dimensional motion analysis of gait, sit-to-stand and upper extremity performance. *Aging Clinical and Experimental Research*, 19, 451-456.
- Lee, L.L., Kerrigan, D. & Casey, M.D. (1999). Identification of kinetic differences between fallers and nonfallers in the elderly. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 78 (3), 242-246.
- Lee, L.W., Zavarei, K., Evans, J., Lelas, J.J., Riley, P.O. & Kerrigan, D.C. (2005). Reduced hip extension in the elderly: dynamic or postural? *Arch Phys Med Rehabil*, 86(9), 1851-1854.
- Lin, D., Nussbaum, M.A., Seol, H., Singh, N.B., Madigan, M.L. & Wojcik, L.A. (2009). Acute effects of localized muscle fatigue on postural control and patterns of recovery during upright stance: influence of fatigue location and age. *Eur J Appl Physiol*, 106(3), 425-434.

- Mbourou, G.A., Lajoie, Y. & Teasdale, N. (2003). Step length variability at gait initiation in elderly fallers and non-fallers, and young adults. *Gerontology*, 49, 21-26.
- Madeleine, P., Voigt, M. & Arendt-Nielsen, L. (1998). Subjective, physiological and biomechanical responses to prolonged manual work performed standing on hard and soft surfaces, *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77, 1-9.
- Mademli, L., Arampatzis, A & Walsh, M. (2006). Effect of muscle fatigue on the compliance of the gastrocnemius medialis tendon and aponeurosis, *Journal of Biomechanics*, 39 (3), 426-434.
- McGibbon, C.A. & Krebs, D.E. (2004). Discriminating age and disability effects in locomotion: neuromuscular adaptations in musculoskeletal pathology. *J Appl Physiol*, 96, 149-160.
- Miyamoto, S. & Okita, K. (1997). Motor control and motor learning. Tokyo; Kyodo Isho Shuppan.
- Mulder, T., Zijlstra, W. & Geurts, A. (2002). Assessment of motor recovery and decline. *Gait Posture*, 16, 198-210.
- Murray, M.P., Kory, R.C. & Clarkson, B.H. (1969). Walking patterns in healthy old men. *Journal of Gerontology*, 24, 169-178.
- Nardone, A., Tarantola, J., Giordano, A. & Schieppati, M. (1997). Fatigue effects on body balance, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 105, 309-320.

- Nigg, B.M. Fisher, V. & Ronsky, J.L. (1994). Gait characteristics as a function of age and gender. *Gait & Posture*, 2, 213-220.
- Oberg, T., Karsznia, A. & Oberg, K. (1994). Joint angle parameters in gait: reference data for normal subjects, 10–79 years of age. *J Rehabil Res Dev*, 31, 199-213.
- Oberg, T., Karsznia, A. & Oberg, K. (1993). Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10–79 years of age. *J Rehabil Res Dev*, 30, 210-23.
- Owings, T.M. & Grabiner, M.D. (2004). Step width variability, but not step length variability or step time variability, discriminates gait of healthy young and older adults during treadmill locomotion. *J Biomech*, 37, 935-8.
- Patla, A.E., Adkin, A. & Ballard, T. (1999). Online steering: coordination and control of body center of mass, head and body reorientation. *Exp Brain Res*, 129, 629-634.
- Patla, A.E. (1995). A framework for understanding mobility problems in the elderly. In: Craik, R.L., Oatis, C.A. & eds. *Gait Analysis: Theory and Application*. St Louis, MO. Mosby-Yearbook Inc; 436-449.
- Paul, L., Rafferty, D., Wood, L. & MacLaren, W. (2008). Gait characteristics of subjects with chronic fatigue syndrome and controls at self-selected and matched velocities, *J Neuroeng Rehabil*, 5, 16.
- Perry, J. (1992). *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare, NJ: Slack Incorporated.

- Petrella, J.K., Kim, J., Tuggle, S.C., Hall, S.R. & Bamman, M.M. (2005). Age differences in knee extension power, contractile velocity and fatigability. *J Appl Physiol*, 98, 211-220.
- Rose, J. & Gamble, J. G. (2006). *Human walking* (3rd ed.). Lippinkott Williams & Wilkins.
- Rys, M. & Konz, S. (1994). Standing. *Ergonomics*, 37, 676-687.
- Shimada, T. (1996). Factors affecting appearance patterns of hip-flexion contractures and their effects on postural and gait abnormalities. *Kobe J Med Sci*, 42, (1996), 271-290.
- Stackhouse, S.K., Stevens, J.E., Lee, S.C., Pearce, K.M., Snyder-Mackler, L. & Binder-Macleod, S.A. (2001). Maximum voluntary activation in nonfatigued and fatigued muscle of young and elderly individuals. *Phys Ther*, 81, 1102-1109.
- Stoffregen, T.A., Pagulayan, R.J., Bardy, B.G. & Hettinger, L.J. (2000). Modulating postural control to facilitate visual performance. *Human movement science*, 19(2), 203-220.
- Sutherland, D., Olshen, R., Biden, E. & Wyatt, M. (1988). *The Development of Mature Walking*, Cambridge University Press.
- Tinetti, M.E., Speechley, M. & Ginter, S.F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England Journal of Medicine*, 319 (26), 1701-1707.

- Tinetti, M.E. & Williams, C.S. (1997). Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to nursing home. *New English Journal of Medicine*, 337, 1279-1284.
- Van Den Brink, C.L., Picavet, H., Van Den Bos, G.A.M., Giampaoli, S., Nissinen, A. & Kromhout, D. (2005). Duration and intensity of physical activity and disability among European elderly men. *Disability and rehabilitation*, 27(6), 341-347.
- Whittle, M. W. (2007). *Gait analysis: an introduction* (4th ed.). Elsevier.
- Winter, D.A., Patla, A.E., Frank, J.S. & Walt, S.E. (1990). Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Phys Ther*, 70, 340-347.
- Yoshino, K., Motoshige, T., Araki, T. & Matsuoka, K. (2004). Effect of prolonged free walking fatigue on gait and physiological rhythm., *Journal of Biomechanics*, 37 (8),1271-1280.
- Zhang, L., Drury, C.G. & Wooley, S.M. (1991). Constrained standing: evaluating the foot/floor interface, *Ergonomics*, 34, 175-192.

