

ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ  
ΔΥΝΑΜΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΒΑΔΙΣΜΑ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ  
ΝΟΣΟ ΤΟΥ ΠΑΡΚΙΝΣΟΝ

της  
Γιαννακού Ερασμίας

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την απόκτηση 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 Απόδοσης και Επίδοσης).

Κομοτηνή

2005

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

---

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Αγγελούσης Νικόλαος  
Επίκουρος Καθηγητής

---

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Γούργουλης Βασίλειος  
Επίκουρος Καθηγητής

---

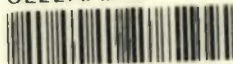
3<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Μαυρομάτης Γεώργιος  
Καθηγητής



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

Αριθ. Εισ.: 4689/1  
Ημερ. Εισ.: 01-11-2005  
Δωρεά: \_\_\_\_\_  
Ταξινόμησης Κωδικός: Δ  
612 . 76  
ΓΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000077682

© 2005  
Ερασμία Γιαννακού  
ALL RIGHTS RESERVED

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΓΙΑΝΝΑΚΟΥ ΕΡΑΣΜΙΑ: Επαναληπτικότητα των κινηματικών χαρακτηριστικών και της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ατόμων με νόσο του Πάρκινσον. (Υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Αγγελούση Νικόλαου)

Ο σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθεί η επαναληπτικότητα επιλεγμένων κινηματικών παραμέτρων (χώρο-χρονικές παράμετροι) και παραμέτρων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ατόμων με νόσο του Πάρκινσον. Στην έρευνα συμμετείχαν 3 ασθενείς που εκτέλεσαν 10 επαναλαμβανόμενες προσπάθειες βαδίσματος με φυσική ταχύτητα σε ένα διάδρομο μήκους 15m. Οι προσπάθειες καταγράφηκαν από δυο ψηφιακές βιντεοκάμερες με ταχύτητα λήψης 125 Hz, οι οποίες τοποθετήθηκαν στην δεξιά πλευρά του διαδρόμου βάδισης. Στο μέσο του διαδρόμου βάδισης τοποθετήθηκε ένα πιεζοηλεκτρικό δυναμοδάπεδο (Kistler), το οποίο κατέγραφε τις τρεις συνιστώσες της δύναμης αντίδρασης του εδάφους με συχνότητα δειγματοληψίας τα 1000 Hz, τόσο για το δεξί όσο και για το αριστερό πόδι. Επίσης δύο ζεύγη φωτοκυττάρων-ανακλαστήρων τοποθετήθηκαν 2m πριν και μετά από τη μέση γραμμή του δυναμοδαπέδου, κάθετα στο διάδρομο βάδισης. Για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας των κινηματικών μεταβλητών υπολογίστηκε για το κάθε κάτω άκρο ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) των 10 προσπαθειών. Για τον έλεγχο της επαναληπτικότητας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους υπολογίστηκε ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης (CMC) των τιμών των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, στο σύνολο των 10 προσπαθειών, για κάθε εξεταζόμενο. Επίσης υπολογίστηκε ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (ICC) για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας των 10 προσπαθειών, αλλά και μιας μεμονωμένης προσπάθειας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι σχεδόν όλες οι κινηματικές μεταβλητές που εξετάστηκαν παρουσίασαν πολύ καλή επαναληπτικότητα ενώ για την δύναμη αντίδρασης του εδάφους βρέθηκε ότι η Fz συνιστώσα παρουσίαζε τη μεγαλύτερη επαναληπτικότητα, ακολουθούμενη από την Fy και την Fx.

Λέξεις κλειδιά: Πάρκινσον, επαναληπτικότητα, βάδισμα, κινηματικά χαρακτηριστικά, δύναμη αντίδρασης του εδάφους

### ABSTRACT

GIANNAKOY ERASMIA: Repeatability of kinematic characteristics and ground reaction force data during gait of patients with Parkinson's disease.  
(Under the supervision of Assistant Professor Aggeloussis Nikolaos)

The purpose of this study was to determine the repeatability of the kinematics characteristics and ground reaction force data during gait of patients with Parkinson's disease. Three Parkinson's patients participated in this study. Subjects were asked to walk at a natural and comfortable speed along a 15m walkway for 10 repeated trials. Video data were captured by two digital cameras at 125 Hz, that were on the right side of the walkway. Three dimensional ground reaction force data were collected, for both legs, at 1000Hz using a Kistler force plate. Two couples of photo-electric cells were placed at the right and left side of the force plate (2m away from the center of the force plate along the walkway). Repeatability of the kinematic parameters was calculated, for each leg, as a coefficient of variation (CV) of 10 trials. The coefficient of multiple correlation (CMC), of 10 trial for all subjects, was used to assess the reproducibility of the ground reaction waveform data, for all three dimensions [lateral(x), anterior-posterior(y), and vertical direction(z)]. Intraclass correlation coefficient (ICC) was also calculated for the definition of the repeatability for all 10 runs, and for only one run. The results demonstrated that almost all the kinematic variables, that were calculated, had a very good repeatability. For ground reaction force data we found that vertical dimension( $f_z$ ) had the best repeatability, anterior-posterior dimension ( $f_y$ ) was less repeatable and the lateral dimension( $f_x$ ) was the least repeatable.

Key-words: Parkinson's disease, repeatability, gait, kinematics, GRF

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου διατριβής κ. Αγγελούση Νικόλαο, για τις πολύτιμες συμβουλές, την υπομονή και την ηθική υποστήριξη, και τους καθηγητές – μέλη κ. Γούργουλη Βασίλειο και κ. Μαυρομάτη Γεώργιο για την συμβολή τους στην πραγματοποίηση αυτής της μελέτης. Επίσης, θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον κ. Σύριος Νάμπι, διευθυντή του νευρολογικού τμήματος του Γενικού Νοσοκομείου Κομοτηνής, καθώς και τους ιατρούς κα. Αντωνίου Μαρία και κ. Ατζεμιδάκη Γιώργο, που στάθηκαν αρωγοί στην ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την φίλη και συνοδοιπόρο σ' αυτή την προσπάθεια Φωτιάδου Στέλλα καθώς και τον Χριστοφορίδη Χρήστο και την Ξεθάλη Βάλια για την βοήθεια τους κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Στους γονείς μου  
Θανάση και Βούλα  
και στον αδερφό  
μου Βασίλη

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	x
Κεφάλαιο	
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Συμπτώματα της νόσου του Πάρκινσον.....	2
Ορισμός του προβλήματος.....	6
Σημασία της έρευνας.....	8
Σκοπός της έρευνας.....	9
Υποθέσεις της έρευνας.....	9
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	11
Δευτερεύουσες μορφές νόσου του Πάρκινσον.....	11
Κληρονομικός παρκινσονισμός (Heredodegenerative).....	13
Εκφυλισμοί πολλαπλών συστημάτων (Multiple-system degenerations/ Parkinsonism plus).....	14
Χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά του βαδίσματος σε άτομα με νόσο του Πάρκινσον.....	15
Χαρακτηριστικά της δύναμης αντίδρασης του εδάφους σε άτομα με νόσο του Πάρκινσον .....	19



III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	21
Δείγμα.....	21
Περιγραφή των οργάνων μέτρησης.....	21
Διαδικασία μέτρησης.....	23
Σχεδιασμός της έρευνας.....	28
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	29
Οριζόντια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κάθετη στη διεύθυνση βάρδισης ( $F_x$ ).....	35
Οριζόντια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στη διεύθυνση προώθησης της βάρδισης ( $F_y$ ).....	38
Κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους ( $F_z$ ).....	41
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
Κινηματικά χαρακτηριστικά.....	44
Χαρακτηριστικά της δύναμης αντίδρασης του εδάφους.....	46
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	49
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	51

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μέσοι όροι (T.A.) των χρονικών παραμέτρων του βαδίσματος, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των εξεταζομένων.....	31
Πίνακας 2. Μέσοι όροι (T.A.) των παραμέτρων του χώρου και των χωρο-χρονικών παραμέτρων του βαδίσματος, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των εξεταζομένων.....	32
Πίνακας 3. Συντελεστές μεταβλητότητας (%) των παραμέτρων του βαδίσματος, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των εξεταζομένων.....	33
Πίνακας 4. Συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης (CMC), μεταβλητότητας (CV%), εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών (ICC <sub>10</sub> ) και της μοναδικής προσπάθειας (ICC <sub>1</sub> ) και ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών (K), για την Fx των δύο κάτω άκρων στους τρεις εξεταζόμενους...	39
Πίνακας 5. Συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης (CMC), μεταβλητότητας (CV%), εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών (ICC <sub>10</sub> ) και της μοναδικής προσπάθειας (ICC <sub>1</sub> ) και ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών (K), για την Fy των δύο κάτω άκρων στους τρεις εξεταζόμενους...	42
Πίνακας 6. Συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης (CMC), μεταβλητότητας (CV%), εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών (ICC <sub>10</sub> ) και της μοναδικής προσπάθειας (ICC <sub>1</sub> ) και ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών (K), για την Fz των δύο κάτω άκρων στους τρεις εξεταζόμενους....	45



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- Διάγραμμα 1. Μέσος όρος (Mean  $F_x$ ), ανώτερο (Upper  $F_x$ ) και κατώτερο (Lower  $F_x$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_x$  του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α..... 34
- Διάγραμμα 2. Μέσος όρος (Mean  $F_x$ ), ανώτερο (Upper  $F_x$ ) και κατώτερο (Lower  $F_x$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_x$  του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α..... 35
- Διάγραμμα 3. Μέσος όρος (Mean  $F_x$ ), ανώτερο (Upper  $F_x$ ) και κατώτερο (Lower  $F_x$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_x$  του δεξιού (α) και του αριστερού (β) κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Β..... 35
- Διάγραμμα 4. Μέσος όρος (Mean  $F_x$ ), ανώτερο (Upper  $F_x$ ) και κατώτερο (Lower  $F_x$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_x$  του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ..... 36
- Διάγραμμα 5. Μέσος όρος (Mean  $F_x$ ), ανώτερο (Upper  $F_x$ ) και κατώτερο (Lower  $F_y$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_x$  του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ..... 36
- Διάγραμμα 6. Μέσος όρος (Mean  $F_y$ ), ανώτερο (Upper  $F_y$ ) και κατώτερο (Lower  $F_y$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_y$  του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α..... 37
- Διάγραμμα 7. Μέσος όρος (Mean  $F_y$ ), ανώτερο (Upper  $F_y$ ) και κατώτερο (Lower  $F_y$ ) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της  $F_y$  του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α..... 41
- Διάγραμμα 8. Μέσος όρος (Mean  $F_y$ ), ανώτερο (Upper  $F_y$ ) και κατώτερο

(Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του δεξιού (α) και του αριστερού (β) κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Β.....	38
Διάγραμμα 9. Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.....	39
Διάγραμμα 10. Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.....	39
Διάγραμμα 11. Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.....	40
Διάγραμμα 12. Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.....	41
Διάγραμμα 13. Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του δεξιού (α) και του αριστερού (β) κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Β.....	41
Διάγραμμα 14. Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.....	42
Διάγραμμα 15. Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.....	42

## ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΒΑΔΙΣΜΑ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ ΝΟΣΟ ΤΟΥ ΠΑΡΚΙΝΣΟΝ

«Η ροπή που προκαλεί την κλίση του σώματος προς τα μπροστά κατά τη βάδιση αυξάνει σε βαθμό που είναι ιδιαίτερα δύσκολο να υπερνικηθεί, και ο ασθενής αναγκάζεται να πατά με τις μύτες των ποδιών του ή με το εμπρός μέρος του πέλματος. Η κλίση του κορμού προς τα εμπρός είναι τόσο έντονη που είναι ιδιαίτερα δύσκολο για τον ασθενή να αποφύγει την πτώση με το πρόσωπο. Σε μερικές περιπτώσεις, όταν η ασθένεια φτάνει σε αυτό το επίπεδο συμπτωμάτων, ο ασθενής δεν μπορεί πλέον να περπατήσει με το συνηθισμένο τρόπο του και ρίχνει το βάρος του στα δάχτυλα των ποδιών του και στο εμπρός μέρος του πέλματος, συγχρόνως όμως λόγω των συνθηκών χρησιμοποιεί μικρότερα και γρηγορότερα βήματα και κατά συνέπεια υιοθετεί, χωρίς τη θέληση του, ένα ρυθμό τρεξίματος. Σε μερικές περιπτώσεις θεωρείται απαραίτητο ο ασθενής να περπατά με ένα ιδιαίτερα γρήγορο ρυθμό καθώς σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν περπατά με κανονικό αργό ρυθμό, η πτώση του θα ήταν αναπόφευκτη.» (Masden, Sudarsky & Wolfson, 1997)

Με αυτά τα λόγια ο James Parkinson στο βιβλίο του *An Essay on the Shaking Palsy* (1817), περιγράφει για πρώτη φορά τα συμπτώματα της νόσου που αργότερα θα πάρει τιμητικά το όνομα του.

Η νόσος του Parkinson, δυο εκατονταετίες σχεδόν μετά από την ανακάλυψη της, θεωρείται μια από τις πιο σημαντικές, εκφυλιστικές ασθένειες του νευρικού συστήματος. Είναι μια προοδευτικά εξελισσόμενη, χρόνια νευρολογική διαταραχή του εξωπυραμιδικού συστήματος, που έχει ως συνέπεια την μείωση των νευροδιαβιβαστών ντοπαμίνης στα βασικά γάγγλια του εγκεφάλου (Protas, Stanley & Jankovic, 1997; Kimmeskamp & Henning, 2001). Πιο συγκεκριμένα τα κύτταρα ντοπαμίνης που βρίσκονται στα βασικά γάγγλια αρχίζουν με έναν αργό αλλά σταθερό ρυθμό να πεθαίνουν. Ο Mountcastle (1980), αναφέρει ότι ουσιαστικά εκφυλίζεται η μελανίνη που περιέχουν τα συγκεκριμένα κύτταρα. Το σημαντικό είναι ότι τα συμπτώματα της νόσου του Πάρκινσον εμφανίζονται μόνο αφότου η έλλειψη ντοπαμίνης ξεπεράσει το 80%. Η αιτία που οδηγεί στην εκφύλιση των εγκεφαλικών

κυττάρων και κατά συνέπεια στη νόσο του Πάρκινσον δεν είναι ακόμα γνωστή. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι οι παράγοντες που προδιαθέτουν για την εμφάνιση της νόσου είναι γενετικοί και περιβαλλοντολογικοί (έκθεση σε τοξίνες) (Protas et al, 1997).

Ο μέσος όρος ηλικίας των ατόμων που προσβάλλονται είναι τα 62 έτη. Η συχνότητα εμφάνισης της νόσου αυξάνεται όσο αυξάνει η ηλικία των ατόμων μέχρι την ηλικία των 79 ετών. Στους υπερήλικες όμως (πάνω από 90 χρονών), η συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζει μείωση. Τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται μια έξαρση της εμφάνισης της νόσου και σε άτομα νεαρότερης ηλικίας, χωρίς όμως τα ποσοστά να είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά (σπάνια πριν από την ηλικία των 30 χρόνων και 5-10% πριν από τα 40). Ο μέσος ετήσιος ρυθμός εμφάνισης δεν ξεπερνά τις 20 περιπτώσεις ανά 100.000 άτομα, ενώ σε άτομα άνω των 60 ετών το ποσοστό φτάνει το 1%, χωρίς να υπάρχουν διακρίσεις σε σχέση με το φύλο των ατόμων που προσβάλλονται (Masden et al, 1997; Bronstein, Brand & Woolacott, 1996). Επιπλέον, τα σύγχρονα δεδομένα δείχνουν ότι οι λευκοί έχουν περισσότερες πιθανότητες να προσβληθούν από τη νόσο του Πάρκινσον, σε σχέση με τους έγχρωμους και τους Ασιάτες (Masden et al, 1997).

### **Συμπτώματα της νόσου του Πάρκινσον**

Τα τέσσερα βασικά συμπτώματα της νόσου του Πάρκινσον όσο αναφορά στην κίνηση είναι τα εξής:

#### **➤ Τρέμουλο (*tremor*)**

Χαρακτηρίζεται από εναλλαγή ηλεκτρικής δραστηριότητας (συχνότητας 5-6 Hz) μεταξύ των αγωνιστών και των ανταγωνιστών μυών, που συμμετέχουν σε μια κίνηση και οδηγεί σε εναλλασσόμενη κίνηση των μελών της άρθρωσης. Είναι εμφανής τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά τη διάρκεια εκούσιας κίνησης των αρθρώσεων (Latash, 1993).

#### **➤ Μειωμένη ταχύτητα κίνησης (*bradykinesia*)**

Ο όρος μειωμένη ταχύτητα κίνησης ή βραδυκινησία αναφέρεται στο πόσο αργά εκτελείται μια κίνηση και πόσο δύσκολη είναι η έναρξη της (Latash, 1998). Πιο συγκεκριμένα οι ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον, κατά τα πρώτα στάδια της ασθένειας, παραπονούνται ότι βαδίζουν πιο αργά και είναι πολύ δύσκολο για αυτούς

να επιταχύνουν. Τα βήματα γίνονται συνεχώς μικρότερα και τα πόδια σηκώνονται λιγότερο από το έδαφος με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να πιστεύει ότι ουσιαστικά οι ασθενείς σέρνουν τα πόδια τους. Η βραδυκινησία ουσιαστικά παρουσιάζεται λόγω προβλημάτων στην αυτόματη εκτέλεση των κινητικών προγραμμάτων. Οι παρκινσονικοί δηλαδή χάνουν την ικανότητα να εκτελούν διαφορετικά κινητικά προγράμματα ταυτόχρονα. Όλες οι κινήσεις εκτελούνται διαδοχικά και γι' αυτό απαιτείται περισσότερος χρόνος για να ολοκληρωθούν (Bronstein et al., 1996). Όταν παρατηρούνται προβλήματα σε αυτόματες ή αντανακλαστικές κινήσεις, τα συμπτώματα αυτά κατατάσσονται επίσης στα συμπτώματα βραδυκινησίας. Η βραδυκινησία δεν εντοπίζεται μόνο στα κάτω άκρα αλλά μπορεί να επηρεάσει οποιοδήποτε μέρος του σώματος (Latash, 1998).

➤ *Δυσκαμψία (rigidity)*

Είναι μια συνεχής αύξηση στην εξωτερική αντίσταση που υφίστανται οι αρθρώσεις κατά την κίνηση τους (Latash, 1998). Οι ασθενείς δηλαδή αισθάνονται ότι είναι συνεχώς πιο δύσκολο για αυτούς και χρειάζεται να εφαρμόσουν μεγαλύτερη δύναμη, ώστε να πραγματοποιούν απλές και καθημερινές κινήσεις (φαινόμενο του «οδοντωτού τροχού», όπου κατά τις παθητικές κινήσεις μιας άρθρωσης η κίνηση δίνει την εντύπωση ότι παρεμποδίζεται, λόγω της τονικής σύσπασης των επιμηκνόμενων μυών). Οι πρώτες ενδείξεις εμφάνισης της δυσκαμψίας είναι η εξασθετισμένη ταλάντευση των χεριών κατά τη διάρκεια του βαδίσματος και η τάση του κεφαλιού να παραμένει στην ίδια ευθεία με το υπόλοιπο σώμα κατά τις αλλαγές διεύθυνσης της κίνησης. Επίσης η δυσκαμψία πιστοποιείται από την εμφάνιση συνεχούς ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας στους μύες των κάτω άκρων κατά τη διάρκεια του βαδίσματος (Bronstein et al., 1996).

➤ *Διαταραχές της ισορροπίας και της στάσης*

Επίσης παρατηρούνται προβλήματα στη στάση του σώματος των ασθενών και στην ικανότητα ισορροπίας τους. Τα πρώτα προβλήματα ισορροπίας είναι εμφανή περίπου 5 χρόνια μετά από την εμφάνιση της ασθένειας και δημιουργούνται λόγω αδυναμίας των ασθενών να προσαρμόζουν τη θέση του σώματος τους, έτσι ώστε να διατηρούνται συνεχώς σε στάση (Latash, 1998; Bronstein et al., 1996). Όταν η ασθένεια φτάσει σε προχωρημένο στάδιο, οι ασθενείς παρουσιάζουν συμπτώματα κύφωσης, έχουν συνεχώς τους αγκώνες λυγισμένους, τον καρπό και τις

μετακαρποφαλαγγικές αρθρώσεις σε κάμψη και τους βραχίονες σε προσαγωγή, με αποτέλεσμα τα χέρια να βρίσκονται κατά την βάδιση μπροστά από το υπόλοιπο σώμα (Bronstein et al., 1996; Protas et al., 1997). Λόγω της λανθασμένης αυτής στάσης του σώματος δημιουργούνται και όλα τα προβλήματα ισορροπίας. Επίσης παρατηρούνται συνεχείς διορθώσεις του κινητικού προγράμματος, πριν πραγματοποιηθεί η προγραμματισμένη κίνηση, στους μύες που συμμετέχουν στην διατήρηση της στάσης (Latash, 1998). Τα στοιχεία αυτά δείχνουν ότι οι ασθενείς του Πάρκινσον ίσως δεν έχουν απόλυτη αίσθηση του χώρου και κατά συνέπεια δεν είναι σίγουροι για το αποτέλεσμα που θα έχουν οι κινήσεις τους.

#### ➤ Διαταραχές της βάδισης

Όπως προαναφέρθηκε, τα βασικά συμπτώματα της νόσου του Πάρκινσον έχουν κυρίως επίδραση στην κινητική συμπεριφορά των ασθενών. Οι απλές καθημερινές δραστηριότητες επηρεάζονται σημαντικά, για παράδειγμα στο γράψιμο και τον τεμαχισμό των τροφών. Οι ασθενείς δυσκολεύονται να στρίψουν, να σηκωθούν από το κρεβάτι τους, να ντυθούν αλλά και να κάνουν μπάνιο χωρίς την επίβλεψη κάποιου προσώπου. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά τη βάδιση. Η μετακίνηση τους είναι ιδιαίτερα δύσκολη και όσο επιβαρύνονται τα συμπτώματα είναι για αυτούς όλο και πιο δύσκολο να αυτοεξυπηρετηθούν. Η δυνατότητα μετακίνησης είναι ιδιαίτερα σημαντική, κυρίως για τα ηλικιωμένα άτομα, καθώς είναι άμεσα συνυφασμένη με την ποιότητα της ζωής τους.

Τα προβλήματα κατά τη βάδιση εμφανίζονται από τα πρώτα κιόλας στάδια της ασθένειας. Για το 12-18% των ασθενών αποτελεί και το πρώτο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν. Πολύ νωρίς, όταν ακόμα η ασθένεια έχει επηρεάσει μόνο το την μία πλευρά του σώματος, παρατηρείται ότι οι ασθενείς περπατούν σέρνοντας το πόδι της πλευράς που έχει επηρεαστεί. Όταν η ασθένεια προχωρήσει και στην άλλη πλευρά του σώματος το βάδισμα επηρεάζεται σημαντικά και συνολικά (Masden et al., 1997).

Τα βασικά χαρακτηριστικά του βαδίσματος των ασθενών με νόσο του Πάρκινσον κατά τα πρώτα στάδια της ασθένειας είναι η μειωμένη ταχύτητα κίνησης και το μικρό εύρος κίνησης των κάτω άκρων, λόγω των οποίων τα πόδια μόλις που σηκώνονται από το έδαφος, δίνοντας την εντύπωση ότι ο ασθενής περπατάει με τα πόδια να σέρνονται στο έδαφος (shuffling gait). Καθώς η ασθένεια προχωρά τα συμπτώματα γίνονται πιο έντονα. Αναπτύσσεται ένα καινούργιο πρότυπο βάδισης, με



έντονα συμπτώματα κύφωσης, με μόνιμη κάμψη των ώμων του αυχένα και του κορμού του σώματος (Masden et al., 1997; Bronstein et al., 1996). Το πόδι έρχεται σε επαφή με το έδαφος με όλη την επιφάνεια του πέλματος ή με τα δάχτυλα πρώτα, σε αντίθεση με το βάδισμα υγιών ατόμων, όπου η επαφή γίνεται πρώτα με την φτέρνα (Bronstein et al., 1996). Λόγω της κακής στάσης του σώματος το κέντρο βάρους του σώματος βρίσκεται περισσότερο μπροστά από τη μέση γραμμή του σώματος, σε σχέση με το φυσιολογικό βάδισμα, με αποτέλεσμα οι ασθενείς να πραγματοποιούν γρήγορα και μικρά βήματα για να αποφύγουν την πτώση. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως «βιασύνη» (festination) και παρουσιάζεται κυρίως στα προχωρημένα στάδια της ασθένειας (Masden et al., 1997).

Επίσης παρατηρείται μειωμένη, έως και ανύπαρκτη κίνηση των χεριών (Masden et al., 1997; Bronstein et al., 1996). Παρουσιάζεται μεγάλη δυσκολία κατά την έναρξη της κίνησης, δηλαδή οι ασθενείς διστάζουν να κάνουν το πρώτο βήμα (start-hesitation). Προβλήματα παρουσιάζονται και κατά τις στροφές, καθώς οι ασθενείς στρίβουν με μικρά βηματάκια χωρίς όμως να χρησιμοποιούν και το υπόλοιπο σώμα τους. Το κεφάλι, ο αυχένος και ο κορμός ουσιαστικά μετακινούνται σαν ένα συμπαγές και άκαμπτο σώμα (Masden et al., 1997). Ουσιαστικά δηλαδή οι ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον στρίβουν σαν «ρομπότ».

Ένα άλλο σημαντικό σύμπτωμα της ασθένειας που εμφανίζεται κατά το βάδισμα είναι το «πάγωμα» (freezing). Το πόδι του ασθενή φαίνεται να κολλά στο έδαφος καθώς αυτός περπατά ή κατά τον πρώτο διασκελισμό, καθιστώντας τον για λίγο ανίκανο να συνεχίσει την κίνηση των κάτω άκρων στους επόμενους διασκελισμούς (Masden et al., 1997; Bronstein et al., 1996). Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στις περιπτώσεις που ο ασθενής προσπαθεί να περάσει μία πόρτα ή να μπει σε έναν ανελκυστήρα. Μετά από λίγη ώρα, που κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα έως και λεπτά, ο ασθενής μπορεί να περπατήσει ξανά, αρχικά με μικρά βήματα και στη συνέχεια με κανονικούς διασκελισμούς. Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί αναφέρεται ότι περίπου το 32% των ασθενών του Πάρκινσον υποφέρουν από το «πάγωμα» (freezing) της κίνησης και το 86% από αδυναμία έναρξης της κίνησης (start-hesitation) (Masden et al., 1997).

Κατά το τελικό στάδιο της ασθένειας οι κινήσεις είναι πολύ αργές, ενώ τα γόνατα και ο κορμός βρίσκονται σε συνεχή κάμψη. Οι ασθενείς περπατούν μόνο στα δάχτυλα, σε τέτοιο βαθμό ώστε η φτέρνα τους δεν έρχεται ποτέ σε επαφή με το έδαφος. Μετά από 10-15 χρόνια ασθένειας η πλειοψηφία των ασθενών υποφέρουν

από το «πάγωμα», δυσκολεύονται να στρίψουν και έχουν πολύ συχνές πτώσεις. Επίσης χρειάζονται βοήθεια για να σηκωθούν από το κρεβάτι, αλλά και για να περπατήσουν. Μάλιστα για το 17% των ασθενών που πάσχουν από την νόσο του Πάρκινσον, είναι αδύνατο να βαδίσουν χωρίς βοήθεια, ήδη από τα πρώτα 10 χρόνια (Bronstein et al., 1996).

### **Ορισμός του προβλήματος**

Η ανάγκη για την αποκατάσταση των διαταραχών του βαδίσματος σε ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον, στο βαθμό που είναι εφικτή, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός μεγάλου αριθμού στρατηγικών αποκατάστασης του βαδίσματος που εφαρμόζονται με επιτυχία σε διάφορες χώρες. Κοινή συνιστώσα όλων αυτών των στρατηγικών αποτελεί η αναγκαιότητα της αξιόπιστης αρχικής αξιολόγησης των προβλημάτων του βαδίσματος πριν την έναρξη της εφαρμογής των διαφόρων προγραμμάτων αποκατάστασης. Η πλέον έγκυρη μέθοδος για την αξιολόγηση του βαδίσματος είναι η τεχνική της ανάλυσης του βαδίσματος (gait analysis). Η τεχνική της ανάλυσης του βαδίσματος περιλαμβάνει την καταγραφή και αξιολόγηση των κινηματικών, δυναμικών και μυοηλεκτρικών χαρακτηριστικών του βαδίσματος, με τη βοήθεια εργαστηριακών συστημάτων μέτρησης και τη χρήση πολύπλοκων υπολογιστικών μεθόδων.

Οι εφαρμογές της ανάλυσης του βαδίσματος στα άτομα με νόσο του Πάρκινσον είναι κυρίως οι εξής:

α) Σύγκριση των χαρακτηριστικών του βαδίσματος ατόμων με νόσο του Πάρκινσον με αυτά του φυσιολογικού βαδίσματος ατόμων της ίδιας ηλικίας, του ίδιου φύλου, με παραπλήσια ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και στην ίδια ταχύτητα βάδισης, με σκοπό τον εντοπισμό των συγκεκριμένων αποκλίσεων του βαδίσματος των πασχόντων από το φυσιολογικό πρότυπο βάδισης, ώστε να σχεδιαστούν εξειδικευμένα παρεμβατικά προγράμματα.

β) Αξιολόγηση παρεμβατικών προγραμμάτων αποκατάστασης του βαδίσματος, μέσω της σύγκρισης των χαρακτηριστικών του βαδίσματος των ατόμων με νόσο του Πάρκινσον πριν και μετά από την εφαρμογή των παρεμβατικών προγραμμάτων.

Και στις δύο παραπάνω εφαρμογές της ανάλυσης του βαδίσματος τα χαρακτηριστικά του βαδίσματος καταγράφονται σε έναν αριθμό διαδοχικών προσπαθειών βάδισης. Σε κάθε προσπάθεια βάδισης αξιολογείται ένας κύκλος

βάδισης που ορίζεται ως το σύνολο των γεγονότων που μεσολαβούν ανάμεσα στην αρχική επαφή ενός τμήματος του εξεταζόμενου κάτω άκρου (π.χ. φτέρνα) και στην επόμενη επαφή του ίδιου τμήματος του ίδιου άκρου. Κατά συνέπεια κατά την ανάλυση του βαδίσματος αξιολογούνται οι τιμές της κάθε παραμέτρου του βαδίσματος σε έναν μεγάλο αριθμό κύκλων βαδίσματος.

Παρά το γεγονός ότι το βάδισμα αποτελεί την πλέον τελειοποιημένη κίνηση του ανθρώπου, είναι εξαιρετικά απίθανο οι τιμές της κάθε παραμέτρου να επαναλαμβάνονται ακριβώς οι ίδιες κατά τη διάρκεια των διαφορετικών κύκλων βάδισης, για τον ίδιο εξεταζόμενο. Ο βαθμός στον οποίο επαναλαμβάνονται οι τιμές μιας παραμέτρου ορίζεται ως η επαναληπτικότητα (reproducibility) της συγκεκριμένης παραμέτρου.

Η επαναληπτικότητα της κάθε παραμέτρου έχει άμεση σχέση με την αξιοπιστία της χρήσης της συγκεκριμένης παραμέτρου για την αξιολόγηση του βαδίσματος. Κατά συνέπεια όσες παράμετροι παρουσιάζουν μικρή επαναληπτικότητα δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στην ανάλυση του βαδίσματος. Για το λόγο αυτό ο προσδιορισμός της επαναληπτικότητας της κάθε παραμέτρου του βαδίσματος αποτελεί την πρώτη ενέργεια ενός σύγχρονου εργαστηρίου ανάλυσης του βαδίσματος για την αξιολόγηση κινητικών προβλημάτων των κάτω άκρων.

Επιπλέον, η επαναληπτικότητα της κάθε παραμέτρου του βαδίσματος θα πρέπει να προσδιορίζεται για τον πληθυσμό στον οποίο θα εφαρμοστεί η ανάλυση του βαδίσματος. Αυτό διότι η ίδια παράμετρος μπορεί να παρουσιάζει διαφορετική επαναληπτικότητα σε άτομα με διαφορετικές παθήσεις.

Στη διεθνή βιβλιογραφία η επαναληπτικότητα των παραμέτρων του βαδίσματος έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό σε άτομα χωρίς κινητικά προβλήματα στα κάτω άκρα ( Peters, Edgar, Urukalo & Fleischli, 2002; Growney, Meglan, Johnson, Cahalan & Kai-Nan, 1997; Chung & Giuliani, 1997; Winchester, Carollo & Wrobbel, 1996; Kidder et al., 1996; Kadaba et al., 1989; Winter, 1984). Από τις μελέτες αυτές διαπιστώθηκε ότι σχεδόν όλες οι παράμετροι του βαδίσματος ατόμων χωρίς κινητικά προβλήματα στα κάτω άκρα χαρακτηρίζονται από μεγάλη επαναληπτικότητα.

Διάφορες μελέτες επίσης έχουν μελετήσει την επαναληπτικότητα διαφόρων παραμέτρων του βαδίσματος σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση (Steinwender et al., 2000; Castagno, Miller, Richards, Gaboury & Lennon, 1996; Miller et al., 1996), άτομα που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο (Kim & Eng, 2003) κ.λ.π. Σε

αντίθεση όμως με τη συμφωνία των ερευνητών που μελέτησαν την επαναληπτικότητα των παραμέτρων του βαδίσματος κατά το φυσιολογικό βάδισμα, για την επαναληπτικότητα των παραμέτρων του βαδίσματος στο παθολογικό βάδισμα υπάρχουν πολλές διαφωνίες.

Ειδικότερα, για την επαναληπτικότητα των παραμέτρων του βαδίσματος σε ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον, δεν εντοπίστηκε κάποια μελέτη στη διεθνή βιβλιογραφία.

### **Σημασία της έρευνας**

Ο προσδιορισμός της επαναληπτικότητας των κινηματικών παραμέτρων και των παραμέτρων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον, θα επιτρέψει την επιλογή των πλέον αξιόπιστων παραμέτρων για την αξιολόγηση του βαδίσματος ατόμων με τη συγκεκριμένη νόσο. Η μείωση του αριθμού των αξιολογούμενων παραμέτρων θα μειώσει τον χρόνο που απαιτείται για την αξιολόγηση του βαδίσματος των ατόμων με νόσο του Πάρκινσον και την εξαγωγή των απαιτούμενων συμπερασμάτων για τον ορθό σχεδιασμό των προγραμμάτων αποκατάστασης του βαδίσματος. Επίσης, το όφελος που προκύπτει από τη μείωση του αριθμού των αξιολογούμενων παραμέτρων είναι ιδιαίτερα μεγάλο για εργαστήρια που δεν διαθέτουν οπτοηλεκτρονικά συστήματα ανάλυσης του βαδίσματος και ως εκ τούτου απαιτούν πολύ μεγάλο χρόνο για την αξιολόγηση της κάθε παραμέτρου του βαδίσματος.

Επίσης, όπως προαναφέρθηκε κατά την ανάλυση του βαδίσματος συλλέγονται δεδομένα από ένα μεγάλο αριθμό προσπαθειών. Το βάδισμα όμως αποτελεί μια ιδιαίτερα επίπονη διαδικασία για τους ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον, οι οποίοι λόγω των προβλημάτων τους καταναλώνουν σημαντικά μεγαλύτερη ενέργεια για κάθε προσπάθεια σε σχέση με το φυσιολογικό βάδισμα. Ο προσδιορισμός της επαναληπτικότητας των παραμέτρων του βαδίσματος θα επιτρέψει την εκτίμηση του ελάχιστου αριθμού προσπαθειών που απαιτείται να καταγραφούν για να εξαχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα, όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του βαδίσματος. Γνωρίζοντας από πριν τον ελάχιστο αριθμό των απαραίτητων προσπαθειών, εξασφαλίζεται η μικρότερη δυνατή ταλαιπωρία για τους εξεταζόμενους κατά τη μέτρηση του βαδίσματος.

Επιπλέον, στην περίπτωση που η ανάλυση του βαδίσματος εφαρμόζεται για να αξιολογηθεί η μεταβολή των χαρακτηριστικών του βαδίσματος μετά από ένα

παρεμβατικό πρόγραμμα αποκατάστασης, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η διακύμανση των τιμών της κάθε παραμέτρου μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών βάρδισης, τόσο κατά την ίδια μέρα μέτρησης όσο και μεταξύ διαφορετικών ημερών χωρίς να μεσολαβεί κάποιο είδος παρέμβασης, η οποία συνιστά τα φυσική μεταβλητότητα του βαδίσματος στα άτομα με νόσο του Πάρκινσον.

Ο προσδιορισμός του μεγέθους της φυσικής μεταβλητότητας μιας παραμέτρου είναι σημαντικός, καθώς ως μεταβολή της συγκεκριμένης παραμέτρου του βαδίσματος, λόγω των παρεμβατικών προγραμμάτων, νοείται η διαφοροποίηση αυτών των τιμών της πριν και μετά το πρόγραμμα αποκατάστασης σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτόν που θεωρείται ως φυσική μεταβλητότητα της συγκεκριμένης παραμέτρου. Το μέγεθος της φυσικής μεταβλητότητας αποτελεί τη δεύτερη παράμετρο (εκτός από τον ελάχιστο αριθμό προσπαθειών) που προσδιορίζεται κατά τη μελέτη της επαναληπτικότητας του βαδίσματος.

### **Σκοπός της έρευνας**

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η επαναληπτικότητα επιλεγμένων κινηματικών παραμέτρων (χώρο-χρονικές παράμετροι) και παραμέτρων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ατόμων με νόσο του Πάρκινσον.

### **Υποθέσεις της έρευνας**

Η κύρια ερευνητική υπόθεση της παρούσας έρευνας είναι ότι οι κινηματικές παράμετροι και οι παράμετροι της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ατόμων με νόσο του Πάρκινσον παρουσιάζουν μεγάλη επαναληπτικότητα μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών της ίδιας μέτρησης.

Η δευτερεύουσα ερευνητική υπόθεση είναι ότι για την έγκυρη και αξιόπιστη καταγραφή των παραπάνω παραμέτρων του βαδίσματος, σε ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον, απαιτείται η καταγραφή τους κατά τη διάρκεια λιγότερων από τρεις προσπάθειες.

Για τη διερεύνηση της ορθότητας των ερευνητικών υποθέσεων, θα διατυπωθούν οι εξής μηδενικές υποθέσεις:

1. Οι τιμές των κινηματικών παραμέτρων του βαδίσματος ασθενών με νόσο του Πάρκινσον δεν θα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών της ίδιας μέτρησης.

2. Οι τιμές των παραμέτρων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον δεν θα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών της ίδιας μέτρησης.
3. Η επαναληπτικότητα των τιμών των κινηματικών παραμέτρων και των παραμέτρων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον σε μια μεμονωμένη προσπάθεια, δεν θα διαφέρει από την επαναληπτικότητα του μέσου όρου των τιμών της ίδιας παραμέτρου στη διάρκεια περισσότερων προσπαθειών.

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Εκτός από την πλέον συνηθισμένη μορφή της, με τα κύρια συμπτώματα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, η νόσος του Πάρκινσον εμφανίζεται με διάφορες άλλες μορφές.

### **Δευτερεύουσες μορφές νόσου του Πάρκινσον**

#### *α) Μετεγκεφαλιτιδικός παρκινσονισμός*

Πολλά άτομα που επέζησαν από οξεία εμπύρετη ασθένεια και εγκεφαλοπάθεια μετά από την πανδημία ληθαργικής φλεγμονής του εγκεφάλου (encephalitis lethargica) από το 1919 έως το 1926, εμφάνισαν αργότερα μια ποικιλία κινητικών διαταραχών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών της νόσου του Πάρκινσον. Το μετεγκεφαλιτιδικό σύνδρομο παρουσιάζει συμπτώματα ημιπάρεσης, ακούσιας οφθαλμικής απόκλισης, ακούσιων αντανάκλαστικών κινήσεων, νευρικών σπασμών («τικ») και προβλήματα συμπεριφοράς. Γενικά ο μετεγκεφαλιτιδικός παρκινσονισμός εξελίσσεται πιο αργά και είναι πιο ευαίσθητος στη θεραπεία με L-Dopa σε σχέση με τις άλλες μορφές Παρκινσονισμού. Παρόλο που ο ιός που ήταν υπεύθυνος για την επιδημία της ληθαργικής εγκεφαλίτιδας δεν απομονώθηκε ποτέ, μολύνσεις που προέρχονται από ιούς όπως ο Coxsackie, ο Japanese B, και δυτικής μορφής εγκεφαλίτιδες αναγνωρίστηκε τελευταία ότι συνδέονται με τον παρκινσονισμό (Wynngaarden, Smith & Bennet, 1992).

#### *β) Φαρμακογενής Παρκινσονισμός*

Ο παρκινσονισμός που προκαλείτε από χρόνια λήψη μεγάλων δόσεων φαρμάκων είναι δευτεροπαθής μορφή που εμφανίζεται στα ηλικιωμένα άτομα. Θεωρείται ως επιλογή της θεραπείας με τη ομάδα αντιψυχωσικών φαρμάκων, κυρίως φαινοθειαζινών και βουτυροφαιναιών, μετά από χρόνια λήψη και σε μεγάλες δόσεις, τα οποία εμποδίζουν τους δέκτες ντοπαμίνης (Ganong, 1985). Ουσιαστικά όλα τα φάρμακα που μειώνουν τις προσυναπτικές αποθήκες ντοπαμίνης, όπως η ρεσερπίνη (χρησιμοποιείται



ως αντυπερτασικό και αντιψυχωσικό), καθώς και τα φάρμακα που μπλοκάρουν τους υποδοχείς ντοπαμίνης, όπως αντιψυχωσικά και αντιεμετικά, μπορεί να προκαλέσουν σύνδρομο παρκινσονισμού (Wyngaarden et al., 1992). Μπορεί επίσης να εμφανιστεί με γρήγορη και δραματική μορφή στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω χορήγησης της ουσίας MPTP (1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine) σε ενέσιμη μορφή, μια ουσία που προκαλεί την επιλεκτική καταστροφή των νευρώνων ντοπαμίνης στη μέλαινα ουσία, χωρίς όμως να επηρεάζει και άλλους νευρώνες ντοπαμίνης σε αξιόλογο βαθμό. Η επίδραση αυτής της τοξίνης στον ανθρώπινο οργανισμό ανακαλύφθηκε κατά τύχη όταν ένας έμπορος ναρκωτικών ουσιών στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών προμήθευσε κάποιους από τους πελάτες του με μια δικής του κατασκευής «συνθετική ηρωίνη» που περιείχε MPTP (Ganong, 1985).

#### γ) Άλλες σπανιότερες μορφές

Μια άλλη κλινική μορφή δευτεροπαθούς παρκινσονισμού περιγράφεται ως αρτηριοσκληρυντικός ή αγγειακός. Η παθολογοανατομική βάση γι' αυτή τη διαταραχή είναι αβέβαιη, αλλά παρατηρείται σε ηλικιωμένα άτομα με υπέρταση, πολλά από τα οποία έχουν υποφλοιώδη άνοια (Μάλλιου & Γιοφτσίδου, 2002). Προκαλείται συνήθως λόγω της φραγής των αρτηριών του εγκεφάλου. Το ενδιαφέρον σημείο είναι ότι σπάνια εμφανίζεται μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, αλλά συνήθως μετά από μικρά πολλαπλά αγγειακά έμφραγματα αγγείων του εγκεφάλου. Μία μορφή του αγγειακού παρκινσονισμού είναι ο παρκινσονισμός του κατώτερου σώματος (lower body parkinsonism), που παρουσιάζει κυρίως προβλήματα βάδισης απραξικού τύπου, όπως μικρά βήματα, «πάγωμα» και δυσκολίες στις στροφές. Οι ασθενείς που πάσχουν από αγγειακό παρκινσονισμό συνήθως παρουσιάζουν συμπτώματα υποφλοιώδους άνοιας (νόσος Binswager), υπερενεργητικά αντανακλαστικά και ακράτεια ούρων. Η θεραπεία με L-Dopa συνήθως αποτυγχάνει, ίσως επειδή η ισχαιμία καταστρέφει τους προσυναπτικούς υποδοχείς (Wyngaarden et al., 1992). Επιπλέον, άλλες μορφές της νόσου μπορεί να εμφανιστούν λόγω κρανιοεγκεφαλικών κακώσεων, χρόνιων τραυματισμών (π.χ. πυγμαχία) και δηλητηρίασης με μονοξειδίο του άνθρακα (Μάλλιου et al., 2002).



### **Κληρονομικός παρκινσονισμός (Heredodegenerative)**

Από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει παρατηρηθεί ότι ελάχιστοι ασθενείς της νόσου του Πάρκινσον έχουν ένα οικογενειακό ιστορικό που να υποδεικνύει συγκεκριμένους παράγοντες κληρονομικότητας.

#### *α) Μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια ( Hallervorden-spatz)*

Αυτή η εξαιρετικά σπάνια κατάσταση είναι συνυφασμένη με την παιδική ή εφηβική προοδευτική άνοια, την βραδυκινησία, την ακινησία και την σπαστικότητα, που συνδυάζεται ποικιλοτρόπως με χοραιοαθέτωση, αταξία, παροξυσμό, μυϊκή και οπτική ατροφία. Οι περισσότερες περιπτώσεις που έχουν αναφερθεί αφορούν μια αυτοχρωμοσωματική υπολειπόμενη κληρονομικότητα. Δηλαδή, αν αναλυθεί νευροπαθολογικά, ο σίδηρος συσσωρεύεται στην ωχρή σφαίρα, σε συνδυασμό με οίδημα και εκφυλισμό των νευρικών κυττάρων στα βασικά γάγγλια και την παρεγκεφαλίδα (Wynngaarden et al., 1992).

#### *β) Οικογενειακές αποτιτανώσεις των βασικών γαγγλίων*

Η ασθένεια αυτή προκαλείται, λόγω συσσώρευσης ασβεστίου στα βασικά γάγγλια σε συνδυασμό με υποπαραθυρεοειδισμό ή είναι αποτέλεσμα οικογενειακών διαταραχών, οι οποίες συχνά αναφέρονται ως ασθένεια του Fahr. Οι ασθενείς που πάσχουν από τις οικογενειακές αποτιτανώσεις των βασικών γαγγλίων παρουσιάζουν συμπτώματα παρκινσονισμού, εκδήλωση ακούσιων ταχέων ανταντακλαστικών κινήσεων και άνοια. Το εγκεφαλογράφημα ίσως ανιχνεύσει την αποτιτανωση των βασικών γαγγλίων και σε κλινικά απρόσβλητους από την ασθένεια συγγενείς του ασθενούς (Wynngaarden et al., 1992).

#### *γ) Ελαιογεφυροπαρεγκεφαλιδική εκφύλιση*

Ο συνδυασμός παρκινσονισμού και εγκεφαλικής αταξίας χαρακτηρίζει τον ελαιογεφυροπαρεγκεφαλιδική ατροφία, μια ετερογενής δηλαδή ομάδα σπάνιων νευροεκφυλιστικών διαταραχών, οι οποίες τις περισσότερες φορές είναι κληρονομικές, αλλά συνήθως παρουσιάζονται σποραδικά. Οι ασθενείς συνήθως παρουσιάζουν

προβλήματα δυσαρθρίας (αταξία στη βάδιση, δυσμετρία κάτω άκρων) και εκφύλιση των νευραξόνων των γεφυροπαρεγκεφαλιδικών πυρήνων (Wyngaarden et al., 1992).

### **Εκφυλισμοί πολλαπλών συστημάτων (Multiple-system degenerations/ Parkinsonism plus)**

Περίπου το 10-15% όλων των ασθενών που πάσχουν από τη νόσο του Πάρκινσον παρουσιάζουν μια πιο διαδεδομένη διαταραχή που ταξινομείται κλινικά ως σύνδρομο parkinsonism plus και παθολογικά ως εκφυλισμός πολλαπλών συστημάτων (multiple-system degeneration). Σε αντίθεση με τον παρκινσονισμό, οι ασθενείς που πάσχουν από το σύνδρομο parkinsonism plus παρουσιάζουν επιπλέον νευρολογικά συμπτώματα, όπως δυσαντονομία, αταξία, λαρυγγικό συριγμό, απραξία, άνοια και ένα συνδυασμό άνοιας και εκφυλισμού των κινητικών νευρώνων. Η αιτιολογία για όλες τις μορφές του συνδρόμου είναι άγνωστη μέχρι σήμερα (Wyngaarden et al, 1992).

#### *α) Προϊούσα υπερπυρηνική παράλυση ( Progressive supranuclear palsy)*

Αποτελεί το πιο κοινό από τα παρκινσονικά σύνδρομα, προσβάλλοντας το 8% από το συνολικό ποσοστό των ασθενών που έχουν αξιολογηθεί σε κλινικές για Πάρκινσον. Ανακαλύφθηκε τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, περίπου 10 χρόνια μετά από την ανακάλυψη του Πάρκινσον. Τα αρχικά συμπτώματα περιλαμβάνουν: προβλήματα στάσης, ασταθές βάδισμα και πυρηνικές και οφθαλμικές παραλύσεις και αυχενική υπερέκταση. Αργότερα εμφανίζονται συμπτώματα ακινησίας, δυστονία και άνοια όταν η ασθένεια βρίσκεται σε τελικό στάδιο, ενώ τρέμουλο δεν εμφανίζεται ποτέ. Παθολογικά, η προϊούσα υπερπυρηνική παράλυση χαρακτηρίζεται από επιλεκτική απώλεια νευρικών κυττάρων και γλοίωση που επηρεάζει την καλύπτρα του μεσεγκεφάλου, το εσωτερικό τμήμα της ωχρής σφαίρας και τον υποθάλαμο (Wyngaarden et al., 1992).

#### *β) Σύνδρομο Shy- Drager*

Το σύνδρομο Shy- Drager παρουσιάζεται όταν οι ασθενείς που πάσχουν από άτυπο Παρκινσονισμό (συνήθως χωρίς τρέμουλο) παρουσιάζουν συμπτώματα ορθοστατικής υπότασης, ακράτεια, σεξουαλική ανικανότητα και άλλα συμπτώματα από το αυτόνομο νευρικό σύστημα (Wyngaarden et al., 1992).

### **Χώρο-χρονικά χαρακτηριστικά του βαδίσματος σε άτομα με νόσο του Πάρκινσον**

Παρά τον αρκετά μεγάλο αριθμό των ερευνών που μελέτησαν τα χώρο-χρονικά χαρακτηριστικά του βαδίσματος ασθενών με νόσο του Πάρκινσον, δεν εντοπίστηκε κάποια έρευνα που να μελέτησε την επαναληπτικότητα αυτών των παραμέτρων στους συγκεκριμένους ασθενείς.

Οι υπόλοιπες μελέτες έχουν δείξει ότι τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά των ασθενών του Πάρκινσον που βρίσκονται στα αρχικά στάδια της ασθένειας δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτά των υγιών ατόμων. Οι ασθενείς όμως που βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις των χωροχρονικών χαρακτηριστικών σε σχέση με το φυσιολογικό βάδισμα. Ειδικότερα οι ασθενείς με Πάρκινσον βαδίζουν σχετικά αργά, με το εύρος ταχύτητας τους να κυμαίνεται μεταξύ 45-65 m/min που ήταν αρκετά μικρότερο από αυτό των υγιών ατόμων της ίδιας ηλικιακής κατηγορίας που κυμαίνεται μεταξύ 65-90 m/min (Morris, McGinley, Huxham, Collier & Iansek, 1999; Morris, Huxham, McGinley, Dodd & Iansek, 2001; Kimmeskamp & Henning, 2001). Ο χρόνος επαφής με το έδαφος ήταν ελάχιστα υψηλότερος για τους ασθενείς και έφτανε τα 724ms, ενώ των υγιών ατόμων έφτανε τα 689ms (Kimmeskamp & Henning, 2001). Σημαντικές είναι επίσης οι διαφορές στο μήκος διασκελισμού. Ενώ στα υγιή άτομα το μήκος διασκελισμού έχει εύρος από 1.25 - 1.6 m, οι τιμές του για τα άτομα με Πάρκινσον που δεν κάνουν λήψη φαρμακευτικής αγωγής σπάνια υπερβαίνουν τα 0.4-0.9 m και τα 0.8-1.0 m για αυτούς που μόλις την έχουν διακόψει (Morris et al. 1999; Morris et al., 2001). Παρόλα αυτά παρατηρήθηκε ότι οι μεγάλες διαφοροποιήσεις της ταχύτητας και του μήκους διασκελισμού δεν επηρεάζουν την ικανότητα διατήρησης της συχνότητας βαδίσματος. Έτσι, η συχνότητα βαδίσματος των ασθενών με Πάρκινσον κυμαίνεται στο φυσιολογικό επίπεδο των 100-120 steps/min (Morris et al. 1999; Morris et al., 2001).

Γενικά τα χαρακτηριστικά του Παρκινσονικού βαδίσματος είναι συμμετρικά όσον αφορά τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά για τα κάτω άκρα, αλλά η κίνηση των χεριών παρουσιάζει κάποια ιδιαιτερότητα. Συνήθως η νόσος του Πάρκινσον επηρεάζει πρώτα την μία πλευρά του σώματος και αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στα άνω άκρα, με

αποτέλεσμα η κίνηση των χεριών να είναι πιο έντονη στη μία πλευρά σε σχέση με την επηρεασμένη από την ασθένεια πλευρά (Morris et al., 1999).

Για όλους τους ασθενείς του Πάρκινσον παρατηρήθηκε μια σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην ταχύτητα και το μήκος διασκελισμού, όπως και μεταξύ της ταχύτητας και της περιόδου διπλής στήριξης. Επίσης, μελετώντας την αναλογία μονής/διπλής στήριξης οι ερευνητές παρατήρησαν ότι στους ασθενείς με Πάρκινσον η διπλή στήριξη αποτελούσε το 40-50% του κύκλου βάδισης, σε αντίθεση με το 30-40% για τα υγιή ηλικιωμένα άτομα και το 20-25% για τους υγιείς ενήλικες (Morris et al., 1999). Επίσης το ποσοστό του κύκλου βάδισης που καταναλώνεται στην περίοδο διπλής στήριξης αυξάνεται ιδιαίτερα όταν τα επίπεδα L-dopa είναι χαμηλά, από 20-30% του κύκλου βάδισης που είναι το σύνηθες ποσοστό σε 35% (Morris et al., 2001). Η μεγάλη αυτή αύξηση της διπλής στήριξης στον κύκλο βαδίσματος αποδίδεται στον φόβο για πτώση αλλά και στα προβλήματα ισορροπίας που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς του Πάρκινσον. Αυξάνοντας το χρόνο που χρησιμοποιείται στη διπλή στήριξη, οι ασθενείς μπορούν να επανακτήσουν την ισορροπία τους πριν προχωρήσουν στο επόμενο βήμα. Αυτό όμως έχει και αρνητικά αποτελέσματα, καθώς όσο περισσότερο παραμένουν στη φάση της διπλής στήριξης τόσο μειώνεται και η δύναμη ώθησης του πίσω ποδιού, λόγω μείωσης της ταχύτητας. Όπως αναφέρει και ο Morris και οι συνεργάτες του (2001) η παραγωγή ισχύος της πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά την απογείωση των δαχτύλων είναι μικρή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ασθενής να μην έχει τη δύναμη να σηκώσει το πόδι του ψηλά από το έδαφος με κίνδυνο να παραπατήσει και να πέσει. Αυτό είναι φανερό και από τις μετρήσεις των ερευνητών, καθώς στα υγιή άτομα το πόδι περνά πάνω από το έδαφος περίπου 1.0-1.5 cm ενώ στους ασθενείς του Πάρκινσον είναι πολλές φορές και λιγότερο από ένα εκατοστό (Morris et al., 1999).

Ο Morris et al. (2001) αναφέρει ότι σε μελέτες που έγιναν με σκοπό να παρατηρηθεί η επίδραση της φαρμακευτικής αγωγής στα χαρακτηριστικά του βαδίσματος ασθενών του Πάρκινσον τα αποτελέσματα ήταν άξια προσοχής. Όταν οι ασθενείς έκαναν κανονική λήψη της φαρμακευτικής τους αγωγής βρέθηκε ότι η ταχύτητα βαδίσματος μειώθηκε στην πλειοψηφία των ασθενών, παρόλη τη χρήση L-dopa και άλλων φαρμάκων που στοχεύουν στον καλύτερο έλεγχο της κίνησης. Επίσης παρατηρήθηκε μείωση του μήκους διασκελισμού, το οποίο έφτανε περίπου τα 2/3 του

μήκους που πετύχαιναν τα υγιή ηλικιωμένα άτομα, ενώ ο ρυθμός διασκελισμού δεν μεταβλήθηκε, ως αποτέλεσμα της φαρμακευτικής αγωγής, και παρέμεινε στα επίπεδα των υγιών ατόμων (Morris et al., 2001).

Ο Ferragin και οι συνεργάτες του (2002) πραγματοποίησαν μια έρευνα για την επίδραση του ερεθισμού του υποθαλάμου, μετά από νευρολογική επέμβαση. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν για τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά ότι όταν δεν υπήρχε ερεθισμός η ταχύτητα βαδίσματος και το μήκος διασκελισμού των ασθενών ήταν σημαντικά μικρότερα από αυτά της ομάδας ελέγχου. Η διάρκεια της φάσης στήριξης ήταν ελάχιστα μεγαλύτερη από των υγιών εξεταζόμενων. Όταν εφαρμόστηκε ο ερεθισμός παρατηρήθηκε ότι η μέση ταχύτητα και το μήκος διασκελισμού αυξήθηκαν σημαντικά. Επίσης βρέθηκε μια αύξηση στον ρυθμό και μείωση στη διάρκεια φάσης στήριξης.

Επίσης την επόμενη χρονιά ο Ferragin και οι συνεργάτες του (2003) μελέτησαν την επίδραση του ερεθισμού του πυρήνα του υποθαλάμου και της χορήγησης L-dopa, και του συνδυασμού τους στα χαρακτηριστικά του βαδίσματος. Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν ότι η ταχύτητα βαδίσματος και το μήκος διασκελισμού των ασθενών του Πάρκινσον αυξήθηκαν σημαντικά τόσο στην βασική κατάσταση (χωρίς ερεθισμό και χωρίς λήψη L-dopa), όσο και στις άλλες δυο καταστάσεις (χωρίς ερεθισμό αλλά με λήψη L-dopa), (με ερεθισμό αλλά χωρίς λήψη L-dopa). Ο συνδυασμός ερεθισμού και L-dopa αύξησε ακόμα περισσότερο την ταχύτητα βαδίσματος και το μήκος διασκελισμού, χωρίς όμως να επηρεαστεί ο ρυθμός.

Ο Schaafsma και οι συνεργάτες του (2003) μελέτησαν τη σχέση των χαρακτηριστικών του βαδίσματος με τα συμπτώματα του Πάρκινσον και την επίδραση της ουσίας L-dopa. Στην έρευνα συμμετείχαν 32 ασθενείς του Πάρκινσον (23 άνδρες) με μέσο όρο ηλικίας τα  $62 \pm 7.5$  χρόνια. Οι εξεταζόμενοι εκπαιδεύτηκαν για να σηκώνονται από μια καρέκλα, να περπατούν με φυσιολογικό ρυθμό για απόσταση 20 m, να στρίβουν και να κάνουν την ίδια διαδρομή προς τα πίσω. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβανόταν μέχρι ο εξεταζόμενος να συμπληρώσει 80m. Για να μετρηθεί η συχνότητα του βαδίσματος, αλλά και τα χρονικά χαρακτηριστικά του κύκλου βάδισης, τοποθετήθηκαν στα παπούτσια των εξεταζόμενων πάτοι που μετρούσαν τις δυνάμεις που ασκούνταν από τα πέλματα. Η συχνότητα δειγματοληψίας τους ήταν τα 300 Hz. Η μεταβλητότητα του

χρόνου διασκελισμού, το μέγεθος της διακύμανσης μεταξύ των διασκελισμών κατά τη διάρκεια του κύκλου βάδισης, υπολογίστηκαν μέσω της σταθερής απόκλισης (SD) και του συντελεστή της μεταβλητότητας (CV). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η μεταβλητότητα του χρόνου διασκελισμού είχε σημαντική σχέση με την συχνότητα πτώσεων, το βάδισμα και την δυνατότητα ελέγχου της στάσης στους ασθενείς με σύνδρομο Πάρκινσον. Επίσης βρέθηκε ότι η μεταβλητότητα του χρόνου διασκελισμού μειώθηκε σημαντικά όταν υπήρχε λήψη L-dopa. Αντίθετα, δεν παρουσιάστηκε καμία διαφορά στον μέσο χρόνο διασκελισμού ως αποτέλεσμα της λήψης του φαρμάκου. Αναφορικά με τη σχέση των χρονικών χαρακτηριστικών με τις πτώσεις, οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι πριν την λήψη του φαρμάκου η μεταβλητότητα του χρόνου διασκελισμού ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για τους ασθενείς που είχαν ιστορικό πτώσεων σε σχέση με αυτούς που δεν είχαν. Μετά από την λήψη L-dopa παρατηρήθηκε ότι η μεταβλητότητα του χρόνου διασκελισμού παρέμενε σημαντικά αυξημένη σε αυτούς με ιστορικό πτώσεων. Τέλος ο μέσος χρόνος διασκελισμού ήταν παρόμοιος τόσο για αυτούς που έπεφταν συχνά, όσο και για αυτούς που δεν είχαν ιστορικό πτώσεων, ανεξάρτητα αν είχαν κάνει λήψη της φαρμακευτικής τους θεραπείας ή όχι.

Οι Kimmeskamp και Hennig (2001) μελέτησαν τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά του βαδίσματος σε 24 ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον (17 άνδρες και 7 γυναίκες), με ηλικία  $63.75 \pm 10.05$  έτη και βάρος  $78.67 \pm 13.61$  κιλά. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν 10 υγιείς άνδρες και 14 υγιείς γυναίκες, με παρόμοια χαρακτηριστικά ηλικίας και βάρους με τους ασθενείς (ηλικία:  $66.06 \pm 9.16$  έτη, βάρος:  $75.5 \pm 14.51$  κιλά) που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε ενώ οι ασθενείς βρίσκονταν στην ενεργή φάση της φαρμακευτικής αγωγής, περίπου 1 ώρα μετά την λήψη των φαρμάκων. Για την καταγραφή των χωρο-χρονικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα μέτρησης της πίεσης (Pedar) που περιελάμβανε ελαστικούς πάτους εφοδιασμένους με 99 μετατροπείς πίεσης, με συχνότητα δειγματοληψίας τα 50 Hz. Οι εξεταζόμενοι βάδισαν για απόσταση 11m σε μία ταχύτητα που επέλεγαν οι ίδιοι. Επειδή οι ασθενείς του Πάρκινσον παρουσιάζουν προβλήματα κατά την έναρξη και το σταμάτημα στο βάδισμα, το πρώτο και το τελευταίο βήμα εξαιρέθηκαν από την ανάλυση. Συνολικά μελετήθηκαν τα δεδομένα από 5 ξεχωριστά βήματα για το δεξί και αριστερό πόδι, για κάθε εξεταζόμενο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ταχύτητα βάδισης και η συχνότητα βάδισης

παρουσίασαν μικρότερες τιμές για τους ασθενείς του Πάρκινσον. Επίσης παρατηρήθηκε ότι οι Παρκινσονικοί είχαν μεγαλύτερη μέση τιμή στον χρόνο επαφής με το έδαφος.

Επιπλέον, σε διάφορες έρευνες μελετήθηκε η επίδραση του είδους της νευρολογικής παρέμβασης στα χαρακτηριστικά του βαδίσματος σε ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι σε ασθενείς που είχαν υποστεί κάποιου είδους νευρολογικής επέμβασης, μετά την επέμβαση αυξήθηκε η ταχύτητα βάδισης. Αντίθετα σε ασθενείς που εφαρμόστηκε θαλαμοτομία (thalamotomy) τα αποτελέσματα δεν ήταν ενθαρρυντικά. Η κίνηση ήταν γενικά αργή, με τα πόδια να σέρνονται στο έδαφος, με μικρή κίνηση των χεριών και μειωμένη γωνιακή μετατόπιση των αρθρώσεων του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής. Επίσης βρέθηκε ότι η εφαρμογή βαθέως ερεθισμού του εγκεφάλου (deep brain stimulation) δεν επηρέασε τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της κίνησης παρά μόνο το εύρος του τρέμουλου που είχε παρατηρηθεί στους εξεταζόμενους. Αντίθετα όταν εφαρμόστηκε η χειρουργική τεχνική για την παραγωγή βλαβών στην ωχρά σφαίρα (pallidotomy) παρατηρήθηκε αύξηση τόσο στην ταχύτητα κίνησης όσο και στο μήκος διασκελισμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό βελτίωσης του μήκους του διασκελισμού οφειλόταν κυρίως στην καλύτερη γωνία τοποθέτησης του πέλματος στο έδαφος και την βελτιωμένη γωνιακή μετατόπιση του γόνατος και του ισχίου (Morris et al., 2001).

### **Χαρακτηριστικά της δύναμης αντίδρασης του εδάφους σε άτομα με νόσο του Πάρκινσον**

Οι μελέτες των χαρακτηριστικών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον είναι λιγότερες από αυτές των χωρο-χρονικών χαρακτηριστικών του βαδίσματος τους. Επίσης, δεν εντοπίστηκε κάποια μελέτη της επαναληπτικότητας των παραμέτρων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα των εν λόγω ασθενών.

Οι Kimmeskamp και Hennig (2001) μελέτησαν τη δύναμη αντίδρασης του εδάφους σε 24 ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον (17 άνδρες και 7 γυναίκες), με ηλικία  $63.75 \pm 10.05$  έτη και βάρος  $78.67 \pm 13.61$  κιλά. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν 10 υγιείς άνδρες και 14 υγιείς γυναίκες, με παρόμοια χαρακτηριστικά ηλικίας και βάρους με τους ασθενείς (ηλικία:  $66.06 \pm 9.16$  έτη, βάρος:  $75.5 \pm 14.51$  κιλά) που αποτελούσαν την ομάδα

ελέγχου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε ενώ οι ασθενείς βρίσκονταν στην ενεργή φάση της φαρμακευτικής αγωγής, περίπου 1 ώρα μετά την λήψη των φαρμάκων. Για την καταγραφή της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα μέτρησης της πίεσης (Pedar) που περιελάμβανε ελαστικούς πάτους εφοδιασμένους με 99 μετατροπείς πίεσης, με συχνότητα δειγματοληψίας τα 50 Hz. Οι εξεταζόμενοι βάδισαν σε απόσταση 11m με ταχύτητα που επέλεγαν οι ίδιοι. Η ανάλυση της καμπύλης της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους έδειξε ότι όλα τα άτομα της ομάδας ελέγχου και 20 από τους ασθενείς είχαν διπλή κορύφωση, ενώ τέσσερις από τους ασθενείς έδειξαν μονή κορύφωση στην καμπύλη δύναμης αντίδρασης του εδάφους. Γενικά, φαίνεται ότι στους ασθενείς του Πάρκινσον υπάρχει μια σταδιακή μετατόπιση φορτίου από την περιοχή της φτέρνας προς την μεσαία περιοχή και τα μετατόπια σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Επίσης, ο Mitoma και οι συνεργάτες του (2000) μελέτησαν το σημείο εφαρμογής της δύναμης αντίδρασης του εδάφους (κέντρο πίεσης) κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι στους υγιείς ενήλικες η μετατόπιση του κέντρου πίεσης είχε τη μορφή μιας ευθείας γραμμής που ενώνει το ένα πόδι με το άλλο, φανερώνοντας μια ομαλή μετατόπιση του βάρους του σώματος. Αντίθετα, στους ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον βρέθηκε ότι η μετατόπιση του κέντρου πίεσης παρουσιάζει ένα μικρό κύρτωμα κάθε φορά που υπάρχει επαφή του πέλματος στο έδαφος.



## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν τρεις (3) γυναίκες με νόσο του Πάρκινσον. Η εξεταζόμενη Α ήταν 72 ετών, η εξεταζόμενη Β 64 ετών και η εξεταζόμενη Γ 75 ετών. Πριν τη διεξαγωγή της έρευνας οι εξεταζόμενες ενημερώθηκαν για τον σκοπό και το πρωτόκολλο της έρευνας και τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν υπεύθυνη δήλωση εκούσιας συμμετοχής στο πείραμα. Επιπλέον αποκτήθηκε ιατρική γνωμάτευση σχετικά με την πλήρη δυνατότητα της συμμετοχής τους στην ερευνητική διαδικασία.

### Περιγραφή των οργάνων μέτρησης

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα μέτρησης:

1. *Ζυγαριά*, για τη μέτρηση της σωματικής μάζας με ακρίβεια 0.5kgf.
2. *Μετροταινία*, για τη μέτρηση του σωματικού ύψους με ακρίβεια 0.5cm.
3. *Σύστημα ηλεκτρονικής χρονομέτρησης*, αποτελούμενο από δύο ζεύγη φωτοκυττάρων-ανακλαστήρων και ηλεκτρονικό χρονόμετρο με δυνατότητα μέτρησης ενδιάμεσων χρόνων και συνολικού χρόνου της κίνησης. Κάθε ζεύγος φωτοκυττάρων-ανακλαστήρων ήταν τοποθετημένο σε δύο τρίποδες μεταβλητού ύψους που διέθεταν κεφαλές πολλαπλών ρυθμίσεων.
4. *Σύστημα ανάλυσης της κίνησης με βιντεοκάμερες*, για την καταγραφή και ανάλυση των κινηματικών παραμέτρων του βαδίσματος (Ariel Performance Analysis System–APAS). Το σύστημα περιελάμβανε:
  - δύο ψηφιακές κάμερες (RedLake Imaging Co., τύπος 1000S). Κάθε κάμερα είχε ταχύτητα λήψης 60 έως 1000 εικόνες το δευτερόλεπτο, μεταβλητή ταχύτητα φωτοφράκτη μεταξύ 1/60sec έως 1/5000sec, φακό μεταβλητής εστίασης και τιμών διαφράγματος και ψηφιακό μέσο αποθήκευσης χωρητικότητας 1024 διαφορετικών εικόνων. Επιπλέον, κάθε κάμερα διέθετε δυνατότητα συγχρονισμού μέσω διάταξης ηλεκτρονικού κλειδώματος (genlock), είσοδο εξωτερικού σήματος ενεργοποίησης (trigger) και έξοδο S-video.

- τρίποδες για την τοποθέτηση των μηχανών λήψης
  - δύο προβολείς ισχύος 300W
  - διαβαθμιστή σχήματος κύβου με διαστάσεις 180x180x90cm
  - δύο βίντεο (Panasonic) για την εγγραφή των εικόνων από το ψηφιακό μέσο αποθήκευσης της κάμερας
  - Η/Υ εφοδιασμένο με κάρτα βίντεο για τη μεταφορά των εικόνων από τις βιντεοταινίες στον σκληρό δίσκο του Η/Υ σε ψηφιακή μορφή, δύο μόνιτορ (με ανάλυση 1024x768) και έγχρωμο εκτυπωτή.
  - Ειδικό λογισμικό (software) για την ψηφιοποίηση των εικόνων, την επεξεργασία και ανάλυση των κινηματικών δεδομένων
5. *Σύστημα καταγραφής και ανάλυσης των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους.* Το σύστημα περιελάμβανε:
- ένα πιεζοηλεκτρικό δυναμοδάπεδο (Kistler, τύπος 9281B11), διαστάσεων 40x60cm. Το δυναμοδάπεδο ήταν εφοδιασμένο με τέσσερις πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς, για την καταγραφή των τριών συνιστωσών (κατακόρυφη-Fz, προσθιοπίσθια-Fy και εγκάρσια-Fx) της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, των τριών συνιστωσών της αντίστοιχης ροπής και των συντεταγμένων του κέντρου πίεσης (σημείο εφαρμογής της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στην επιφάνεια του δυναμοδαπέδου). Το δυναμοδάπεδο βρισκόταν πακτωμένο στο έδαφος μέσω ενός ειδικού πλαισίου ανάρτησης (Kistler, τύπος 9423).
  - Ενισχυτή φορτίου (Kistler, τύπος 9865C1Y28) για την ενίσχυση του ηλεκτρικού φορτίου των πιεζοηλεκτρικών μετατροπέων του δυναμοδαπέδου και τη μετατροπή τους σε αναλογικό σήμα (Volt).
  - Κάρτα μετατροπής των αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά (ARIEL Analog/Digital input-16 A/D Channels) για τη μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και την καταγραφή του σε Η/Υ.
  - Λογισμικό καταγραφής, επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους.
6. *Σύστημα συγχρονισμού των δύο μηχανών λήψης και του δυναμοδαπέδου.* Το σύστημα αποτελούνταν από ηλεκτρονικό κύκλωμα με είσοδο το σήμα εξόδου ενός μετατροπέα του δυναμοδαπέδου και έξοδο αναλογικό σήμα τάσεως 10V. Η έξοδος του αναλογικού σήματος συνδεόταν με την είσοδο συγχρονισμού της μιας ψηφιακής κάμερας (master), η έξοδος συγχρονισμού της οποίας συνδεόταν

με την είσοδο συγχρονισμού της δεύτερης κάμερας (slave). Με τον τρόπο αυτό οι δύο κάμερες ενεργοποιούνται ταυτόχρονα με την επαφή του πέλματος του βαδιστή στο δυναμοδάπεδο.

Όλα τα παραπάνω όργανα ελέγχθηκαν για την σωστή και αξιόπιστη λειτουργία τους πριν από την έναρξη των μετρήσεων.

### **Διαδικασία μέτρησης**

Οι μετρήσεις και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ. το 2004. Λόγω της ιδιαιτερότητας του δείγματος αποφασίστηκε οι μετρήσεις να πραγματοποιηθούν για κάθε άτομο ξεχωριστά. Για το λόγο αυτό καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε όλες οι μετρήσεις να πραγματοποιηθούν σε σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία).

#### *ι) Προετοιμασία του χώρου των μετρήσεων*

Πριν από την πραγματοποίηση των μετρήσεων οργανώθηκε ο χώρος μέτρησης με τον ορισμό ενός διαδρόμου βάδισης μήκους 15m, στο μέσο του οποίου βρισκόταν το δυναμοδάπεδο. Τα δύο ζεύγη φωτοκυττάρων-ανακλαστήρων τοποθετήθηκαν 2m πριν και μετά από τη μέση γραμμή του δυναμοδαπέδου, κάθετα στο διάδρομο βάδισης. Κατά συνέπεια η μεταξύ τους απόσταση ήταν 4m. Οι κάμερες τοποθετήθηκαν στη δεξιά πλευρά του διαδρόμου βάδισης και σε απόσταση 5m από αυτόν. Οι κάμερες τοποθετήθηκαν έτσι ώστε οι οπτικοί τους άξονες να σχηματίζουν γωνία  $80^\circ$ . Καθένας από τους δύο προβολείς τοποθετήθηκε στο ίδιο ύψος με την αντίστοιχη κάμερα με την διεύθυνση της φωτεινής του δέσμης να είναι παράλληλη με τον οπτικό άξονα της κάμερας.

Για τη διαβάθμιση του χώρου λήψης ο διαβαθμιστής τοποθετήθηκε στο μέσο της απόστασης μεταξύ των φωτοκυττάρων, παράλληλα προς τον διάδρομο βάδισης. Το σταθερό σημείο τοποθετήθηκε σε απόσταση 50cm από τη διεύθυνση βαδίσματος, κάθετα σε αυτή. Πάνω στις ακμές του διαβαθμιστή, τοποθετήθηκαν 12 αυτοκόλλητοι σφαιρικοί ανακλαστήρες, διαμέτρου 1.5cm, σε διάφορα σημεία του που βρισκόντουσαν σε όλα τα επίπεδα του κύβου.

### *ii) Προετοιμασία των εξεταζομένων*

Οι εξεταζόμενες προσέρχονταν χωριστά στο χώρο των μετρήσεων, 3 ώρες τουλάχιστον μετά τη λήψη του τελευταίου γεύματος και χωρίς να έχουν προηγουμένως συμμετάσχει σε κάποια έντονη δραστηριότητα. Μετά την προσέλευση τους έβγαζαν τα παπούτσια και τις κάλτσες τους, καθώς και κάθε ρούχο που πιθανόν να παρεμπόδιζε την ελεύθερη κίνηση των κάτω άκρων κατά το βάδισμα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σφαιρικοί αυτοκόλλητοι ανακλαστήρες διαμέτρου 1cm στην κεφαλή του 2<sup>ου</sup> μεταταρσίου, στο οπίσθιο άκρο της πτέρνας, στον έξω σφυρό και στον έξω μηριαίο κόνδυλο του κάθε κάτω άκρου. Με τον τρόπο αυτό το κάθε κάτω άκρο μοντελοποιήθηκε ως ένα σύστημα δύο άκαμπτων μελών: α) κνήμη, οριζόμενη ως το ευθύγραμμο τμήμα με κοντινό (proximal) σημείο τον ανακλαστήρα του έξω μηριαίου κόνδυλου και μακρινό (distal) σημείο τον ανακλαστήρα στο έξω σφυρό και β) άκρο πόδι, οριζόμενο ως το ευθύγραμμο τμήμα με κοντινό σημείο τον ανακλαστήρα του οπίσθιου άκρου της πτέρνας και μακρινό σημείο τον ανακλαστήρα της κεφαλής του 2<sup>ου</sup> μεταταρσίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο ανακλαστήρας της πτέρνας τοποθετήθηκε ακριβώς στο ίδιο ύψος από το έδαφος, με τον ανακλαστήρα της κεφαλής του 2<sup>ου</sup> μεταταρσίου, ώστε το μεταξύ τους ευθύγραμμο τμήμα (που αντιστοιχούσε στο άκρο πόδι) να είναι οριζόντιο με το έδαφος κατά την πλήρη επαφή του πέλματος.

Μετά την τοποθέτηση των ανακλαστήρων καταγραφόταν το ύψος και το βάρος των εξεταζομένων καθώς και το μήκος του κάθε κάτω άκρου τους. Το μήκος του κάθε κάτω άκρου μετρήθηκε σε εκατοστά, από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα μέχρι τον έξω σφυρό του αντίστοιχου άκρου, μέσω μιας μετροταινίας. Επιπλέον, μετρήθηκε το πλάτος της λεκάνης τους, ως η απόσταση μεταξύ των δύο πρόσθιων άνω λαγόνιων ακάνθων, σε εκατοστά, μέσω ενός ανθρωπομετρικού παχύμετρου.

### *iii) Διεξαγωγή των μετρήσεων*

Η κίνηση που μελετήθηκε ήταν το βάδισμα των ασθενών με νόσο του Πάρκινσον με φυσική ταχύτητα. Η φυσική ταχύτητα ορίστηκε ως η ταχύτητα του βαδίσματος κατά τον περίπατο αναψυχής. Πριν την έναρξη της καταγραφής των δεδομένων του βαδίσματος, οι εξεταζόμενες εκτέλεσαν 10 προσπάθειες εξοικείωσης με το χώρο και τον εξοπλισμό των μετρήσεων.

Στη συνέχεια, κατά την κυρίως μέτρηση, οι εξεταζόμενες βάδισαν αρχικά προς μια κατεύθυνση για την καταγραφή των δεδομένων του ενός κάτω άκρου και μετά προς την αντίθετη κατεύθυνση, για την καταγραφή των δεδομένων του αντίθετου κάτω

άκρου. Στην κάθε κατεύθυνση πραγματοποιήθηκαν 10 έγκυρες προσπάθειες βάδισης με φυσική ταχύτητα. Σε κάθε έγκυρη προσπάθεια καταγράφηκαν οι εικόνες της κίνησης του αντίστοιχου κάτω άκρου και οι τιμές των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους. Ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των διαδοχικών προσπαθειών ήταν 3 λεπτά. Κατά τη διάρκεια του διαλείμματος αντιγράφονταν οι εικόνες της κίνησης από το ψηφιακό μέσο της κάμερας σε S-VHS βιντεοταινίες και μηδενίζονταν οι ενδείξεις του δυναμοδαπέδου.

Οι εικόνες της κίνησης του κάθε κάτω άκρου κατά το βάδισμα καταγράφηκαν με ταχύτητα λήψης 125 εικόνες/sec και με ταχύτητα φωτοφράκτη 1/500sec. Το κάδρο λήψης της κάθε κάμερας ρυθμίστηκε ώστε να καταγράφεται ένας πλήρης κύκλος βαδίσματος. Επιπλέον, τα δεδομένα των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους καταγράφηκαν με συχνότητα δειγματοληψίας 1000Hz.

#### *iv) Επεξεργασία των εικόνων*

Μετά το τέλος των μετρήσεων, οι εικόνες της κάθε προσπάθειας της κάθε εξεταζόμενης μεταφέρθηκαν, σε ψηφιακή μορφή, στον σκληρό δίσκο του Η/Υ του συστήματος ανάλυσης της κίνησης (APAS). Με τη βοήθεια του λογισμικού του APAS πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση των εικόνων και προσδιορίστηκαν οι δυσδιάστατες συντεταγμένες της θέσης του κάθε ανακλαστήρα στο επίπεδο της λήψης της κάθε κάμερας. Ακολούθησε ο μετασχηματισμός των δισδιάστατων συντεταγμένων των ανακλαστήρων σε πραγματικές τρισδιάστατες συντεταγμένες με τη μέθοδο του άμεσου γραμμικού μετασχηματισμού (DLT) (Abdel-Aziz & Karara, 1971).

Οι αρχικές τρισδιάστατες τιμές των συντεταγμένων της θέσης των ανακλαστήρων εξομαλύνθηκαν με ψηφιακά κάτω-διαπερατά φίλτρα Butterworth 2<sup>ης</sup> τάξης. Για τον προσδιορισμό των συχνοτήτων κοπής των ψηφιακών φίλτρων πραγματοποιήθηκε ανάλυση υπολοίπων της εξομάλυνσης, δηλαδή των διαφορών μεταξύ των φιλτραρισμένων και των αρχικών δεδομένων για ευρύ φάσμα συχνοτήτων κοπής, από 2 ως 12Hz, αυξανόμενο κατά 1Hz κάθε φορά. Ο υπολογισμός των υπολοίπων ( $R_{(f_c)}$ ) της εξομάλυνσης για κάθε συχνότητα κοπής και για ένα σύνολο N τιμών (δειγμάτων), έγινε σύμφωνα με την εξίσωση (Winter, 1991):

$$R_{(f_c)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_j)^2}$$

όπου,  $x_i$  = η αρχική τιμή του  $i$  δείγματος και  $x_j$  = η φιλτραρισμένη τιμή του, με συχνότητα κοπής  $f_c$ .

Απ' το διάγραμμα των υπολοίπων της εξομάλυνσης προς τις συχνότητες κοπής, επιλέχθηκε στη συνέχεια η κατάλληλη συχνότητα κοπής για κάθε άτομο, με τιμές που κυμαίνονταν μεταξύ 5 και 6Hz.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι παρακάτω βασικές κινηματικές παράμετροι του βαδίσματος:

- Διάρκεια κύκλου βάδισης (διασκελισμού): ο χρόνος ανάμεσα στην αρχική επαφή της φτέρνας του εξεταζόμενου ποδιού και στην δεύτερη επαφή της φτέρνας του ίδιου ποδιού. Η διάρκεια του διασκελισμού μετρήθηκε σε δευτερόλεπτα.
- Διάρκεια βήματος: ο χρόνος ανάμεσα στην αρχική επαφή της φτέρνας του αντίθετου ποδιού και στην επόμενη επαφή της φτέρνας του εξεταζόμενου ποδιού. Η διάρκεια του βήματος μετρήθηκε σε δευτερόλεπτα και στη συνέχεια υπολογίστηκε ως ποσοστό % της διάρκειας του κύκλου βάδισης
- Διάρκεια στήριξης: ο χρόνος ανάμεσα στην αρχική επαφή της φτέρνας του εξεταζόμενου ποδιού και στην απογείωση των δακτύλων του ίδιου ποδιού από το έδαφος. Η διάρκεια της στήριξης μετρήθηκε σε δευτερόλεπτα και στη συνέχεια υπολογίστηκε ως ποσοστό % του κύκλου βάδισης
- Διάρκεια αιώρησης: ο χρόνος ανάμεσα στην απογείωση των δακτύλων του εξεταζόμενου ποδιού και στην δεύτερη επαφή της φτέρνας του ίδιου ποδιού με το έδαφος. Η διάρκεια της αιώρησης μετρήθηκε σε δευτερόλεπτα και στη συνέχεια υπολογίστηκε ως ποσοστό % του κύκλου βάδισης
- Διάρκεια μονής στήριξης: ο χρόνος ανάμεσα στην απογείωση των δακτύλων του αντίθετου ποδιού και στην προσγείωση της φτέρνας του αντίθετου ποδιού. Η διάρκεια μονής στήριξης μετρήθηκε σε δευτερόλεπτα και στη συνέχεια υπολογίστηκε ως ποσοστό % του κύκλου βάδισης
- Διάρκεια διπλής στήριξης: το άθροισμα του χρόνου ανάμεσα στην αρχική επαφή της φτέρνας του εξεταζόμενου ποδιού και στην απογείωση των δακτύλων του αντίθετου ποδιού και του χρόνου ανάμεσα στην προσγείωση των δακτύλων του αντίθετου ποδιού και στην απογείωση των δακτύλων του εξεταζόμενου ποδιού. Η διάρκεια της διπλής στήριξης μετρήθηκε σε

δευτερόλεπτα και στην συνέχεια υπολογίστηκε ως ποσοστό % του κύκλου βάρδισης

- Λόγος αιώρησης /στήριξης: το πηλίκο της διάρκειας της αιώρησης προς την διάρκεια της στήριξης.
- Συχνότητα βάρδισης: ο αριθμός των βημάτων στη διάρκεια ενός λεπτού. Υπολογίστηκε από το πηλίκο του 2 (βήματα) προς τη διάρκεια του κύκλου βάρδισης. Η συχνότητα βάρδισης υπολογίστηκε σε βήματα ανά λεπτό (steps/min)
- Μήκος διασκελισμού: η οριζόντια απόσταση στη διεύθυνση του βαδίσματος μεταξύ της φτέρνας του εξεταζόμενου ποδιού κατά την πρώτη πλήρη επαφή του πέλματος και της φτέρνας του ίδιου ποδιού στην επόμενη πλήρη επαφή του πέλματος. Το μήκος διασκελισμού υπολογίστηκε σε εκατοστά και στη συνέχεια εκφράστηκε ως ποσοστό % του μήκους του αντίστοιχου κάτω άκρου
- Μήκος βήματος: η οριζόντια απόσταση στη διεύθυνση του βαδίσματος μεταξύ της φτέρνας του αντίθετου ποδιού κατά την πλήρη επαφή του πέλματος του και τη φτέρνας του εξεταζόμενου ποδιού κατά την επόμενη πλήρη επαφή του πέλματος του εξεταζόμενου ποδιού. Το μήκος του βήματος υπολογίστηκε σε εκατοστά και στη συνέχεια εκφράστηκε σε ποσοστό % του μήκους του αντίστοιχου κάτω άκρου.
- Πλάτος βάσης στήριξης: η κάθετη στη διεύθυνση του βαδίσματος απόσταση ανάμεσα στη φτέρνα του εξεταζόμενου ποδιού κατά την πλήρη επαφή του πέλματος του και στη φτέρνα του αντίθετου ποδιού κατά την επόμενη πλήρη επαφή του πέλματος του αντίθετου ποδιού. Το πλάτος της βάσης στήριξης υπολογίστηκε σε εκατοστά και στη συνέχεια εκφράστηκε ως ποσοστό % του πλάτους της λεκάνης της εξεταζόμενης.
- Γωνία ποδιού: η γωνία ανάμεσα στον επιμήκη άξονα του πέλματος του εξεταζόμενου ποδιού και στην διεύθυνση του βαδίσματος. Η γωνία ποδιού υπολογίστηκε σε μοίρες
- Ταχύτητα βαδίσματος: το γινόμενο του μήκους του διασκελισμού επί την διάρκεια του διασκελισμού του εξεταζόμενου κάτω άκρου. Η ταχύτητα βαδίσματος υπολογίστηκε σε εκατοστά ανά δευτερόλεπτο.
- Λόγος βαδίσματος (walk ratio): το πηλίκο της συχνότητας βάρδισης προς το μήκος βήματος

#### ν) Επεξεργασία των δεδομένων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω οι τιμές των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους [κατακόρυφη ( $F_z$ ), οριζόντια στη διεύθυνση βαδίσματος ( $F_y$ ) και οριζόντια κάθετη στη διεύθυνση βαδίσματος ( $F_x$ )] καταγράφηκαν αρχικά με συχνότητα δειγματοληψίας 1000Hz. Στη συνέχεια οι τιμές της κάθε συνιστώσας υπολογίστηκαν για κάθε 1% της διάρκειας της στήριξης με τη μέθοδο της παρεμβολής (interpolation) με τμηματικά πολυώνυμα τρίτου βαθμού (cubic splines), μέσω κατάλληλου αλγόριθμου που δημιουργήθηκε στο λογισμικό μαθηματικής επεξεργασίας δεδομένων MatLab v.13.1. Επιπλέον, οι τιμές της κάθε συνιστώσας σχετικοποιήθηκαν ως προς το βάρος της εξεταζόμενης και εκφράστηκαν ως ποσοστό % του βάρους της.

#### Σχεδιασμός της έρευνας

Οι εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας ήταν όλες οι εξεταζόμενες βασικές κινηματικές παράμετροι του βαδίσματος (διάρκεια κύκλου βάδισης, διάρκεια βήματος, διάρκεια στήριξης, διάρκεια αιώρησης, διάρκεια μονής στήριξης, διάρκεια διπλής στήριξης, λόγος αιώρησης /στήριξης, συχνότητα βαδίσματος, μήκος διασκελισμού, μήκος βήματος, πλάτος βάσης στήριξης, γωνία ποδιού, ταχύτητα βαδίσματος και λόγος βαδίσματος) καθώς και οι τρεις συνιστώσες της δύναμης αντίδρασης του εδάφους.

Κατά τη στατιστική επεξεργασία των παραπάνω μεταβλητών, αρχικά ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής όλων των κινηματικών μεταβλητών με το μη-παραμετρικό τεστ Kolmogorov-Smirnov για ένα δείγμα. Στη συνέχεια για τον έλεγχο της επαναληπτικότητας των κινηματικών μεταβλητών υπολογίστηκε για το κάθε κάτω άκρο ο συντελεστής μεταβλητότητας (coefficient of variation – CV) των 10 προσπαθειών. Επιπλέον, για τον έλεγχο της επαναληπτικότητας των δεδομένων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, υπολογίστηκαν για το κάθε κάτω άκρο και για την κάθε συνιστώσα ο συντελεστής μεταβλητότητας των 10 προσπαθειών, ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (intra-class correlation coefficient - ICC) τόσο για το σύνολο των 10 προσπαθειών όσο και για μια μεμονωμένη προσπάθεια, καθώς και ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης (coefficient of multiple correlation – CMC) για το σύνολο των προσπαθειών. Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας στην παρούσα έρευνα ορίστηκε το  $p < .05$ .



## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους Πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των βασικών κινηματικών παραμέτρων του βαδίσματος, για τα δύο κάτω άκρα των εξεταζομένων.

**Πίνακας 1.** Μέσοι όροι (T.A.) των χρονικών παραμέτρων του βαδίσματος, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των εξεταζομένων.

Παράμετροι	Εξεταζόμενη							
	Α		B*		B		Γ	
	Δ	Α	Δ	Α	Δ	Α	Δ	Α
Διάρκεια διασκελισμού (sec)	1,27 (0,04)	1,29 (0,05)	2,24 (0,21)	2,19 (0,14)	1,50 (0,08)	1,51 (0,07)	1,69 (0,15)	1,80 (0,20)
Διάρκεια βήματος (% κύκλου)	49,4 (0,99)	49,61 (1,22)	50,45 (2,55)	48,46 (3,60)	50,12 (1,38)	51,01 (1,91)	50,96 (1,88)	47,80 (1,99)
Διάρκεια στήριξης (% κύκλου)	66,35 (1,02)	65,18 (0,81)	75,69 (2,59)	75,67 (2,24)	70,17 (2,41)	68,55 (1,92)	77,15 (2,47)	74,92 (3,63)
Διάρκεια αιώρησης (% κύκλου)	33,64 (1,02)	34,81 (0,81)	24,30 (2,59)	24,32 (2,24)	29,82 (2,41)	31,44 (1,92)	22,84 (2,47)	25,07 (3,63)
Διάρκεια μονής στήριξης (% κύκλου)	33,21 (1,52)	34,08 (0,84)	22,07 (2,45)	25,28 (3,21)	29,08 (2,32)	30,49 (1,91)	26,68 (3,33)	22,73 (2,15)
Διάρκεια διπλής στήριξης (% κύκλου)	33,14 (2,05)	31,09 (1,47)	53,61 (4,45)	50,39 (4,44)	41,09 (4,07)	38,05 (2,16)	50,46 (4,95)	52,19 (3,67)
Λόγος αιώρησης /στήριξης	0,50 (0,02)	0,53 (0,01)	0,32 (0,04)	0,32 (0,03)	0,42 (0,04)	0,45 (0,04)	0,29 (0,04)	0,33 (0,06)
Συχνότητα βάδισης (steps/min)	94,40 (3,60)	93,03 (4,10)	53,86 (5,01)	54,99 (3,51)	79,73 (4,73)	79,35 (3,77)	71,42 (6,36)	67,35 (7,30)

B\*: αφορά τη μέτρηση της εξεταζόμενης B, χωρίς την λήψη L-dopa

**Πίνακας 2.** Μέσοι όροι (Τ.Α.) των παραμέτρων του χώρου και των χωρο-χρονικών παραμέτρων του βαδίσματος, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των εξεταζομένων.

Παράμετροι	Εξεταζόμενη							
	Α		B*		B		Γ	
	Δ	Α	Δ	Α	Δ	Α	Δ	Α
Ταχύτητα βάδισης (m/s)	0,94 (0,03)	0,92 (0,03)	0,31 (0,03)	0,33 (0,04)	0,62 (0,08)	0,63 (0,09)	0,40 (0,04)	0,39 (0,03)
Λόγος βαδίσματος	0,006 (0,00)	0,006 (0,00)	0,006 (0,00)	0,006 (0,00)	0,005 (0,00)	0,005 (0,00)	0,004 (0,00)	0,005 (0,00)
Μήκος διασκελισμού (% μήκους κάτω άκρου)	147,51 (4,45)	149,44 (4,87)	82,22 (3,98)	84,92 (12,20)	110 (8,49)	92,89 (4,33)	69,12 (2,28)	69,75 (2,95)
Μήκος βήματος (% μήκους κάτω άκρου)	73,98 (2,85)	72,80 (1,70)	40,59 (3,35)	41,45 (3,95)	53,31 (2,97)	46,35 (1,49)	32,97 (0,72)	34,15 (1,95)
Πλάτος βάσης στήριξης (% πλάτους της λεκάνης)	44,54 (7,10)	44,19 (7,24)	19,80 (6,11)	35,40 (6,75)	26,55 (5,71)	20,46 (6,18)	53,87 (5,43)	55,40 (6,33)
Γωνία ποδιού (deg)	-9,86 (1,67)	-13,08 (2,10)	-4,59 (2,00)	-2,82 (3,46)	-5,04 (1,53)	-11,42 (2,06)	-9,41 (2,43)	-14,09 (2,89)

B\*: αφορά τη μέτρηση της εξεταζόμενης B, χωρίς την λήψη L-dopa

Για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας των βασικών κινηματικών χαρακτηριστικών του βαδίσματος αρχικά ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής όλων των μεταβλητών μέσω του τεστ Κομογορον-Smirnov ( $p < .05$ ). Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι όλες οι μεταβλητές ακολουθούσαν την κανονική κατανομή.

Σε ένα δεύτερο στάδιο προσδιορισμού της επαναληπτικότητας υπολογίστηκε ο συντελεστής διακύμανσης (coefficient of variation – CV) μέσω της εξίσωσης (Winter, 1991):

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X})^2}}{\bar{X}} \times 100\%$$

όπου,  $N$ : ο αριθμός των προσπαθειών,  $X_n$ : η τιμή της παραμέτρου στην κάθε προσπάθεια και  $\bar{X}$ : ο μέσος όρος των τιμών της παραμέτρων στο σύνολο των  $N$  προσπαθειών.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών μεταβλητότητας των παραμέτρων του βαδίσματος, για τα δύο κάτω άκρα των εξεταζομένων.

**Πίνακας 3.** Συντελεστές μεταβλητότητας (%) των παραμέτρων του βαδίσματος, για το δεξιό ( $\Delta$ ) και αριστερό ( $A$ ) κάτω άκρο των εξεταζομένων

Παράμετροι	Εξεταζόμενη							
	A		B*		B		Γ	
	$\Delta$	A	$\Delta$	A	$\Delta$	A	$\Delta$	A
Διάρκεια διασκελισμού	3,69	4,30	9,58	6,51	5,81	4,68	8,86	11,44
Διάρκεια βήματος	2,00	2,46	5,05	7,44	2,76	3,74	3,71	4,17
Διάρκεια στήριξης	1,53	1,24	3,43	2,97	3,43	2,81	3,20	4,85
Διάρκεια αιώρησης	3,03	2,32	10,67	9,23	8,09	6,12	10,81	14,5
Διάρκεια μονής στήριξης	4,61	2,48	11,11	12,70	7,99	6,27	12,50	9,49
Διάρκεια διπλής στήριξης	6,20	4,73	8,31	8,83	9,91	5,69	9,81	7,04
Λόγος αιώρησης /στήριξης	4,63	3,56	14,13	11,73	11,25	8,82	13,79	19,09
Συχνότητα βάδισης	3,81	4,41	9,31	6,39	5,94	4,76	8,90	10,85
Ταχύτητα βάδισης	3,38	3,66	12,11	14,57	12,99	13,69	10,00	7,69
Λόγος βαδίσματος	7,73	5,28	17,32	13,80	2,93	5,15	9,13	7,78
Μήκος διασκελισμού	3,02	3,26	4,84	14,37	7,72	4,67	3,29	4,23
Μήκος βήματος	3,86	2,34	8,25	9,53	5,57	3,22	2,18	5,71
Πλάτος βάσης στήριξης	15,95	16,38	30,80	19,07	21,52	30,20	10,08	11,43
Γωνία ποδιού	16,89	16,04	43,59	122,85	30,35	18,06	25,82	20,51

$\Delta$ : δεξιό κάτω άκρο, A: αριστερό κάτω άκρο

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις τρεις συνιστώσες της δύναμης αντίδρασης του εδάφους. Για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας των δεδομένων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, υπολογίστηκε ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (intra-class correlation coefficient – ICC) μεταξύ των

διαφορετικών δοκιμασιών βάδισης, 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 ενός αριθμού  $N$  μετρήσεων,  $MS_s$ : το μέσο τετράγωνο μεταξύ των προσπαθειών,  $MS_i$ : το μέσο τετράγωνο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των προσπαθειών και των χρονικών στιγμών του κύκλου του βαδίσματος.

Επιπλέον, υπολογίστηκε ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης για κάθε μια προσπάθεια βάδισης ( $ICC^I$ ), επίσης μέσω ενός μοντέλου ανάλυσης διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), σύμφωνα με την εξίσωση (Baumgartner, 1989):

$$ICC_1 = \frac{MS_s - MS_i}{MS_s + (N/K - 1) \cdot MS_i}$$

όπου,  $ICC^I$ : ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης για κάθε μία προσπάθεια,  $MS_s$ : το μέσο τετράγωνο μεταξύ των προσπαθειών,  $MS_i$ : το μέσο τετράγωνο της αλληλεπίδρασης μεταξύ προσπαθειών και χρονικών στιγμών του κύκλου βαδίσματος,  $N$ : ο αριθμός των προσπαθειών που καταγράφηκαν και  $K$ : ο αριθμός των επιθυμητών προσπαθειών για τις οποίες εκτιμάται ο συντελεστής επαναληπτικότητας.

Στη συνέχεια εκτιμήθηκε ο ελάχιστος αριθμός προσπαθειών ( $K$ ) που απαιτείται, ώστε να εξασφαλιστεί συντελεστής επαναληπτικότητας ( $r_{ICC}$ ) μεγαλύτερος ή ίσος με 0.95, μέσω της Spearman-Brown prophecy formula (Baumgartner, 1989):

$$r_{ICC} = \frac{K \cdot (ICC_1)}{1 + [(K - 1) \cdot (ICC_1)]} \Rightarrow K = \frac{r_{ICC} \cdot (1 - ICC_1)}{ICC_1 \cdot (1 - r_{ICC})}$$

όπου,  $ICC_1$ : ο υπολογισμένος συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης για κάθε μία δοκιμασία μέτρησης,  $K$ : ο αριθμός των επιθυμητών προσπαθειών και  $r_{ICC}$ : ο εκτιμώμενος συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης για  $K$  προσπάθειες (0.95).

Προκειμένου να υπολογιστεί ο συντελεστής μεταβλητότητας όλων των τιμών των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο σύνολο των 10 δοκιμασιών βάδισης, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία (Winter, 1991):

- i) ο χρόνος στήριξης σε κάθε δοκιμασία ορίστηκε ως το 100% του χρόνου στήριξης.
- ii) υπολογίστηκαν οι τιμές της κάθε συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, σε κάθε χρονικό διάστημα ίσο με 1% του χρόνου στήριξης, μέσω interpolation με ένα τμηματικό πολυώνυμο (spline).
- iii) Σε κάθε χρονικό διάστημα του 1% υπολογίστηκε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των τιμών της κάθε συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο σύνολο των 10 δοκιμασιών βάδισης.
- iv) Υπολογίστηκε, για κάθε εξεταζόμενο, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) μέσω της εξίσωσης (Winter, 1991):

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \sigma_i^2}}{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |\bar{X}_i|} \times 100\%$$

όπου,  $T$ : ο αριθμός των διαστημάτων του χρόνου στήριξης (100),  $\bar{X}_i$ : ο μέσος όρος των τιμών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους σε κάθε χρονικό διάστημα  $i$  και  $\sigma_i$ : η τυπική απόκλιση των τιμών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους σε κάθε χρονικό διάστημα  $i$ .

Επιπλέον, υπολογίστηκε ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης (coefficient of multiple correlation – CMC) μέσω της εξίσωσης (Gronney, et al, 1997):

$$CMC = \sqrt{1 - \frac{\frac{\sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T (F_{nt} - \bar{F}_t)^2}{T(N-1)}}{\frac{\sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T (F_{nt} - \bar{F})^2}{NT-1}}}$$

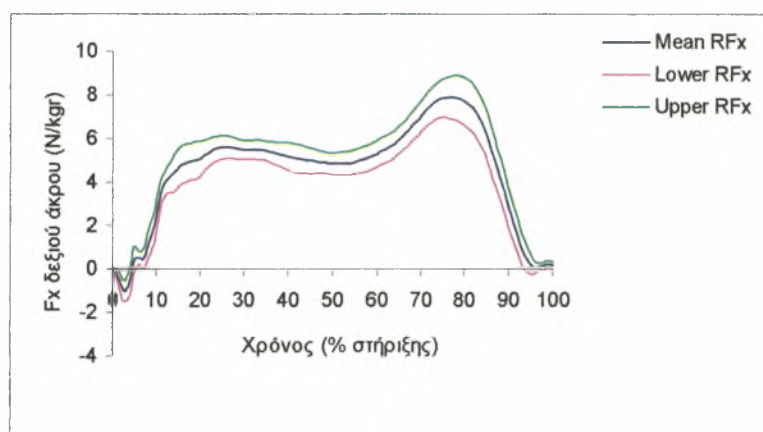
όπου,  $F_m$ : η τιμή της δύναμης σε κάθε χρονικό σημείο  $t$ , για κάθε προσπάθεια  $n$ ,  $T$ : ο αριθμός των χρονικών σημείων (100),  $N$ : ο αριθμός των δοκιμασιών βάρδισης (10),  $\bar{F}_t$ : ο μέσος όρος της τιμής της δύναμης, για τις  $n$  δοκιμασίες βάρδισης, σε κάθε χρονικό σημείο  $t$ , και  $\bar{F}$ : ο μέσος όρος όλων των τιμών της δύναμης στο σύνολο των χρονικών σημείων και στο σύνολο των δοκιμασιών βάρδισης. Οι δύο τελευταίες ποσότητες υπολογίζονται από τις εξισώσεις:

$$\bar{F}_t = \frac{\sum_{n=1}^N F_m}{N} \quad \text{και} \quad \bar{F} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T F_m}{NT}$$

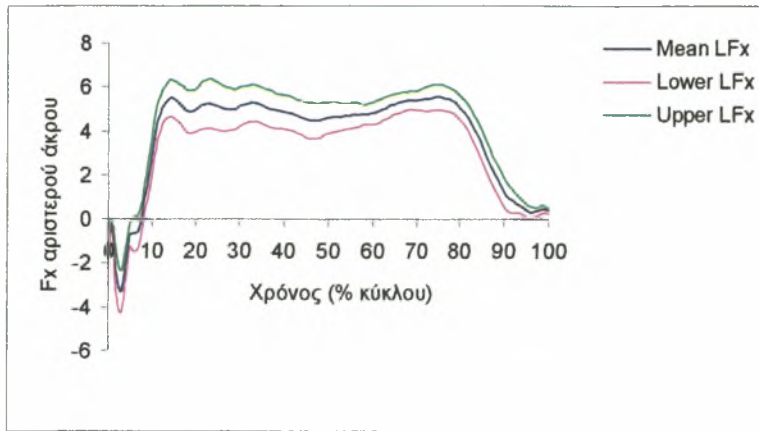
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια για κάθε συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους.

- **Οριζόντια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κάθετη στη διεύθυνση βάρδισης (Fx)**

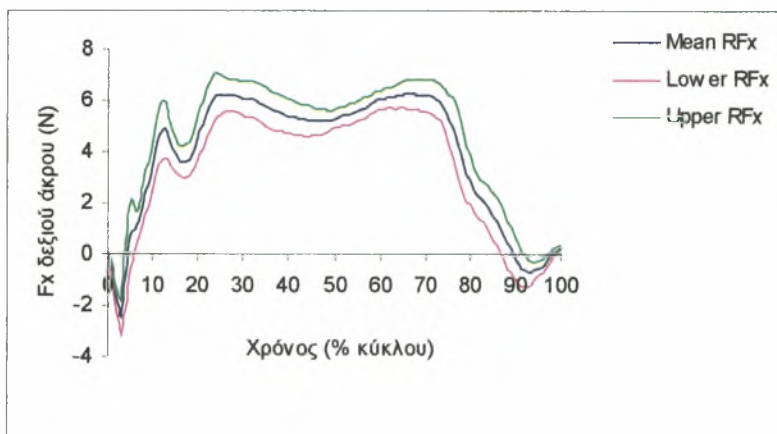
Στα διαγράμματα 1 έως 4 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της Fx των δύο κάτω άκρων, για τους τρεις εξεταζόμενους, μαζί με τα κατώτερα και ανώτερα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης 95%.



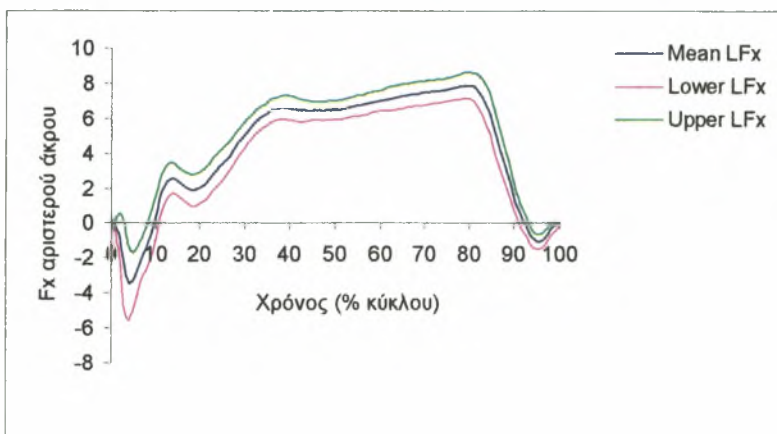
**Διάγραμμα 1.** Μέσος όρος (Mean Fx), ανώτερο (Upper Fx) και κατώτερο (Lower Fx) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fx του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.



**Διάγραμμα 2.** Μέσος όρος (Mean Fx), ανώτερο (Upper Fx) και κατώτερο (Lower Fx) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fx του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.

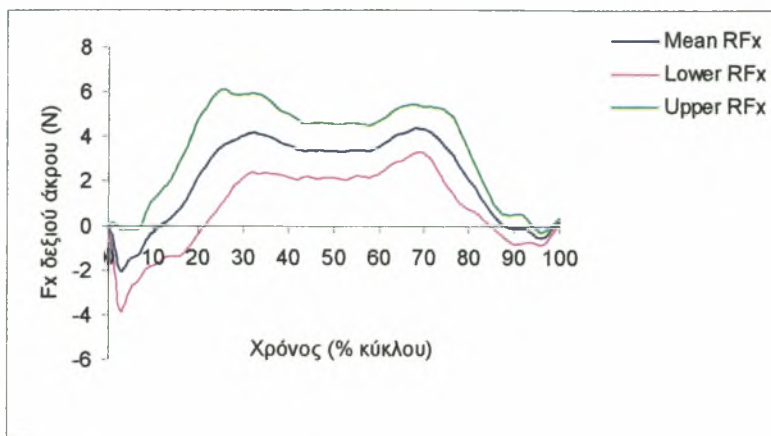


(α)

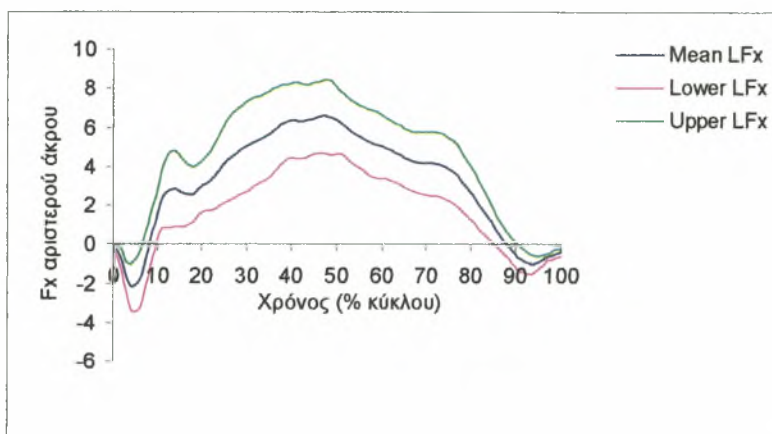


(β)

**Διάγραμμα 3.** Μέσος όρος (Mean Fx), ανώτερο (Upper Fx) και κατώτερο (Lower Fx) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fx του δεξιού (α) και του αριστερού (β) κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Β.



**Διάγραμμα 4.** Μέσος όρος (Mean Fx), ανώτερο (Upper Fx) και κατώτερο (Lower Fx) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fx του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.



**Διάγραμμα 5.** Μέσος όρος (Mean Fx), ανώτερο (Upper Fx) και κατώτερο (Lower Fx) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fx του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται για την Fx των δύο κάτω άκρων, των τριών εξεταζομένων, οι τιμές των συντελεστών πολλαπλής συσχέτισης (CMC), των συντελεστών μεταβλητότητας (CV%), των συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών (ICC<sub>10</sub>) και της μοναδικής προσπάθειας (ICC<sub>1</sub>), καθώς και ο ελάχιστος αριθμός προσπαθειών (K) για την εξασφάλιση αποδεκτής επαναληπτικότητας.

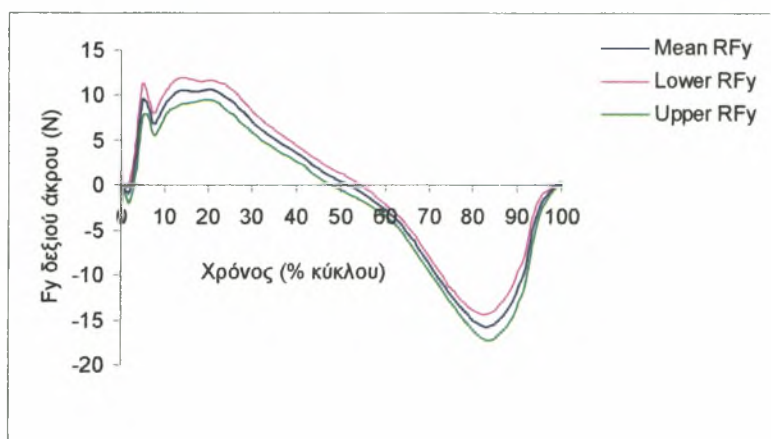


**Πίνακας 4.** Συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης (CMC), μεταβλητότητας (CV%), εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών ( $ICC_{10}$ ) και της μοναδικής προσπάθειας ( $ICC_1$ ) και ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών (K), για την Fx των δύο κάτω άκρων στους τρεις εξεταζόμενους.

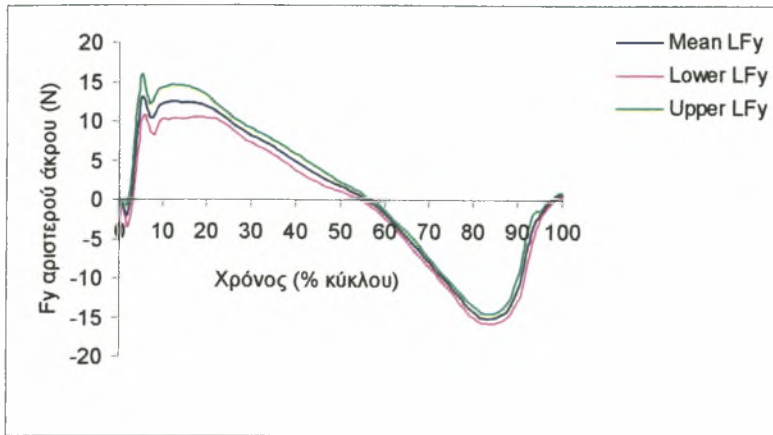
Στατιστική παράμετρος	Εξεταζόμενη Α		Εξεταζόμενη Β		Εξεταζόμενη Γ	
	Δεξί	Αριστερό	Δεξί	Αριστερό	Δεξί	Αριστερό
CMC	0,96	0,95	0,97	0,936	0,785	0,853
CV%	14,79	17,52	14,36	22,94	59,77	43,73
$ICC_{10}$	0,991*	0,989*	0,992*	0,993*	0,944	0,964
$ICC_1$	0,922	0,905	0,925	0,939	0,627	0,733
K	2	2	2	2	12	7

- **Οριζόντια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στη διεύθυνση προώθησης της βάρδιας (Fy)**

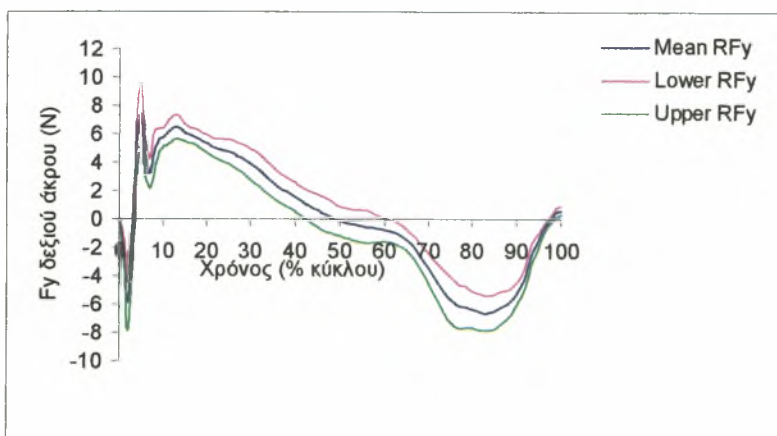
Στα διαγράμματα 5 έως 8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της Fy των δύο κάτω άκρων, για τους τρεις εξεταζόμενους, μαζί με τα κατώτερα και ανώτερα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης 95%.



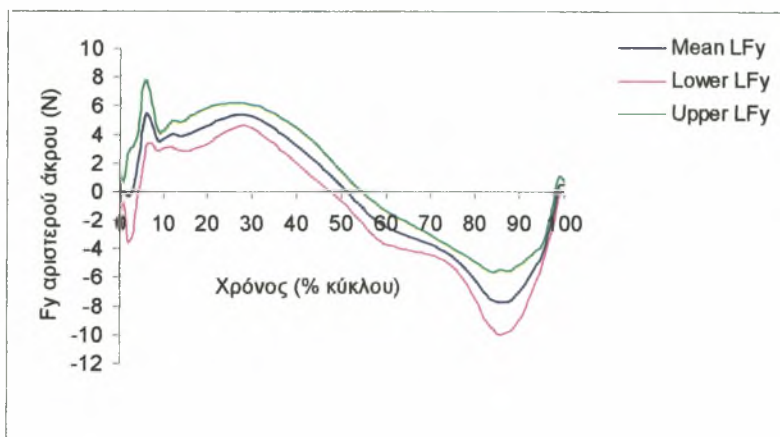
**Διάγραμμα 6.** Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.



**Διάγραμμα 7.** Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.

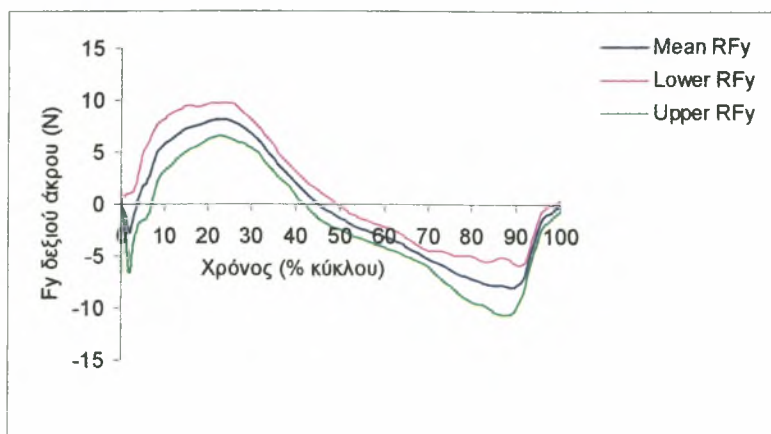


(α)

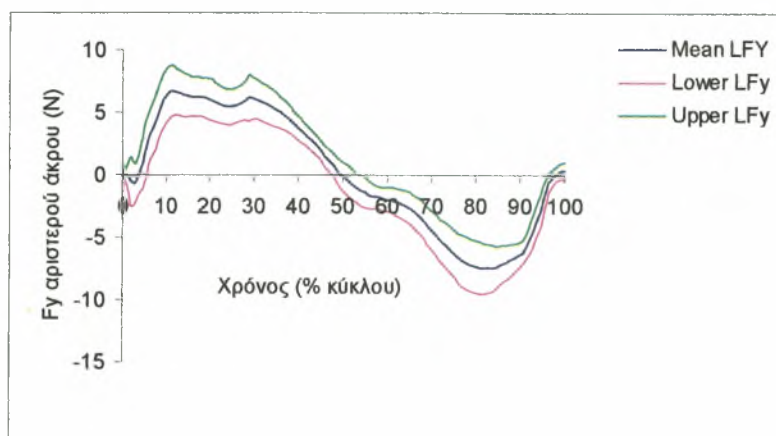


(β)

**Διάγραμμα 8.** Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του δεξιού (α) και του αριστερού (β) κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Β.



**Διάγραμμα 9.** Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.



**Διάγραμμα 10.** Μέσος όρος (Mean Fy), ανώτερο (Upper Fy) και κατώτερο (Lower Fy) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fy του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.

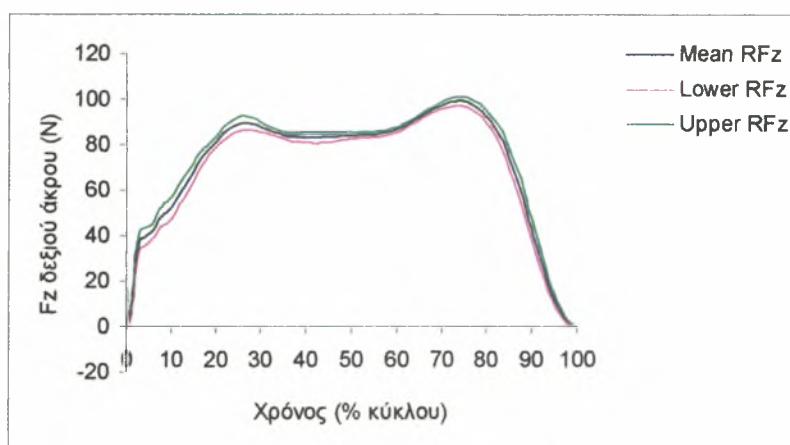
Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται για την Fy των δύο κάτω άκρων, των τριών εξεταζομένων, οι τιμές των συντελεστών πολλαπλής συσχέτισης (CMC), των συντελεστών μεταβλητότητας (CV%), των συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών (ICC<sub>10</sub>) και της μοναδικής προσπάθειας (ICC<sub>1</sub>), καθώς και ο ελάχιστος αριθμός προσπαθειών (K) για την εξασφάλιση αποδεκτής επαναληπτικότητας.

**Πίνακας 5.** Συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης (CMC), μεταβλητότητας (CV%), εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών ( $ICC_{10}$ ) και της μοναδικής προσπάθειας ( $ICC_1$ ) και ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών (K), για την Fy των δύο κάτω άκρων στους τρεις εξεταζόμενους.

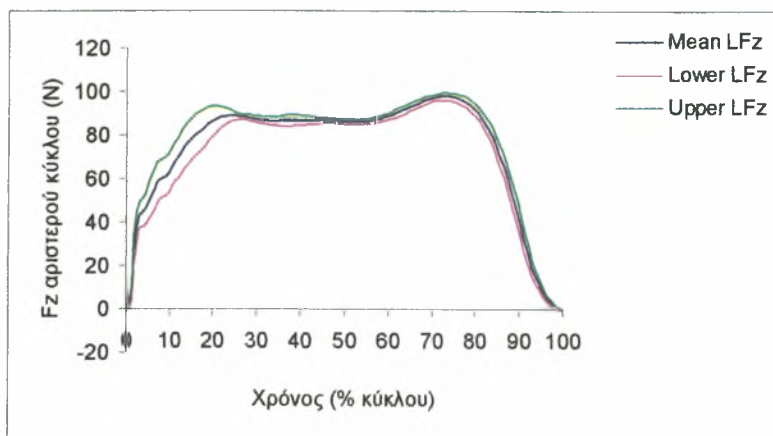
Στατιστική παράμετρος	Εξεταζόμενη Α		Εξεταζόμενη Β		Εξεταζόμενη Γ	
	Δεξί	Αριστερό	Δεξί	Αριστερό	Δεξί	Αριστερό
CMC	0,99	0,991	0,988	0,978	0,949	0,955
CV%	16,51	15,82	17,82	24,17	37,95	35,28
$ICC_{10}$	0,998*	0,998*	0,993*	0,991*	0,989*	0,991*
$ICC_1$	0,982*	0,983*	0,935	0,919	0,902	0,915
K	1	1	2	2	3	2

- **Κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους (Fz)**

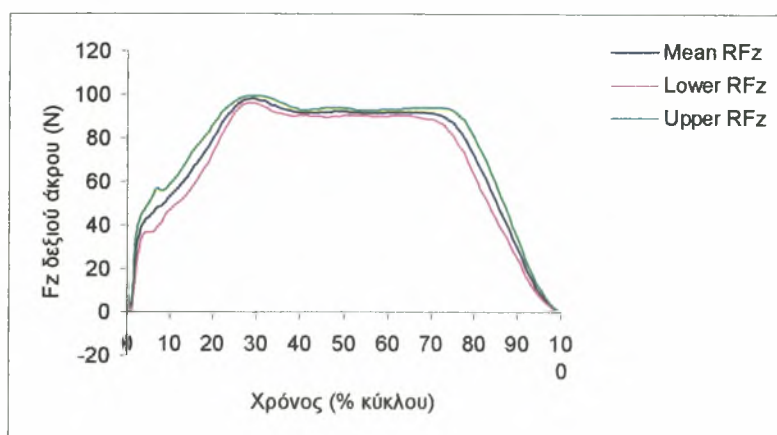
Στα διαγράμματα 9 έως 12 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της Fz των δύο κάτω άκρων, για τους τρεις εξεταζόμενους, μαζί με τα κατώτερα και ανώτερα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης 95%.



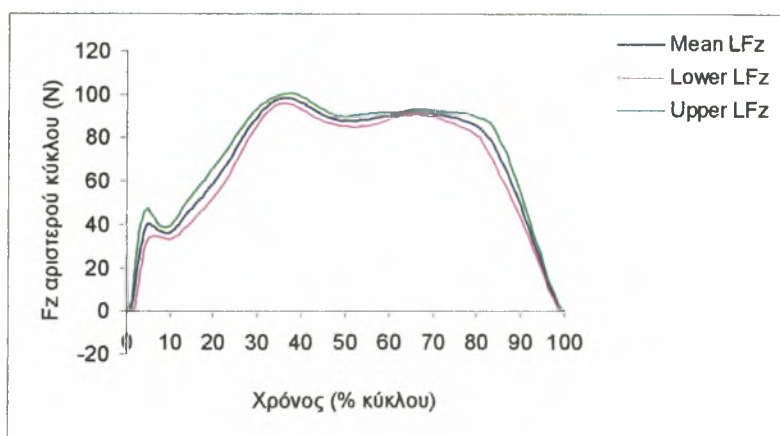
**Διάγραμμα 11.** Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.



**Διάγραμμα 12.** Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Α.

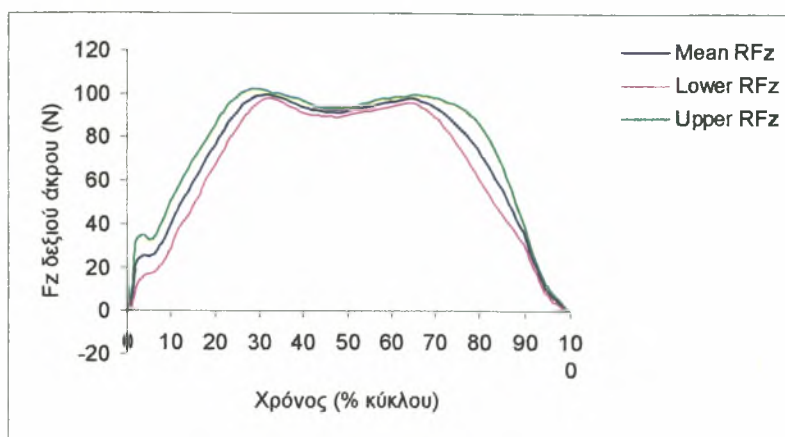


(α)

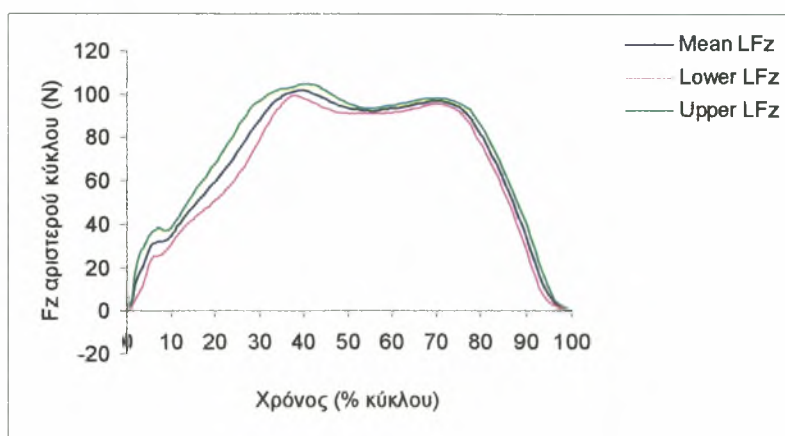


(β)

**Διάγραμμα 13.** Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του δεξιού (α) και του αριστερού (β) κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Β.



**Διάγραμμα 14.** Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του δεξιού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.



**Διάγραμμα 15.** Μέσος όρος (Mean Fz), ανώτερο (Upper Fz) και κατώτερο (Lower Fz) όριο διαστημάτων εμπιστοσύνης 95% των τιμών της Fz του αριστερού κάτω άκρου, για την εξεταζόμενη Γ.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται για την Fz των δύο κάτω άκρων, των τριών εξεταζομένων, οι τιμές των συντελεστών πολλαπλής συσχέτισης (CMC), των συντελεστών μεταβλητότητας (CV%), των συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών ( $ICC_{10}$ ) και της μοναδικής προσπάθειας ( $ICC_1$ ), καθώς και ο ελάχιστος αριθμός προσπαθειών (K) για την εξασφάλιση αποδεκτής επαναληπτικότητας.

**Πίνακας 6.** Συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης (CMC), μεταβλητότητας (CV%), εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δέκα προσπαθειών (ICC<sub>10</sub>) και της μοναδικής προσπάθειας (ICC<sub>1</sub>) και ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών (K), για την Fz των δύο κάτω άκρων στους τρεις εξεταζόμενους.

Στατιστική παράμετρος	Εξεταζόμενη Α		Εξεταζόμενη Β		Εξεταζόμενη Γ	
	Δεξί	Αριστερό	Δεξί	Αριστερό	Δεξί	Αριστερό
CMC	0,994	0,987	0,995	0,993	0,978	0,987
CV%	3,88	5,99	4,32	5,23	9,43	7,44
ICC <sub>10</sub>	0,998*	0,997*	0,997*	0,997*	0,995*	0,997*
ICC <sub>1</sub>	0,989*	0,974*	0,976*	0,977*	0,957	0,976*
K	1	1	1	1	1	1

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επαναληπτικότητα επιλεγμένων κινητικών χαρακτηριστικών (χωροχρονικά) και της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο βάδισμα ατόμων που έπασχαν από την νόσο του Πάρκινσον. Στη συνέχεια σχολιάζονται τα ευρήματα της μελέτης για καθένα από τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν.

- **Κινηματικά χαρακτηριστικά**

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η εξεταζόμενη Α βρισκόταν στην καλύτερη κατάσταση σε σχέση με τις άλλες δυο εξεταζόμενες. Οι τιμές που παρουσίασε στα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά του βαδίσματος πλησιάζουν αρκετά τις τιμές που αναφέρονται στις έρευνες των Μοπίς και των συνεργατών του (1999, 2001) και των Kimmeskamp και Henning (2001), για ασθενείς του Πάρκινσον σε προχωρημένο στάδιο. Αντίθετα οι τιμές, στις μεταβλητές που εξετάστηκαν, των άλλων δυο εξεταζόμενων ήταν σημαντικά μικρότερες από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

Στον πίνακα 1 φαίνεται ότι η διάρκεια διασκελισμού για την εξεταζόμενη Α ήταν 1,27 sec για το δεξί και 1,29 sec για το αριστερό πόδι, ενώ για την εξεταζόμενη Β είναι 1,50 και 1,51 αντίστοιχα και για την εξεταζόμενη Γ 1,69 και 1,80 sec. Η διάρκεια βήματος πλησιάζει το 50% του κύκλου βάδισης σε όλες τις εξεταζόμενες. Η αναλογία αιώρησης /στήριξης όμως, που δείχνει κατά πόσο ο εξεταζόμενος βαδίζει σταθερά και με σιγουριά, διαφέρει σημαντικά μεταξύ των εξεταζόμενων. Η εξεταζόμενη Α παρουσιάζει τις καλύτερες τιμές (0,50 και 0,53 για το δεξί και το αριστερό πόδι αντίστοιχα) ενώ ακολουθεί η εξεταζόμενη Β (0,42 και 0,45 αντίστοιχα) και τελευταία η εξεταζόμενη Γ με μόλις 0,29 για το δεξί και 0,33 για το αριστερό πόδι. Η αδυναμία αυτή της εξεταζόμενης Γ να ισορροπήσει, αλλά και να βαδίσει με σιγουριά φαίνεται και από το ότι η διάρκεια της διπλής στήριξης της καταλαμβάνει το 50% περίπου της διάρκειας του κύκλου βάδισης. Σύμφωνα με τον Μοπίς και τους συνεργάτες του (1999), ποσοστό στην διάρκεια διπλής στήριξης κοντά στο 50% του κύκλου βάδισης δηλώνει ότι η ασθένεια βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο. Αντίθετα τιμές μεταξύ 30-40%, τις οποίες έχουν επιτύχει οι εξεταζόμενες Α και Β, αναφέρονται σε υγιή άτομα της ίδιας ηλικιακής κατηγορίας. Τέλος



η συχνότητα βάδισης πλησιάζει τα 95 βήματα το λεπτό για την εξεταζόμενη Α, ενώ για τις άλλες δυο εξεταζόμενες βρίσκεται κάτω από τα 80 βήματα ανά λεπτό. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η συχνότητα βάδισης για τα υγιή άτομα είναι πάνω από 100 βήματα/ λεπτό, γεγονός που μας δείχνει ότι η εξεταζόμενη Α πλησιάζει σε αρκετές μεταβλητές τις τιμές των υγιών ατόμων στην ίδια ηλικιακή κατηγορία (Moppis et al., 2001).

Αναφορικά με την ταχύτητα βάδισης, το μήκος διασκελισμού, το μήκος βήματος και το πλάτος βάσης στήριξης οι τιμές της εξεταζόμενης Α είναι υπερδιπλάσιες από της εξεταζόμενης Γ. Ποιο συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι μόνο στην εξεταζόμενη Α και στο δεξί πόδι της εξεταζόμενης Β το μήκος διασκελισμού ξεπερνά το μήκος του κάτω άκρου τους. Η εξεταζόμενη Γ όμως, παρά την αρνητική εικόνα που παρουσιάζει στις περισσότερες μεταβλητές, έχει την καλύτερη βάση στήριξης (53,8% και 55,40% του πλάτους της λεκάνης).

Σχετικά με την επαναληπτικότητα των εξεταζόμενων χωρο-χρονικών παραμέτρων, διαπιστώθηκε ότι όλες σχεδόν, εκτός από το πλάτος της βάσης στήριξης και την γωνία του ποδιού, παρουσίασαν μεταβλητότητα μικρότερη από 12% σε όλες τις εξεταζόμενες. Εξάιρεση από τον παραπάνω κανόνα παρατηρείται στην ταχύτητα βάδισης της εξεταζόμενης Β και στο λόγος αιώρησης/ στήριξης της εξεταζόμενης Γ, μεταβλητές με συντελεστή μεταβλητότητας μεγαλύτερο από 12%. Από την μελέτη των αποτελεσμάτων επίσης διαπιστώνεται μια ομάδα παραμέτρων που παρουσίασαν μεταβλητότητα μικρότερη από 6% σε όλες τις εξεταζόμενες. Στην ομάδα αυτή ανήκουν οι παράμετροι: διάρκεια βήματος, διάρκεια στήριξης και μήκος βήματος. Αξίζει να επισημανθεί ότι δύο από αυτές, η διάρκεια βήματος και η διάρκεια στήριξης παρουσιάζουν πολύ μικρή μεταβλητότητα ακόμη και στην εξεταζόμενη Β χωρίς την λήψη φαρμακευτικής αγωγής. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η διάρκεια στήριξης και η διάρκεια βήματος αποτελούν τις πλέον αξιόπιστες χωροχρονικές παραμέτρους για την ανάλυση του βαδίσματος ασθενών με νόσο του Πάρκινσον. Σχετικά με τις υπόλοιπες παραμέτρους διαπιστώθηκε ότι ο βαθμός της μεταβλητότητας τους ήταν διαφορετικός σε κάθε εξεταζόμενη και μάλιστα είχε ανάλογη σχέση με την βαρύτητα της νόσου.

Μελετώντας επιπλέον, τα αποτελέσματα της εξεταζόμενης Β, η οποία μετρήθηκε χωρίς και μετά την χορήγηση της L-Dopa, παρατηρείται ότι η επίδραση της φαρμακευτικής αγωγής στις μεταβλητές που μελετήθηκαν ήταν ιδιαίτερα σημαντική. Η διάρκεια διασκελισμού από 2,24 sec και 2,19 sec για δεξί και αριστερό πόδι, μειώθηκε σε 1,50 sec και 1,51 sec αντίστοιχα. Επίσης ο λόγος αιώρησης / στήριξης από 0,32 έφτασε

στο 0,45, καθώς μειώθηκε η διάρκεια διπλής στήριξης πάνω από 10% και αυξήθηκε η διάρκεια μονής στήριξης (>5%) και η διάρκεια αιώρησης (>5%). Η συχνότητα και το μήκος του διασκελισμού αυξήθηκαν τόσο, ώστε η ταχύτητα βάδισης της εξεταζόμενης Β σχεδόν διπλασιάστηκε. Το πλάτος βάσης στήριξης και η γωνία ποδιού ήταν οι μοναδικές μεταβλητές που παρουσίασαν μη αναμενόμενη μεταβολή μετά την λήψη της φαρμακευτικής αγωγής. Το πλάτος βάσης στήριξης αυξήθηκε για το δεξί πόδι και μειώθηκε για το αριστερό, ενώ η γωνία ποδιού παρέμεινε σταθερή για το δεξί πόδι και αυξήθηκε για το αριστερό πόδι.

Αναφορικά με την επαναληπτικότητα των μεταβλητών, φαίνεται από τον Πίνακα 3 ότι η διαφορά για την εξεταζόμενη Β πριν και μετά την λήψη της φαρμακευτικής αγωγής είναι ιδιαίτερα αισθητή. Χωρίς τη χορήγηση L-Dopa οι 7 από τις 14 μεταβλητές δεν παρουσίαζαν επαναληπτικότητα και οι υπόλοιπες είχαν πολύ μικρή. Μετά την χορήγηση της οι μόνες μεταβλητές που δεν παρουσίαζαν επαναληπτικότητα ήταν η ταχύτητα βάδισης, το πλάτος της βάσης στήριξης και η γωνία ποδιού.

- **Χαρακτηριστικά της δύναμης αντίδρασης του εδάφους**

Για τα χαρακτηριστικά της δύναμης αντίδρασης του εδάφους θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν ήταν δυνατόν να γίνει καταγραφή των δεδομένων για την εξεταζόμενη Β, στην κατάσταση χωρίς τη λήψη της φαρμακευτικής αγωγής, καθώς λόγω του μικρού μήκους διασκελισμού η εξεταζόμενη πατούσε δυο φορές στο δυναμοδάπεδο.

Οι κυματομορφές της εξεταζόμενης Α και για τις τρεις συνιστώσες (εγκάρσια-Fx, προσθιοπίσθια-Fy και κατακόρυφη-Fz) μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με αυτές των υγιών ατόμων. Οι κυματομορφές των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους για την εξεταζόμενη Β είναι ελαφρώς διαφοροποιημένες από αυτές των υγιών ατόμων, ενώ για την εξεταζόμενη Γ παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με αντίστοιχες κυματομορφές των υγιών ατόμων. Επίσης παρατηρήθηκε ότι, για όλες τις εξεταζόμενες και για όλες τις συνιστώσες που εξετάστηκαν, οι καμπύλες του αριστερού κάτω άκρου είχαν μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις από αυτές του δεξιού κάτω άκρου, σε σχέση με τις καμπύλες των υγιών ατόμων.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι παρά το γεγονός ότι ως ελάχιστη αποδεκτή τιμή συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης και πολλαπλής συσχέτισης θεωρείται στις περισσότερες έρευνες τη τιμή 0.80, στην παρούσα έρευνα ως κριτήριο αποδεκτής επαναληπτικότητας ορίστηκε τιμή των παραπάνω συντελεστών μεγαλύτερη ή ίση με 0.95.

### ***Εγκάρσια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους ( $F_x$ )***

Οι τιμές του συντελεστή εσωτερικής συσχέτισης για τις δέκα προσπάθειες ( $ICC_{10}$ ) βρέθηκαν μεγαλύτερες από 0,95 για όλες τις εξεταζόμενες, εκτός από το δεξί πόδι της εξεταζόμενης Γ. Αντίθετα, οι τιμές του συντελεστή εσωτερικής συσχέτισης για μία προσπάθεια ( $ICC_1$ ) βρέθηκαν μικρότερες από 0.95 για όλες τις εξεταζόμενες. Το στοιχείο αυτό δηλώνει ότι είναι απαραίτητο να καταγραφούν περισσότερες από μια προσπάθειες, και για τις τρεις εξεταζόμενες, ώστε να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα από τη μελέτη των δεδομένων της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα. Από τον Πίνακα 4 διαπιστώθηκε ότι για τις πρώτες δύο εξεταζόμενες δύο μόνο προσπάθειες είναι αρκετές για την καταγραφή της εγκάρσιας συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους με επαναληπτικότητα μεγαλύτερη του 0.95. Αντίθετα, για την εξεταζόμενη Γ απαιτούνται να καταγραφούν τουλάχιστον 12 προσπάθειες για την αξιόπιστη καταγραφή της ίδιας συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο δεξί κάτω άκρο και τουλάχιστον 7 στο αριστερό. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η επαναληπτικότητα των τιμών της εγκάρσιας συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την βαρύτητα της νόσου.

### ***Προσθιοπίσθια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους ( $F_y$ )***

Οι τιμές του  $ICC_{10}$  και για τις τρεις εξεταζόμενες είναι πάνω από 0.95, ενώ το κριτήριο επαναληπτικότητας για το  $ICC_1$  επιτυγχάνεται μόνο από την εξεταζόμενη Α. Κατά συνέπεια για την εξεταζόμενη Α απαιτείται η καταγραφή μόνο μίας προσπάθειας, ώστε ο συντελεστής επαναληπτικότητας να είναι πάνω από 0.95. Για τις εξεταζόμενες Β και Γ οι τιμές του  $ICC_1$  είναι μικρότερες από 0.95 αλλά όχι τόσο πολύ όσο στην εγκάρσια συνιστώσα. Αναλυτικότερα, ο ελάχιστος αριθμός επαναλήψεων που απαιτούνται για την αξιόπιστη καταγραφή της προσθιοπίσθιας συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους είναι 2 για την εξεταζόμενη Β και 2 με 3 αντίστοιχα για το αριστερό και το δεξί κάτω άκρο της εξεταζόμενης Γ. Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η προσθιοπίσθια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους παρουσιάζει μεγαλύτερη επαναληπτικότητα από την εγκάρσια συνιστώσα κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον, στοιχείο που έχει βρεθεί και σε μελέτες της επαναληπτικότητας σε υγιή άτομα (Kadaba et al, 1989).

### *Κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους (Fz)*

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η κατακόρυφη συνιστώσα παρουσίασε πολύ μεγάλους συντελεστές επαναληπτικότητας. Ακόμη και οι τιμές του συντελεστή εσωτερικής συσχέτισης για μια μεμονωμένη προσπάθεια βρέθηκαν μεγαλύτερες από 0.95. Αυτό σημαίνει ότι για την αξιόπιστη καταγραφή της κατακόρυφης συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον αρκεί μια και μόνη προσπάθεια βάδισης. Η μεγαλύτερη επαναληπτικότητα της κατακόρυφης συνιστώσας σε σχέση με την προσθιοπίσθια και την εγκάρσια συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα έχει παρατηρηθεί επίσης σε προηγούμενες έρευνες της επαναληπτικότητας για άτομα χωρίς προβλήματα υγείας (Kadaba et al, 1989).

Συνοψίζοντας τα παραπάνω ευρήματα για τις τρεις συνιστώσες της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, διαπιστώθηκε ότι η κατακόρυφη (Fz) συνιστώσα παρουσίασε την μεγαλύτερη επαναληπτικότητα, ακολουθούμενη από την προσθιοπίσθια (Fy) και την εγκάρσια (Fx). Παρόλα αυτά, επειδή οι τρεις συνιστώσες καταγράφονται ταυτόχρονα κατά την ανάλυση του βαδίσματος, ο αριθμός των απαιτούμενων προσπαθειών βάδισης που πρέπει να καταγραφούν για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων θα προσδιορίζεται από τον βαθμό της επαναληπτικότητας της εγκάρσιας συνιστώσας. Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαπιστώθηκε ότι η επαναληπτικότητα της εγκάρσιας συνιστώσας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την βαρύτητα της νόσου, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να οριστεί ένας γενικός ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών.

Κατά συνέπεια, η επαναληπτικότητα των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον θα πρέπει να μελετάται χωριστά για κάθε εξεταζόμενο, κατά την περίοδο των αρχικών μετρήσεων και στη συνέχεια να ορίζεται ο ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων προσπαθειών για τις επόμενες μετρήσεις.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επαναληπτικότητα των χωρο-χρονικών παραμέτρων και των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το βάδισμα ασθενών με νόσο του Πάρκινσον. Τα κυριότερα συμπεράσματα μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- η πλειοψηφία των χωρο-χρονικών παραμέτρων με την εξαίρεση αυτών που αναφέρονται στο εγκάρσιο επίπεδο (πλάτος βάσης στήριξης και γωνία του ποδιού) παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη επαναληπτικότητα, ο βαθμός της οποίας εξαρτάται από τη βαρύτητα της νόσου και τη λήψη φαρμακευτικής αγωγής πριν τη διεξαγωγή των μετρήσεων.
- η διάρκεια στήριξης και η διάρκεια βήματος αποτελούν τις πλέον αξιόπιστες χωροχρονικές παραμέτρους για την ανάλυση του βαδίσματος ασθενών με νόσο του Πάρκινσον, ανεξάρτητα από τη βαρύτητα της νόσου και τη λήψη φαρμακευτικής αγωγής.
- για τις τρεις συνιστώσες της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, διαπιστώθηκε ότι η κατακόρυφη ( $F_z$ ) συνιστώσα παρουσίασε την μεγαλύτερη επαναληπτικότητα, ακολουθούμενη από την προσθιοπίσθια ( $F_y$ ) και την εγκάρσια ( $F_x$ ) συνιστώσα.
- δεδομένου ότι οι τρεις συνιστώσες της δύναμης αντίδρασης του εδάφους καταγράφονται ταυτόχρονα και η επαναληπτικότητα της εγκάρσιας συνιστώσας εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη βαρύτητα της νόσου, η επαναληπτικότητα των τριών συνιστωσών της δύναμης αντίδρασης του εδάφους θα πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε εξεταζόμενο στο στάδιο των αρχικών μετρήσεων.

Κατά την εκπόνηση της παρούσας έρευνας προέκυψαν διάφορα ερευνητικά προβλήματα που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικών ερευνών. Ειδικότερα, προτείνεται:

- Να επαναληφθεί η πειραματική διαδικασία με μεγαλύτερο αριθμό εξεταζόμενων, ώστε να ενισχυθεί ο βαθμός γενίκευσης των συμπερασμάτων της παρούσας έρευνας
- Να μελετηθεί η επαναληπτικότητα και άλλων χαρακτηριστικών του βαδίσματος (EMG, πνευματική πίεση, ροπές των αρθρώσεων) για ασθενείς του Πάρκινσον.
- Να εξεταστεί η επίδραση διαφόρων ερεθισμάτων όπως φαρμακευτική αγωγή, οπτικά σημάδια στο έδαφος και ρυθμικοί ήχοι κατά τη διάρκεια του βαδίσματος, στην επαναληπτικότητα των χαρακτηριστικών του βαδίσματος ασθενών με νόσο του Πάρκινσον.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdel-Aziz, Y.I., Karara, H.M.(1971). *Proceedings of the symposium on close range photogrammetry*. Falls Church, VA: American society of photogrammetry, 1-18.
- Baumgartner, T.A.(1989). Norm-referenced measurement: reliability. In M.J. Safrit & T.M. Wood (Eds). *Measurement concepts in physical education and exercise science*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bronstein, M.A., Brandt, T. & Woolacott, M.(1996). *Clinical disorders of balance, posture and gait*. London, IL: Oxford University Press.
- Castango, P., Miller, F., Richards, J., Gaboury, L. Lennon, N.(1996). Reliability of foot pressure measurements in clinical gait analysis. *Gait and Posture*, 4, 170-171.
- Chung, S. H., Giuliani, C. A.(1997). Within- and between-session consistency of electromyographic temporal patterns of walking in non-disabled older adults. *Gait and Posture*, 6, 110-118.
- Ferrarin, M., Lopiano, L., Rizzone, M., Lanotte, M., Bergamasco, B., Recalcati, M., Pedotti, A.(2002). Quantitative analysis of gait in Parkinson's disease: a pilot study on the effects of bilateral sub-thalamic stimulation. *Gait and Posture*, 16, 135-148.
- Ferrarin, M., Rizzone, M., Lopiano, L., Recalcati, M., Pedotti, A.(2003). Effects of subthalamic nucleus stimulation and L-dopa in trunk kinematics of patients with Parkinson's disease. *Gait and Posture*, xxx, 1-8.
- Ganong, W.F.(1985). *Review of medical physiology*. California, IL: Lange Medical Publication.
- Growney, E., Meglan, D., Johnson, M., Cahalan, T., Kai-Nan, An.(1997). Repeated measures of adult normal walking using a video tracking system. *Gait and Posture*, 6, 147-162.
- Kadaba, M.P., Ramakrishnan, H.K., Wootten, M.E., Gainey, J., Gorton, G., Cochran, G.V.B.(1989). Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research*, 7, 849-860.

- Kidder, S., Abuzzahab, F., Dow, A., Ortiz, T., Harris, G., Johnson, J.(1996). Repeatability of kinematic data in normal foot and ankle motion. *Gait and Posture*, 4, 180.
- Kim, C.M., Eng, J.J.(2003). Symmetry in vertical ground reaction force is accompanied by symmetry in temporal but not distance variables of gait in persons with stroke. *Gait and Posture*, 18, 23-28.
- Kimmeskamp, S. & Henning, M. E.(2001). Heel to toe motion characteristics in Parkinson patients during free walking. *Clinical Biomechanics*, 16, 806-812.
- Latash, L.M.(1993). *Control of human movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Latash, L.M.(1998). *Neurophysiological basis of movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Masden, J.C., Sudarsky, L. & Wolfson L.(1997). *Gait disorders of aging: falls and therapeutic strategies*. Philadelphia, IL: Lippincott-Raven.
- Miller, F., Castagno, P., Richards, J., Lennon, N., Quigley, E., Nüiler, T.(1996). Reliability of kinematics during clinical gait analysis: A comparison between normal and children with cerebral palsy. *Gait and Posture*, 4,169-170.
- Mitoma, H., Hayashi, R., Yanagisawa, N., Tsukagoshi, H.(2000). Characteristics of parkinsonian and ataxic gaits: a study using surface electromyograms, angular displacements and floor reaction forces. *Journal of the Neurological Sciences*, 174, 22-39.
- Morris, M.E., Huxham, F., McGinley, J., Dodd, K., Iansek, R.(2001). The biomechanics and motor control of gait in Parkinson disease. *Clinical Biomechanics*, 16, 459-470.
- Morris, M.E., McGinley, J., Huxham, F., Collier, J., Iansek, R.(1999). Constraints on the kinetic, kinematic and spatiotemporal parameters of gait in Parkinson's disease. *Human Movement Sciences*, 18, 461-483.
- Mountcastle, B.V.(1980). *Medical physiology, 14<sup>th</sup> ed*. St. Louis, IL: Mosby.
- Peters, E., Edgar, J., Urukalo, A., Fleischli, J.(2002). Reproducibility of gait analysis variables: one-step versus three-step method of data acquisition. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 4, 206-212.
- Protas, E.J., Stanley, R.K., & Jankovic, J.(1997). Parkinson's disease. In *ACSM's Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities*. (pp.212-217). Champaign: Human Kinetics.



- Schaafsma, D.J., Giladi, N., Balash, Y., Bartels, A., Gurevich, T., Hausdorff, M.J.(2003). Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. *Journal of the Neurological Sciences*, 212, 47-53.
- Steinwender, G., Saraph, V., Scheiber, S., Zwick, B.E., Uitz, C., Hackl, K.(2000). Intrasubject repeatability of gait analysis data in normal and spastic children. *Clinical Biomechanics*, 15, 134-139.
- Winchester, P.K., Carollo, J.J., Wrobbel, J.M.(1996). Reliability of gait temporal distance measures in normal subjects with and without EMG electrodes. *Gait and Posture*, 4, 21-25.
- Winter, D.A.(1991). *The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological* 2<sup>nd</sup> ed. University of Waterloo Press.
- Winter, D.A.(1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3, 51-76.
- Wyngaarden, J.B., Smith, H.L., Bennet, J.C.(1992). *Cecil textbook of medicine*, 19<sup>th</sup> ed. Philadelphia, IL: Saunders.
- Μάλλiou, Π., Γιοφτσίδου, Α.(2002). Αποκατάσταση ειδικών παθήσεων Ι Δευτερεύουσα Ειδικότητα. Εταιρία αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρατείου Πανεπιστημίου Θράκης, Κομοτηνή.