



ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**  
**ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΔΙΣΗΣ**

**ΚΑΛΑΜΠΟΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΑΜ:15049**

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Δημόπουλος  
Αρτα, Ιούνιος 2019.



Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος, Ημερομηνία

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1.Επιβλέπων καθηγητής

Όνομα Επίθετο,

Τίτλος, βαθμίδα

2. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

Τίτλος, βαθμίδα

3. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

Τίτλος, βαθμίδα

Ο/Η Προϊστάμενος/η του Τμήματος

Όνομα Επίθετο,

Τίτλος, βαθμίδα

Αλλαγή σελίδας

Επίθετο, Ονομα, έτος

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

## Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν.2121/1993 περι Πνευματικής Ιδιοκτησίας ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Καλαμπόκας Κωνσταντίνος

Υπογραφή



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή κ. Δημόπουλο Δημήτριο και την οικογένεια μου για την πολύτιμη βοήθεια τους και την στήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια διεκπεραίωσης της πτυχιακής μου εργασίας.



## Περίληψη

Στήν παρούσα πτυχιακή υλοποιήθηκε η παραμετροποίηση βιοαισθητήρων με σκοπό την καταγραφή και την αξιολόγηση της βάδισης. Η βάδιση είναι ο βασικότερος τρόπος μετακίνησης. Η μελέτη της ανθρώπινης κίνησης μας βοηθάει να κατανοήσουμε και να αντιμετωπίσουμε καλύτερα παθολογικές καταστάσεις της βάδισης. Στην εργασία δίνεται έμφαση στα χαρακτηριστικά της βάδισης καθώς και στα συστήματα λήψης δεδομένων βάδισης.

Αρχικά παρουσιάζονται τί είναι βάδιση, τα χαρακτηριστικά της βάδισης και μία σύντομη ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη της μελέτης της ανθρώπινης κίνησης. Στην συνέχεια δίνεται έμφαση στο τι είναι ανάλυση βάδισης, στον τρόπο διαξαγωγής και στα συστήματα λήψης δεδομένων. Για την καταγραφή των μετρήσεων και την αξιολόγηση των πληροφοριών χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας F4A, μία πλατφόρμα βάδισης και η εφαρμογή Biomech Studio σε συνεργασία με την WIVA. Τέλος παρουσιάζονται το περιβάλλον και πως πραγματοποιείται μία μέτρηση, καθώς και τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις.

Λέξεις κλειδιά: βάδιση, χαρακτηριστικά-παράμετροι βάδισης, αισθητήρες, διεξαγωγή ανάλυσης βάδισης, πελματογράφος.

Αλλαγή σελίδας

## Abstract

In this diploma, the biosensors were parameterized in order to record and evaluate the gait. Walking is the most basic way of traveling. The study of human movement helps us to understand and deal better with pathological conditions of walking. The emphasis is on gait features as well as gait data acquisition systems.

Initially, what is walking, the characteristics of gait and a brief historical review of the evolution of the study of human movement. Subsequently, emphasis is placed on what is gait analysis, how to behave, and data acquisition systems. A F4A sensor, a walking platform and the Biomech Studio application in collaboration with WIVA were used to record the measurements and evaluate the information. Finally, the environment is presented and how a measurement is performed, as well as the results and graphs.

Keywords: gait, gait parameters, sensors, gait analysis, plotter.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## Περιεχόμενα

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                                              | 16 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ανθρώπινη βάδιση. ....                                                                          | 17 |
| 1.1 Ορισμός ανθρώπινης βάδισης. ....                                                                       | 17 |
| 1.2 Χαρακτηριστικά ανθρώπινης βάδισης. ....                                                                | 17 |
| 1.2.1 Κύκλος Βάδισης (Gait Cycle).....                                                                     | 17 |
| 1.2.2 Δύναμη Αντίδρασης του εδάφους. ....                                                                  | 20 |
| 1.2.3 Χωροχρονικές παράμετροι. ....                                                                        | 20 |
| 1.2.4 Κινηματικά Χαρακτηριστικά.....                                                                       | 21 |
| 1.2.5 Κινητικά Χαρακτηριστικά. ....                                                                        | 21 |
| 1.3 Η εξέλιξη της ανάλυσης ανθρώπινης κίνησης. ....                                                        | 22 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ανάλυση βάδισης και εφαρμογές.....                                                              | 28 |
| 2.1 Τί είναι ανάλυση βάδισης. ....                                                                         | 28 |
| 2.2 Εφαρμογές της ανάλυσης βάδισης.....                                                                    | 28 |
| Αρθροπλαστική. ....                                                                                        | 30 |
| Ακρωτηριασμοί (αξιολόγηση και βελτίωση πρόσθετων άκρων).....                                               | 30 |
| Αθλητική Ιατρική.....                                                                                      | 31 |
| Ηλικιωμένοι Fall Detection and Recognition. (Activity recognition).....                                    | 31 |
| Id Recognition.....                                                                                        | 32 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Συστήματα λήψης δεδομένων ανάλυσης βάδισης και χαρακτηριστικά. ....                             | 33 |
| 3.1 Αντικειμενικές μέθοδοι. (συστήματα ανάλυσης βάδισης).....                                              | 33 |
| 3.1.1 Wearable Systems. ....                                                                               | 33 |
| 3.1.2 Non Wearable Systems . ....                                                                          | 39 |
| 3.1.3 Commercialized Gait Analysis Systems and Laboratories.....                                           | 43 |
| 3.2 Τεστ αξιολόγησης βάδισης και ικανοτήτων πρωτόκολλα ανάλυσης βάδισης (Ημι-υποκειμενικές μέθοδοι) . .... | 44 |
| 3.2.1 Timed 25-Foot Walk (T25-FW). ....                                                                    | 44 |
| 3.2.2 Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA).....                                         | 44 |
| 3.2.3 Timed Get up and Go (TUG). ....                                                                      | 45 |
| 3.2.4 Gait Abnormality Rating Scale (GARS). ....                                                           | 45 |
| 3.2.5 Extra-Laboratory Gait Assessment Method (ELGAM). ....                                                | 45 |
| 3.3 Σύγκριση των ημι-υποκειμενικών και των αντικειμενικών μεθόδων. ....                                    | 46 |

|                                             |                                              |     |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|
| 3.4                                         | Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. ....        | 47  |
| 3.4.1                                       | Non Wearable Systems. ....                   | 47  |
| 3.4.2                                       | Wearable Systems. ....                       | 47  |
| 3.5                                         | Συμπεράσματα. ....                           | 48  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Διεξαγωγή ανάλυσης βάδισης. .... |                                              | 49  |
| 4.1                                         | Διεξαγωγή της Κλινικής Ανάλυση Βάδισης. .... | 49  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Παρουσίαση του συστήματος. ....  |                                              | 51  |
| 5.1                                         | Τεχνικά χαρακτηριστικά. ....                 | 52  |
| 5.2                                         | Δυνατότητες του Software. ....               | 53  |
| 5.3                                         | Παρουσίαση Software. ....                    | 57  |
| 5.4                                         | Πως πραγματοποιείται μία μέτρηση. ....       | 62  |
| 5.5                                         | Παρουσίαση μετρήσεων. ....                   | 67  |
| 5.5.1                                       | Running. ....                                | 67  |
| 5.5.2                                       | Walk L5. ....                                | 73  |
| 5.5.3                                       | TUG. ....                                    | 83  |
| 5.5.4                                       | Joint Mobility. ....                         | 85  |
| 5.5.5                                       | Free Test. ....                              | 96  |
| 5.5.6                                       | Static Analysis. ....                        | 100 |
| 5.5.7                                       | Dynamic Analysis. ....                       | 106 |
| 5.6                                         | Παρουσίαση μετρήσεων και συγκρίσεων. ....    | 116 |
| 5.6.1                                       | Running. ....                                | 116 |
| 5.6.2                                       | Walk L5. ....                                | 125 |
| 5.6.3                                       | TUG. ....                                    | 134 |
| 5.6.4                                       | Joint Mobility. ....                         | 139 |
| 5.6.5                                       | Free Test. ....                              | 154 |
| 5.6.6                                       | Static Analysis. ....                        | 157 |
| 5.6.7                                       | Dynamic Analysis. ....                       | 178 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Συμπεράσματα -Κριτική. ....      |                                              | 171 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ. ....                          |                                              | 191 |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάλυση τής βάδισης είναι η συστηματική μελέτη της ανθρώπινης κίνησης. Στήν παρούσα πτυχιακή με την βοήθεια ενός αισθητήρα κίνησης F4A, ενός πελματογράφου και μιάς εφαρμογής της Biomech καταφέραμε να πάρουμε μετρήσεις που αφορούν την ανθρώπινη κίνηση. Μέσω της ανάλυσης βάδισης μπορούμε να προσδιορίσουμε την φάση βηματισμού, να προσδιορίσουμε τις κινηματικές και κινητικές παραμέτρους της βάδισης και να μελετήσουμε μυοσκελετικές λειτουργίες.

Η ανάλυση βάδισης χρησιμοποιείται στόν αθλητισμό σε άτομα που έχουν υποστεί εγκεφαλικές παραλύσεις καθώς και σε περιπτώσεις ακρωτηριασμών και αρθροπλαστικής ενώ χρησιμεύουν και για την παρακολούθηση της κίνησης των ηλικιωμένων. Για παράδειγμα στον αθλητισμό με την ανάλυση βάδισης μπορούμε να αναγνωρίσουμε τα σφάλματα και τις επιδόσεις των αθλητών. Στήν ορθοπεδική και την αποκατάσταση με την μέθοδο αυτή μπορούμε να παρακολουθήσουμε την πρόοδο και την επούλωση .

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας χρησιμοποιήθηκαν και άλλα συστήματα για την καταγραφή της βάδισης όπως φωτογραφικές μηχανές, κάμερες, φορητοί αισθητήρες, EMG, πλατφόρμες βάδισης και δύναμης. Ολα αυτά χρησιμοποιούνται σε εξειδικευμένα εργαστήρια ανάλυσης της βάδισης όπου ο παραπάνω εξοπλισμός είναι ακριβός και ο ρυθμός λήψης και επεξεργασίας των δεδομένων είναι χρονοβόρος. Απαιτείται μεγάλος δεσμευμένος χώρος, εξειδικευμένο προσωπικό για την συντήρηση και την βαθμονόμηση των συστημάτων. Τα συστήματα αυτά είναι υψηλού κόστους.

Εναλλακτική μέθοδος η οποία δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα χωρίς να παρουσιάζει τα παραπάνω προβλήματα είναι τα συστήματα φορετών αισθητήρων. Είναι επιταχυσιόμετρα, γωνιόμετρα και γυροσκόπια. Συνδέονται σε διάφορα σημεία του σώματος όπως πόδια, χέρια, ή στην μέση και καταγράφουν το σήμα συλλέγοντας παράλληλα και χρονικά χαρακτηριστικά. Οι ασθενείς μπορούν να τα φοράνε κατά την διάρκεια της ημέρας για παράδειγμα στα σπίτια τους και να μην χρειαστεί να βρίσκονται στα εργαστήρια ανάλυσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ανθρώπινη βάδιση.

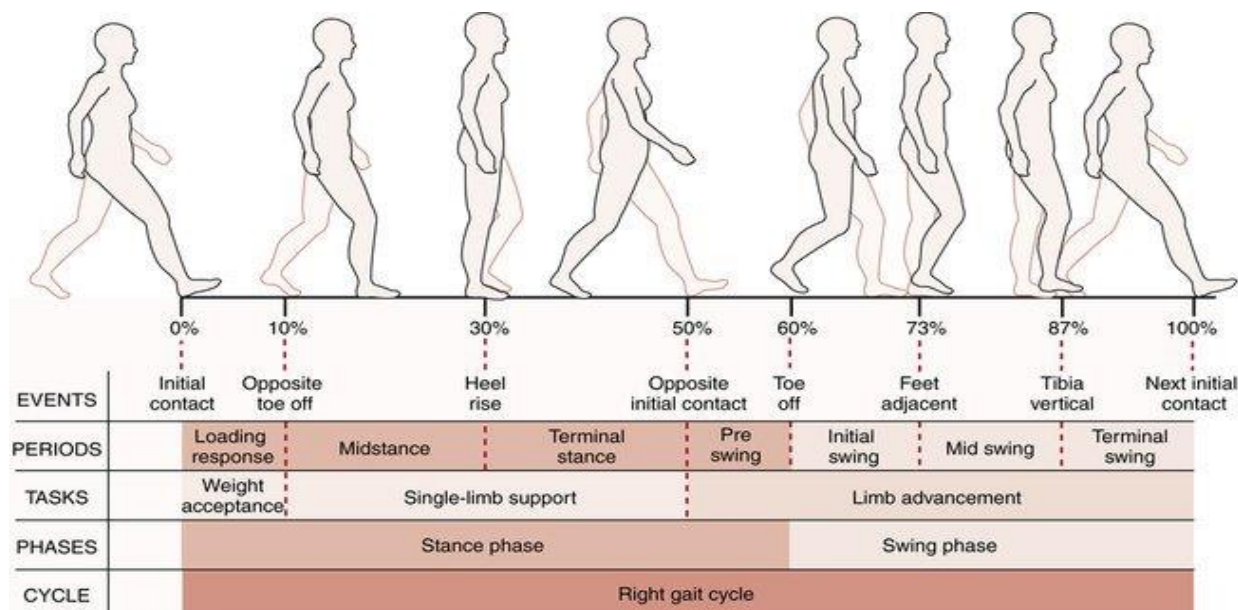
### 1.1 Ορισμός ανθρώπινης βάδισης.

Η βάδιση ή αλλιώς το περπάτημα είναι ο βασικότερος τρόπος μετακίνησης των ανθρώπων. Είναι μία ακολουθία επαναλαμβανόμενων κινήσεων στις οποίες το σώμα στηρίζεται στο ένα κάτω μέλος και στην συνέχεια το άλλο. Το περπάτημα στα δύο πόδια, είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει σε μεγάλο βαθμό τόσο την κινητικότητα όσο και την προσαρμοστικότητα. Η ικανότητα να περπατάει κάποιος συνήθως αποκτάται σε ηλικία ενός έτους περίπου. Η βάδιση αποτελεί τον συχνότερο τρόπο μετακίνησης για το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. (1)

### 1.2 Χαρακτηριστικά ανθρώπινης βάδισης.

#### 1.2.1 Κύκλος Βάδισης (Gait Cycle).

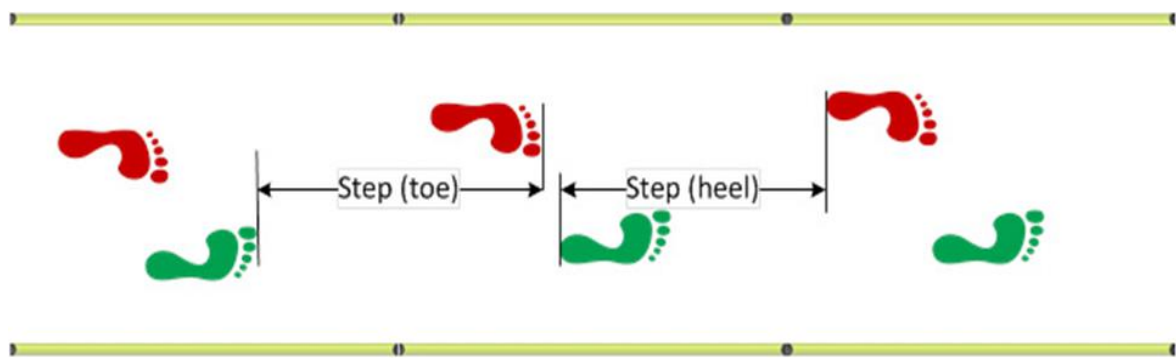
Ο κύκλος βάδισης είναι η χρονική περίοδος επαφής ενός ποδιού στο έδαφος μέχρι να ακουμπήσει το ίδιο πόδι στο έδαφος. Λέγεται αλλιώς και διασκελισμός. Αντίθετα Step ή αλλιώς βηματισμός είναι η χρονική περίοδος επαφής του ενός ποδιού στο έδαφος μέχρι να ακουμπήσει το αντίθετο πόδι στο έδαφος.



Εικόνα 1.1 Φάσεις ανθρώπινης βάδισης .

Στον κύκλο βάδισης υπάρχουν επίσης κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά την φάση αιώρησης και την φάση στήριξης. Η φάση στήριξης (stance phase) διαρκεί απο την πρώτη επαφή (initial contact) του κάτω άκρου με το έδαφος έως την ανύψωση του (toe off) . Ενδιάμεσα υπάρχει και το flat foot (μέση στήριξη) όπου ολόκληρο το πόδι και τα δάκτυλα ακουμπάνε στο έδαφος.

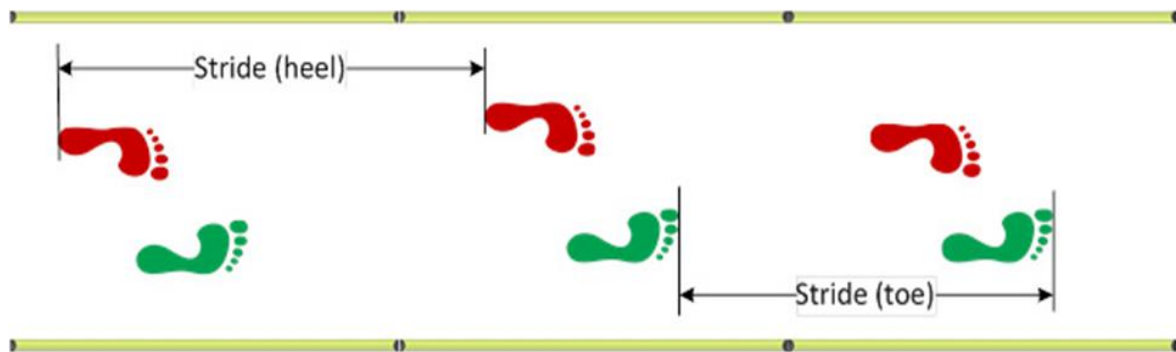
Οί περίοδοι διπλής στήριξης των ποδιών λέγονται Double Support όπου και τα δύο άκρα βρίσκονται στο έδαφος.



Εικόνα 1.2 Steps walking.

Οταν κανένα από τα δύο άκρα δεν βρίσκεται στο έδαφος, αλλά στον αέρα ονομάζεται εναέρια στάση (Float Phase ή Airborne) στοιχείο που παρατηρείται κατά το τρέξιμο.

(2, 3, 4, 5, 6, 7)



Εικόνα 1.3 Strides Walking.

Ο κύκλος βάδισης μπορεί να χωριστεί σε 2 φάσεις :

Την φάση στήριξης (stance phase) και την φάση αιώρησης (Swing Phase).

Κατά την φάση στήριξης έχουμε τα εξής στάδια:

Αρχική επαφή (Initial Contact) ή αλλιώς επαφή πτέρνας (στην φυσιολογική βάδιση). Είναι όταν η πτέρνα του κινούμενου ποδιού ακουμπά στο πάτωμα. Τα δάκτυλα βρίσκονται στον αέρα.

Μέση στήριξη (Πλήρη επαφή πτέρνας). Ολόκληρο το πόδι μαζί με δάκτυλα ακουμπάνε στο έδαφος.

Μέση φάση στήριξης (Midstance). Το σώμα μεταφέρεται προς τα εμπρός, πάνω στο υποστηριζόμενο πόδι που ακουμπάει στο έδαφος.

Τερματική φάση στήριξης (Terminal Stance). Όταν το πόδι αρχίζει να σηκώνεται από το έδαφος και η πτέρνα σταματά να ακουμπά κάτω.

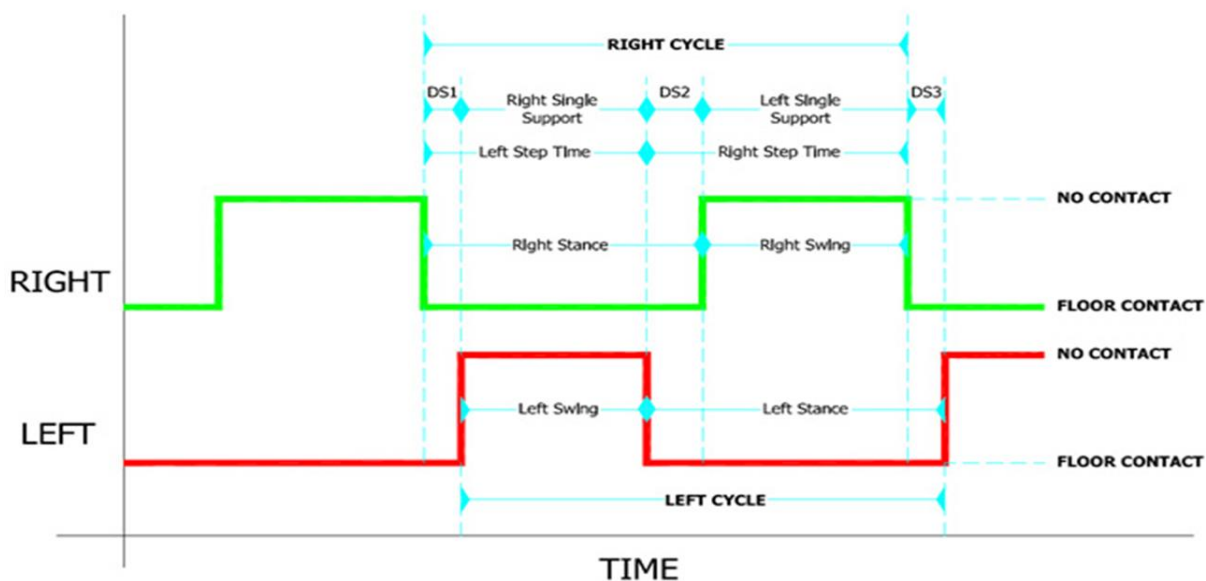
Φάση πρό αιώρησης (Pre-swing). Η στιγμή που τα δάκτυλα σηκώνονται από το έδαφος, το πόδι βρίσκεται στον αέρα και κινείται .

Κατά την Φάση αιώρησης έχουμε τα εξής στάδια:

Επιτάχυνση (initial swing): Όταν το πόδι αρχίζει να κινείται, αμέσως μετά την φάση προαιώρησης.

Μέση αιώρηση (Midswing): Όταν περνάει το αιωρούμενο άκρο από τη μέση γραμμή, δηλαδή το αντίστοιχο άκρο.

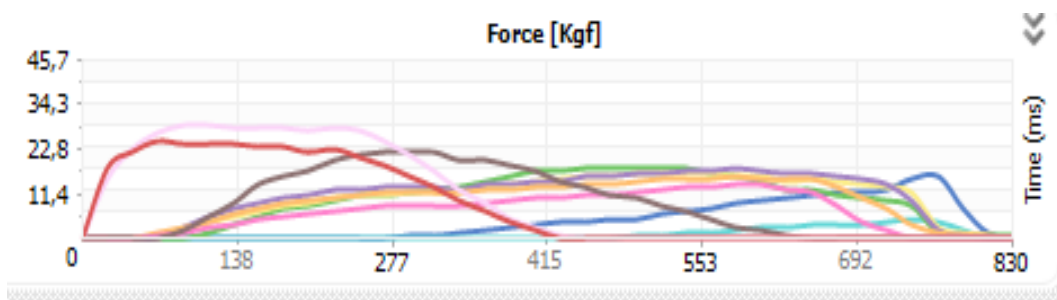
Επιβράδυνση (terminal swing): Η φάση που το πόδι επιβραδύνει γιατί ετοιμάζεται να ακουμπήσει στο έδαφος. Γίνεται αμέσως μετά την μέση αιώρηση. (8, 9)



Εικόνα 1.4 Gait temporal characteristics for left and right foot step.

### 1.2.2 Δύναμη Αντίδρασης του εδάφους.

Κατά την διάρκεια της βάδισης παρατηρείται μεταφορά του σωματικού βάρους στο πόδι στήριξης, αμέσως μετά την πρώτη επαφή με το έδαφος. Η δύναμη αυτή λέγεται κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης. Συναντάται κατά την αρχική επαφή του πέλματος με το έδαφος, όπου έχουμε μια σύντομη αύξηση δύναμης. Στην συνέχεια όταν ολόκληρο το πέλμα έρχεται σε επαφή με το έδαφος η δύναμη αντίδρασης έχει μέγιστη τιμή η οποία όμως μειώνεται σταδιακά λόγω της κάμψης του γόνατος. Στο τέλος οι κινήσεις των ποδοκνημικών αρθρώσεων δημιουργούν αύξηση της δύναμης. (9, 10)



Εικόνα 1.5 Force ground reactions.

### 1.2.3 Χωροχρονικές παράμετροι.

Κατά την διάρκεια της βάδισης οι κινήσεις του σώματος είναι κυκλικές. Το σώμα στηρίζεται πρώτα στο ένα πόδι και έπειτα στο άλλο. Οί παραμέτροι που σχετίζονται με τον χρόνο και τον χώρο και καλούνται χωροχρονικές. (1)

Οί σημαντικότεροι χρονικοί παράμετροι είναι:

Διάρκεια βήματος: η χρονική διάρκεια ενός βήματος, όπου μετράται σε δευτερόλεπτα.

Χρόνος κύκλου βάδισης: ο χρόνος από την επαφή πτέρνας ενός ποδιού μέχρι το σημείο όπου η πτέρνα του ίδιου ποδιού έρχεται πάλι σε επαφή με το έδαφος.

Φάση διπλής στήριξης και αιώρησης: το χρονικό διάστημα που τα δύο πέλματα των ποδιών ακουμπάνε ταυτόχρονα στο έδαφος.

Ενώ οι σημαντικότεροι χωρικοί παράμετροι είναι:

Τό μήκος διασκελισμού (stride length): η απόσταση που διανύεται σε ένα διασκελισμό.

Τό μήκος βήματος (step length): απόσταση μεταξύ επαφής ενός ποδιού με το έδαφος και αρχικής επαφής άλλου ποδιού.

Οί χωροχρονικοί παράμετροι είναι:

Ταχύτητα βάδισης: ορίζεται ως το πηλίκο της συνολικής απόστασης βάδισης σε συνδυασμό με τον χρόνο. Η ταχύτητα βάδισης όπου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία.

Συχνότητα βηματισμού (step frequency): είναι ο αριθμός των βημάτων σε σχέση με τον χρόνο.

Συχνότητα διασκελισμού (stride frequency): είναι ο αριθμός των διασκελισμών σε σχέση με τον χρόνο. (11, 12, 75)

#### **1.2.4 Κινηματικά Χαρακτηριστικά.**

Η κινητική είναι ο κλάδος που εξετάζει τις κινήσεις του σώματος χωρίς να ασχολείται με τις δυνάμεις που την προκαλούν. Περιγράφουν τον τρόπο που κινούνται τα μέλη του σώματος στον χώρο. Μερικά από αυτά τα σημεία του σώματος είναι η λεκάνη, οι αρθρώσεις των ισχίων και των γονάτων. Μέσω αυτών των χαρακτηριστικών μπορούμε να μελετήσουμε την φάση αιώρησης, την πρώτη επαφή με το έδαφος, την επιτάχυνση, το εύρος κίνησης της λεκάνης, το μήκος διασκελισμού, την ταχύτητα των άκρων, τις κινήσεις των αρθρώσεων της ποδοκνημικής καθώς και το κέντρο μάζας. Η κίνηση του κέντρου μάζας στους άξονες έχει σχέση με την μετατόπιση και τις ταλαντώσεις του σώματος κατά την κίνηση. Οι κινήσεις επικεντρώνονται κατά την διάρκεια της βάδισης αλλά και του τρεξίματος. (13, 14, 15, 16, 17, 76)

#### **1.2.5 Κινητικά Χαρακτηριστικά.**

Ο κλάδος που εξετάζει τις αιτίες της κίνησης καλείται Κινητική. Ασχολείται με τον προσδιορισμό της ισχύος και των αρθρικών ροπών της μετακίνησης του ανθρώπου. Προκύπτουν από τις κινηματικές παραμέτρους και τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους κατά το τρέξιμο ή την βάδιση. Η μελέτη των δυνάμεων και των ροπών που οδηγούν στην κίνηση των τμημάτων του σώματος στην ανθρώπινη βάδιση. Επικεντρώθηκε σε μεγάλο βαθμό στις δυνάμεις μεταξύ ποδιού και εδάφους. Αποτελεί σημαντικό μέρος για τις κλινικές διαγνώσεις και αποκατάσταση προβλημάτων της κινητικής λειτουργίας. Η μελέτη

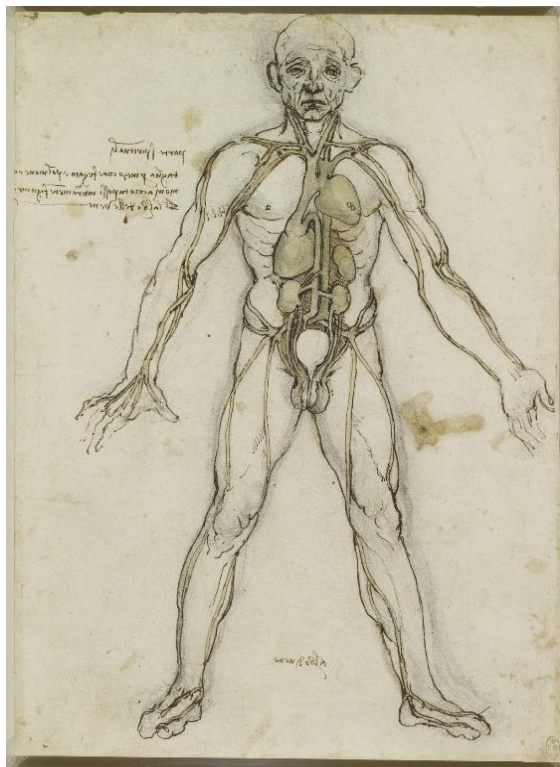
των κινητικών χαρακτηριστικών προσφέρει στην αξιολόγηση της φυσιολογικής και παθητικής βάρδισης και στις μεθόδους αποθεραπείας.

(18, 19)

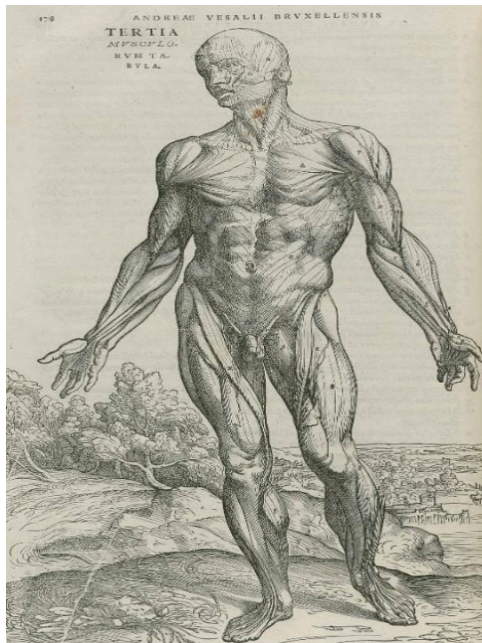
### 1.3 Η εξέλιξη της ανάλυσης ανθρώπινης κίνησης.

Ενδιαφέρον για την μετακίνηση και την βάρδιση των ανθρώπων παρατηρήθηκε από τα αρχαία χρόνια και από τους αρχαίους Έλληνες.(20) Ο Ιπποκράτης με το έργο του On Articulations μίλησε για την σχέση μεταξύ μυϊκής και κινητικής λειτουργίας. Στην συνέχεια ο Αριστοτέλης ανέπτυξε θεωρίες για τον έλεγχο της κίνησης (21).

Στην διάρκεια της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας ξεκίνησαν έρευνες για την ανατομία. Αργότερα ο Galenus μελέτησε την διάρκεια και την συχνότητα της κίνησης.(20) Κατά την διάρκεια του δέκατου πέμπτου αιώνα ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανατομία του σώματος τα νεύρα τους μύες και τα οστά. Απεικόνισε το ανθρώπινο σώμα σε διάφορες δραστηριότητες.(22) Την ίδια περίοδο ο ανατόμος Andreas Vesalius με τις έρευνες του αναδείχθηκε ως ο ιδρυτής της μοντέρνας και σύγχρονης ανατομίας του ανθρώπινου σώματος.(23)

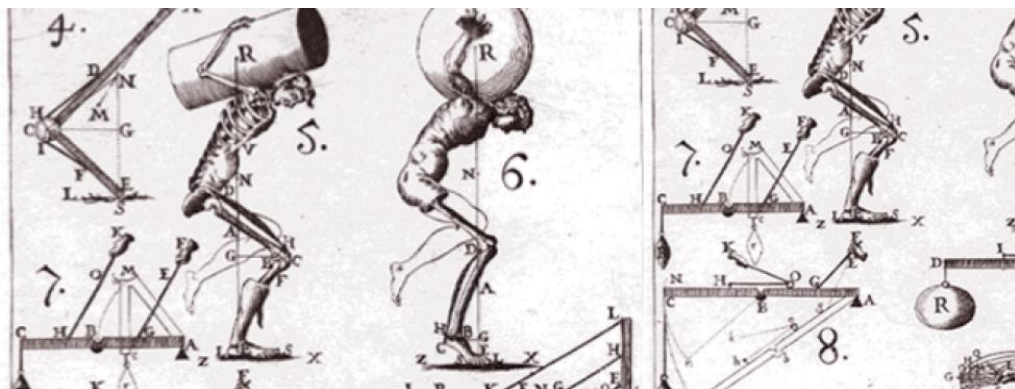


Εικόνα 1.6 Απεικόνιση ανθρώπινου σώματος απο Leonardo Da Vinci.



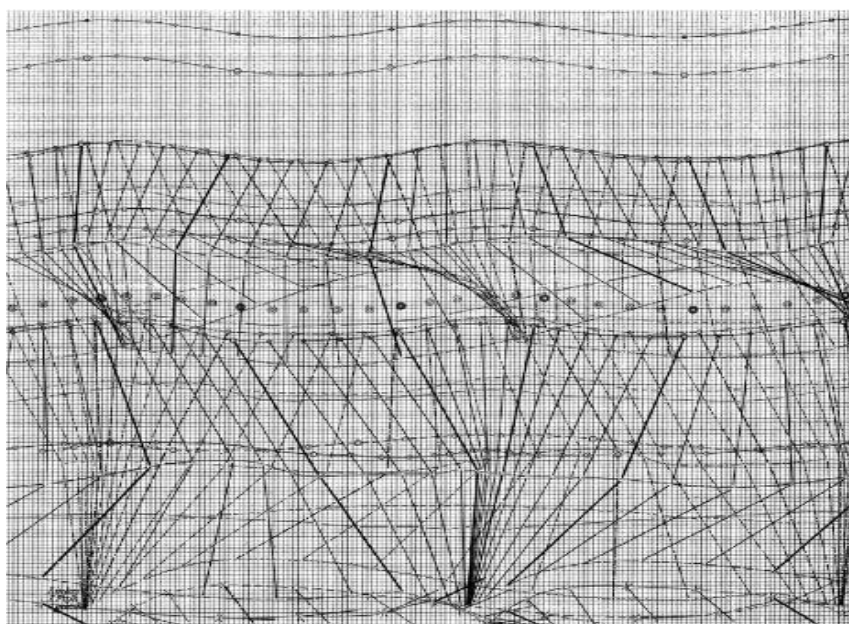
Εικόνα 1.7 Ανατομική εικόνα σχεδιασμένη από Andreas Vesalius.

Στις αρχές του δέκατου έβδομου αιώνα ο Γαλιλαίος περιέγραψε τις παραμέτρους που σχετίζονται με την κίνηση και συγκεκριμένα την απόσταση και τον χρόνο.(23) Στήν συνέχεια ο Μαθηματικός Giovanni Alfonso Borelli εισήγαγε τις Μαθηματικές σχέσεις και αρχές για την μελέτη της κίνησης και στήριξης του σώματος.(24) Την ίδια περίοδο ο Μαθηματικός Rene Descartes περιέγραψε το ανθρώπινο σώμα ως ένα μηχανήμα θεωρώντας ότι όλες οι φυσιολογικές κινήσεις ακολουθούν τους νόμους της Φυσικής. (22) Το 1687 ο Newton στο έργο του Principia εισήγαγε τις έννοιες της δυναμικής και της μάζας και διατύπωσε και τους τρεις Νόμους Κίνησης του Νεύτωνα καθώς και την θεωρία της Βαρύτητας. (22)

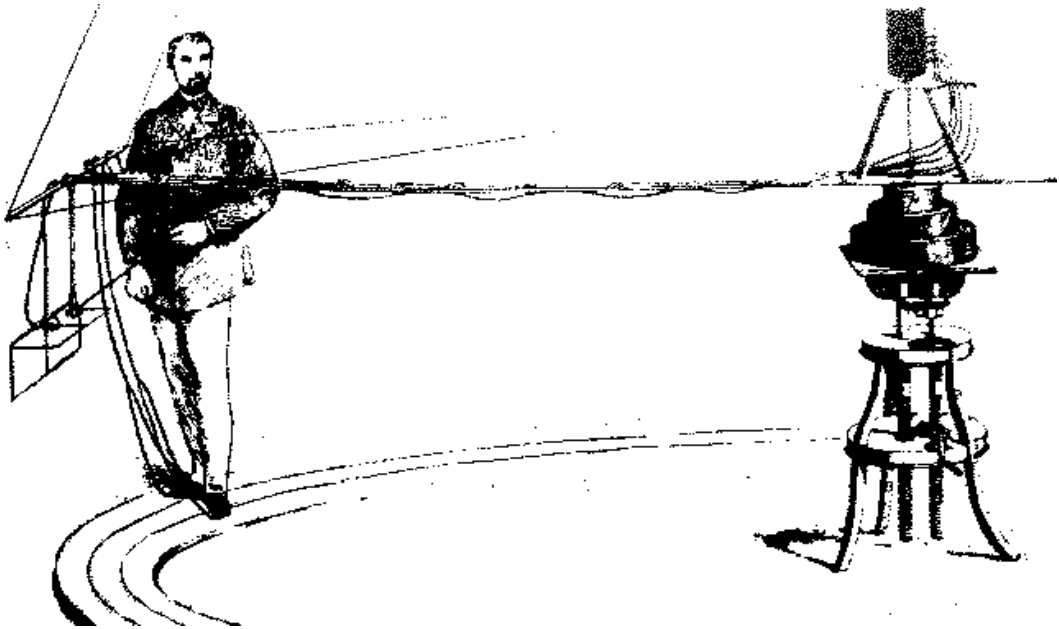


Εικόνα 1.8 Εικόνες από το βιβλίο του Giovanni Borelli De Motu Animalium.

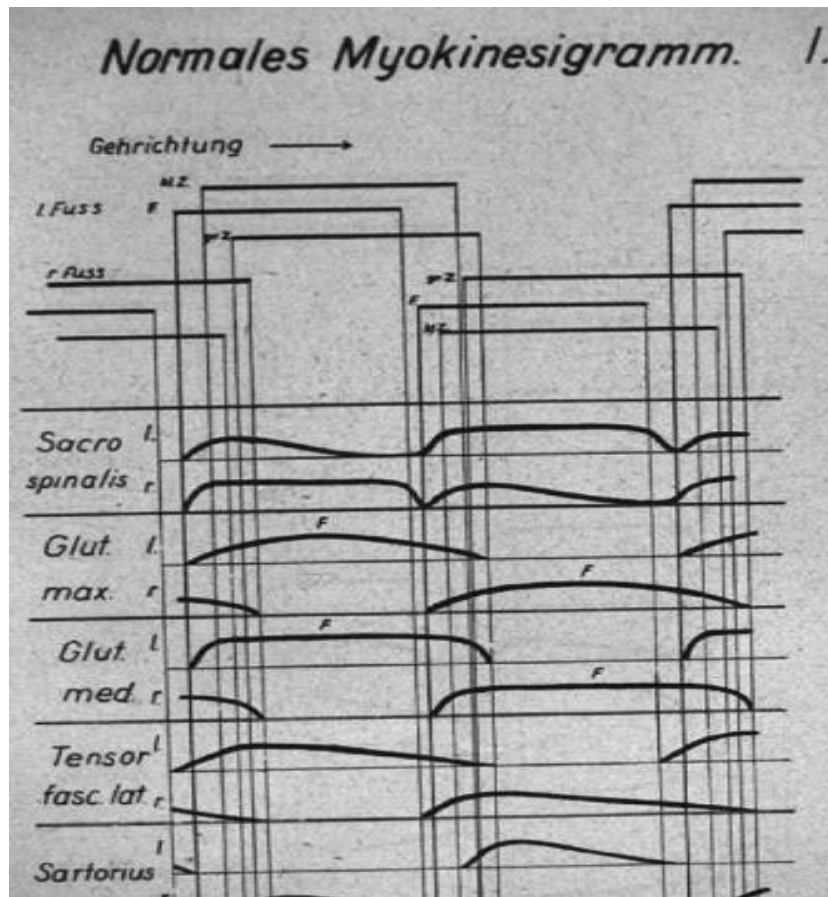
Οι πρώτες γραφικές απεικονίσεις της ανθρώπινης βάδισης έγιναν από τον Marey και εξελίχθηκαν από τον Carlet. Εφηύραν μια συσκευή μέτρησης όπου κατά την διάρκεια της βάδισης μέσω ενός ειδικού παπουτσιού καταγράφονταν η πίεση του ποδιού και η διάρκεια της επαφής. Αργότερα ο Marey το εξέλιξε και δίνονταν η δυνατότητα οι μετρήσεις να γίνουν πιο λεπτομερείς. (25, 26, 24, 22) Στα τέλη του δέκατου όγδοου αιώνα ο Marey και ο Muybridge εισήγαγαν την βιντεοσκόπηση και την φωτογραφία στην ανάλυση βάδισης. (27, 28) Το 1895 οι Braune και Fischer κατέγραψαν την επιτάχυνση την ταχύτητα και την δύναμη κατά την ανθρώπινη βάδιση κάνοντας ακριβείς υπολογισμούς με την χρήση καμερών. (22, 29, 30) Το 1927 ο Scherb κατέγραψε την δράση των μυών κατά την μετακίνηση (22). Τό 1932 ο Schwartz σχεδιάζοντας ένα ειδικό παπούτσι και ένα μηχανισμό καταγραφής των δεδομένων συνδεδεμένα με κάμερες κατάφερε να καταγράψει τις πελματικές πιέσεις κατά την βάδιση (24).



Εικόνα 1.9 Μετρήσεις κίνησης από Braune και Fischer.



Εικόνα 1.10 Βιντεοσκόπηση βάδισης από τον Carlet .



Εικόνα 1.11 Μετρήσεις κίνησης μυών από τον Scherb.

Κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου ο Inman κατέγραψε ποσοτικά δεδομένα κυρίως για ακρωτηρασμένα άτομα. (31) Στην συνέχεια παρατηρείται έντονη η χρήση της Ηλεκτρομυογραφίας για την θεραπεία διαφόρων νευρολογικών και νευρομυϊκών διαταραχών από την Perry. Επίσης η Perry έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα χαρακτηριστικά της βάδισης και κυρίως για τον Κύκλο Βάδισης. (32)

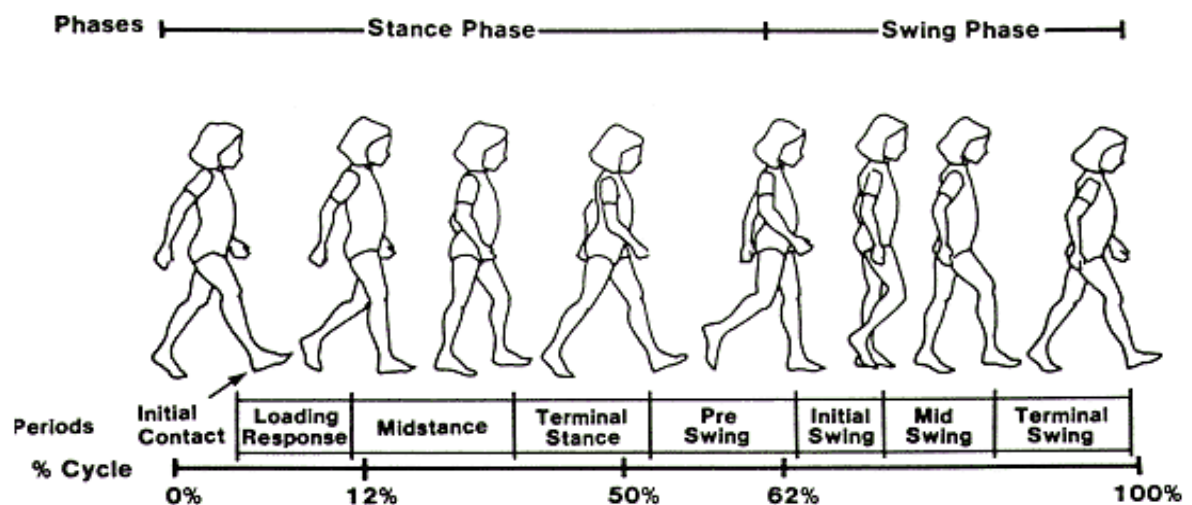
Στις αρχές του '70 ο John Basmajian χρησιμοποίησε την τεχνική της μυϊκής ανατροφοδότησης σε ασθενείς με νευρικά και μυϊκά προβλήματα. Μέχρι και σήμερα κάποιες απο τις τεχνικές του χρησιμοποιούνται για άτομα με νευρομυϊκά προβλήματα. (23)

Το 1964 η Murray δημιούργησε μία βάση δεδομένων με παραμέτρους όπως τα βήματα η περιστροφή της λεκάνης του ισχύου των γονάτων, η φάση στήριξης για την σύγκριση του κανονικού βαδίσματος με το παθολογικό βάδισμα. Μέσω εξειδικευμένων καμερών και με την χρήση ανακλαστικού υφάσματος τοποθετημένο σε διάφορα μέρη του σώματος

ασθενών προέκυπταν φωτογραφίες που απεικόνιζαν τις παραπάνω παραμέτρους βάδισης.(33)

Ο Ντεϊβιντ Γούντερ (David Winter) το 1969 ίδρυσε το πρώτο κλινικό εργαστήριο για την ανάλυση βάδισης και ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος. (34)

Στις μέρες μας η πρόοδος στις νέες τεχνολογίες βοήθησε πολύ στην δημιουργία αξιόπιστων συσκευών για την καταγραφή και αξιολόγηση παραμέτρων βάδισης για ασθενείς με κινητικά προβλήματα. (35)



Εικόνα 1.12 Κύκλος βάδισης από την Perry.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ανάλυση βάδισης και εφαρμογές.**

### **2.1 Τί είναι ανάλυση βάδισης.**

Η κλινική ανάλυση βάδισης (Clinical Gait Analysis) είναι η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης ποσοτικών δεδομένων που ενισχύουν την κατανόηση της αιτιολογίας παθολογικών καταστάσεων της βάδισης και συμβάλλουν στην θεραπευτική τους αντιμετώπιση. Βασίζεται στη χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού, στον οποίο περιλαμβάνονται συνήθως εξειδικευμένες κάμερες που καταγράφουν την κίνηση τών ασθενών, ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο σώμα και καταγράφουν την ηλεκτρική δραστηριότητα στους μύες. Χρησιμοποιούνται επίσης δυναμοπλακες (Forceplates) πλατφόρμες πίεσης και δύναμης όπου αξιολογούν τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους και τις πελματικές πιέσεις. Ο συνδυασμός των δεδομένων που εξάγονται από τον παραπάνω εξοπλισμό προσδίδει μια λεπτομερής αξιολόγηση τής κίνησης. Στο τέλος των παραπάνω διαδικασιών πρέπει να ερμηνευτούν τα αποτελεσμάτα απο επιστημονικές ομάδες, όπως ιατροί, φυσικοθεραπευτές, εξειδικευμένοι τόσο με τη φυσιολογική όσο και με την παθολογική βάδιση. (36, 37)

### **2.2 Εφαρμογές τής ανάλυσης βάδισης.**

Η ανάλυση βάδισης χρησιμοποιείται κυρίως στην Ιατρική και στον αθλητισμό. Στόχος τής κλινικής ανάλυσης βάδισης είναι να υποβοηθά την θεραπεία ατόμων με πολύπλοκα και μη εύκολα κατανοητά κινητικά προβλήματα. Δίνεται η δυνατότητα μελέτης με ακρίβεια σε κινήσεις τών άνω και κάτω άκρων.

Η σύνηθης χρήση κλινικών και εργαστηρίων βάδισης τις Ηνωμένες Πολιτείες αφορούν την αξιολόγηση των παιδιών με ανυπτυξιακές αναπηρίες ιδιαίτερα αυτά που οφείλονται στην εγκεφαλική παράλυση. (14)

Η εγκεφαλική παράλυση προκαλεί προβλήματα και δυσλειτουργίες του μυοσκελετικού συστήματος. Αυτά τα παιδιά αντιμετωπίζουν περίπλοκα προβλήματα στο βάδισμα σε

συνδυασμό με νευρολογικά προβλήματα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τά προβλήματα σε αρθρώσεις τού ισχίου και τού γόνατος. Επειδή η κλινική αξιολόγηση των ασθενών είναι πολύ δύσκολη η ανάλυση βάδισης βοήθησε παρα πολυ στην διατύπωση των θεραπειών. Τα πρώτα συμπτώματα ορισμένων νευρολογικών παθήσεων είναι η μικρή ισορροπία, ο ρυθμός είναι σημαντικά βραδύτερος, με ένα στάδιο που δείχνει στήριξη και στα δύο πόδια. (38)

Οί ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας παρουσιάζουν επίσης διάφορες αλλοιώσεις στο βάδισμα, όπως μικρότερα βήματα, χαμηλότερη ελεύθερη ταχύτητα όταν περπατούν και υψηλότερο ρυθμό από τα άτομα χωρίς MS. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η περιστροφή τού γόνατος και του αστραγάλου είναι χαρακτηριστική για χαμηλότερη από την κανονική εκδρομή με λιγότερη κάθετη ανάβαση από το κέντρο βάρους και περισσότερο από την κανονική κάμψη του κορμού. (39)

Μία άλλη κατάσταση που σχετίζεται με ανεπάρκεια βάδισης και ισορροπίας είναι η οστεοπόρωση (40), μία συστηματική ασθένεια που χαρακτηρίζεται από χαμηλότερη οστική μάζα και υποβαθμισμένη μικροαρχιτεκτονική των οστών, πράγμα που σημαίνει πιο εύθραυστα οστά και μεγαλύτερο κίνδυνο καταγμάτων. Στους ηλικιωμένους, η σωματική άσκηση έχει σημαντικό αντίκτυπο στην οστεοπόρωση επειδή συμβάλλει σημαντικά στην πρόληψη των πτώσεων, οι οποίες αποτελούν τον μεγαλύτερο παράγοντα κινδύνου για αυτήν την ηλικιακή ομάδα (41). Επομένως, η αξιολόγηση της ποιότητας του ποδιού μπορεί να είναι πολύτιμη για την έγκαιρη διάγνωση. Τό προσωπικό και οί ιατρικές ενώσεις πού εργάζονται στόν τομέα των νευρολογικών ασθενειών (και άλλων) τονίζουν την ανάγκη για συνεχή έλεγχο σε ασθενείς υψηλού κινδύνου.

Σε έρευνες που έγιναν από τον (42) De Luca και άλλους ερευνητές επανεξέταστηκαν 91 ασθενείς που είχαν υποβληθεί σε χειρουργικές επεμβασεις συνιστώμενες από έμπειρους ιατρούς. Στην συνέχεια συνέκριναν τις συστάσεις με βάσει την ανάλυση βάδισης. Διαπίστωσαν ότι η προσθήκη δεδομένων ανάλυσης βάδισης οδήγησε σε αλλαγές στις χειρουργικές συστάσεις στο 52% των ασθενών, με μία σχετική μείωση στο κόστος της χειρουργικής επέμβασης, καθώς και τήν επίδραση στους ασθενείς από την αποφυγή ακατάλληλων διαδικασιών.

Έρευνες που έγιναν σε ασθενείς μετά από εγχειρήσεις έδειξαν ότι η ανάλυση βάδισης δεν είναι μόνο χρήσιμη για την αξιολόγηση της θεραπείας αλλά και για τον προγραμματισμό της μετεγχειρητικής αγωγής. (39)

Η ανάπτυξη νέων χειρουργικών τεχνικών και ορθωτικών έχουν επωφεληθεί από την έρευνα που διεξήχθη στα εργαστήρια ανάλυσης της βάδισης. (41)

### **Αρθροπλαστική.**

Αντικαταστάσεις αρθρώσεων για αθριτικά ισχύα, τούς γοφους και αστραγάλους ασθενών χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για την αποκατάσταση τους. Ιδιαίτερα σε έρευνες που έγιναν για αρθροπλαστική γόνατος έδειξαν ότι παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις δυνάμεις και την σταθερότητα στην αρθρωση του γόνατος. (43, 44, 45, 46)

### **Ακρωτηριασμοί (αξιολόγηση και βελτίωση πρόσθετών άκρων)**

Τα εργαστήρια ανάλυσης βάδισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της βάδισης ασθενών με ακρωτηριασμούς σε κάτω και άνω άκρα. Ατομα με προβλήματα στα πάνω άκρα δεν μπορούν να σηκώσουν αντικείμενα και δεν μπορούν να ντυθούν. Προβλήματα που παρατηρούνται στην τοποθέτηση των προσθέτικών καθώς και παρεκκλίσεις στο βάδισμα μπορούν εύκολα να τεκμηριωθούν με την μελέτη ανάλυσης βάδισης. (47, 48, 49) Επίσης έρευνες έγιναν και σε άτομα που χρησιμοποιούν προσθετικούς αστραγάλους και διαπιστώθηκε πόσο σημαντική είναι η χρήση τους. Τα προσθετικά μέλη με τεχνητή άρθρωση ποδοκνημικής παρέχουν μεγαλύτερη άνεση και λειτουργικότητα. Κατά την διάρκεια του βηματισμού τα μέλη δεν εμφανίζουν διαφορές στην ταχύτητα βάδισης και στον ρυθμό αλλά στο εύρος κίνησης έχοντας σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη εμβέλεια κίνησης. (50)

Η ανάλυση βάδισης έχει βοηθήσει πολύ και στον σχεδιασμό νέων προσθετικών. (51)

## **Αθλητική Ιατρική.**

Εργαστήρια ανάλυσης βάρδισης με κάμερες υψηλής ταχύτητας και βίντεο υψηλής ανάλυσης μπορούν να αξιολογήσουν οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τις μετρήσεις μπορούν να αξιοποιηθούν προσφέροντας στην πρόληψη τραυματισμών και στις προτάσεις αποτελεσματικότερων κινήσεων. Σε πολλά αθλήματα όπως το τρέξιμο, το ποδόσφαιρο, το τένις, το γκόλφ, το μπίσμπολ η ανάλυση βάρδισης βοηθάει στην ενίσχυση και στην απόδοση των αθλητών. Για παράδειγμα στο ποδόσφαιρο γίνονται μελέτες και έρευνες για ασυμμετρίες χρονικών παραμέτρων του βηματισμού. Με χρήση ειδικών σολών μπορούν να μελετηθούν ο χρόνος στήριξης, η φάση ταλάντωσης, ο χρόνος διπλής στήριξης, οι μέγιστες τιμές δύναμης το GRF ποδιών για να βελτιωθούν οι αποδόσεις των ποδοσφαιριστών.

Οι έρευνες για τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στους μύες γίνονται μέσω του Ηλεκτρομυογραφήματος (EMG). (52, 53)

## **Ηλικιωμένοι Fall Detection and Recognition. (Activity recognition)**

Η ανάλυση βάρδισης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για ηλικιωμένα άτομα.

Τα σώματα των ηλικιωμένων ατόμων περνούν πολλές φυσικές αλλαγές. Οι πτώσεις δεν προκαλούν μόνο σωματικές βλάβες όπως τραυματισμούς οστών και μυών, αναπηρία ή μειωμένη κινητικότητα αλλά έχουν και ψυχολογικές συνέπειες. Δημιουργείται κίνδυνος ακόμα και να χάσουν την ζωή τους. Μερικές αιτίες κινδύνου πτώσεων είναι η ηλικία, το φύλο, χρόνια νευρολογικά προβλήματα, ανεπαρκής όραση(καταρράκτης), μυική αδυναμία.

Για να ελαχιστοποιηθεί αυτό είναι πολύ χρήσιμη η ανίχνευση και η πρόληψη πτώσης. Η ανάλυση βάρδισης σε συνδυασμό με το ιατρικό ιστορικό και την συμπεριφορά των ασθενών μπορεί να αποτρέψει την πτώση και να οδηγήσει στην αποτελεσματικότερη μελέτη του προβλήματος. (54)

## **Activity Recognition.**

Η αναγνώριση δραστηριότητας συναντάται σε εφαρμογές όπως η ιατρική παρακολούθηση και η αποκατάσταση. Οι ασθενείς φοράνε συνήθως ένα φορητό ασύρματο επιταχυνσίμετρο τοποθετημένο στην περιφέρεια της μέσης (κέντρο μάζας). Τα δεδομένα που στέλνονται μπορούν να αξιοποιηθούν με αλγορίθμους και να εξάγουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της κίνησης και της συμπεριφοράς ηλικιωμένων ατόμων. Παρατηρείται ότι η ακρίβεια αυτών των συστημάτων είναι μεγάλη. (55)

### **Id Recognition.**

Η ανάλυση βάδισης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε συστήματα ασφαλείας. Ο έλεγχος πρόσβασης είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις ή σε εταιρείες με άδεια πρόσβασης. Η άδεια πρόσβασης έχει ως στόχο την προστασία των ανθρώπων ή των πληροφοριών. Η ταυτοποίηση λοιπόν των ατόμων που θα έχουν πρόσβαση είναι πολύ σημαντική. Ερευνες έχουν δείξει ότι η ανθρώπινη κίνηση για κάθε άτομο είναι μοναδική.(56) Με χρήση ειδικών καμερών, βίντεο και υπολογιστών μπορεί να εντοπιστεί η ακολουθία των κινήσεων και ο τρόπος βάδισης για να επιτευχθεί η αναγνώριση και η ταυτοποίηση των ατόμων. (57) Ένας τρόπος για την συλλογή πληροφοριών που αφορούν την βάδιση του κάθε ατόμου είναι το Image Processing (IP). (35) Μερικές από τις τεχνικές που χρησιμοποιεί είναι το Stereoscopic Vision (απόκτηση πολλαπλών Εικόνων και αξιολόγηση) (35), το Structured Light (χρήση αισθητήρα Kinect). (35)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Συστήματα λήψης δεδομένων ανάλυσης βάδισης και χαρακτηριστικά.**

### **Συστήματα λήψης δεδομένων ανάλυσης βάδισης.**

Η ανάλυση της ανθρώπινης βάδισης αποτελεί μέχρι σήμερα αντικείμενο αρκετών ερευνητικών προγραμμάτων. Μπορούν να χωριστούν σε ημι-υποκειμενικές μεθόδους και σε αντικειμενικές μεθόδους.

#### **3.1 Αντικειμενικές μέθοδοι. (συστήματα ανάλυσης βάδισης)**

Η πρόοδος της τεχνολογίας οδήγησε στην ανάπτυξη μιας σειράς συσκευών και τεχνικών που επιτρέπουν μία πιο αντικειμενική αξιολόγηση. Με αυτό τον τρόπο παρέχονται στους ειδικούς πιο αξιόπιστες πληροφορίες. Κάνοντας τις μετρήσεις αποτελεσματικότερες και αποδοτικότερες. Ένας αυξανόμενος αριθμός ερευνητικών έργων καταδεικνύει ότι διάφοροι παράμετροι όπως η ακρίβεια, η συμβατότητα, η ευχρηστία, η δυνατότητα μεταφοράς έχουν δείξει ότι τα φορητά συστήματα που βασίζονται σε αισθητήρες σώματος είναι πολλά υποσχόμενες μέθοδοι για την ανάλυση βάδισης.

Η ακριβής αξιόπιστη γνώση των χαρακτηριστικών της βάδισης σε δεδομένη χρονική στιγμή και, ακόμη πιο σημαντικό, η παρακολούθηση και η αξιολόγηση τους με την πάροδο του χρόνου, θα επιτρέψουν την έγκαιρη διάγνωση των ασθενειών και των επιπλοκών τους, βοηθώντας παράλληλα και στην εξεύρεση της καλύτερης θεραπείας. Οί τεχνολογικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για να μελετήσουν το βήδισμα του ανθρώπου μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις: εκείνες που βασίζονται σε αισθητήρες που μπορούν να φορεθούν (WS) και εκείνες που βασίζονται σε αισθητήρες που δεν μπορούν να φορεθούν (NWS) .

##### **3.1.1 Wearable Systems.**

Τά Wearable Systems χρησιμοποιούν αισθητήρες που βρίσκονται σε διάφορα μέρη του σώματος, όπως τα πόδια, τα γόνατα, οι μηροί ή η μέση ακόμα και τα χέρια. Υπάρχουν και

διαφορετικοί τύποι αισθητήρων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη λήψη των διαφόρων σημάτων που χαρακτηρίζουν το ανθρώπινο βάδισμα. Αυτά περιλαμβάνουν για παράδειγμα τα IMU συστήματα (επιταχυνσιόμετρα, τους γυροσκοπικούς αισθητήρες, τα μαγνητόμετρα), τούς αισθητήρες δύναμης, τα εκτενόμετρα, τα γωνιόμετρα, τούς ενεργούς δείκτες, την ηλεκτρομυογραφία. (58, 59)

#### **3.1.1.1 Αδρανειακοί αισθητήρες.**

Οί αδρανειακοί αισθητήρες είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μετρούν και αναφέρουν την ταχύτητα του αντικειμένου, την επιτάχυνση, και τον προσανατολισμό, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό επιταχυνσιόμετρων και γυροσκοπίων και μερικές φορές μαγνητόμετρα.

Ένα επιταχυνσιόμετρο χρησιμοποιεί τα θεμελιώδη στοιχεία των νόμων κίνησης του Νεύτωνα για να υπολογίσει την επιτάχυνση. Αφού υπολογιστεί επιτάχυνση μπορεί να υπολογιστεί και η γωνιακή ταχύτητα, η θέση στους 3 άξονες καθώς και η γωνία κλίσης.

Τα γυροσκόπια βασίζονται σε μια άλλη ιδιότητα, όπου όλα τα σώματα που περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα αναπτύσσουν περιστροφική αδράνεια. Η περιστροφική αδράνεια ενός σώματος καθορίζεται από τη στιγμή της αδράνειας, η οποία είναι η αντίσταση του περιστρεφόμενου σώματος για να αλλάξει την ταχύτητα περιστροφής του. Τα γυροσκόπια πρέπει να ανιχνεύουν αλλαγές στην κατεύθυνση.

Τα γωνιόμετρα χρησιμοποιούν ένα μετρητή τάσης και λειτουργούν με αντίσταση που αλλάζει ανάλογα με το πόσο καμπτεται ο αισθητήρας. Οί αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για να μελετήσουν τις γωνίες για τα γόνατα, τους αστραγάλους, τους γοφούς και τα μετατόρσια. Έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ χρήσιμοι για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης κινδύνου πτώσης με υψηλό βαθμό ακρίβειας και ευαισθησίας.

Έχοντας τις μεταβολές γωνίας και επιτάχυνσης μπορούμε να υπολογίσουμε με κατάλληλους μαθηματικούς αλγόριθμους τις ταχύτητες (γραμμικές και γωνιακές), καθώς και μετατοπίσεις του σημείου ενδιαφέροντος.

Έτσι, αναλύοντας τα σήματα από τα IMU κατά την διάρκεια μίας εξέτασης ανάλυσης βάδισης μπορούμε μέσω κατάλληλων αλγορίθμων να προσδιορίσουμε αρχικά τις φάσεις βάδισης και να εξάγουμε τα χωροχρονικά δεδομένα (μήκος βήματος, ταχύτητα βάδισης ρυθμός, συχνότητα βάδισης και άλλα).

Αυτός ο τύπος αισθητήρων μπορεί να τοποθετηθεί μέσα σε μια συσκευή IMU (Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης). (60)



Εικόνα 3.1 IMU αισθητήρας από την WIVA.

#### 3.1.1.2 Ηλεκτρομυογραφία.

Οι μετρήσεις λειτουργίας των μυών γίνονται με μικρά ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο δέρμα για να μετρήσουν πώς οι μύες λειτουργούν κατά την βάρδιαση. Όταν ο μυς λειτουργεί, παράγεται ηλεκτρικό σήμα το οποίο ονομάζεται ηλεκτρομυογράφημα (EMG). Τα ηλεκτρόδια στο δέρμα μετρούν το EMG και με κατάλληλη βοήθεια καθορίζεται εάν υπάρχει ένα πρόβλημα με τους μύες ή τα νεύρα. Συνήθως χρησιμοποιούνται για μετρήσεις σε αθλητές. (35)





Εικόνα 3.2 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων στους μύες.

Εικόνα 3.3 Συσκευή EMG.

### 3.1.1.3 Ultrasonic Sensors.

Οί υπερηχητικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της κινητικών μεταβλητών, όπως το μήκος του βήματος, την απόσταση ενός πέλματος απο το άλλο (σε όλες τις φάσεις βάδισης) και την απόσταση του ποδιού απο το δάπεδο. Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούν τη συνεχή ταχύτητα του ήχου στον αέρα που αντικατοπτρίζεται σε ένα αντικείμενο και έτσι υπολογίζουν τον χρόνο και τις αποστάσεις πού χρειάζονται. (35)



Εικόνα 3.4 Υπερηχητικός αισθητήρας της Maker Lab Electronics.

#### 3.1.1.4 Στολή X Sens.

Ενα ακόμα σύστημα ανάλυσης βάρδισης μέ φορετούς αισθητήρες είναι τής εταιρείας XSens MVN. Περιλαμβάνει μία στολή με τοποθετημένους αισθητήρες στα πόδια, στα χέρια και στον θώρακα. Με τον τρόπο αυτό καταγράφονται και μελετούνται οί κινήσεις και η ισορροπία τού σώματος. (61)



Εικόνα 3.5 Στολή με αισθητήρες απο την Xsens.

### **3.1.2 Non Wearable Systems .**

Τα Non Wearable συστήματα απαιτούν τη χρήση ελεγχόμενων ερευνητικών εγκαταστάσεων όπου εντοπίζονται οι αισθητήρες και η συλλογή δεδομένων σχετικά με το βάδισμα ενώ το άτομο περπατά σε έναν διάδρομο. Χωρίζονται σε εκείνα που βασίζονται στην επεξεργασία εικόνας (IP) και εκείνα που βασίζονται σε αισθητήρες δαπέδου (FS).

(62, 63)

#### **3.1.2.1 Floor Sensors.**

Στα συστήματα που βασίζονται σε αυτή την τεχνική, οι αισθητήρες τοποθετούνται κατά μήκος του δαπέδου στις λεγόμενες πλατφόρμες όπου το βάδισμα μετράται με αισθητήρες πίεσης ή δύναμης όταν το άτομο περπατά πάνω τους. Υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων δαπέδου: πλατφόρμες δύναμης και συστήματα μέτρησης πίεσης. Οι πλατφόρμες δύναμης πρέπει να διακρίνονται από τα συστήματα μέτρησης της πίεσης, τα οποία παρότι ποσοτικοποιούν το κέντρο πίεσης, δεν μετρούν άμεσα το εφαρμοζόμενο διάνυσμα δύναμης. Τα συστήματα μέτρησης της πίεσης είναι χρήσιμα για την ποσοτικοποίηση των μοτίβων πίεσης κάτω από το πόδι με την πάροδο του χρόνου, αλλά δεν μπορούν να ποσοτικοποιήσουν τα οριζόντια ή διατμητικά συστατικά των εφαρμοζόμενων δυνάμεων.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των αισθητήρων δαπέδου είναι η ανάλυση της αντίδρασης του εδάφους (GRF). Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται σε πολλές μελέτες ανάλυσης βάρδισης. (65, 66)



Εικόνα 3.6 Διάδρομος καταγραφής βάδισης με αισθητήρες.

Μερικά παραδείγματα πλατφορμών:

- Force platform AMTI series OR6-7 of Biometrics France (Figure 5)
- Kistler force plates of different types.
- Dynamometric mat ADAL of Tec machine.
- MatScan System made by Tuscany ( $43.6 \times 36.9$  cm).
- Walking mat made by RM Lab ( $150 \times 50$  cm).
- Foot Scan Plates made by RSScan Lab (up to  $200 \times 40$  cm).
- FDM-T System for stance and gaits analysis made by Zebris ( $150 \times 50$  cm).

### 3.1.2.2 Πελματογράφος Βάδισης.

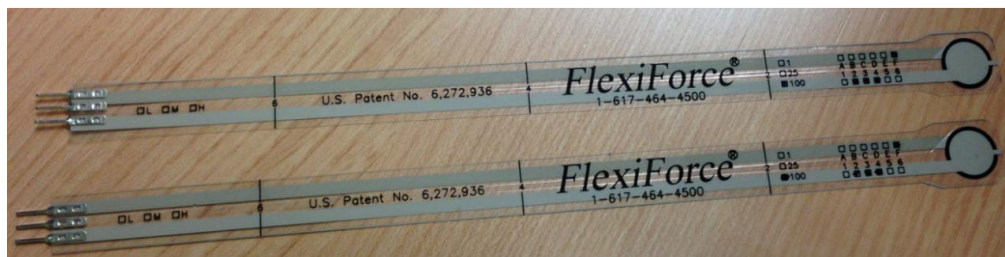
Είναι μία συσκευή που καταγράφει τις πιέσεις που ασκούνται στο πέλμα του ποδιού κατά την επαφή του με το έδαφος. Παρέχεται η απεικόνιση του πέλματος και τών πιέσεων του ποδιού κατά την επαφή του με το έδαφος. Χρησιμοποιεί πολλούς αισθητήρες πίεσης και όταν κάποιος περπατάει πάνω καταγράφονται οι πιέσεις που ασκούνται καθώς και κατακόρυφες δυνάμεις αντίδρασης και πίεσης. (35, 67)



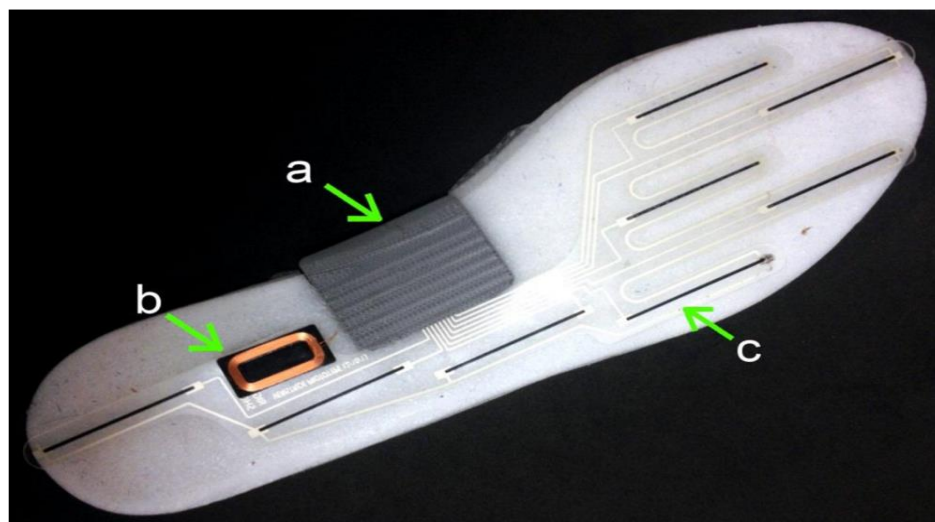
Εικόνα 3.7 Πελματογράφος της WIVA.

### 3.1.2.3 Αισθητήρες πίεσης και δύναμης.

Οί αισθητήρες δύναμης μετρούν την δύναμη του εδάφους κάτω από το πόδι και επιστρέφουν ρεύμα ή τάση ανάλογη προς τη μετρούμενη πίεση. Όμως οι αισθητήρες αυτοί μετρούν τη δύναμη που ασκείται στον αισθητήρα χωρίς να λαμβάνει υπόψη τα στοιχεία αυτής της δύναμης σε όλους τους άξονες. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα αυτού του τύπου είναι χωρητικοί αισθητήρες πιεζοηλεκτρικοί και πιεζοηλεκτρικές αντιστάσεις. Η επιλογή του αισθητήρα εξαρτάται από το εύρος πίεσης, τη γραμμικότητα, την ευαισθησία: σε αισθητήρες αντίστασης, πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες, χωρητικοί αισθητήρες. (35)



Εικόνα 3.8 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες .



Εικόνα 3.9 Σόλα Παπουτσιού. α) αισθητήρας αδρανείας, Bluetooth, μικροελεγκτής και μονάδα μπαταρίας, β) πηνίο για επαγωγική επαναφόρτιση. και (γ) αισθητήρες πίεσης .

### 3.1.3 Commercialized Gait Analysis Systems and Laboratories

Υπάρχουν και διάφορα εργαστήρια βάδισης τα οποία χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό από Wearable Systems και Non Wearable Systems όπως βλέπουμε στην παρακάτω Εικόνα.



Εικόνα 3.10 Ανάλυση βάδισης σε εργαστήριο της BTS GAIT LAB bioengineering.

Στο παραπάνω εργαστήριο βάδισης έχουμε υπέρυθρες βιντεοκάμερες, συστήματα εγγραφής βίντεο και οθόνες τηλεόρασης. Επίσης παρατηρούμε Ασύρματη Ηλεκτρομυογραφία, διάδρομο καταγραφής βάδισης ασθενών (GRF). Τέλος έχουμε αδρανειακό σύστημα αισθητήρων τοποθετημένο κέντρο μάζας του ασθενούς. (68)

### **3.2 Τεστ αξιολόγησης βάδισης και ικανοτήτων πρωτόκολλα ανάλυσης βάδισης (Ημι-υποκειμενικές μέθοδοι) .**

Πραγματοποιούνται από ειδικούς που παρατηρούν την βάδιση ενός ασθενούς κάνοντας παράλληλα και αξιολόγηση. Οί διαφορετικές παραμέτροι που σχετίζονται με το βάδισμα του ασθενούς παρατηρούνται και αξιολογούνται ενώ περπατάει σε ένα προκαθορισμένο κύκλωμα. Βέβαια αυτές οι μέθοδοι έχουν και μειονεκτήματα διότι δίνουν υποκειμενικές μετρήσεις οσον αφορά την ακρίβεια, έχοντας αρνητική επίδραση στην διάγνωση και την παρακολούθηση των ασθενών. (35)

#### **3.2.1 Timed 25-Foot Walk (T25-FW).**

Αυτή η τεχνική είναι γνωστή ως δοκιμή βάδισης 25 ποδιών. Χρησιμοποιείται σε άτομα που πάσχουν από σκλήρυνση κατά πλάκας. Ο ειδικός μετράει τον χρόνο που χρειάζεται ο ασθενής να περπατήσει 7.5 μέτρα. (69)

#### **3.2.2 Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA).**

Σε αυτή τη δοκιμασία, ο ασθενής πρέπει να περπατήσει προς τα εμπρός τουλάχιστον 3 μέτρα, να γυρίσει 180 μοίρες και στη συνέχεια να περπατήσει γρήγορα πίσω στην καρέκλα. Οί ασθενείς θα πρέπει να χρησιμοποιούν το μπαστούνι τους ή κάποιο άλλο βοήθημα. Σε μία πιο πρόσφατη μελέτη, η Tinetti παρουσίασε περιοριστικούς περιορισμούς επτά παραμέτρων σύμφωνα με δύο επίπεδα (φυσιολογικές ή μη φυσιολογικές). Στην πλήρη έκδοση του τέστ, το τμήμα για τις διαταραχές ισορροπίας βασίζεται σε 13 παραμέτρους που οργανώνονται σε τρία επίπεδα και το ανθρώπινο βάδισμα βασίζεται σε εννέα επιπλέον παραμέτρους, που ταξινομούνται σε τέσσερα επίπεδα. Συμπερασματικά, αυτή η δοκιμασία καθιστά δυνατή την ακριβή αξιολόγηση μεταξύ των ισορροπιών των ηλικιωμένων και των αναταραχών στις καθημερινές καταστάσεις. Ωστόσο, η δοκιμή απαιτεί πολύ χρόνο. (70)

### **3.2.3 Timed Get up and Go (TUG).**

Το TUG τεστ είναι μια χρονική δοκιμή που απαιτεί από τον ασθενή να σηκωθεί από μία καθιστή θέση, να περπατήσει σε μικρή απόσταση (περίπου 3,5m), να γυρίσει, να περπατήσει πίσω στην καρέκλα και να καθίσει ξανά. (71)

### **3.2.4 Gait Abnormality Rating Scale (GARS).**

Πρόκειται για μια ανάλυση βασισμένη σε βίντεο με 16 χαρακτηριστικά για το βάδισμα τού ανθρώπου. Τό GARS περιλαμβάνει πέντε γενικές κατηγορίες, τέσσερις κατηγορίες για τα κάτω άκρα και επτά για τον κορμό, τό κεφάλι και τά άνω άκρα. (72)

### **3.2.5 Extra-Laboratory Gait Assessment Method (ELGAM).**

Η μέθοδος ELGAM χρησιμοποιείται για τβην αξιολόγηση της βάδισης στο σπίτι. Οί παράμετροι που μελετήθηκαν περιλαμβάνουν το μήκος βήματος, την ταχύτητα, το αρχικό στυλ αναπήδησης, την ικανότητα να γυρίζετε το κεφάλι ενώ περπατάτε και την στατική ισορροπία. Η χαμηλή ταχύτητα (κάτω από 0,5 m / s), τά μικρά βήματα, η δυσκολία στην περιστροφή του κεφαλιού και η έλλειψη ισορροπίας συνδέονται σημαντικά με ασταθή βηματισμό. (73)

### **3.3 Σύγκριση τών ήμι-υποκειμενικών και τών αντικειμενικών μεθόδων.**

Σε κλινικές συνθήκες, η ανάλυση βάρδισης διεξάγεται με ήμι-υποκειμενικές μεθόδους. Οπου οί ειδικοί παρατηρούν τους ασθενείς και αξιολογούν τις παραμέτρους βάρδισης. Το πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό και χρειάζονται μόνο έναν εξειδικευμένο ειδικό για τη διεξαγωγή της δοκιμής. Ωστόσο, πολλές φορές επηρεάζεται η ακρίβεια, η επαναληπτικότητα και η αναπαραγωγή των μετρήσεων. Με τήν εξέλιξη τής τεχνολογίας δημιουργήθηκαν αισθητήρες, με ακριβέστερη ποσοτικοποίηση τών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν το ανθρώπινο βάδισμα. Αυτοί οι μέθοδοι μπορούν να δώσουν ακριβέστερα δεδομένα αξιολόγησης, καθιστώντας δυνατή την απόκτηση πληροφοριών που δεν μπορούν να παρασχεθούν απλά παρακολουθώντας έναν περίπατο ασθενούς. Για παραδείγμα περιλαμβάνουν το GRF, τη δύναμη που ασκούν οι διάφοροι μύες και οι γωνίες των τμημάτων του σώματος στις διάφορες αρθρώσεις. Μία πρόσφατη μελέτη (74) συνέκρινε τα αποτελέσματα της ανάλυσης βάρδισης ενός υγιούς ατόμου σε επτά διαφορετικά εργαστήρια και έδειξε ότι οι διαφορετικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στα διάφορα εργαστήρια μέτρησαν σωστά τις παραμέτρους βάρδισης. Οί διαφορές που διαπιστώθηκαν ήταν γενικά χαμηλότερες από τις καθιερωμένες ελάχιστες ανιχνεύσιμες μεταβολές για κινηματική και κινητική βηματισμού για υγιείς ενήλικες, σημειώνοντας έτσι πολλά υποσχόμενη πρόοδο στήν αντικειμενική ποσοτικοποίηση αυτών των παραμέτρων. Οί δύο βασικές προσεγγίσεις αυτών των αντικειμενικών τεχνικών βασίζονται σε WS και NWS. Δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι κάποια μέθοδος είναι καλύτερη απο την άλλη διότι η κάθε μία έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά πού μπορούν νά χρησιμοποιηθούν για διαφορετικές μετρήσεις.

### **3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.**

#### **3.4.1 Non Wearable Systems.**

##### **Πλεονεκτήματα.**

Επιτρέπεται η ανάλυση πολλών παραμέτρων βάδισης ταυτόχρονα.

Διαδικασία μέτρησης που ελέγχεται σε πραγματικό χρόνο από τόν ειδικό.

Δέν υπάρχουν περιορισμοί στην κατανάλωση ενέργειας.

Εύκολη επανάληψη και αναπαραγωγή για συλλογή δεδομένων.

##### **Μειονεκτήματα.**

Ακριβός εξοπλισμός για δοκιμές.

Δέν μπορεί να παρακολουθηθεί ο ασθενής εκτός του εργαστηρίου.

Τό φυσιολογικό βάδισμα τού ατόμου μπορεί να μεταβληθεί λόγω περιορισμών χώρου που απαιτούνται από τό σύστημα μέτρησης.

#### **3.4.2 Wearable Systems.**

##### **Πλεονεκτήματα.**

Ανάλυση και παρακολούθηση της βάδισης κατά τις καθημερινές δραστηριότητες τού ασθενούς.

Οικονομικότερα συστήματα.

Αύξηση διαθεσιμότητας αισθητήρων. (τεχνολογία, μέγεθος, βάρος)

Επιτρέπει την δυνατότητα ανάπτυξης σε οποιοδήποτε σημείο χωρίς ελεγχόμενα περιβάλλοντα.

Οί ασύρματοι αισθητήρες βελτιώνουν τήν χρηστικότητα.

##### **Μειονεκτήματα.**

Ευπαθή σε θορύβους και σε παρεμβολές εξωτερικών παραγόντων.

Περιορισμοί στην κατανάλωση ενέργειας λόγω διάρκειας μπαταρίας.

Περιορισμένος αριθμός παραμέτρων βάδισης.

Σύνθετοι και δύσκολοι αλγόριθμοι για την εκτίμηση και μελέτη παραμέτρων αδρανειακών αισθητήρων.

### **3.5 Συμπεράσματα.**

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον για την απόκτηση και αξιολόγηση γνώσεων της ανθρώπινης βάδισης. Οί ήμι-υποκειμενικές μέθοδοι εξαρτώνται από την εμπειρία των ειδικών. Χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί νέες μέθοδοι και έχουν αναπτυχθεί νέοι αισθητήρες που μπορούν να ποσοτικοποιήσουν δεδομένα προσφέροντας στον αθλητισμό, σε ηλικιωμένους, σε άτομα με νευρολογικά και καρδιοπαθητικά προβλήματα.

Αυτό καθιστά τις αντικειμενικές μεθόδους πιο αποτελεσματικές από τις ήμι-υποκειμενικές. Οι τελευταίες έρευνες σχετικά με την ανάλυση βάδισης συγκρίνουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων. Οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι παρόλο που η ποσοτικοποίηση των παραμέτρων διεξάγεται με αυστηρότητα, οι μελέτες αυτές δεν καλύπτουν την ανάγκη επέκτασης της ικανότητας μέτρησης των συστημάτων WS προκειμένου να παρέχει πληροφορίες για τις βάδισης που λαμβάνονται κατά την διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων των χρηστών για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Διεξαγωγή ανάλυσης βάδισης.**

### **4.1 Διεξαγωγή της Κλινικής Ανάλυση Βάδισης.**

Η καταγραφή βάδισης χρειάζεται την συνδρομή εξειδικευμένου τεχνολογικού εξοπλισμού. Πρέπει όμως πρώτα να γίνει μια αναλυτική καταχώρηση του ιστορικού των ασθενών και η κλινική εξέταση τους. Η κλινική εξέταση περιλαμβάνει μια σειρά απο μετρήσεις σε συνθήκες ηρεμίας για τους ασθενείς. Οι μετρήσεις ανάλογα με την παθολογική κατάσταση που βρίσκεται ο ασθενής μπορεί να είναι οι εξής : αξιολόγηση του εύρους κίνησης τών κάτω άκρων, της μυικής δύναμης της παραμόρφωσης τών οστών και άλλοι νευρολογικοί παράγοντες.

Τα δεδομένα που εξάγονται από την καταγραφή της βάδισης συνδυάζονται με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης τών ασθενών και συνεισφέρουν στην κατανόηση των αιτιών που ευθύνονται για την απόκλιση απο το πρότυπο φυσιολογικό πρότυπο κίνησης.

(10)

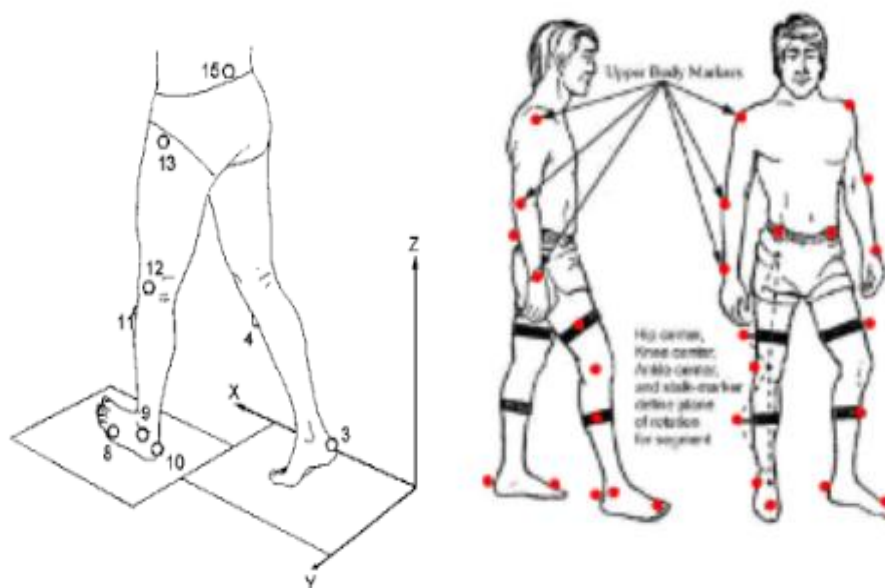
Αμέσως μετά την κλινική αξιολόγηση ακολουθούν οι μετρήσεις κίνησης και βάδισης των ασθενών. Τοποθετούνται πάνω στο σώμα παθητικοί ανακλαστήρες (passive reflective markers) οι οποίοι ευθυγραμμίζονται στις αρθρώσεις. Επειτα οι ασθενείς πρέπει να ξεκινήσουν την βάδιση στον ειδικό διάδρομο του εργαστηρίου. Γίνεται η καταγραφή της θέσης των ανακλαστήρων που είναι τοποθετημένοι στο σώμα με την βοήθεια τρισδιάστατου ή δισδιάστατου οπτικο-ηλεκτρονικού συστήματος. Το σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει ένα αριθμό από εξειδικευμένες κάμερες που επικοινωνούν με τόν υπολογιστή τού εργαστηρίου που συλλέγει τα δεδομένα.

Οι κάμερες έχουν διόδους εκπομπής υπέρυθρου φωτός. Το υπέρυθρο φώς αντανακλάται απο τους αντανακλαστήρες και επιστρέφει στις κάμερες. Το ειδικό λογισμικό του υπολογιστή επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης των ανακλαστήρων στο σώμα με βάση τις εικόνες που συλλέγονται απο τις κάμερες. Η κλινική Ανάλυση βάδισης μπορεί να ενισχυθεί με την καταγραφή τών δυνάμεων που υπάρχουν στο εδάφος μέσω πλατφόρμων που ενσωματώνονται στον διάδρομο βάδισης. Τα δεδομένα που συλλέγονται

μπορούν να συνδυαστούν κατάλληλα με τις πλατφόρμες και να δώσουν στοιχεία και πληροφορίες που αφορούν τις επιβαρύνσεις των αρθρώσεων κατά την διάρκεια της βάδισης.

Σε πολλά εργαστήρια βάδισης είναι συχνή και η τοποθέτηση ηλεκτροδίων στους μύες των ασθενών για την καταγραφή της δραστηριότητας τους. Η μέθοδος αυτή λέγεται Ηλεκτρομυογραφία (EMG), συνήθως γίνεται σε αθλητές και συμβάλει στην κατανόηση νευρομυικών αποκλίσεων από τα φυσιολογικά πρότυπα.

Κάποια οπτικο-ηλεκτρονικά συστήματα επιτρέπουν την βιντεοσκόπηση, δηλαδή την συγχρονισμένη λήψη βίντεο για την διασφάλιση των κινηματικών δεδομένων. Μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις η χρήση τους είναι ιδανική καθώς το οπτικό-ηλεκτρονικό σύστημα δεν μπορεί να καταγράψει κάποιες παραμορφώσεις του σώματος. (36, 74)



Εικόνα 4.1 Χαρακτηριστικά παραδείγματα τοποθέτησης ανακλαστήρων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Παρουσίαση του συστήματος.**

Το σύστημα το οποίο χρησιμοποιήσαμε είναι της εταιρείας WIVA και αποτελείται από τον πελματογράφο MPS τον αισθητήρα κίνησης F4A και τό Λογισμικό Ανάλυσης Βάδισης Biomech. Με το σύστημα αυτό δίνεται η δυνατότητα για εκτίμηση της ανθρώπινης κινητικότητας, τήν αξιολόγηση της κατάστασης τού ασθενούς,εκτίμηση αποτελεσμάτων εγχείρησης, επιλογή της κατάλληλης θεραπείας, καθώς και μία πλήρη εικόνα για την πρόοδο αποκατάστασης του ασθενούς.



Εικόνα 5.1 Wiva.

## 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ο αισθητήρας κίνησης F4A είναι μία αδρανειακή μονάδα η οποία αποτελείται από ένα επιταχυνσίμετρο 3D, ένα μαγνητόμετρο 3D και ένα γυροσκόπιο 3D. Διαθέτει Bluetooth δέκτη και memory card για την αποθήκευση περισσότερων μετρήσεων. Μπορεί να τοποθετηθεί σε διάφορα μέρη του σώματος για να καταγράψει την κίνηση στον χώρο και την ισχύ των μυών.



Εικόνα 5.2 Αισθητήρας F4A της WIVA.

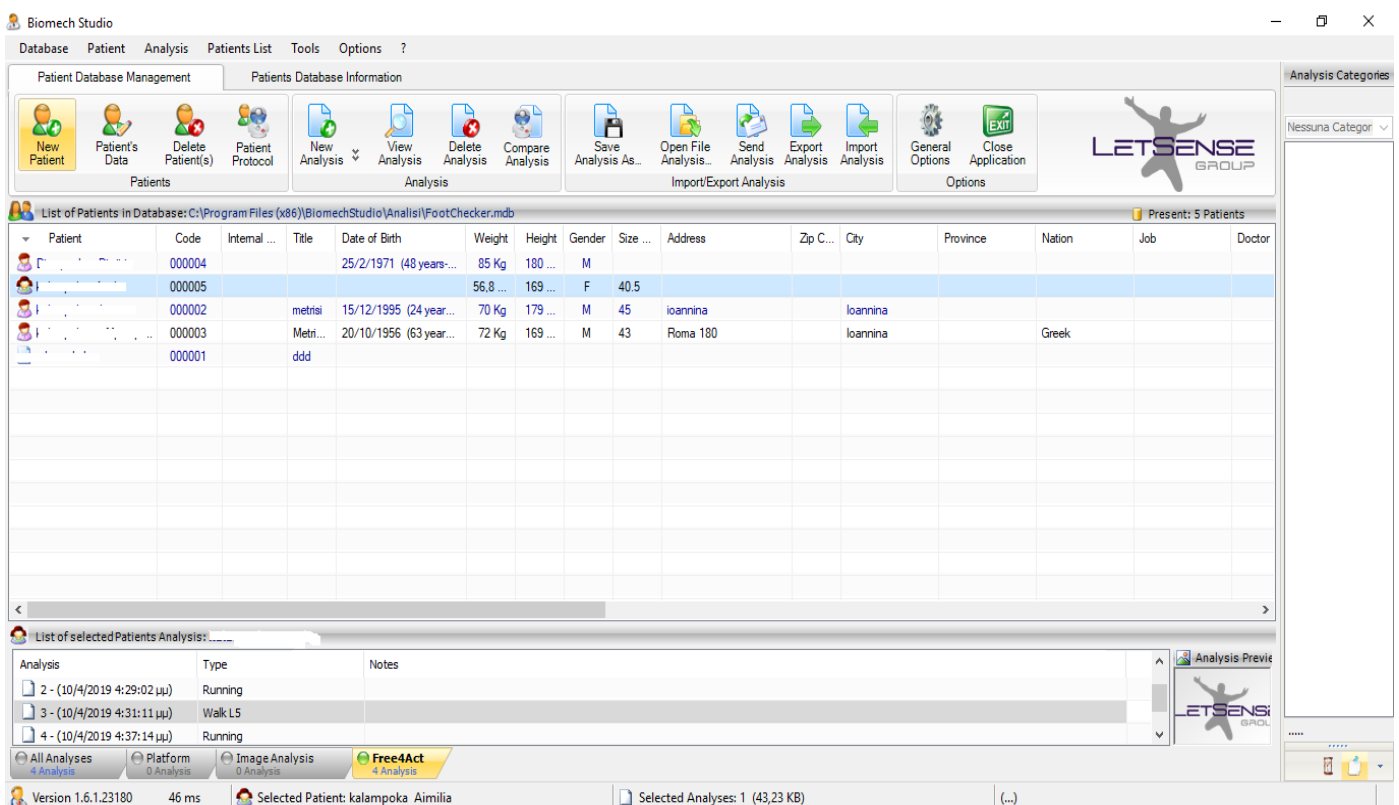
Ο διάδρομος βάδισης ή αλλιώς Πελματογράφος MPS με επιφάνεια 70 cm x 2 m με 9.600 Resistive αισθητήρες. Είναι ικανό να καταγράψει την ισορροπία την βάδιση σε τρισδιάστατες παραστάσεις και να αναλύσει τον βηματισμό.



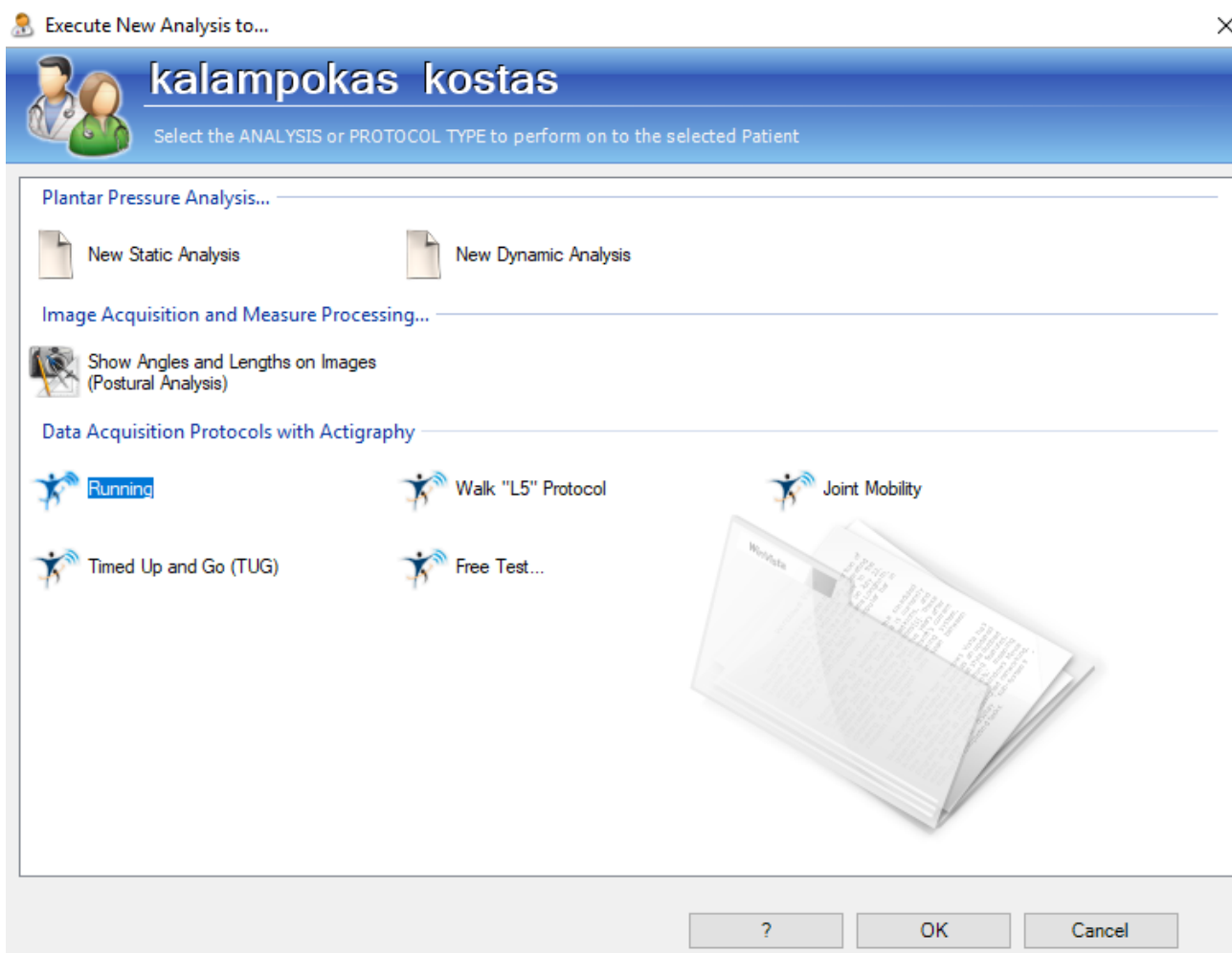
Εικόνα 5.3 Ο πελματογράφος MPS.

## 5.2 Δυνατότητες του Software.

Με το λογισμικό της Biomech δίνεται η δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις όπως Walk L5, TUG, Joint Mobility, Free Test, Στατική και Δυναμική Ανάλυση. Μπορούμε να εξάγουμε τα δεδομένα σε γραφήματα, σε αρχεία .txt και να τα επεξεργαστούμε με προγράμματα απεικόνισης γραφημάτων ή να αξιολογηθούν με το Excel.



Εικόνα 5.4 Το περιβάλλον Biomech.



Εικόνα 5.5 Επιλογή μέτρησης.

## **Walk L5 βάδιση**

Εντοπισμός παθολογιών βάδισης όπως ασυμμετρία στο μήκος ή τη διάρκεια βήματος, μη φυσιολογικές κινήσεις της λεκάνης κατά τη βάδιση, μεγαλύτερη φάση στήριξης σε ένα από τα δύο πόδια. Παρακολούθηση της παθολογίας σε άτομα με εγκεφαλικά επεισόδια, με νόσο του Πάρκινσον ακρωτηριασμένα άτομα που χρησιμοποιούν τεχνητά μέλη. Έλεγχος μεταβολής στην βάδιση ηλικιωμένων για πρόληψη πτώσεων. Παρακολούθηση θεραπείας όσον αφορά την βελτίωση θεραπείας σε ασθενείς μετά από χειρουργική επέμβαση ή αποκατάσταση.

## **TUG**

Αξιολόγηση της κινητικότητας της ισοροπίας, ηλικιωμένοι που κινδυνεύουν με πτώση και ικανότητα βάδισης ασθενών με σύνδρομο κινητικού νευρώνα. Λαμβάνεται υπόψη η αλλαγή της στάσης, η βάδιση και η μετατόπιση. Έτσι μπορεί να αποφασιστεί η διαφορετική στρατηγική που θα επιλέξει ο ασθενής.

## **Joint Mobility**

Αφορά την κινητικότητα των αρθρώσεων. Γίνονται ενεργητικές και παθητικές μετρήσεις στις αρθρώσεις.

## **Running**

Ο χρόνος και ο ρυθμός δισκελισμού.

Η ταχύτητα.

Η διάρκεια των βημάτων.

Η διάρκεια στάσης και ο χρόνος αιώρησης του κάθε ποδιού.

Η μετατόπιση της λεκάνης.

Οί μεταβλητές που αξιολογούνται κατά την Στατική και Δυναμική ανάλυση είναι :

### **Στην Στατική Ανάλυση**

Το κέντρο δύναμης κατά την φάση στήριξης.

Ο μέσος όρος πίεσης κατά την φάση στήριξης.

Η επιφάνεια επαφής πέλματος κατά την φάση στήριξης.

Η ταχύτητα μετακίνησης κατά την φάση στήριξης.

### **Στην Δυναμική Ανάλυση**

Ο συνολικός χρόνος κύκλου βάρδισης.

Ο χρόνος φάσης ολικής στήριξης του ποδιού κατά την βάρδιση.

Ο χρόνος φάσης διπλής στήριξης κατά την βάρδιση.

Ο χρόνος φάσης μονής στήριξης του ποδιού κατά την βάρδιση.

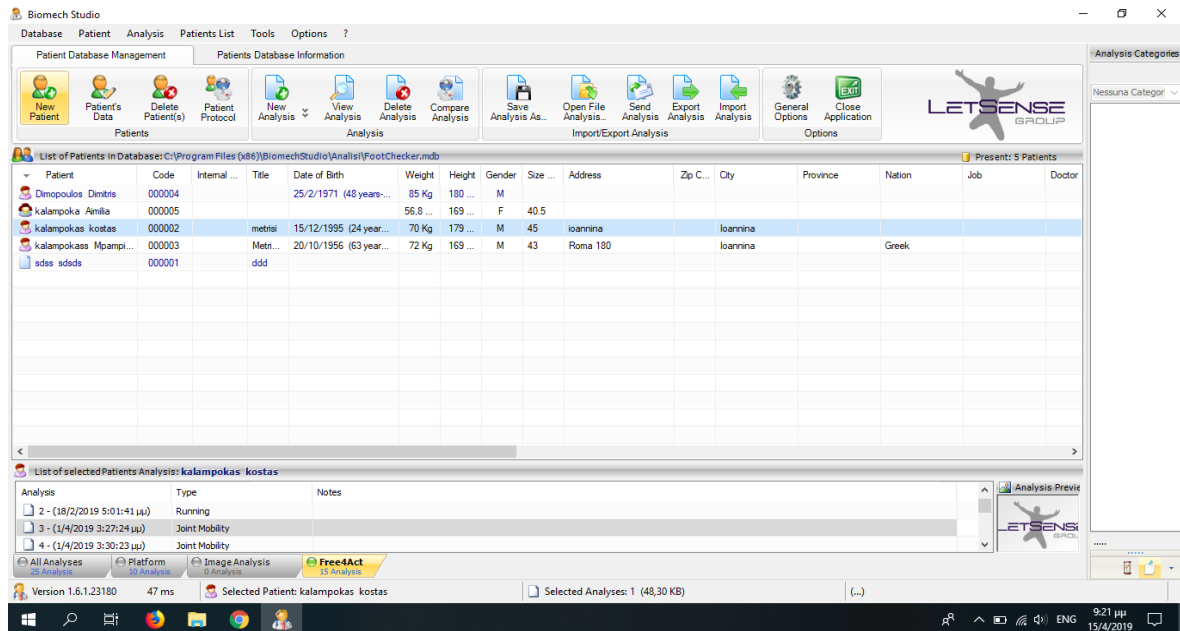
Ο χρόνος φάσης αιώρησης του άλλου ποδιού.

Ο χρόνος επαφής στην επιφάνεια του πέλματος.

Η μέγιστη και μέση πίεση στην επιφάνεια του πέλματος.

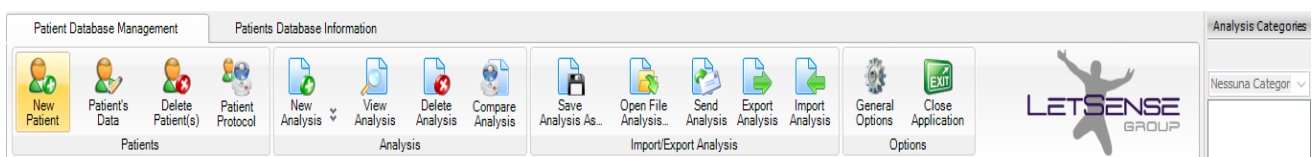
### 5.3 Παρουσίαση Software.

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα. Βλέπουμε το κύριο Μενού.

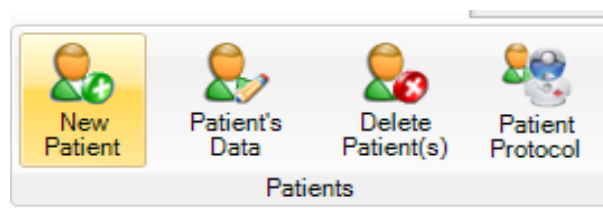


Εικόνα 5.6 .Το περιβάλλον Biomech.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την περιοχή με τα εικονίδια εντολών όπου μπορούν να χωριστούν σε 4 επιμέρους εικονίδια.

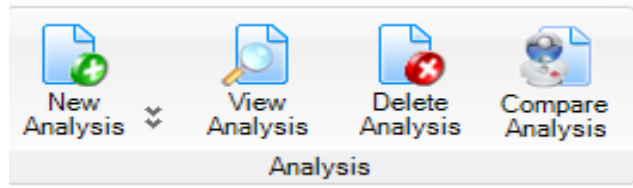


Εικόνα 5.7 Τα κύρια εικονίδια.



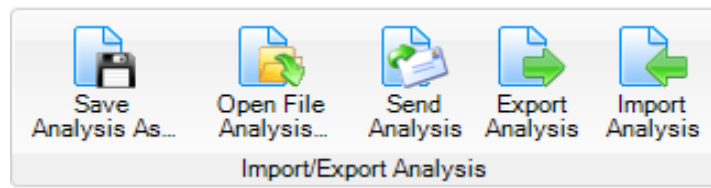
Εικόνα 5.8 Patient's Icon.

Στο πρώτο χρησιμοποιώντας αυτά τα εικονίδια μπορούμε να επεξεργαστούμε τους ασθενείς. Εισάγωντας νέο ασθενή με το εικονίδιο New Patient. Μπορούμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα του με το Patient's Data. Με το εικονίδιο Delete Patient(s) μπορούμε να διαγράψουμε ένα ασθενή μαζί με όλες τις μετρήσεις του. Με το τελευταίο εικονίδιο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο πρωτόκολλο για ένα ασθενή.



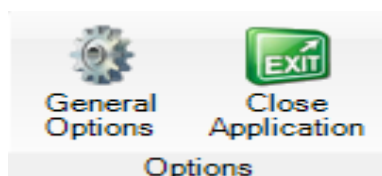
Εικόνα 5.9 Analysis Icon.

Με τα παραπάνω εικονίδια μπορούμε να πραγματοποιήσουμε νέα ανάλυση, να δούμε μια ήδη υπάρχον ανάλυση καθώς και να τη διαγράψουμε. Στο τελευταίο εικονίδιο μπορούμε να συγκρίνουμε αναλύσεις μεταξύ τους.



Εικόνα 5.10 Database Icon.

Το πρώτο εικονίδιο χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσουμε μία ανάλυση στον υπολογιστή μας. Στο δεύτερο για να ανοίξουμε μία ανάλυση απο τον υπολογιστή μας, ενώ στο τρίτο να στείλουμε την επιλεγμένη ανάλυση με e-mail. Τέλος με τα δύο τελευταία μπορούμε να εξάγουμε και να εισάγουμε αρχεία ανάλυσης.



Εικόνα 5.11 Option's Icon.

Τα δύο εικονίδια χρησιμοποιούνται για να ανοίξουμε τις Γενικές Ρυθμίσεις και να κλείσουμε την εφαρμογή Biomech.

| List of Patients in Database: C:\Program Files (x86)\BiomechStudio\Analisi\FootChecker.mdb |        |              |          |                        |          |         |        |          |          |          |          |          |        | Present: 5 Patients |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|----------|------------------------|----------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------------|--------|
| Patient                                                                                    | Code   | Internal ... | Title    | Date of Birth          | Weight   | Height  | Gender | Size ... | Address  | Zip C... | City     | Province | Nation | Job                 | Doctor |
| Dimopoulos Dimitris                                                                        | 000004 |              |          | 25/2/1971 (48 years... | 85 Kg    | 180 ... | M      |          |          |          |          |          |        |                     |        |
| kalampoka Amilia                                                                           | 000005 |              |          |                        | 56.8 ... | 169 ... | F      | 40.5     |          |          |          |          |        |                     |        |
| kalampokas kostas                                                                          | 000002 |              | metrisi  | 15/12/1995 (24 year... | 70 Kg    | 179 ... | M      | 45       | Ioannina |          | Ioannina |          |        |                     |        |
| kalampokass Mpampi...                                                                      | 000003 |              | Metri... | 20/10/1956 (63 year... | 72 Kg    | 169 ... | M      | 43       | Roma 180 |          | Ioannina |          | Greek  |                     |        |
| sdss sdads                                                                                 | 000001 |              | ddd      |                        |          |         |        |          |          |          |          |          |        |                     |        |
|                                                                                            |        |              |          |                        |          |         |        |          |          |          |          |          |        |                     |        |
|                                                                                            |        |              |          |                        |          |         |        |          |          |          |          |          |        |                     |        |
|                                                                                            |        |              |          |                        |          |         |        |          |          |          |          |          |        |                     |        |
|                                                                                            |        |              |          |                        |          |         |        |          |          |          |          |          |        |                     |        |

Εικόνα 5.12 Patient's List.

Χρησιμοποιείται για να απεικονίσουμε την λίστα ασθενών μαζί με κάποιες πληροφορίες. Αν επιλέξουμε ένα όνομα απο την λίστα ασθενών εμφανίζεται η παρακάτω Εικόνα.

**Modify Patient's Data...**

Modify Options

**kalampokas kostas**

Date of Entry to Database: Δευτέρα, Φεβ 18 2019 Data updated to: Πέμπτη, Μαρ 28 2019

Personal Data More Informations Anthropometric Data

Remote Center:

Job:

**Personal Code:**

Doctor:

Title:

Pathology:

\*Surname:

Assistance:

\*Name:

Insurance:

Date of Birth:  d/M/yyyy

Card:

Weight:  Kg

Height:  cm

Gender:

Shoe size:  Europe

Address:

ZIP code:

City:

Province:

Nation:

IMC: 21,8  
Body Mass Index

Telephone:

Mobiletelephone:

Fax:

eMail:

Internet:

Place of Birth:

Fiscal Code:

Calculate

Print Save and New Analysis... Save Cancel

Εικόνα 5.13 Όλα τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή.

Παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες για τον ασθενή όπως ονοματεπώνυμο, φύλο, ηλικία, βάρος, ύψος, πόλη κατοικίας, τηλέφωνο, ο γιατρος που τον παρακολουθεί κλπ.

| Analysis                   | Type           | Notes |
|----------------------------|----------------|-------|
| 2 - (18/2/2019 5:01:41 μμ) | Running        |       |
| 3 - (1/4/2019 3:27:24 μμ)  | Joint Mobility |       |
| 4 - (1/4/2019 3:30:23 μμ)  | Joint Mobility |       |

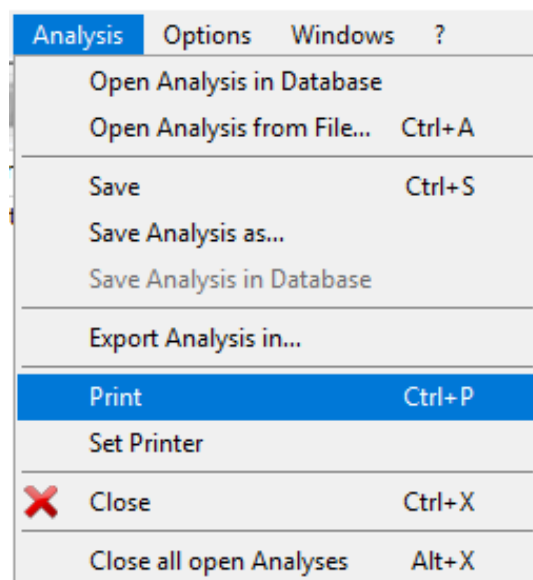
All Analyses 25 Analysis    Platform 10 Analysis    Image Analysis 0 Analysis    Free4Act 15 Analysis

Εικόνα 5.13 Selected Patient's Analysis.

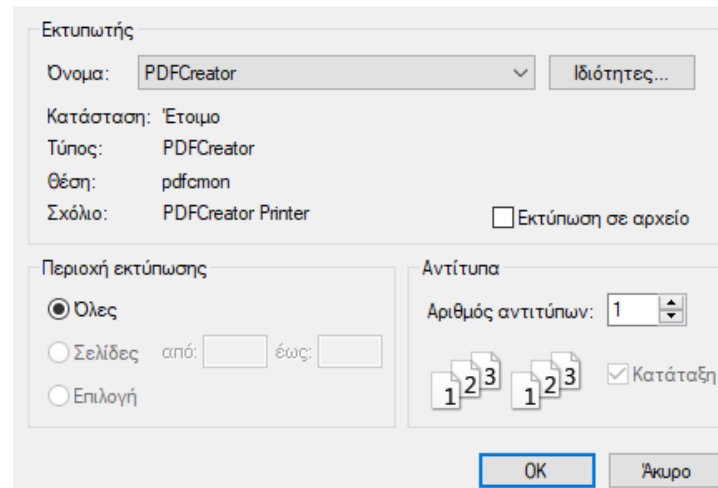
Η περιοχή αυτή χρησιμοποιείται για να δούμε τις εξετάσεις ή τις μετρήσεις του επιλεγμένου ασθενή όπως για παράδειγμα Joint Mobility, Running.

Αλλο ένα χρήσιμο εργαλείο του Biomech είναι η εξαγωγή μετρήσεων σε pdf με την δωρεάν εφαρμογή pdf creator. Μπορούμε να τις αποθηκεύσουμε σε όποιο φάκελο θέλουμε.

Αφού κατεβάσουμε και εγκαταστήσουμε την εφαρμογή ανοίγουμε μία ανάλυση. Στην συνέχεια πατάμε την επιλογή Print όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.14.

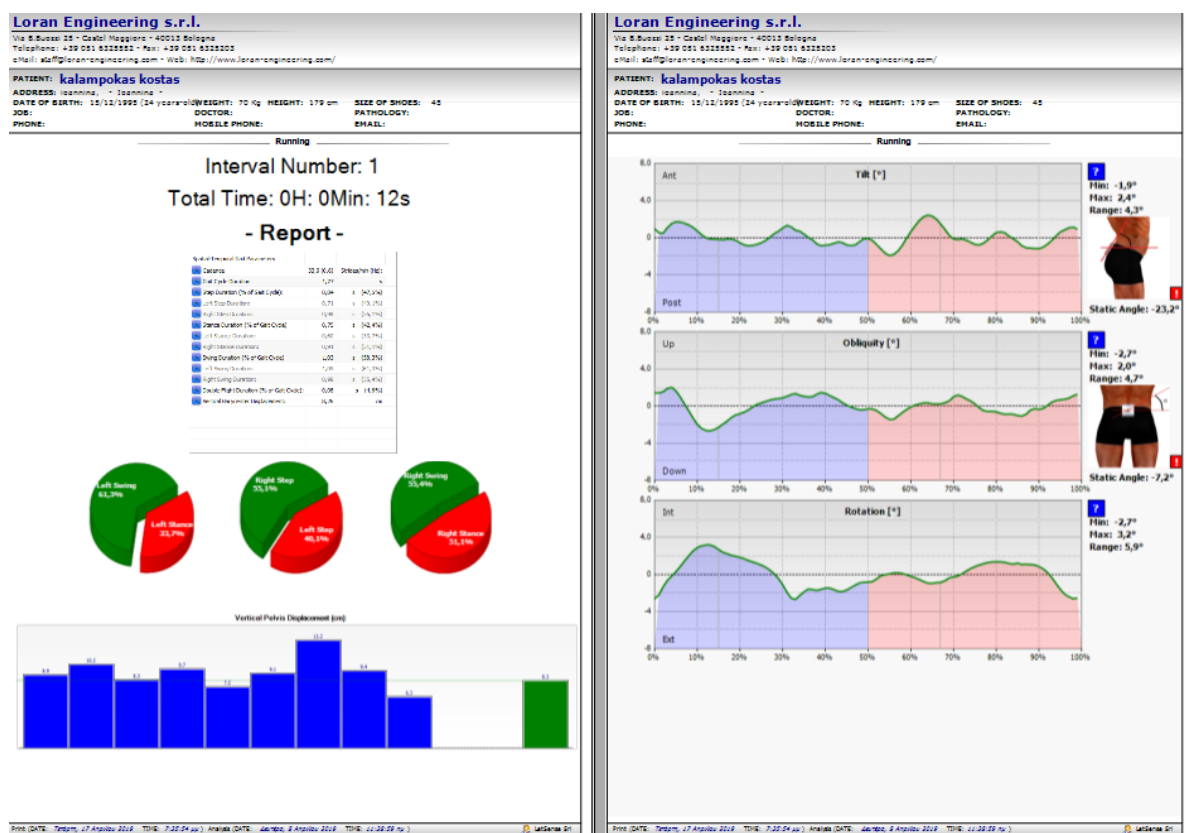


Εικόνα 5.14 Επιλογή Print.



Εικόνα 5.15 Επιλογή PDF Creator σαν εκτυπωτής.

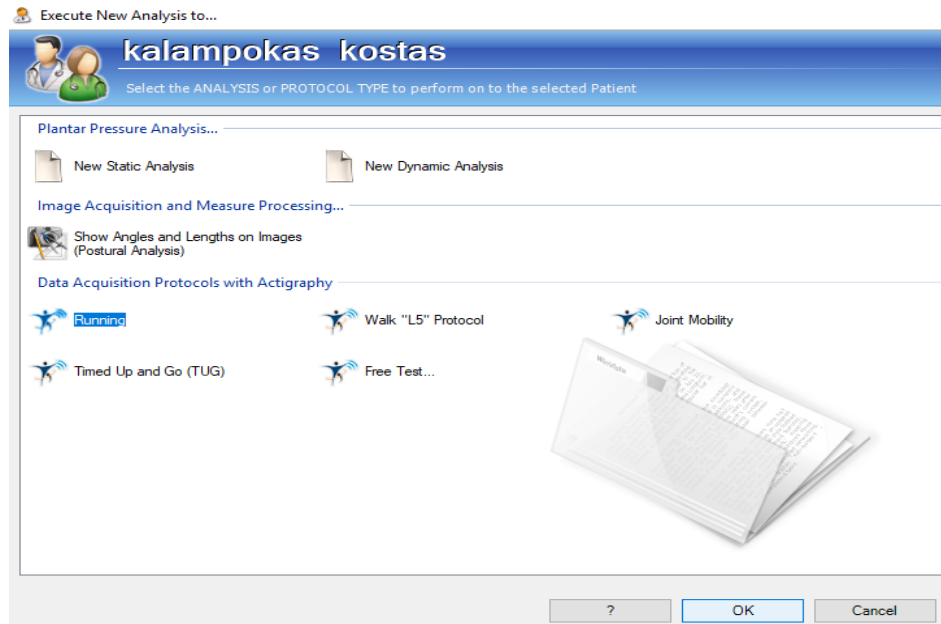
Αφού εμφανιστεί το εικονίδιο επιλέγουμε το pdf σαν εκτυπωτής. Ακολουθούμε τα βήματα και αποθηκεύουμε το pdf σε όποιο φάκελο θέλουμε.



Εικόνα 5.16 Παράδειγμα αποθήκευσης ανάλυσης σε pdf.

## 5.4 Πως πραγματοποιείται μία μέτρηση.

Αφού συνδέσουμε τον αισθητήρα μέσω Bluetooth και ορίσουμε με ποιά πόρτα συνδέεται στις Ρυθμίσεις, μπορούμε να επιλέξουμε ποια ανάλυση θα πραγματοποιήσουμε όπως στην παρακάτω Εικόνα.



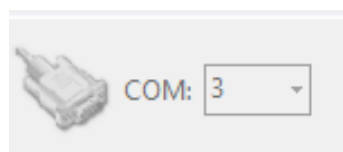
Εικόνα 5.17 Επιλογή ανάλυσης Running.

Χρησιμοποιώντας το παρακάτω κουμπί συνδέουμε τον αισθητήρα F4A.



Εικόνα 5.18 Σύνδεση του F4A.

Και μετά βρίσκουμε την κατάλληλη πόρτα.



Εικόνα 5.19 Σύνδεση της κατάλληλης πόρτας.

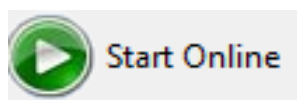
Στήν συνέχεια ο αισθητήρας F4A πρέπει να τοποθετηθεί στην μέση του εξεταζόμενου χρησιμοποιώντας την κατάλληλη ζώνη όπως ακριβώς στην εικόνα.

Στις μετρήσεις όπως το TUG, Free Test, Running, Walk L5 και σε συγκεκριμένες κινήσεις των αρθρώσεων (Joint Mobility) ο αισθητήρας τοποθετείται στο κέντρο μάζας όπως ακριβώς στην Εικόνα 5.20, δηλαδή στην μέση του ασθενούς.

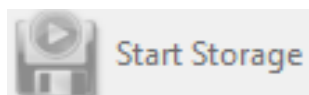


Εικόνα 5.20 Τοποθέτηση F4A με την ζώνη στην κατάλληλη θέση.

Μπορούμε να προχωρήσουμε στις μετρήσεις πατώντας το κουμπί της εικόνας 5.21 για να ξεκινήσει η εγγραφή και το κουμπί της εικόνας 5.22 για να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα.



Εικόνα 5.21 Start Online.



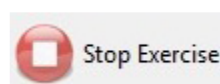
Εικόνα 5.22 Start Storage.

Όταν λειτουργήσει, θα δούμε τις καμπύλες των σημάτων στην οθόνη όπως στην παρακάτω εικόνα. Φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις του επιταχυνσιόμετρου του μαγνητόμετρου και του γυροσκοπίου με διαφορετικά χρώματα το κάθε ένα.



Εικόνα 5.23 Διεκπεραίωση μετρήσεων.

Αν θέλουμε να σταματήσουμε την μέτρηση πατάμε το πλήκτρο Stop ενώ αν θέλουμε να αποθηκεύσουμε πατάμε το πλήκτρο Save όπως στις παρακάτω εικόνες.

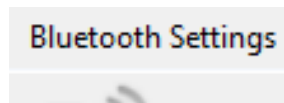


Εικόνα 5.24 Stop Exercise



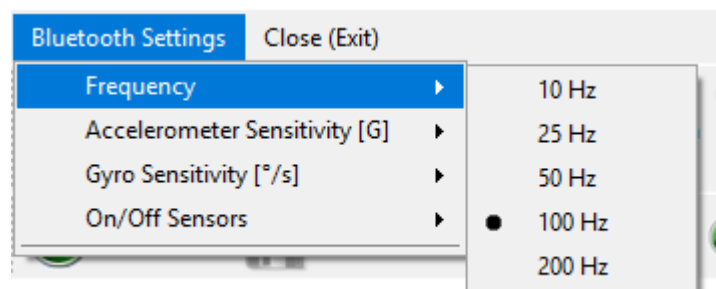
Εικόνα 5.24 Save Exercise.

Αφού αποφασίσουμε ποιά μέτρηση θέλουμε να κάνουμε, συνδέσουμε τον F4A αισθητήρα, μπορούμε να κάνουμε και κάποιες άλλες Ρυθμίσεις.



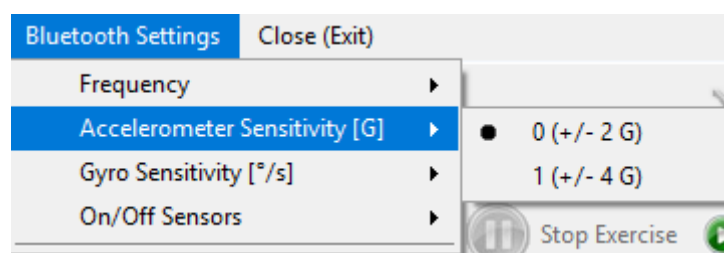
Εικόνα 5.25 Bluetooth Settings.

Επιλέγοντας το παραπάνω εικονίδιο Bluetooth Settings μπορούμε να κάνουμε τις παρακάτω ρυθμίσεις :



Εικόνα 5.26 Συχνότητα μετρήσεων.

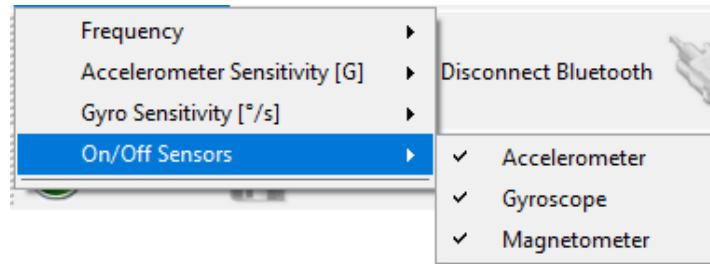
Το Frequency είναι η Συχνότητα Δειγματοληψίας και αντιπροσωπεύει πόσες μετρήσεις πραγματοποιεί ο αισθητήρας σε 1 δευτερόλεπτο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση 100 το δευτερόλεπτο.



Εικόνα 5.27 Ευαισθησία Επιταχυνσιόμετρου.

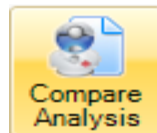
Το Accelerometer Sensitivity είναι η ευαισθησία στις κινήσεις του F4A. Μετριέται σε G. Τό ίδιο ισχύει και με το Gyro Sensitivity μόνο που μετριέται σε μοίρες ανα δευτερόλεπτο.

Τέλος με την επιλογή On/Off Sensors μπορούμε να κλείσουμε κάποιο απο τα τρία εργαλεία του αδρανειακού συστήματος F4A. Μπορούμε σε μία μέτρηση εάν θέλουμε να μην πάρουμε data από το γυροσκόπιο, το επιταχυνσιόμετρο, ή το μαγνητόμετρο, οπότε κλείνουμε όποιο δεν μας χρειάζεται.

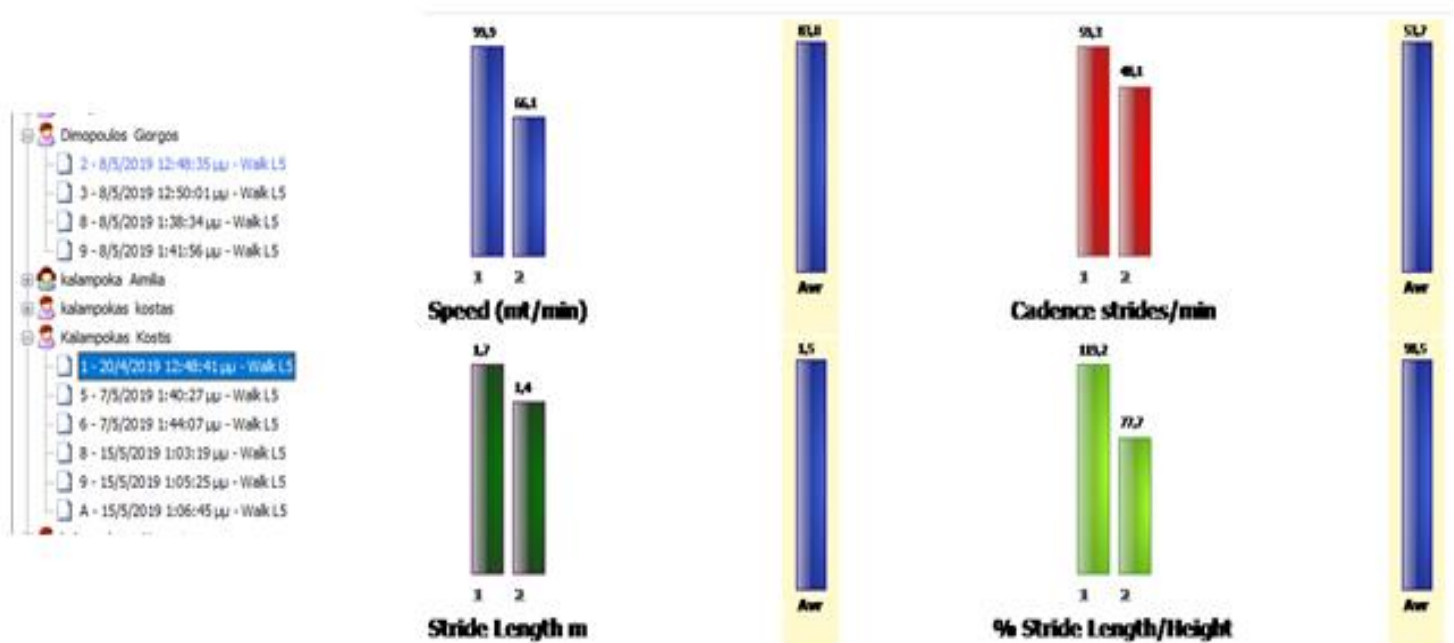


Εικόνα 5.28 On/Off Sensors.

Ενα ακόμα χρήσιμο εργαλείο του περιβάλλοντος της Biomech είναι το Compare Tool. Μπορούμε να συγκρίνουμε τα data από τις μετρήσεις του πρωτοκόλλου Walk L5 για 2 ή περισσότερους ασθενείς καθώς και να υπολογίσουμε την μέση τιμή των μετρήσεων.



Εικόνα 5.29 Compare Analysis.



Εικόνα 5.30 Walk L5 Σύγκριση τιμών .

## 5.5 Παρουσίαση μετρήσεων.

### 5.5.1 Running

Περιγραφή διαδικασίας.

Κατά την διάρκεια της εξέτασης ο ασθενής είναι όρθιος. Για μερικά δευτερόλεπτα μένει ακίνητος και έπειτα ξεκινάει να τρέξει για περίπου 15-20m με σταθερό ρυθμό, κάνει περιστροφή και πρέπει να γυρίσει πίσω στο σημείο από όπου ξεκίνησε.

Αν ο ασθενής μείνει ακίνητος για 4 δευτερόλεπτα προτού περπατήσει υπολογίζονται οι γωνίες κλίσεις για τα πρόσθια και στιγμιαία επίπεδα.

**Interval Number: 1**  
**Total Time: 0H: 0Min: 12s**  
**- Report -**

| Spatial-Temporal Gait Parameters                                                                                              |            |                   |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|--|
|  Cadence                                   | 33,9 (0,6) | Strides/min (Hz): |  |
|  Gait Cycle Duration                       | 1,77       | s                 |  |
|  Step Duration (% of Gait Cycle):          | 0,84       | s (47,6%)         |  |
|  Left Step Duration:                       | 0,71       | s (40,1%)         |  |
|  Right Step Duration:                      | 0,98       | s (55,1%)         |  |
|  Stance Duration (% of Gait Cycle)         | 0,75       | s (42,4%)         |  |
|  Left Stance Duration:                     | 0,60       | s (33,7%)         |  |
|  Right Stance Duration:                    | 0,91       | s (51,1%)         |  |
|  Swing Duration (% of Gait Cycle)          | 1,03       | s (58,3%)         |  |
|  Left Swing Duration:                      | 1,09       | s (61,3%)         |  |
|  Right Swing Duration:                     | 0,98       | s (55,4%)         |  |
|  Double Flight Duration (% of Gait Cycle): | 0,08       | s (4,6%)          |  |
|  Vertical Barycenter Displacement:         | 8,26       | cm                |  |

Εικόνα 5.31 Στοιχεία μέτρησης Running.

Στο πάνω μέρος του παραθύρου μπορούμε να δούμε τον αριθμό και την συνολική διάρκεια σε δευτερόλεπτα του κάθε αποθηκευμένου διαστήματος.

Στην συνέχεια θα δούμε τις παραμέτρους βάδισης της παραπάνω εικόνας.

SPEED : Η ταχύτητα.

CADENCE [STRIDES/MIN]: Ο αριθμός βημάτων ανά δευτερόλεπτο.

GAIT CYCLE DURATION [S]: Ο χρόνος που παταεί το ίδιο πόδι 2 διαδοχικές φορές στο έδαφος.

STEP DURATION [S]: Η μέση τιμή όλων των δεξιών και αριστερών βημάτων.

LEFT STEP DURATION [S]: Ο χρόνος μεταξύ επαφής του αριστερού και δεξιού ποδιού. Δίπλα δείχνεται η συμμετρία σε ποσοστό επί της εκατό.

RIGHT STEP DURATION [S]: Ο χρόνος μεταξύ επαφής αριστερού και δεξιού ποδιού. Δίπλα δείχνεται η συμμετρία σε ποσοστό επί της εκατό.

STANCE DURATION [S]: Διάρκεια στήριξης.

LEFT STANCE DURATION [S]: Διάρκεια στήριξης αριστερού ποδιού.

RIGHT STANCE DURATION [S]: Διάρκεια στήριξης δεξιού ποδιού.

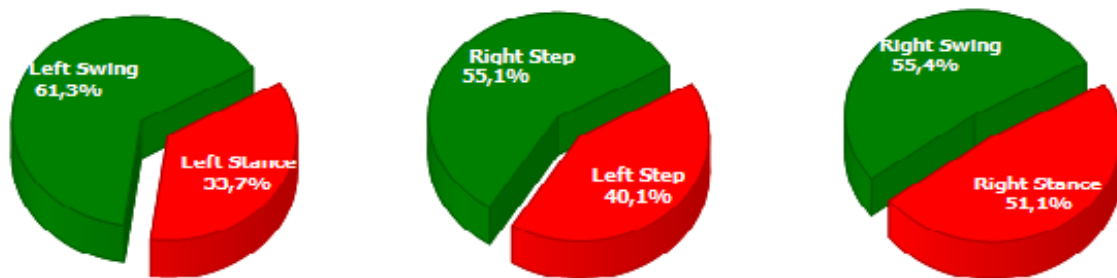
SWING DURATION [S]: Η μέση φάση αιώρησης αριστερού και δεξιού ποδιού. Δίπλα ο κύκλος βάρδισης επι τις εκατό.

LEFT SWING DURATION [S]: Φάση αιώρησης του αριστερού ποδιού. Δίπλα φαίνεται ο κύκλος βάρδισης επι τις εκατό.

RIGHT SWING DURATION [S]: Φάση αιώρησης του δεξιού ποδιού. Δίπλα φαίνεται ο κύκλος βάρδισης επι τις εκατό.

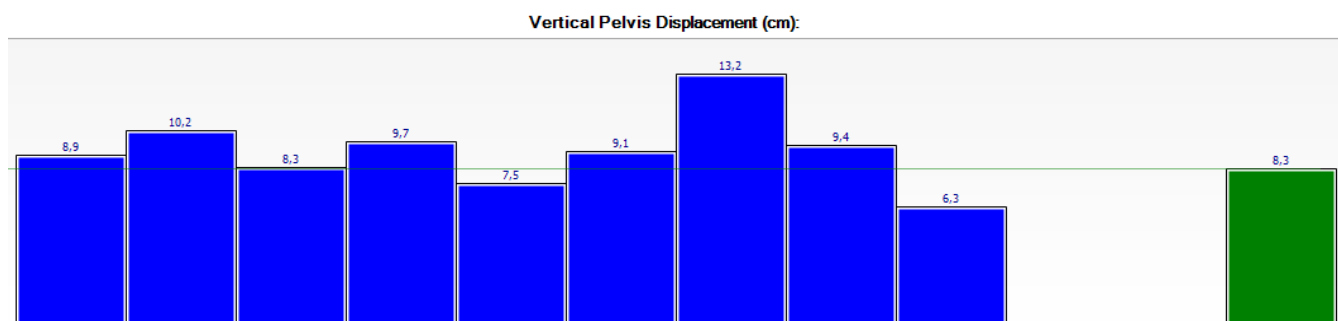
DOUBLE FLIGHT DURATION [S]: Ο χρόνος που τα δύο πόδια ακουμπάνε ταυτόχρονα στο έδαφος. Δίπλα φαίνεται ο κύκλος βάρδισης επι τις εκατό.

VERTICAL PELVIS DISPLACEMENT [CM]: Η μέση μετατόπιση της λεκάνης στο κύκλο βάρδισης.



Εικόνα 5.32 Stance Step Swing.

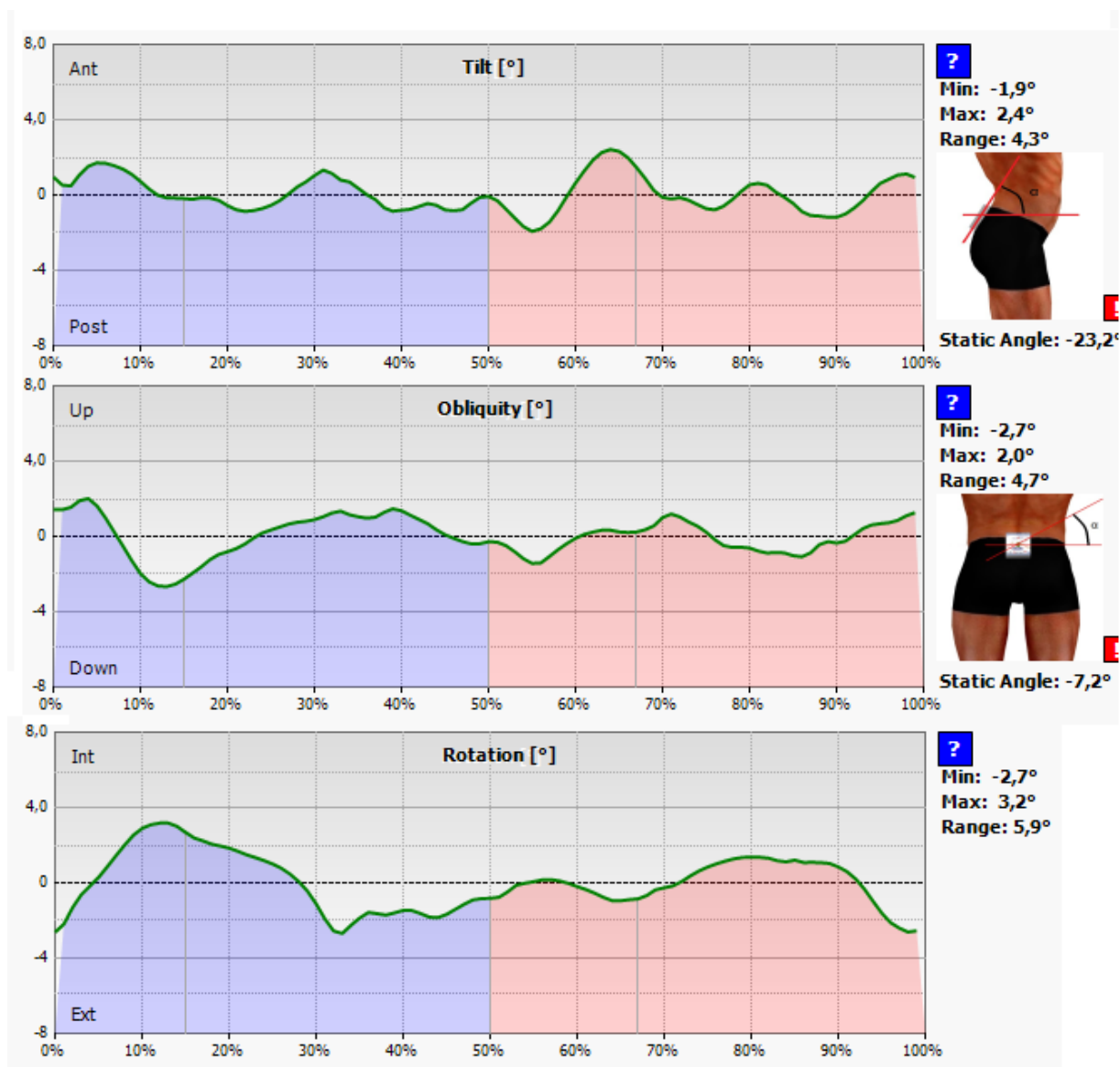
Στην Εικόνα παρουσιάζονται η αιώρηση, η στάση και το βήμα ως ποσοστό στον κύκλο βηματισμού. Με τον τρόπο αυτόν επιτρέπεται η ευκολότερη αξιολόγηση συμμετρίας μεταξύ αριστερής και δεξιάς πλευράς του σώματος.



Εικόνα 5.33 Κατακόρυφη μετατόπιση λεκάνης.

Η παραπάνω εικόνα δείχνει την κατακόρυφη μετατόπιση της λεκάνης. Οί μπλέ ράβδοι στο σχήμα αντιπροσωπεύουν την μετατόπιση της λεκάνης κατά την διάρκεια του επιλεγμένου διαστήματος. Όταν το ποντίκι πάει πάνω στις μπλέ ράβδους το χρώμα γίνεται κίτρινο και εμφανίζεται ο αριθμός του βήματος και η κατακόρυφη μετατόπιση.

## Περιστροφές Γυροσκόπιου



Εικόνα 5.34 Κινηματικές περιστροφές του σώματος.

Tilt.

Γωνία κλίσης (tilt) Anterior (+) Posterior (-) : Αντιπροσωπεύει την περιστροφή της γωνίας του αισθητήρα γύρω από τον άξονα του x. Θετικές γωνίες ορίζονται για την Anterior κλίση ενώ αρνητικές τιμές για την Posterior κλίση.

Obliquity.

Γωνία για την πλαγιότητα Up (+) Down (-) : Αντιπροσωπεύει την περιστροφή γωνίας του αισθητήρα για τον άξονα z. Θετικές γωνίες ορίζονται για πλάγια πευρική κάμψη προς την αριστερή πλευρά και αρνητικές γωνίες για πλάγια πλευρική κάμψη στη δεξιά πλευρά.

Rotation.

Γωνία για την περιστροφή Εσωτερικός (+) Εξωτερικός (-): Αντιπροσωπεύει την περιστροφή γωνίας του αισθητήρα στον άξονα y. Θετικές γωνίες ορίζονται για εσωτερική περιστροφή ενώ αρνητικές γωνίες για εξωτερικές περιστροφές.

## 5.5.2 Walk L5

Περιγραφή διαδικασίας.

Κατά την διάρκεια της εξέτασης ο ασθενής είναι όρθιος. Για μερικά δευτερόλεπτα μένει ακίνητος, έπειτα πρέπει να περπατήσει για 15-20 m με σταθερό ρυθμό, να κάνει περιστροφή και να γυρίσει στο σημείο όπου ξεκίνησε.

### - Report -

| Spatial-Temporal Gait Parameters                                                                                                          | Value        |              | Normal Val.(Men) | Normal Val.(Women) | Unità       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------------|--------------------|-------------|
|  Speed                                                    | 79,7         |              | 77.4 (± 9.48)    | 71.4 (± 10.2)      | m/min       |
|  Cadence                                                  | 55,9         |              | 52.8 (± 3.8)     | 55.8 (± 4.4)       | strides/min |
|  Stride Length                                            | 1,41         |              | 1.46 (± 0.130)   | 1.28 (± 0.154)     | m           |
|  % Stride Length/Height                                   | 83,5         |              | 84.7 (± 6.1)     | 80.7 (± 9.1)       | %           |
|  Gait Cycle Duration                                      | 1,07         |              | 1.14 (± 0.08)    | 1.08 (± 0.08)      | s           |
|  Stance Duration (% of Gait Cycle)                        | 61,3         |              | 60.3 (± 1.7)     | 60.3 (± 1.7)       | %           |
|  Swing Duration (% of Gait Cycle)                         | 35,8         |              | 39.6 (±1.9)      | 39.6 (±1.9)        | %           |
|  Double Support Duration (% of Gait Cycle)                | 12,7         |              | 9.4 (± 2.3)      | 9.6 (± 4.6)        | %           |
|  Single Support Duration (% of Gait Cycle)                | 35,8         |              | 41 (± 2)         | 41 (± 2)           | %           |
| Spatial-Temporal Gait Parameters                                                                                                          | Left Value   | Right Value  | Normal Val.(Men) | Normal Val.(Women) | Unità       |
|  Step Length                                             | 0,68 (48,4%) | 0,73 (51,6%) | 50%              | 50%                | m           |
|  Step Duration                                          | 0,55 (50,8%) | 0,52 (49,2%) | ---              | ---                | s           |
|  Stance Duration (% of Gait Cycle)                      | 63,8         | 58,8         | 60.31 (± 1.7)    | 60.31 (± 1.7)      | %           |
|  Swing Duration (% of Gait Cycle)                       | 33,5         | 38,2         | 39.6 (±1.9)      | 39.6 (±1.9)        | %           |
| Indexes                                                                                                                                   | Left Value   | Right Value  | Normal Val.(Men) | Normal Val.(Women) | Unità       |
|  Variability (% Duration of Gait Cycle)                 | 3,7          | 1,2          | ---              | ---                | %           |
|  Maximum Variability of Acceleration                    | 0,4          | 1,0          | ---              | ---                | m/sec^2     |
|  Gradient of Acceleration                               | 11,6         | 10,7         | ---              | ---                | ---         |
|  Gradient of Deceleration                               | -41,0        | -31,4        | ---              | ---                | ---         |
| Indexes                                                                                                                                   | Value        |              | Normal Val.(Men) | Normal Val.(Women) | Unità       |
|  Symmetry (Ratio between Right and Left Swing Duration) | 1,1          |              | ---              | ---                | ---         |

Εικόνα 5.35 Στοιχεία μέτρησης Walk L5.

SPEED [m]: Η ταχύτητα.

CADENCE [strides/min]: ο ρυθμός των βημάτων ανά λεπτό.

STRIDE LENGTH [m]: Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών επαφών της πτέρνας απο το ίδιο πόδι.

%STRIDE LENGTH/HEIGHT [%]: Η ποσοστιαία αναλογία του μέσου μήκους βήματος σε συνδυασμό με το ύψος του του εξεταζόμενου

GAIT CYCLE DURATION [s]: Ο χρόνος επαφής της πτέρνας έχρι την επόμενη επαφή πτέρνας του ίδιου ποδιού.

STANCE DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Διάρκεια στήριξης.

SWING DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η μέση φάση αιώρησης του δεξιου και του αριστερού ποδιού του κύκλου βάδισης.

DOUBLE SUPPORT DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η φάση διάρκειας που ακουμπάνε και τα δύο πόδια στο έδαφος.

SINGLE SUPPORT DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η φάση διάρκειας όπου το ένα πόδι ακουμπάει στο έδαφος.

LEFT STEP LENGTH [m]: Η απόσταση ενός βήματος σε μέτρα (κίνηση από το αριστερό στο δεξί).

RIGHT STEP LENGTH [m]: Η απόσταση ενός βήματος σε μέτρα (κίνηση απο το δεξί στο αριστερό).

LEFT STEP DURATION [s]: Ο χρόνος ανάμεσα στην επαφή του αριστερού ποδιού με το έδαφος μέχρι την επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος. Δίπλα φαίνεται και η συμμετρία [%].

RIGHT STEP DURATION [s]: Ο χρόνος ανάμεσα στην επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος μέχρι την επαφή του αριστερού ποδιού με το έδαφος. Δίπλα φαίνεται και η συμμετρία [%].

LEFT STANCE DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η φάση στήριξης του αριστερού ποδιού σε σχέση με τον κύκλο βάδισης.

RIGHT STANCE DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η φάση στήριξης του δεξιού ποδιού σε σχέση με τον κύκλο βάδισης.

LEFT SWING DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η φάση αιώρησης του αριστερού ποδιού σε σχέση με τον κύκλο βάδισης.

RIGHT SWING DURATION [% OF THE GAIT CYCLE]: Η φάση αιώρησης του δεξιού ποδιού σε σχέση με τον κύκλο βάδισης.

LEFT VARIABILITY [% OF THE LEFT GAIT CYCLE DURATION]: ο συντελεστής διακύμανσης του αριστερού ποδιού σε σχέση με τον κύκλο βάδισης.

RIGHT VARIABILITY [% OF THE RIGHT GAIT CYCLE DURATION]: Ο συντελεστής διακύμανσης του δεξιού ποδιού σε σχέση με τον κύκλο βάδισης.

MAX LEFT ACCELERATION VARIABILITY [m/s<sup>2</sup>]: Η μέγιστη απόκλιση της καμπύλης επιτάχυνσης σε σχέση με την κίνηση του αριστερού ποδιού.

MAX RIGHT ACCELERATION VARIABILITY [m/s<sup>2</sup>]: Η μέγιστη απόκλιση της καμπύλης επιτάχυνσης σε σχέση με την κίνηση του δεξιού ποδιού.

GRADIENT OF ACCELERATION (LEFTSIDE): Ο γωνιακός συντελεστής της ευθείας γραμμής από την στιγμή της ανύψωσης του ποδιού του δεξιού ποδιού και την στιγμή της αριστερής πτέρνας στήναπεικόνιση της επιτάχυνσης σε σχέση με την κίνηση του αριστερού ποδιού.

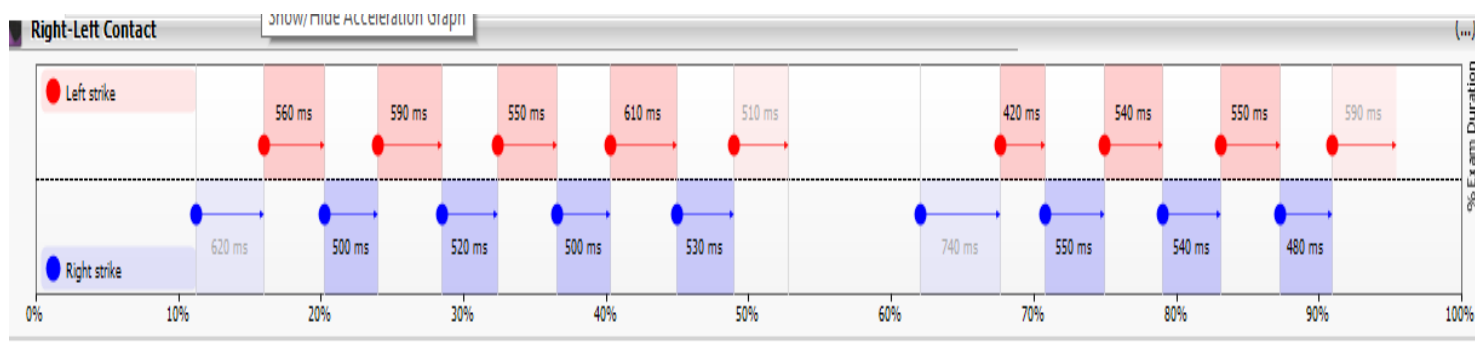
GRADIENT OF ACCELERATION (RIGHTSIDE): Ο γωνιακός συντελεστής της ευθείας γραμμής από την στιγμή της ανύψωσης του αριστερού ποδιού και την στιγμή της δεξιάς πτέρνας στην απεικόνιση της επιτάχυνσης σε σχέση με την κίνηση του δεξιού ποδιού.

GRADIENT OF DECELERATION (LEFTSIDE): Ο γωνιακός συντελεστής της ευθείας γραμμής από την στιγμή της δεξιάς πτέρνας και την στιγμή της ανύψωσης του αριστερού ποδιού στην απεικόνιση της επιτάχυνσης σε σχέση με το αριστερό πόδι.

GRADIENT OF DECELERATION (RIGHTSIDE): Ο γωνιακός συντελεστής της ευθείας γραμμής από την στιγμή της αριστερής πτέρνας και την στιγμή της ανύψωσης του δεξιού ποδιού στην απεικόνιση της επιτάχυνσης σε σχέση με το δεξί πόδι.

SYMMETRY: Ο χρόνος αιώρησης ανάμεσα στο δεξί και στο αριστερό πόδι ή άκρο.

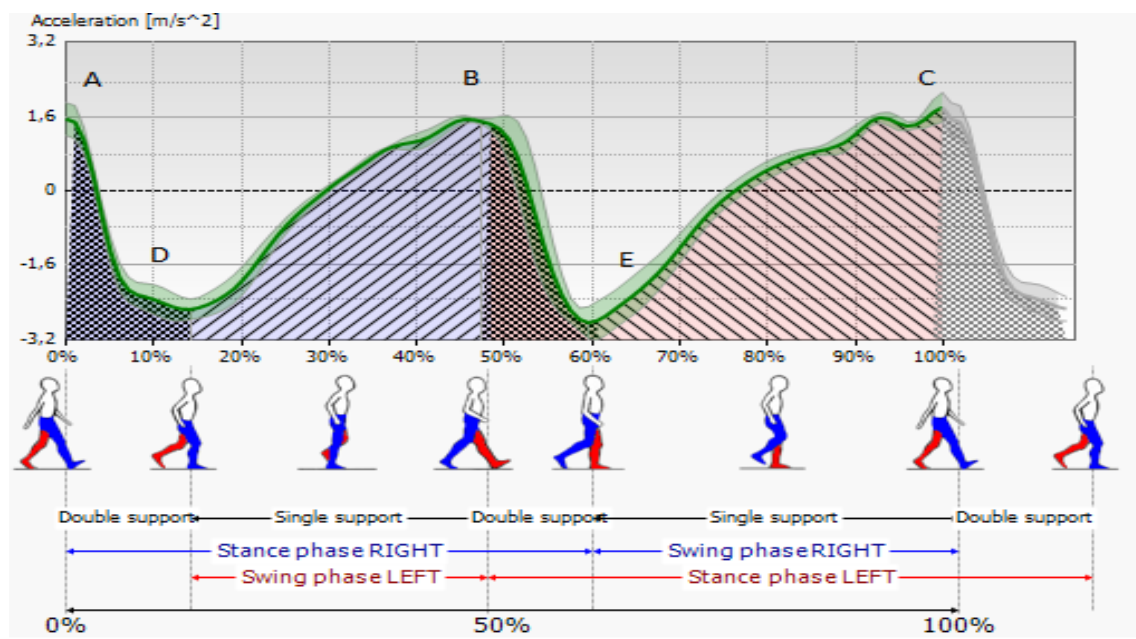
## LEFT AND RIGHT CONTACT SYMMETRY



Εικόνα 5.36 Left and Right Contact.

Μέσω της ταυτοποίησης των κορυφών μπορεί να υπολογιστεί η διάρκεια του βήματος, ο χρόνος επαφής του πέλματος και επαφής του άλλου ποδιού. Το λογισμικό μπορεί να αναγνωρίσει αυτόματα αν ξεκινήσαμε με το δεξί ή το αριστερό πόδι το βηματισμό. Με το κόκκινο είναι είναι το αριστερό πόδι ενώ με το μπλέ το δεξί πόδι. Στο διάγραμμα μπορούμε να δούμε τόν χρόνο του κάθε βήματος μετρούμενο σε ms.

## GAIT CYCLE.



Εικόνα 5.37 Καμπύλη επιτάχυνσης σε σχέση με τον κύκλο βάρδισης.

Επεξήγηση διαστημάτων.

A-B. Αριστερό βήμα. Η θετική κορυφή A αντιστοιχεί στην αριστερή επαφή του ποδιού με το έδαφος ενώ η κορυφή B στην επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος.

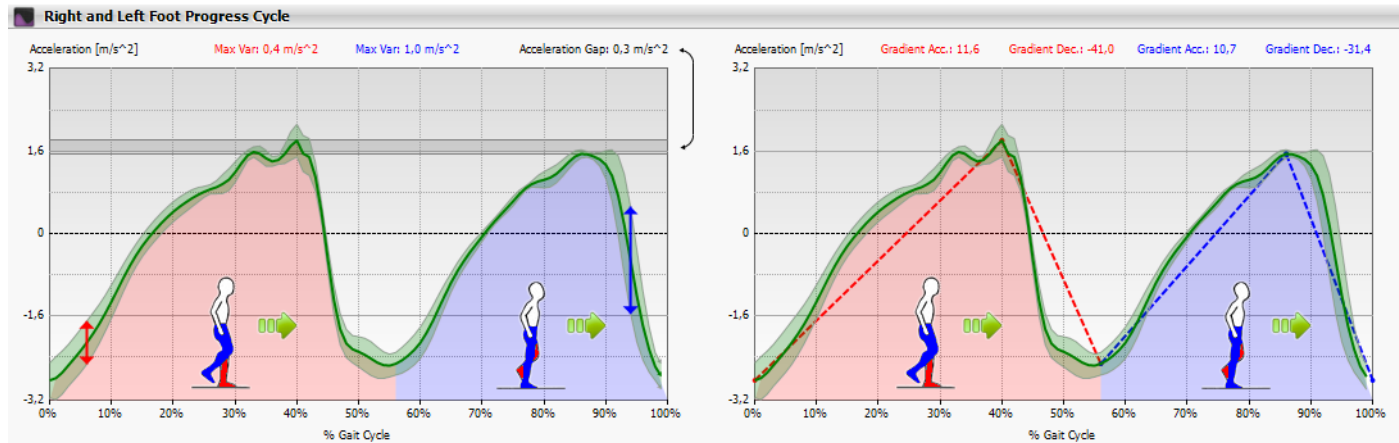
B-C. Δεξί βήμα. Η θετική κορυφή B αντιστοιχεί στην δεξιά επαφή του ποδιού με το έδαφος, ενώ η κορυφή C στην επαφή του αριστερού ποδιού με το έδαφος.

A-D. Διπλή επαφή. Η θετική κορυφή A αντιστοιχεί στην αριστερή επαφή με το έδαφος ενώ η κορυφή C στην ανύψωση του δεξιού ποδιού. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής και τα δύο πόδια έχουν επαφή με το έδαφος.

D-B. Αιώρηση δεξιού ποδιού. Η αρνητική κορυφή D αντιστοιχεί στην δεξιά ανύψωση του ποδιού ενώ η κορυφή B στην επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος. Single Support μόνο το αριστερό πόδι ακουμπάει το έδαφος.

D-B. Αιώρηση αριστερού ποδιού. Η αρνητική κορυφή E αντιστοιχεί στην αιώρηση του αριστερού ποδιού ενώ η κορυφή C στην επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος. Single Support. Μόνο το δεξί πόδι ακουμπάει το έδαφος.

B-E. Διπλή επαφή. Η θετική κορυφή Βαντιστοιχεί στην επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος ενώ η κορυφή E στην αιώρηση του δεξιού ποδιού. Και τα δύο πόδια έχουν επαφή με το έδαφος.  
RIGHT AND LEFT FOOT PROGRESS CYCLE.



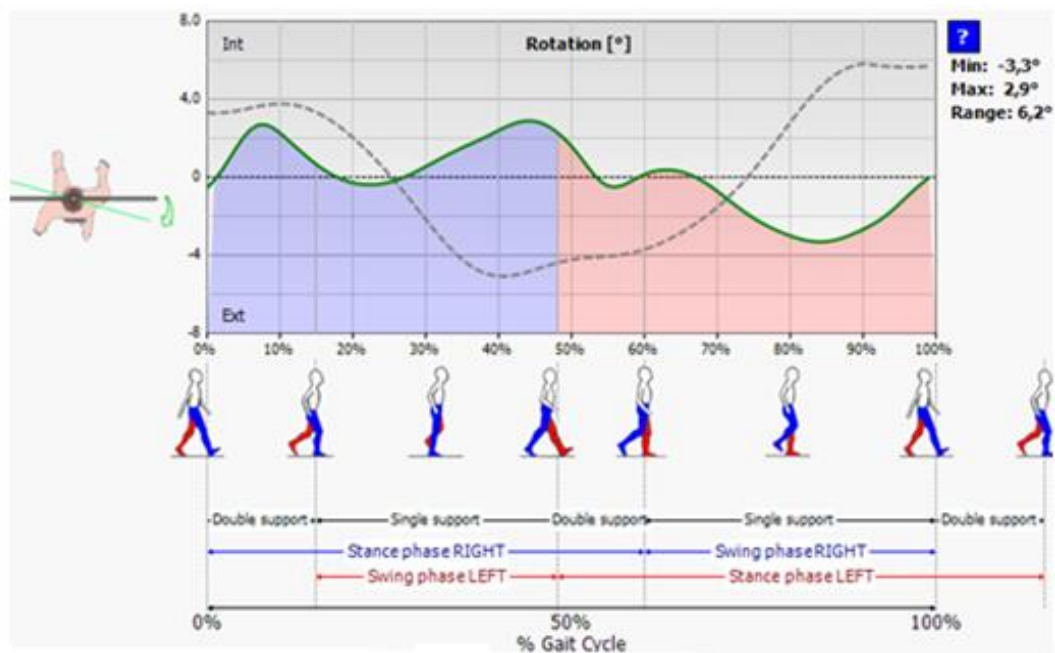
Εικόνα 5.38 Progress Cycle.

Η παραπάνω Εικόνα δείχνει την μέση (πράσινη) και τυπική απόκλιση (διάφανη πράσινη) των βημάτων. Η τυπική απόκλιση μας δίνει πληροφορίες σχετικά με την κανονικότητα της βάδισης. Όσο πιο σφιχτή και μαζεμένη είναι η ζώνη τόσο παρόμοια είναι τα βήματα μεταξύ τους. Η μέγιστη μεταβλητότητα εμφανίζεται αριθμητικά στην κορυφή πάνω από το γράφημα με ένα κόκκινο χρώμα για τα αριστερά βήματα και με μπλέ για τα δεξιά βήματα. Τα δύο μέρη της καμπύλης με διαφορετική περιοχή χρώματος κόκκινη για τα αριστερά βήματα και μπλέ για τα δεξιά δείχνουν την μέγιστη κορυφή που αντιπροσωπεύει το στήριγμα των ποδιών. Ο γωνιακός συντελεστής δείχνει πόσο γρήγορα κάθε πλευρά του σώματος επιβραδύνεται.

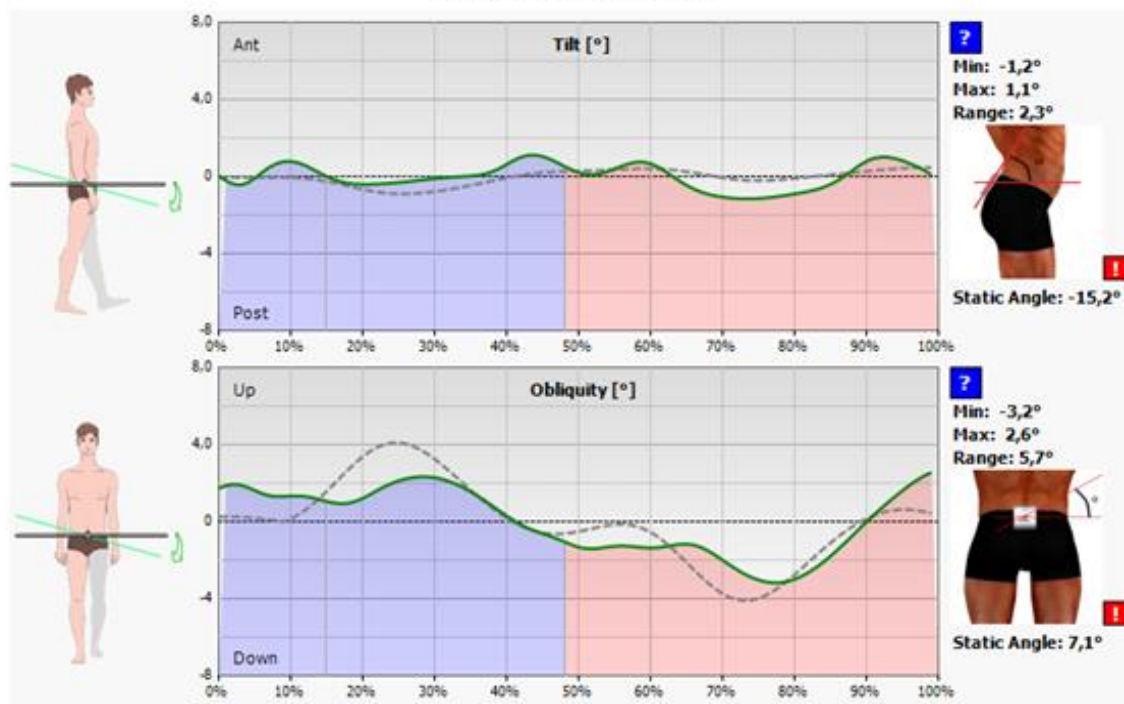
Η σύγκριση των κόκκινων και μπλέ περιοχών δείχνει την χρονική πρόοδο ισοροπίας, ενώ οι κορυφές δείχνουν την δύναμη.

## LOWER TRUNK / PELVIS KINEMATICS DURING WALKING.

Με το πρωτόκολλο Walk L5 μπορούμε να δούμε τις κινήσεις της οσφυϊκής περιοχής ενώ περπατάμε. Η κινηματική του κορμού είναι πολύ σημαντική για την ισοροπία του ανθρώπινου σώματος. Η κίνηση της λεκάνης είναι παράμετρος που χαρακτηρίζει τις μεταβολές της κίνησης του σώματος. Όταν έχουμε υγιή βάδιση η λεκάνη έχει πρόσθια κλίση 8 μοίρες.



### - Pelvis Kinematics -



Εικόνα 5.39 Κινηματικές περιστροφές της λεκάνης.

Στα αριστερά βλέπουμε τις μέσες περιστροφές των γωνιών.

#### TILT.

ANGLE OF TILT (ANTERIOR (+)/POSTERIOR (-)): Αντιπροσωπεύει την γωνία περιστροφής γύρω από τον άξονα  $\chi$  του γυροσκοπίου. Οί θετικές γωνίες ορίζονται για την θετική κλίση ενώ οι αρνητικές για αρνητική κλίση.

#### OBLIQUITY.

ANGLE OF OBLIQUITY (UP (+)/DOWN (-)): Αντιπροσωπεύει την γωνία περιστροφής γύρω από τον άξονα  $z$  του γυροσκοπίου. Οί θετικές γωνίες καθορίζουν την πλευρική κλίση προς την αριστερή πλευρά του σώματος ενώ οι αρνητικές την πλευρική κλίση προς την δεξιά πλευρά.

#### ROTATION.

ANGLE OF ROTATION (INTERNAL (+)/EXTERNAL (-)): Αντιπροσωπεύει την γωνία περιστροφής γύρω από τον άξονα  $y$  του γυροσκοπίου. Οί θετικές γωνίες δείχνουν την εσωτερική περιστροφή ενώ οι αρνητικές την εξωτερική περιστροφή.

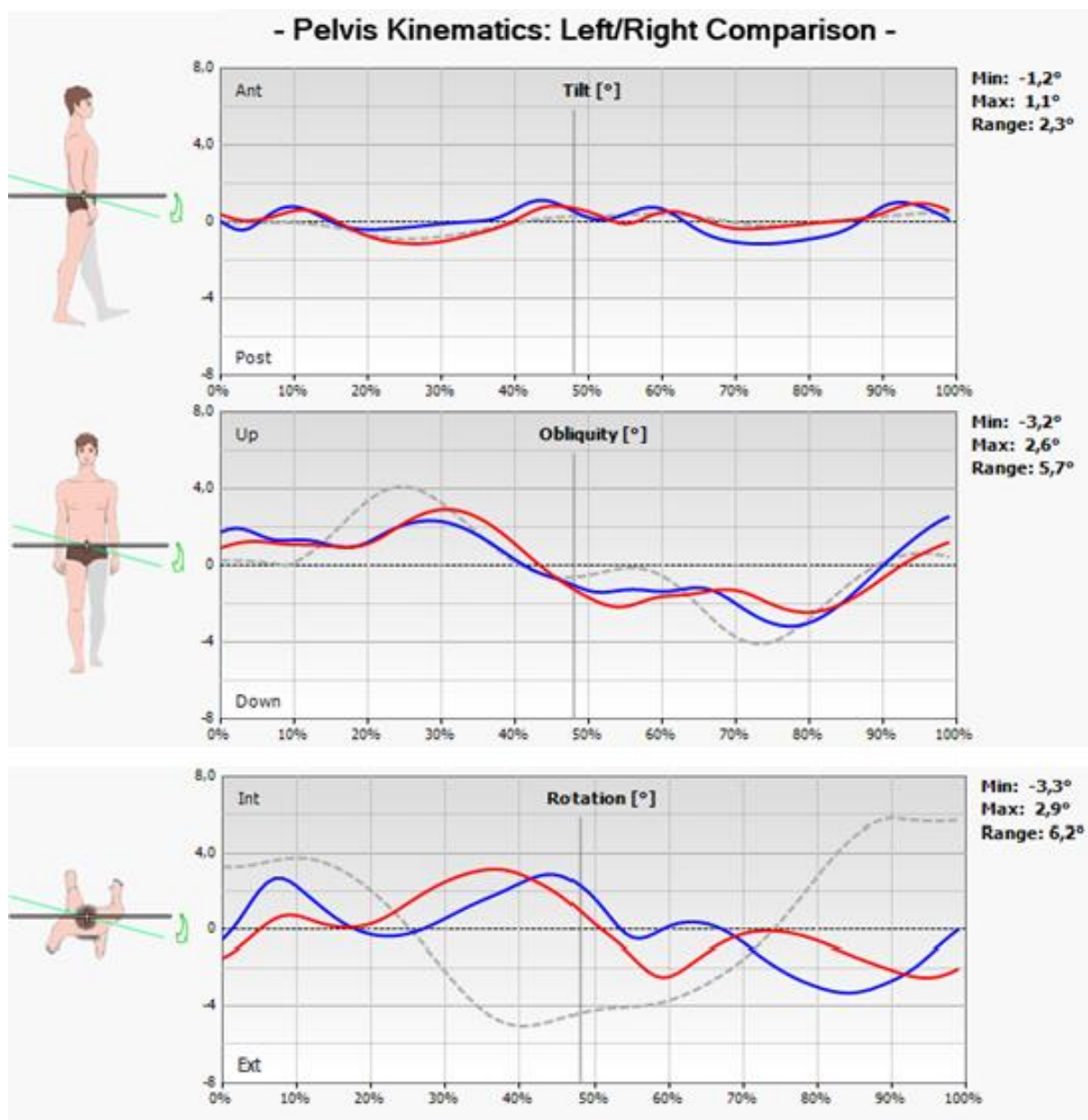
Εάν ο ασθενής παραμείνει τουλάχιστον τουλάχιστον 4 δευτερόλεπτα ακίνητος προτού ξεκινήσει την βόδιση, το πρωτόκολλο υπολογίζει τις στατικές γωνίες κλίσης στα στιγμιαία και τα πρόσθια επίπεδα όπως φαίνεται στίς δύο εικόνες στα δεξιά των γραφημάτων.



Εικόνα 5.40 Γωνίες κλίσης.

## LEFT/RIGHT COMPARISON.

Σύγκριση δεξιών και αριστερών πλευρών.

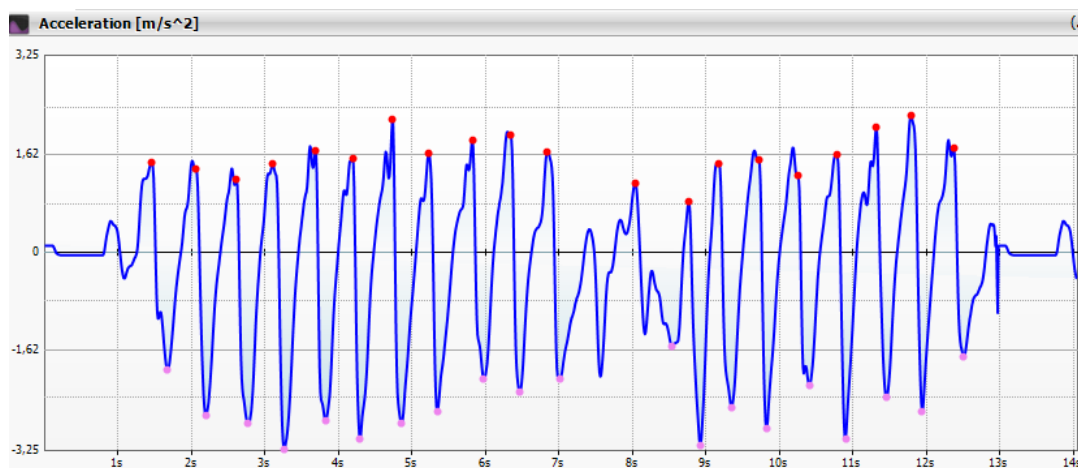


Εικόνα 5.41 Κινηματικά χαρακτηριστικά.

Κλικάροντας το εικονίδιο της παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε το γράφημα της επιτάχυνσης.

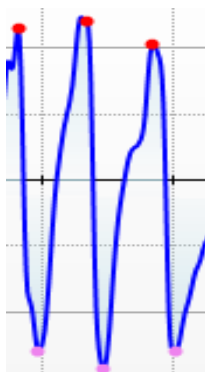


Εικόνα 5.42 Εικονίδιο επιτάχυνσης.



Εικόνα 5.43 Γράφημα επιτάχυνσης.

Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται η μπλέ φιλτραρισμένη γραμμή όπου είναι η επιτάχυνση. Με την επεξεργασία του σήματος μπορούμε να πάρουμε στοιχεία για την ανάλυση της βάδισης.



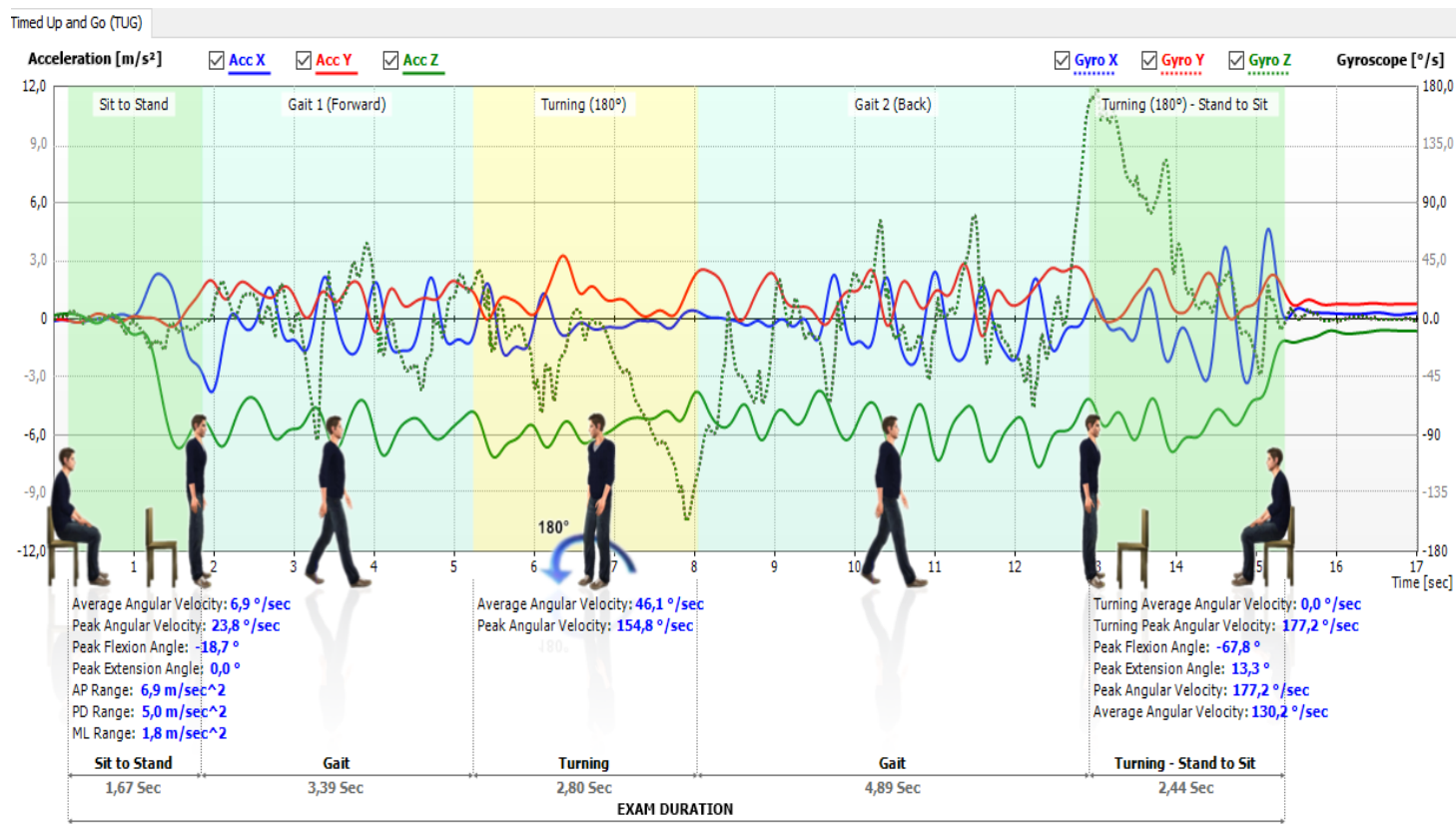
Εικόνα 5.44 Γράφημα επιτάχυνσης.

Τα σημεία τών καμπυλών δείχνουν τις κινήσεις και τις διαδοχικές επαφές του ποδιού. Τα έντονα κόκκινα σημεία αντιπροσωπεύουν την επαφή του ποδιού με το έδαφος ενώ τα ρόζ την αιώρηση του ποδιού. Όπως φαίνεται στο σχήμα όταν ο εξεταζόμενος ξεκινήσει να περπατάει με το δεξί του πόδι η πρώτη θετική κορυφή αντιστοιχεί στην επαφή του δεξιού ποδιού με το έδαφος.

### 5.5.3 TUG

Περιγραφή διαδικασίας.

Ο ασθενής είναι καθισμένος σε καρέκλα. Σηκώνεται όρθιος, περιμένει για μερικά δευτερόλεπτα και έπειτα ξεκινάει να περπατήσει με σταθερό ρυθμό για 3,5m κάνει περιστροφή και γυρνάει να καθίσει πάλι στην καρέκλα.



Εικόνα 5.45 Στοιχεία μέτρησης TUG.

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται το γράφημα με έξι διαφορετικά σήματα που προέρχονται από τον αισθητήρα F4A. Τρία σήματα από το επιταχυνσιόμετρο και άλλα τρία από το Γυροσκόπιο. Το Πρόγραμμα της Biomech ανιχνεύει αυτόματα και αναλύει τα στοιχεία της βάδισης. Στο κάτω μέρος της εικόνας φαίνεται το Exam Duration η διάρκεια της εξέτασης σε seconds.

Μπορούμε να ξεχωρίσουμε 2 φάσεις βάδισης.

#### SIT TO STAND.

Όταν ο ασθενής σηκώνεται από την καρέκλα όρθιος. Αναλύονται οι παρακάτω παράμετροι:

Average angular velocity: Η μέση γωνιακή ταχύτητα κατά την διάρκεια της μετάβασης Sit to stand.

Peak angular velocity: Η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα κατά την διάρκεια της μετάβασης Sit to stand.

Peak flexion angle: Η μέγιστη γωνία κλίσης.

Peak extension angle: Η μέγιστη γωνία.

AP range: Το εύρος της πρόσθιας-οπίσθιας επιτάχυνσης (στον άξονα του z).

Pd range: Το εύρος της κατακόρυφης επιτάχυνσης (στον άξονα του x).

MI range: Το εύρος της μέσης πλευρικής επιτάχυνσης (στον άξονα y).

#### TURNING

Ο ασθενής γυρνάει 180 μοίρες και επιστρέφει στην καρέκλα. Αναλύονται οι παρακάτω παράμετροι:

Average Turning Velocity: Η ταχύτητα περιστροφής.

Peak Turning Velocity: Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα κατά την στροφή.

#### TURNING TO SIT.

Ο ασθενής αφού επιστρέψει γυρίζει για να καθίσει πάλι στην καρέκλα.

Average Turning Velocity: Η μέση ταχύτητα περιστροφής.

Peak Turning Velocity: Η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα κατά την στροφή

Average Angular Velocity: Η μέση γωνιακή ταχύτητα.

Peak Extension Angle: Η μέγιστη γωνία κλίσης.

Peak Flexion Angle: Η μέγιστη γωνία.

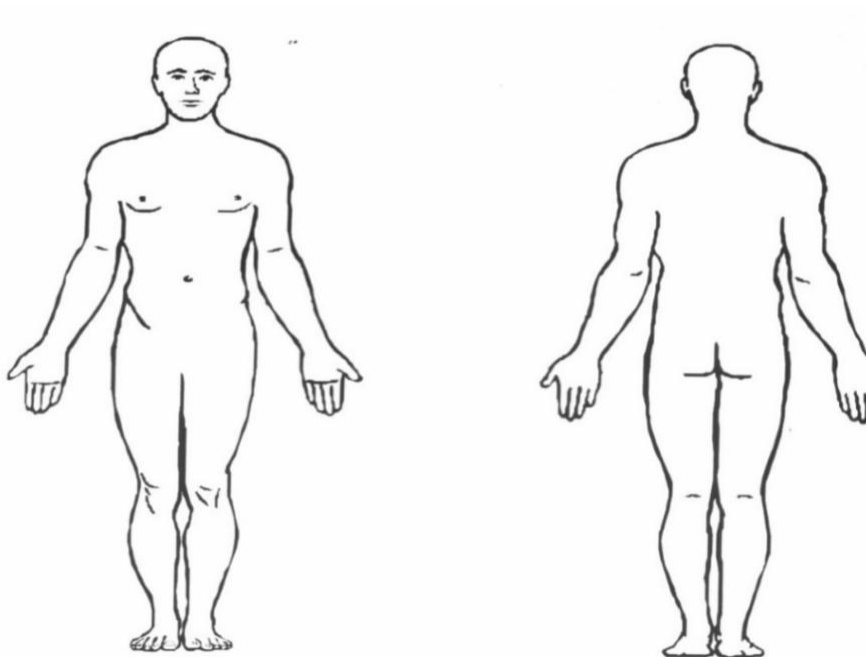
Peak Angular Velocity: Η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα κατά την διάρκεια της μετάβασης Sit to Stand.

#### 5.5.4 Joint Mobility

Περιγραφή διαδικασίας.

ROM ή RANGE OF MOTION.

Εύρος κίνησης είναι τό τόξο κίνησης που συμβαίνει σε μία σειρά απο αρθρώσεις. Η θέση που ξεκινάνε όλες οι ROM κινήσεις είναι η ανατομική θέση.



Εικόνα 5.46 Anatomical Position.

Υπάρχουν 2 είδη κινήσεων στο πρωτόκολλο Joint Mobility. Το Active Range και Passion Range.

#### Active Range of Motion.

Το ενεργό εύρος της κίνησης ή αλλιώς AROM είναι οι κινήσεις που επιτυγχάνονται από τον εξεταζόμενο κατά την διάρκεια μη υποβοηθούμενης κίνησης. Με αυτή την εξέταση παρέχονται στον εξεταστή πληροφορίες σχετικά με την προθυμία του ατόμου να κινηθεί τον συντονισμό και την μυική δύναμη. Εάν κάποιος ασθενής δεν μπορεί να ολοκληρώσει αυτές τις κινήσεις τότε θα πρέπει να κάνει τις ίδιες και ένα συνδυασμό νέων κινήσεων. Ωστόσο εάν κάποιος μπορεί να ολοκληρώσει τις ενεργές κινήσεις εύκολα και ανώδυνα, δεν θα χρειαστεί να ξαναγίνουν.

#### Passive Range of Motion.

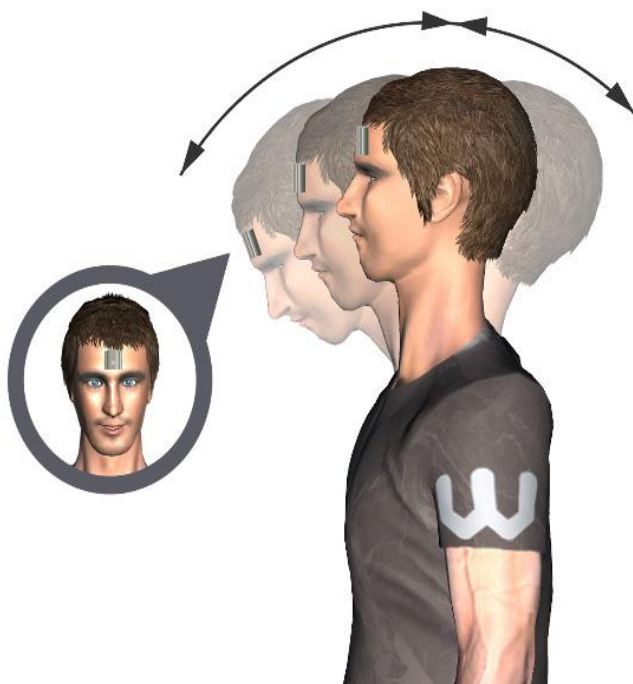
Το παθητικό εύρος της κίνησης ή αλλιώς PROM είναι οι κινήσεις που επιτυγχάνονται από ένα εξεταστή χωρίς την βοήθεια από τον ασθενή. Ο ασθενής παραμένει χαλαρός χωρίς και δεν παίζει ενεργό ρόλο στην παραγωγή της κίνησης. Το παθητικό εύρος κινήσεων παρέχει στον εξεταστή ή τον γιατρό πληροφορίες σχετικά με την ακεραιότητα των αρθρώσεων, των μυών.

Η συνήθης διαδικασία των μετρήσεων είναι η εξής :

- 1) Τοποθετούμε τον αισθητήρα F4A και τον σταθεροποιούμε στον ασθενή.
- 2) Ξεκινάμε την μέτρηση.
- 3) Ο ασθενής πρέπει να περιμένει τουλάχιστον 4 δευτερόλεπτα ακίνητος.
- 4) Ο ασθενής κινείται μέσα στο κατάλληλο εύρος κινήσεων.
- 5) Προσδιορίζουμε το τέλος του εύρους κινήσεων και σταματάμε την μέτρηση.
- 6) Καταγράφουμε τις μετρήσεις.

### Τοποθέτηση Positioning.

Η τοποθέτηση του αισθητήρα F4Α είναι ένα πολύ σημαντική. Ανάλογα με ποια εξέταση θέλουμε να πραγματοποιήσουμε τοποθετούμε τον αισθητήρα στην κατάλληλη θέση του σώματος. Για παράδειγμα στην Εικόνα 5.43 φαίνεται που τοποθετούμε τον F4Α για μετρήσεις στο κέφαλι.

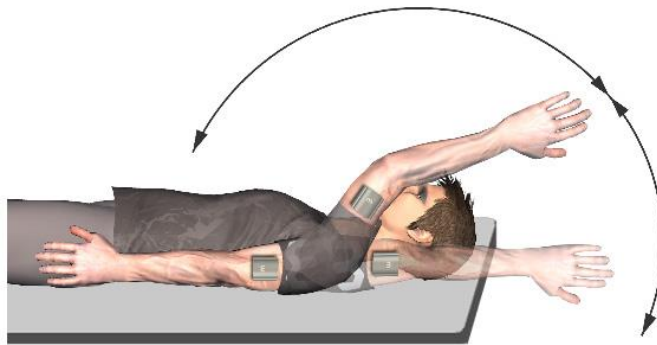


Εικόνα 5.47 Joint Mobility Head F4A Positioning.

Στις παρακάτω Εικόνες φαίνονται σε ποιά σημεία τοποθετούμε τον αισθητήρα F4Α ανάλογα με τα πρωτόκολλα κίνητικότητας των αρθρώσεων.



Εικόνα 5.48 Lateral Flexion F4A Positioning.



Εικόνα 5.49 Shoulder Flexion F4A Positioning.

Παρακάτω θα δούμε κάποια στοιχεία από την μετρήση με το πρωτόκολλο κίνησης αρθρώσεων Joint Mobility και συγκεκριμένα στην περιοχή Thoracic and Lumbar Spine (Θωρακική και οσφυϊκή σπονδυλική στήλη). Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε πρωτόκολλα για όλα σχεδόν τα σημεία του σώματος. Σε αρθρώσεις του ισχίου, στα γόνατα, στους αστραγάλους, στο κεφάλι, στους αγκώνες, στον θώρακα και στην πλάτη.

## THORACIC AND LUMBAR SPINE.

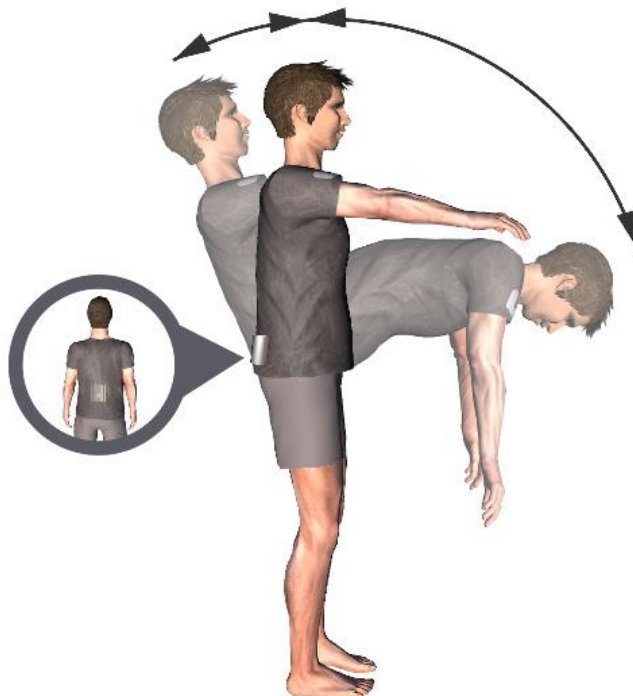
Οι πιθανές κινήσεις της θωρακικής και οσφυϊκής σπονδυλικής στήλης είναι η κάμψη, η επάκταση, η πλευρική κάμψη και η περιστροφή.

Η στάση του σώματος του εξεταζόμενου πρέπει να είναι όπως ακριβώς στην Εικόνα .

Οι κινήσεις που πρέπει να κάνει είναι όπως ακριβώς στην Εικόνα. Με τα χέρια χαλαρά, κοιτώντας ευθεία πρέπει να σκύψει προς τα εμπρός μέχρι το ύψος των γονάτων. Η λεκάνη του εξεταζόμενου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ακίνητη.

Τοποθέτηση.

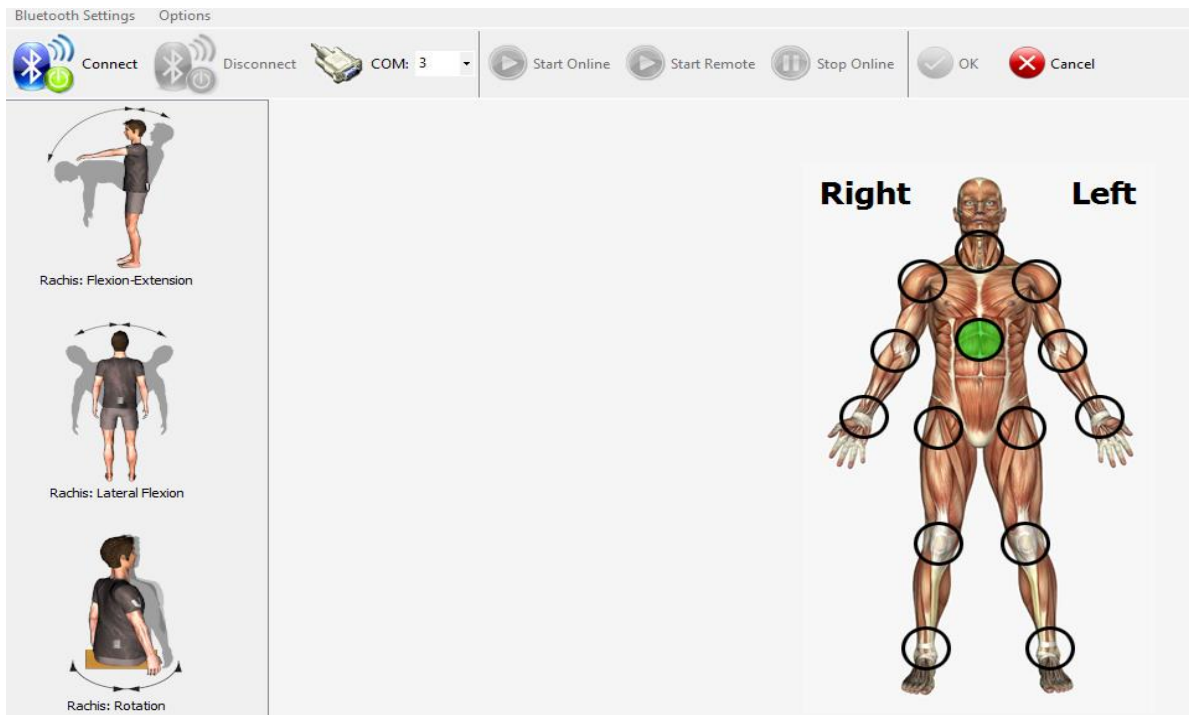
Ο αισθητήρας για την συγκεκριμένη άσκηση τοποθετείται ακριβώς όπως στην Εικόνα 5.50



Εικόνα 5.50 Τοποθέτηση αισθητήρα F4A και έναρξη μετρήσεων.

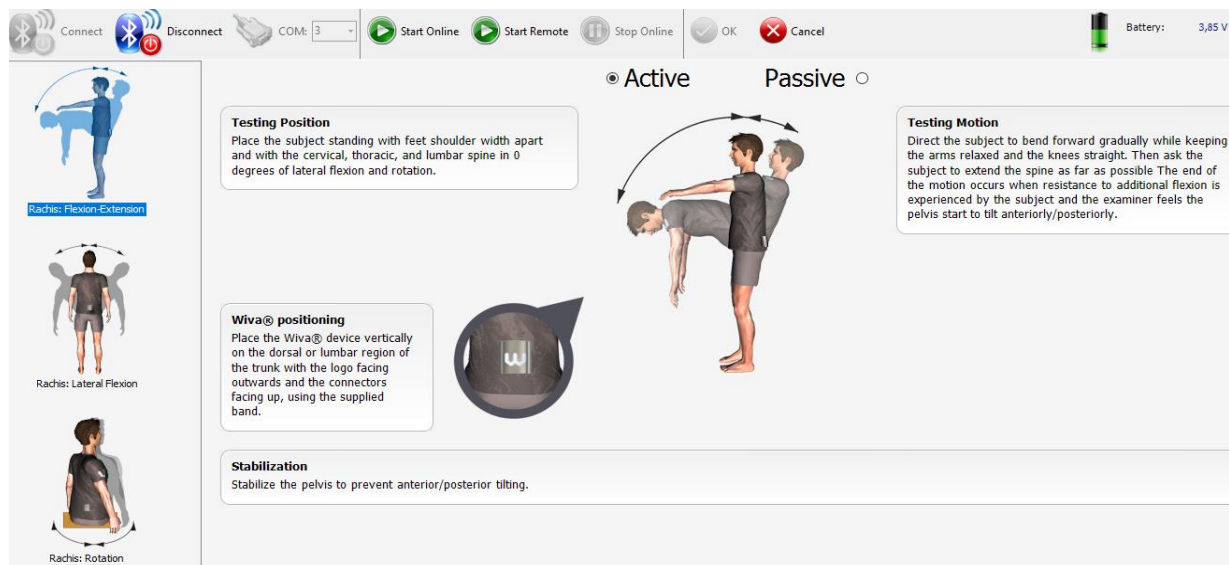


Αφού ανοίξουμε το πρόγραμμα της Biomech και επιλέξουμε την μέτρηση Joint Mobility θα εμφανιστεί η παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.51 Επιλογή σημείου σώματος Joint Mobility.

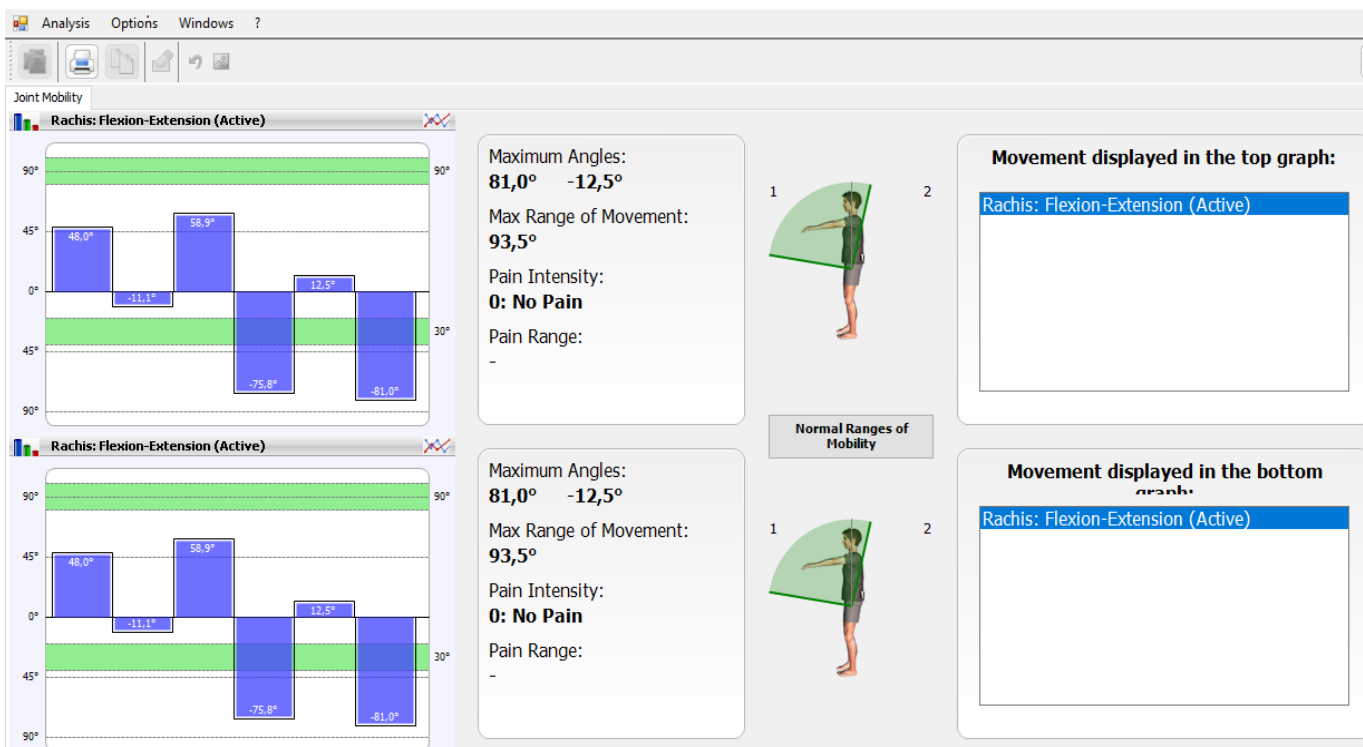
Αφού επιλέξουμε σε ποίο σημείο του σώματος θα τοποθετήσουμε τον αισθητήρα και πατήσουμε Connect θα βγεί το παρακάτω παράθυρο



Εικόνα 5.52 Επιλογή άσκησης.

Αποτελέσματα.

Αφού αποθηκεύσουμε και ανοίξουμε την ανάλυση εμφανίζεται η Εικόνα με τις μετρήσεις.



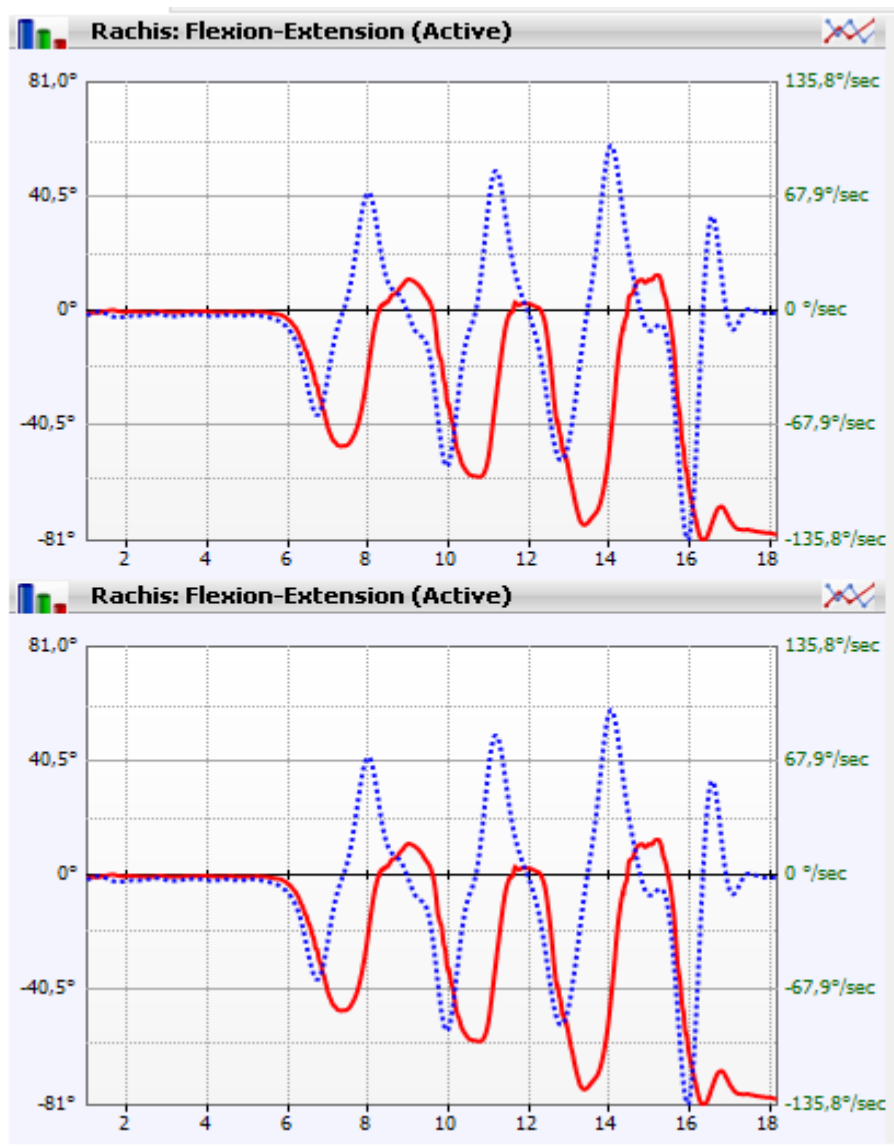
Εικόνα 5.53 Εμφάνιση μετρήσεων.

Στα αριστερά της Εικόνας βλέπουμε τα μπλέ ιστογράμματα. Εκεί φαίνονται όλες οι τιμές των γωνιών που μετρούνται από τον αισθητήρα κατά τις κινήσεις του κεφαλιού. Ενώ εάν κατά την διάρκεια των ασκήσεων παρατηρούνταν κάποιος πόνος, θα εμφανίζονταν στα ιστογράμματα οι τιμές με κόκκινο χρώμα.

Εάν κάνουμε κλίκ στο εικονίδιο της Εικόνας 5.47 θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο.



Εικόνα 5.54 Εικονίδιο Flexion Extension σπονδυλικής στήλης.



Εικόνα 5.55 Rachis Flexion Extension.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται η επέκταση και η κάμψη της σπονδυλικής στήλης κατά την διάρκεια των κινήσεων – ασκήσεων που κάνουμε. Μπορούμε να δούμε και άλλα γραφήματα όπως Rotation και Abduction.

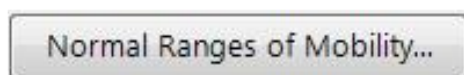
Στο κέντρο του παραθύρου έχουμε



Εικόνα 5.56 Data.

Οπου εμφανίζονται πληροφορίες για κάθε κίνηση που πραγματοποιείται, οι θετικές και οι αρνητικές γωνίες τα αντίστοιχα εύρη σε μοίρες και η ένταση του πόνου εάν υπάρχει.

Πατώντας το εικονίδιο



Εικόνα 5.57

Οπου μπορούμε να τροποποιήσουμε το κανονικό εύρος της άρθρωσης.

## Normal Ranges of Mobility



|                               | 1   | 2  | Delta |                                  | 1   | 2  | Delta |
|-------------------------------|-----|----|-------|----------------------------------|-----|----|-------|
| Neck: Flexion-Extension       | 45  | 55 | 10    | Hip: Abduction-Adduction         | 45  | 45 | 10    |
| Neck: Lateral Flexion         | 45  | 45 | 10    | Hip: Flexion                     | 115 | 0  | 10    |
| Neck: Rotation                | 70  | 70 | 10    | Hip: Extension                   | 15  | 0  | 10    |
| Shoulder: Abduction-Adduction | 180 | 0  | 10    | Hip: Rotation                    | 30  | 30 | 10    |
| Shoulder: Horizontal Flexion  | 135 | 30 | 10    | Elbow: Flexion-Extension         | 160 | 0  | 10    |
| Shoulder: Vertical Flexion    | 180 | 60 | 10    | Elbow: Pronation-Supination      | 90  | 90 | 10    |
| Shoulder: External Rotation   | 90  | 90 | 10    | Wrist: Abduction-Adduction       | 60  | 20 | 10    |
| Rachis: Flexion-Extension     | 90  | 30 | 10    | Wrist: Flexion-Extension         | 70  | 90 | 10    |
| Rachis: Lateral Flexion       | 30  | 30 | 10    | Knee: Flexion-Extension          | 120 | 0  | 10    |
| Rachis: Rotation              | 40  | 40 | 10    | Knee: Flexion-Extension (Seated) | 90  | 0  | 10    |
|                               |     |    |       | Ankle: Flexion-Extension         | 45  | 20 | 10    |
|                               |     |    |       | Ankle: Inversion-Eversion        | 30  | 25 | 10    |

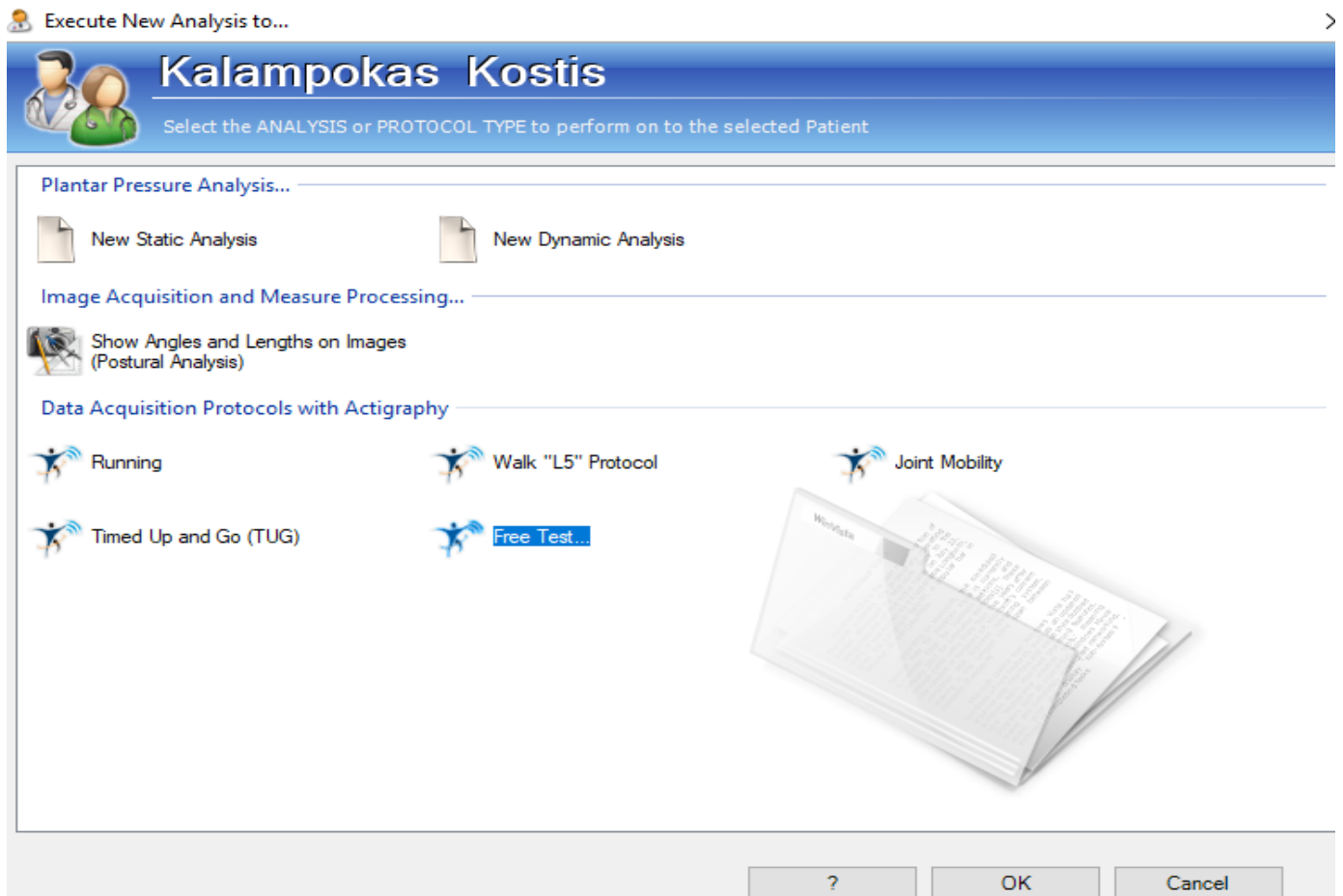
Εικόνα 5.58 Normal Ranges Mobility.

Στην στήλη 1 και 2 υπάρχουν οι προεπιλεγμένες τιμές για κάθε γωνία και κάθε κατεύθυνση της κίνησης και τα όρια ανοχής στο τέλος. Αν θέλουμε μπορούμε να ορίσουμε εμείς τις τιμές.

### 5.5.5 Free Test

Το Free Test είναι ένα πρωτόκολλο μέτρησης και αξιολόγησης των χαρακτηριστικών της βάδισης του ανθρώπινου σώματος.

Στην παρακάτω Εικόνα φαίνεται πώς επιλέγουμε να κάνουμε την μέτρηση Free Test.



Εικόνα 5.59 Free Test.

Περιγραφή διαδικασίας.

Κατά την διάρκεια της εξέτασης ο ασθενής είναι όρθιος. Για μερικά δευτερόλεπτα μένει ακίνητος, έπειτα πρέπει να περπατήσει για 15-20 m με σταθερό ρυθμό, να κάνει περιστροφή και να γυρίσει στο σημείο όπου ξεκίνησε.

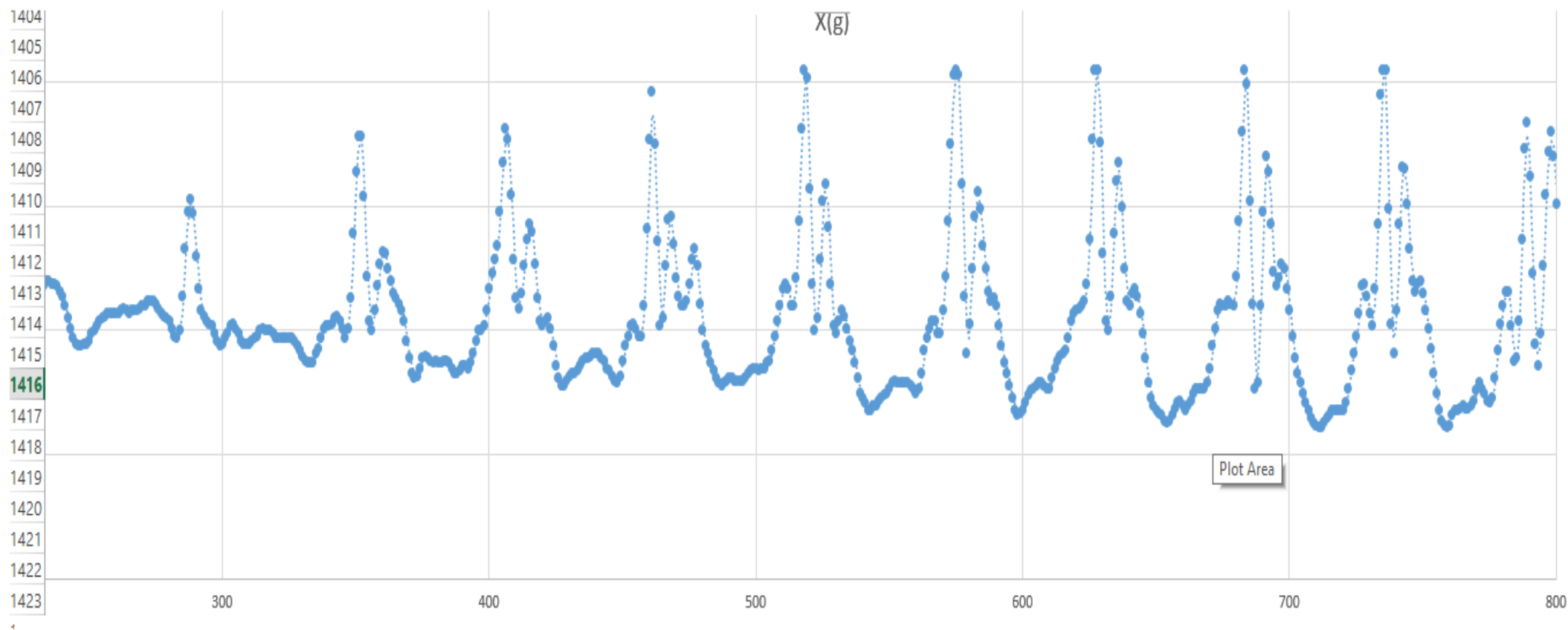
Τα δεδομένα απο το Free Test αποθηκεύονται σε txt αρχεία και είναι Raw Data.

Με την χρήση του MATLAB Mathworks και την βοήθεια κώδικα προγραμματισμού μπορούμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα. Μέσω γραφικών παραστάσεων μπορούμε να εστιασουμε σε κάποια σημεία και να αξιολογήσουμε την συμμετρία και την ταχύτητα. Φιλτράρωντας και καλιμπράροντας κάποια διαστήματα μπορούμε να μελετήσουμε καλύτερα την ανθρώπινη βάρδιαση. Ένας ακόμα τρόπος απεικόνισης της βάρδιασης είναι με την χρήση του Excel που ανήκει στο Office. Στην παρακάτω Εικόνα φαίνονται τα Data απο το Free Test. Μπορούμε να δούμε τις μετρήσεις του Επιταχυνσιόμετρου του Μαγνητόμετρου και του Γυροσκόπιου στους άξονες x, y, z.

| 2  100  6GBT  1  TestBluetooth  -1  Calibra=ON  300°/sec |       |      |   |       |   |        |        |        |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------|-------|------|---|-------|---|--------|--------|--------|---|---|---|---|
| Acc.                                                     | Mag.  |      |   | Gyro. |   |        |        |        |   |   |   |   |
| X(g)                                                     | Y(g)  | Z(g) | X | Y     | Z | X(°/s) | Y(°/s) | Z(°/s) |   |   |   |   |
| 1,00                                                     | -0,05 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 495,1  | 497,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 495,1  | 497,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 496,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 496,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 496,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 493,2  | 496,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 493,2  | 496,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 493,2  | 495,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 493,2  | 495,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 492,2  | 495,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 492,2  | 495,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 492,2  | 495,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 492,2  | 495,1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 492,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 492,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 493,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 493,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 493,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 493,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 496,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,00                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,02                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,02                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 495,1  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,02                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 494,2  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,02                                                     | -0,03 | 0,19 | 0 | 0     | 0 | 493,2  | 494,2  | 494,2  | 0 | 0 | 0 | 0 |

Εικόνα 5.60 Free Test Data.



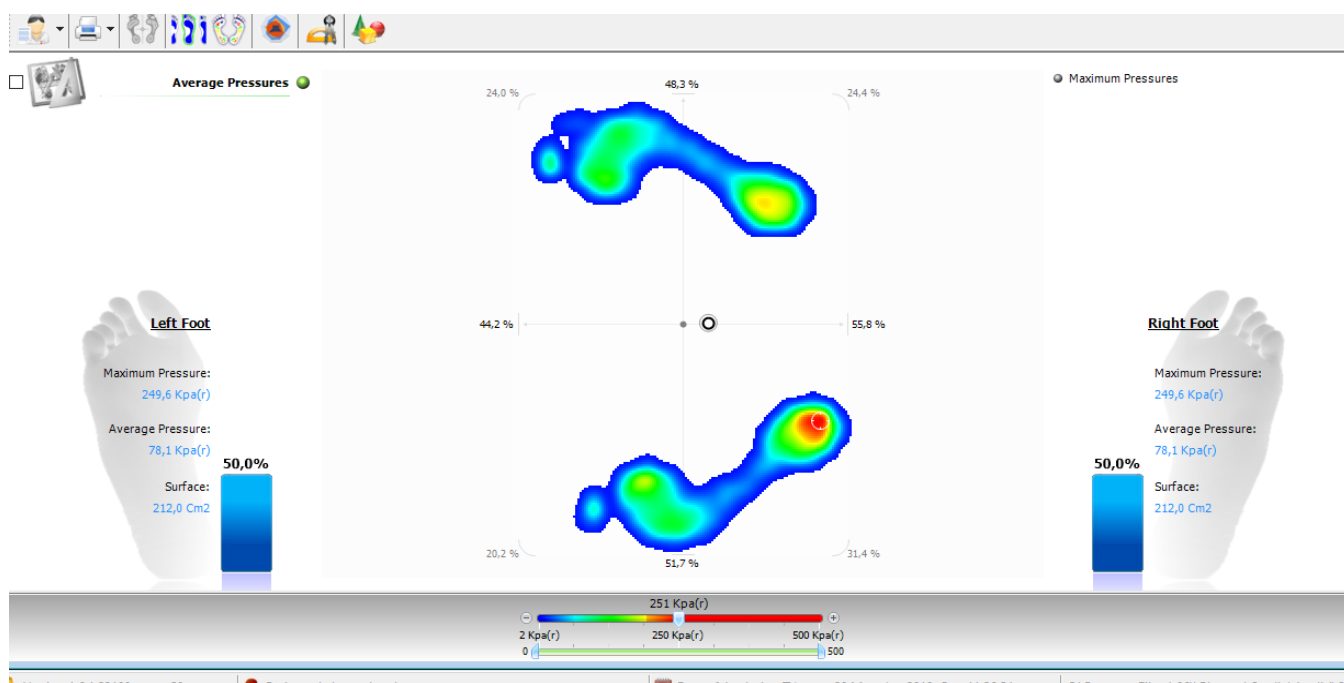


Εικόνα 5.61 Εμφάνιση αποτελεσμάτων με χρήση Excel.

### 5.5.6 Static Analysis

Κατά την στατική ανάλυση ο ασθενής το μόνο που πρέπει να κάνει είναι να πατήσει πάνω στην πλατφόρμα και να μείνει σταθερός για να γίνει η καταγραφή του πέλματος. Δεν χρειάζεται να κάνει κάποια βήματα. Έτσι μετράται το Κέντρο Δύναμης κατά την φάση στήριξης, ο μέσος όρος πίεσης κατά την φάση στήριξης, η επιφάνεια επαφής του πέλματος.

Αφού πραγματοποιήσουμε μία στατική ανάλυση και την αποθηκεύσουμε, μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα όπως στην παρακάτω Εικόνα.

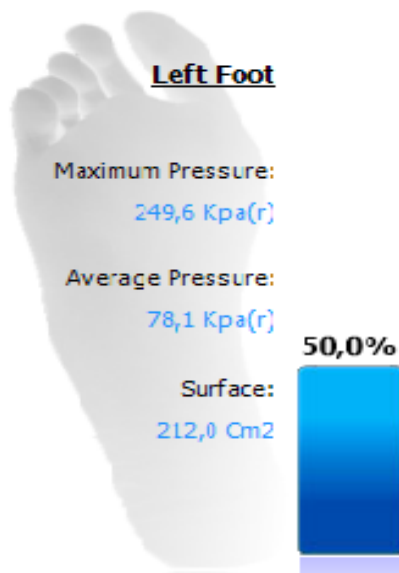


Εικόνα 5.62 Στατική ανάλυση.

Στήν Εικόνα φαίνεται η διανομή της πίεσης των ποδιών. Τα σημεία με την υψηλότερη πίεση απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, ενώ αυτά με την χαμηλότερη πίεση με μπλέ χρώμα.

Εάν πατήσουμε διπλό κλικ στην εικόνα θα μεγενθύνουμε την Εικόνα και θα δούμε καλύτερα τις πιέσεις που σχηματίζονται.

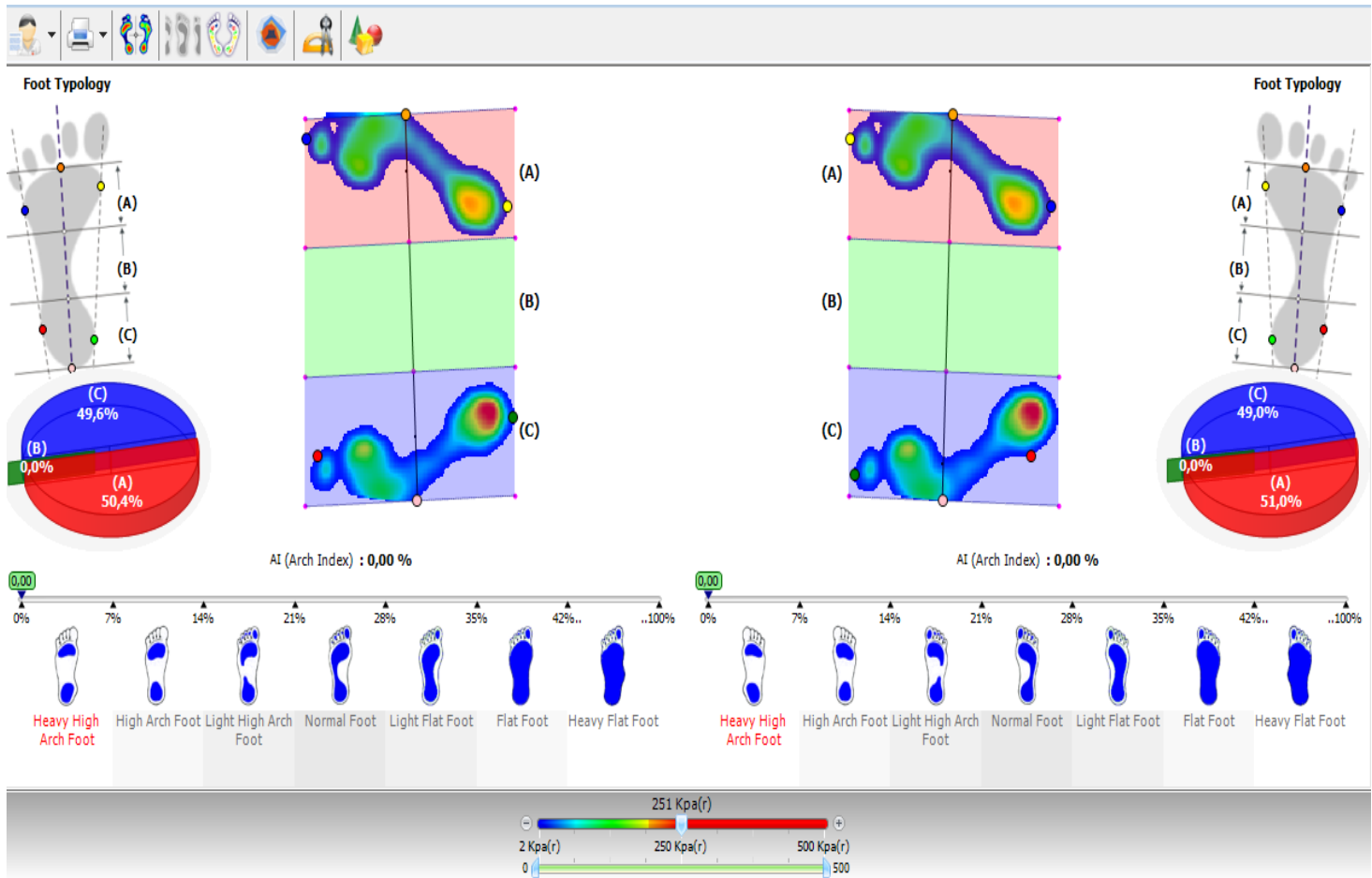
Στα αριστερά και δεξιά της Εικόνας βλέπουμε πληροφορίες για το κάθε πόδι όπως είναι η μέγιστη και μέση πίεση του ποδιού και η επιφάνεια του ποδιού (τα σημεία που ασκούν πίεση στο πάτωμα) όπως στην Εικόνα 5.63 .



Εικόνα 5.63 Left Foot Information .

## Τύπος Ποδιού

Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο εμφανίζεται η παρακάτω Εικόνα.



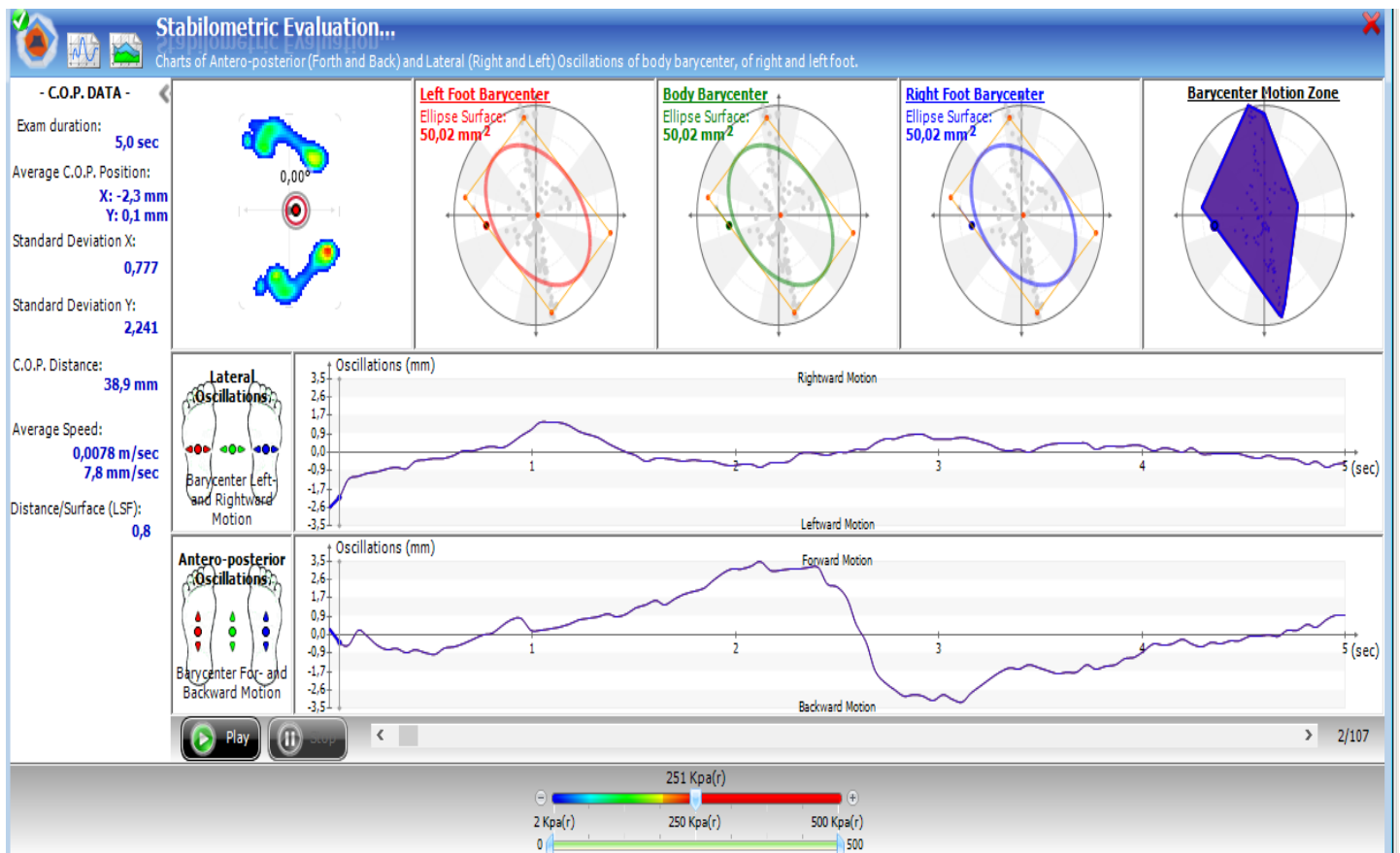
Εικόνα 5.64 Type Of Feet .

Η επιλογή αυτή μας δίνει την δυνατότητα να δούμε τον τύπο του ποδιού .

Μπορούμε να εκτιμήσουμε τον τύπο του ποδιού μας βάση μίας κλίμακας με 7 κατηγορίες ποδιών που έχει το κάτω μέρος της οθόνης (ξεκινώντας από Heavy High Arch Foot, και φτάνοντας μέχρι το Heavy Flat Foot) .

## Stabilometry.

Παρακάτω έχουμε όλες τις πληροφορίες σχετικά με την σταθερομετρία του ποδιού.

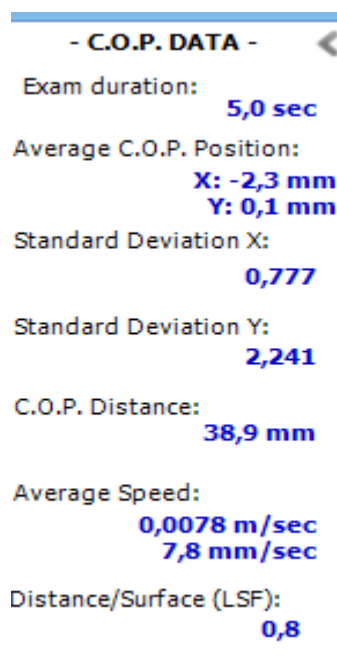


Εικόνα 5.65 Σταθερομετρία.

Στό πάνω μέρος της Εικόνα έχουμε την κίνηση Barycenter τού σώματος και την μέση πίεση των δύο ποδιών, καθώς και το κέντρο πίεσης

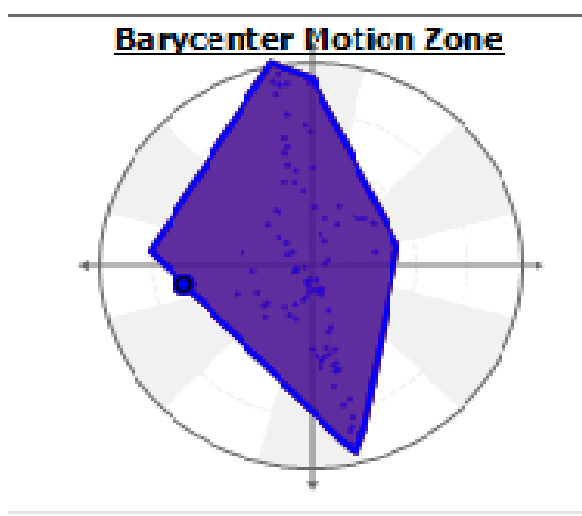
Αριστερά της Εικόνας έχουμε δεδομένα C.O.P. Αυτά είναι η διάρκεια εξέτασης, απόσταση, η μέση ταχύτητα, απόσταση/επιφάνεια, Standard Deviation X Y .

Ενώ στο μέσο της Εικόνας παρουσιάζονται τα γραφήματα κίνησης σε σχέση με τον χρόνο των πλευρικών ταλαντώσεων και τών antero-posterior ταλαντώσεων.



Εικόνα 5.66 C.O.P. Data .

Η συνολική απεικόνιση της κίνησης παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα.



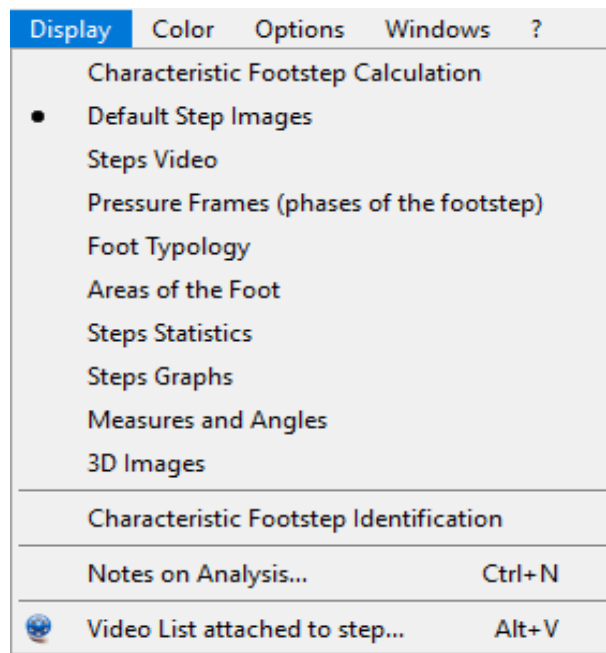
Εικόνα 5.67 Barycenter Motion.



### 5.5.7 Dynamic Analysis

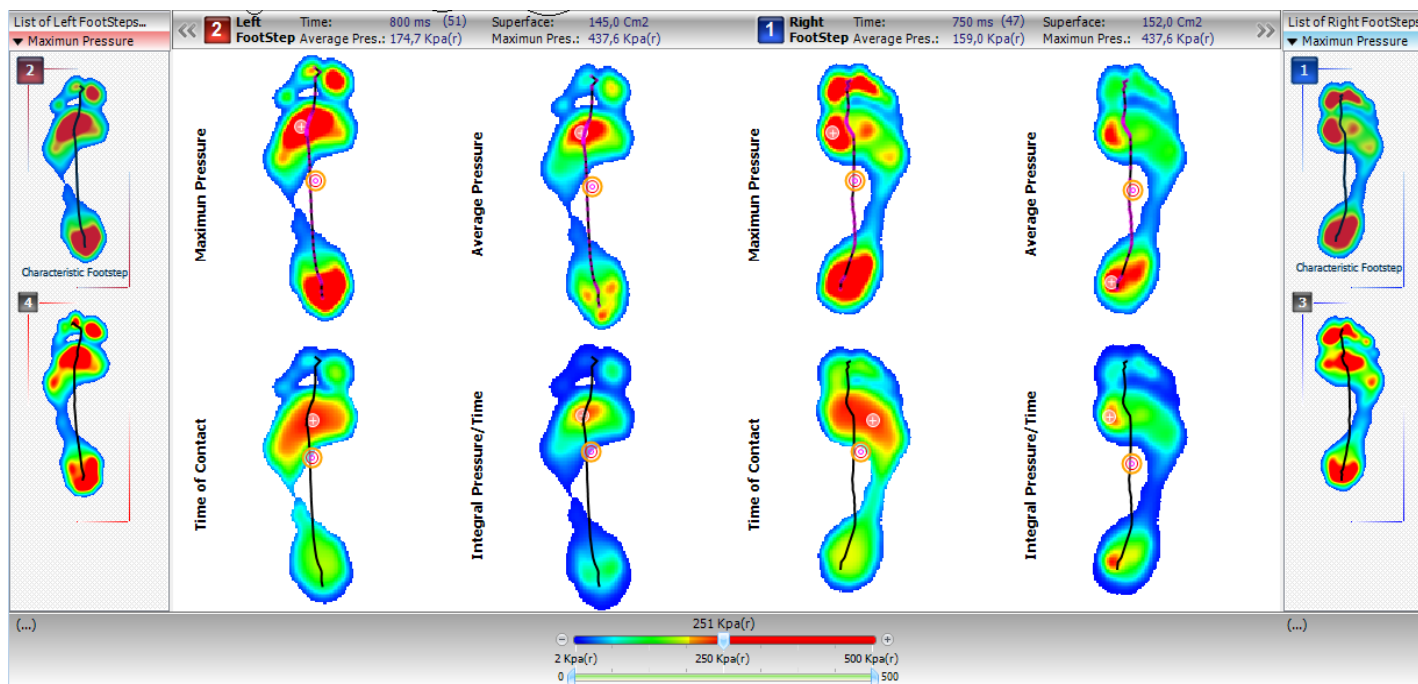
Αφού ολοκληρώσουμε μία Δυναμική Ανάλυση εμφανίζεται τό παρακάτω παράθυρο.

Στό εικονίδιο Display έχουμε μία λίστα με επιλογές για επεξεργασία και εμφάνιση δεδομένων.



Εικόνα 5.68 Display list.

- Show Characteristic Footstep Calculation.
- Default Step Images.
- Steps Video.
- Pressure Frames(phases of the footprint).
- Show Foot Typology.
- Foot's Area.
- Steps Graph.
- 3D Images.



Εικόνα 5.69 Dynamic Analysis.

Ανοίγοντας το εικονίδιο Default Images αριστερά και δεξιά βλέπουμε την λίστα με τα βήματα του δεξιού καί αριστερού ποδιού, που έχουν πραγματοποιηθεί καθώς και την μέγιστη πίεση τους.

Στο πάνω μέρος της Εικόνας παρατηρούμε κάποια στοιχεία για τα βήματα μας.

Time: Ο χρόνος που έγιναν τα βήματα μετρούμενα σε ms (1 second=1000 mseconds)

Average Pressure: Η μέση πίεση μετρούμενη σε Kpa(r) .

Surface: Η επιφάνεια του βήματος μετρούμενη σε Cm2.

Maximum Pressure: Η μέγιστη πίεση μετρούμενη σε Kpa(r).

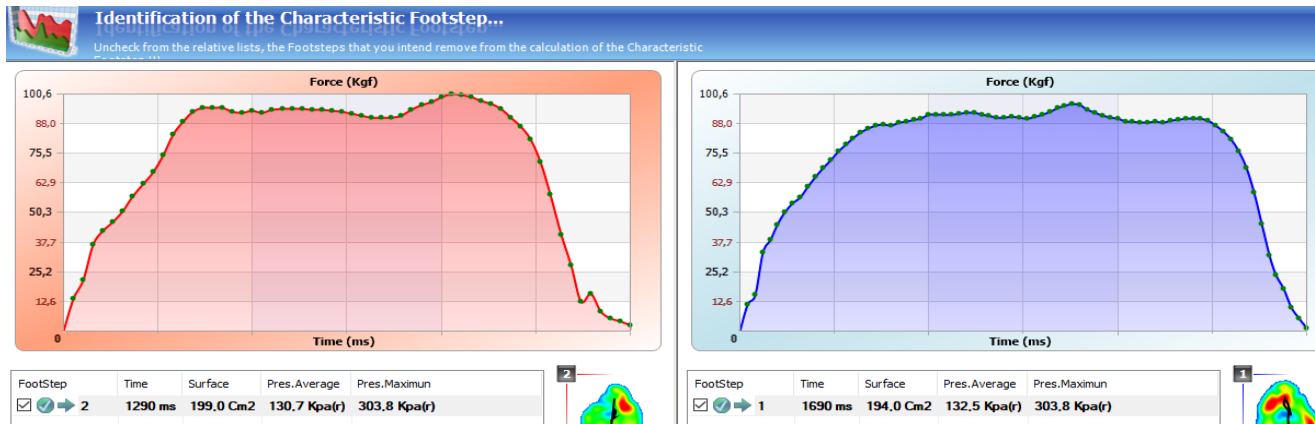
Στο μέσο της εικόνας διακρίνουμε 4 κατηγορίες Maximum Pressure, Average Pressure, Time Of Contact, Integral Pressure/Time.

Σε κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα μέρη του ποδιού που ασκείται η περισσότερη πίεση βάσει της κλίμακας του θερμογραφήματος στο κάτω μέρος της Εικόνας. Τα σημεία με την μεγαλύτερη πίεση απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα ενώ τα σημεία με την μικρότερη πίεση με μπλέ χρώμα.

Kpa(r) ή αλλιώς Κιλοπασκάλ είναι μονάδα μέτρησης ίση με την πίεση που προκαλεί δύναμη 1N σε επιφάνεια m2. Είναι αρκετά μικρή μονάδα και γι' αυτό χρησιμοποιούνται πολλαπλάσια όπως το Kpa=1000 Pa ή hPa=100 Pa.

Σε κάθε Εικόνα ποδιού μπορούμε να ξεχωρίσουμε μία ευθεία γραμμή όπου είναι η γραμμή βάδισης.

Στο επόμενο εικονίδιο Identification of the Characteristic Footstep παρατηρούμε τα

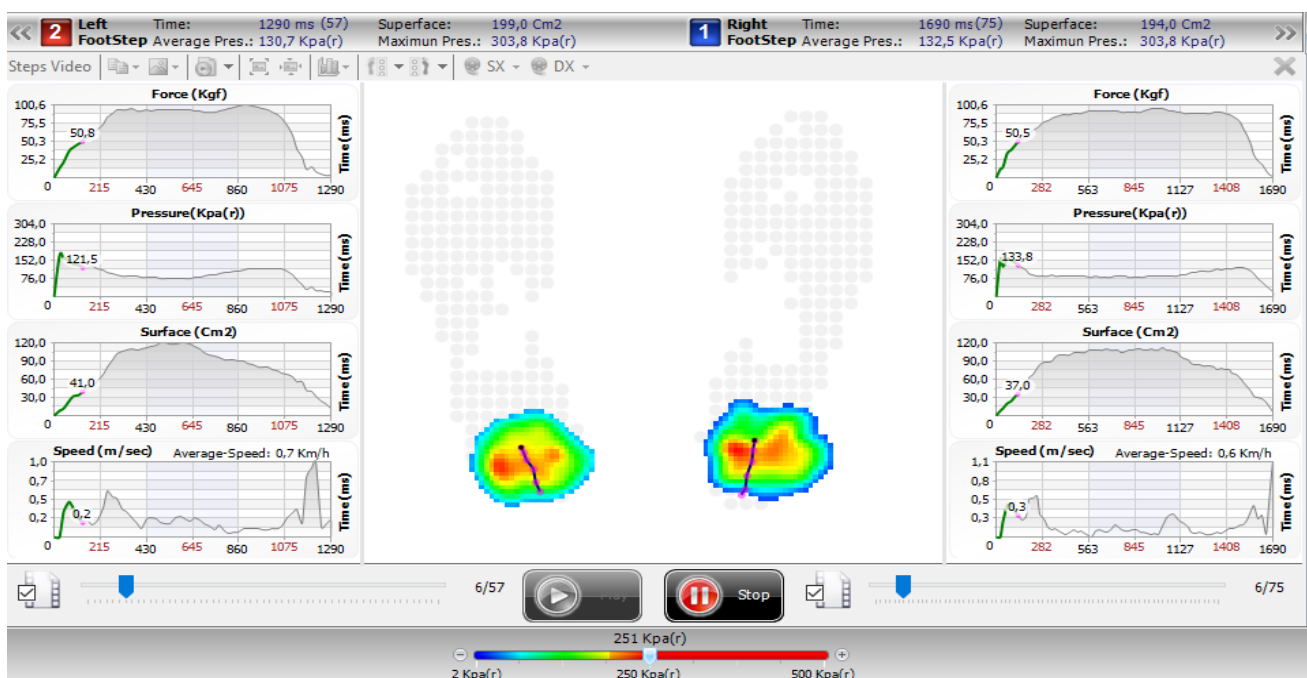


γραφήματα Δύναμης σε συνδυασμό με τον χρόνο για κάθε πόδι.

Εικόνα 5.70 Identification foot.

Όπως βλέπουμε τα γραφήματα είναι συμμετρικά, και από κάτω στα δύο πλαίσια βλέπουμε τον αριθμό των βημάτων, τον χρόνο βάδισης σε ms, την επιφάνεια που ακούμπησε το πόδι σε cm<sup>2</sup>, την μέση και μέγιστη πίεση του ποδιού σε Kpa(r).

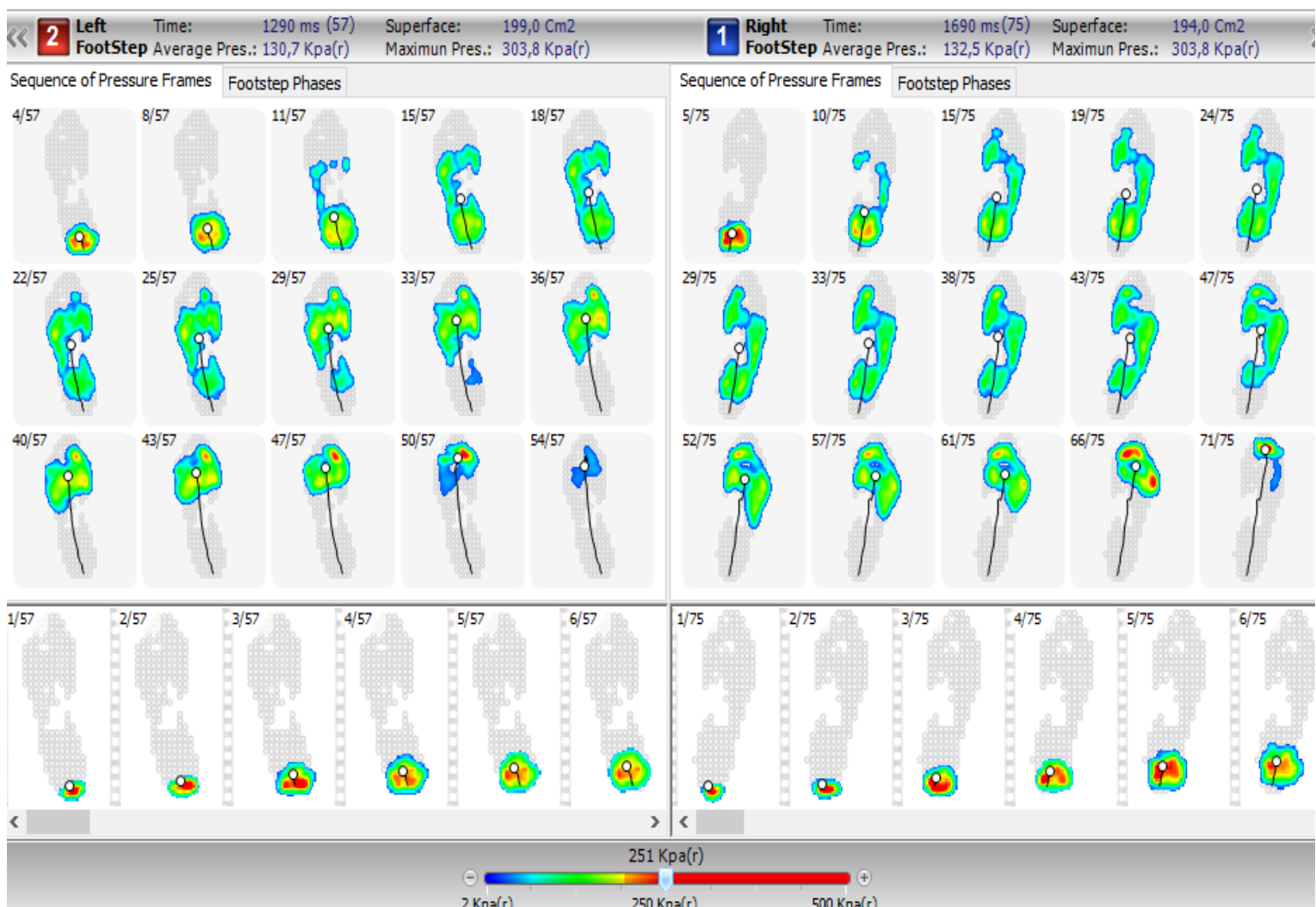
Στό StepsVideo παρατηρούμε 4 γραφήματα για το κάθε πόδι. Δύναμη, Πίεση, Επιφάνεια, και Ταχύτητα σε συνάρτηση με τον χρόνο. Επιπλέον πατώντας το εικονίδιο Play εμφανίζεται το γράφημα με τα χρώματα. Μπορούμε να ξεχωρίσουμε πως πατάει το πόδι μας, πρώτα ερχεται σε επαφή με το έδαφος η πτέρνα, στην συνέχεια το μετατάρσιο και μετά τό μπροστινό μέρος του ποδιού με τά δάχτυλα.



Εικόνα 5.71 Film

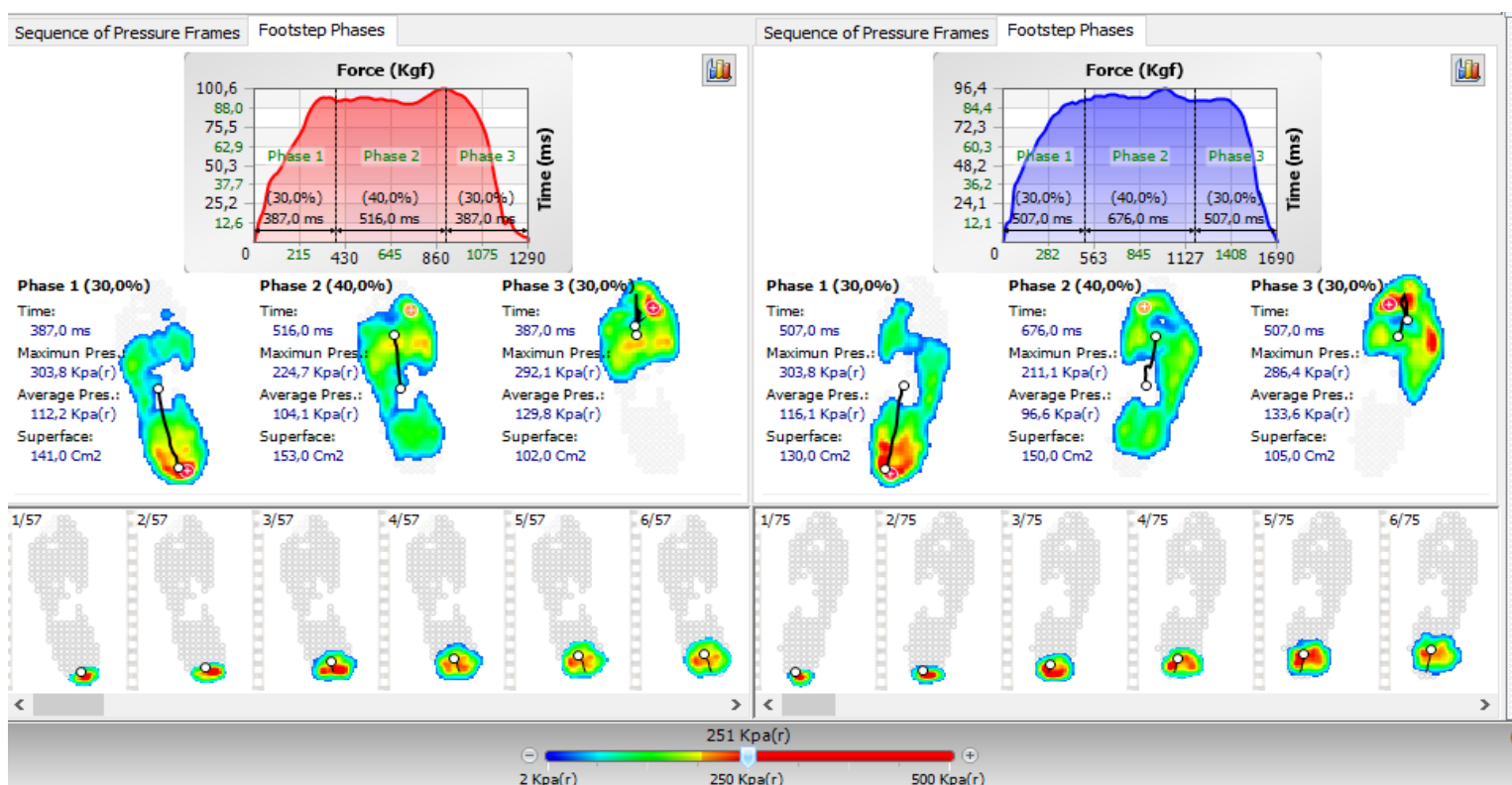
Στην επιλογή Study Of Phases εμφανίζονται δύο εικονίδια το Sequence Pressure Frames και το Footstep Phases.

Στό πρώτο μπορούμε να δούμε την ακολουθία της επαφής του ποδιού με το έδαφος. Μπορούμε να ξεχωρίσουμε οτι το βήμα χωρίζεται σε 57 διαδοχικά σημεία που ακουμπάει με το έδαφος. Σε κάθε σημείο επαφής φαίνεται η μέση και μέγιστη πίεση που ασκείται και η επιφάνεια που ακουμπάει στο έδαφος.



Εικόνα 5.72 Sequence Pressure.

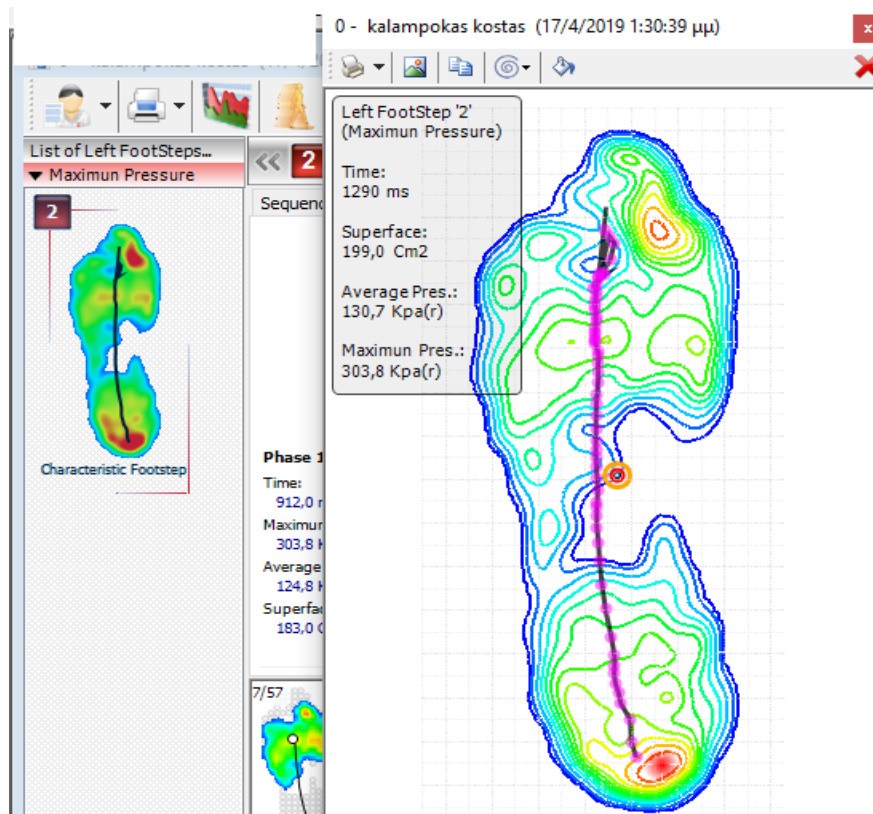
Πατώντας το δεύτερο εικονίδιο στο γράφημα θα εμφανιστεί μία τυπική διαίρεση του βήματος του ποδιού σε συνάρτηση με τον χρόνο (30%, 40%, 50%). Διακρίνουμε τον τρόπο με τον οποίο έρχεται σε επαφή τό πόδι μας με το έδαφος. Δίνονται επίσης στοιχεία για την μέγιστη και ελάχιστη πίεση, τον χρόνο, και την επιφάνεια επαφής.



Εικόνα 5.73 Footstep's Phases.

## Curve Level Display

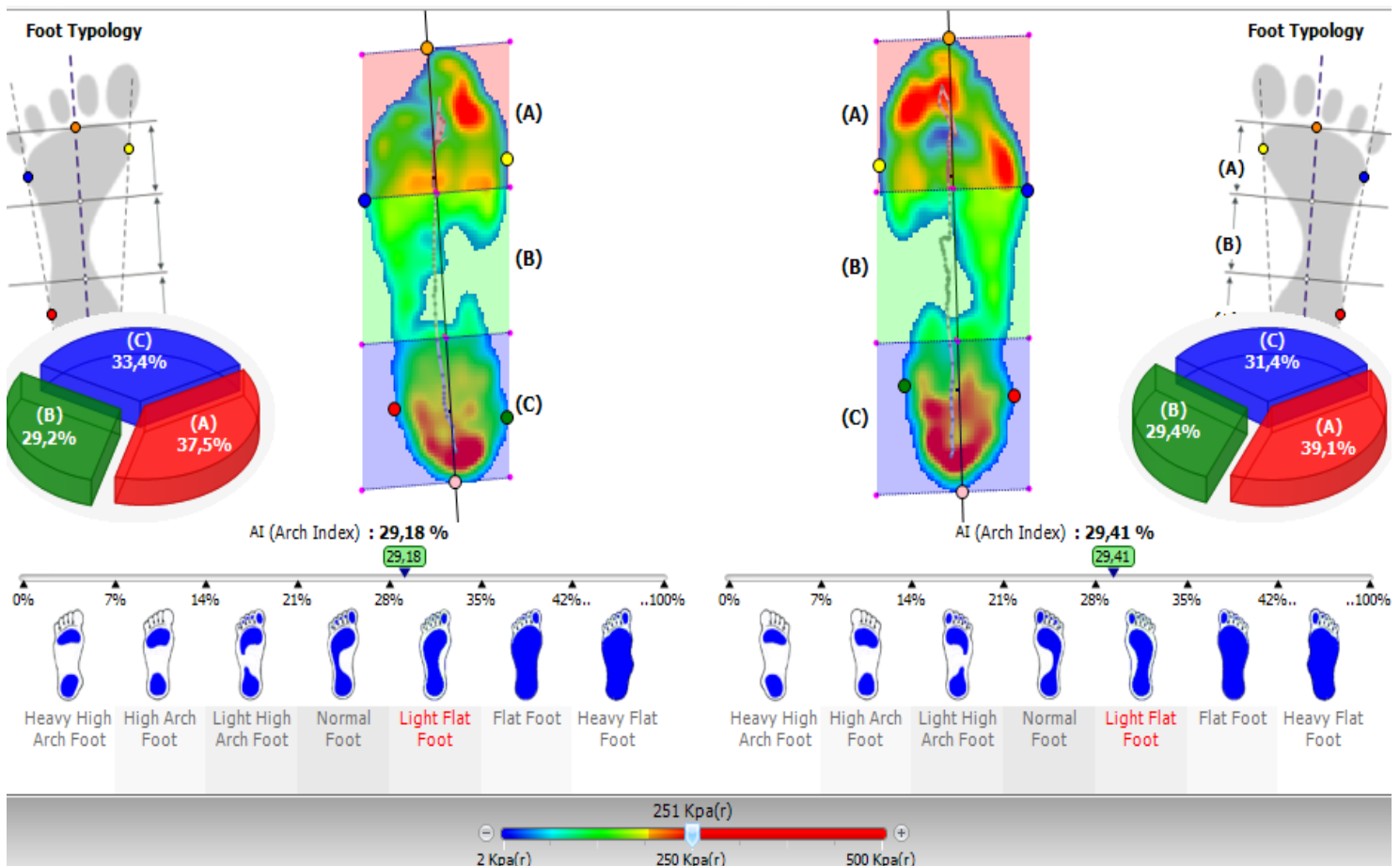
Κάνοντας κλικ αριστερά στο List Of Footsteps μπορούμε να δούμε την μέγιστη και μέση πίεση επαφής, τον χρόνο, και την επιφάνεια του βήματος όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα. Μπορούμε να διακρίνουμε την γραμμή βάδισης με μώβ χρώμα.



Εικόνα 5.74 Curve level.

Foot Type.

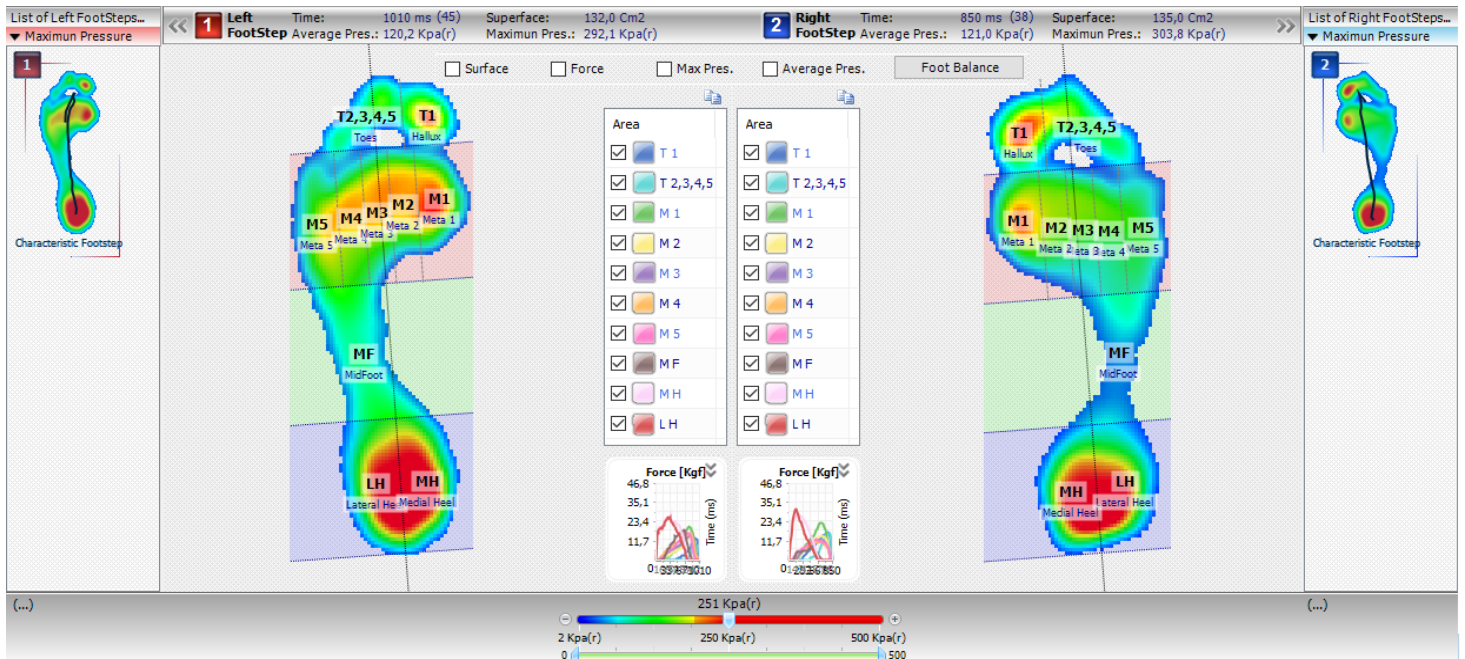
Πατώντας το εικονίδιο Show Foot Typology εμφανίζεται η ανάλυση του ποδιού όπως στην Στατική ανάλυση. Η επιλογή αυτή μας επιτρέπει να έχουμε τον τύπο του ποδιού. Κάθε πόδι διαιρείται αυτόματα σε περιοχές και υπολογίζεται η αναλογία μεταξύ τους. Στο κάτω μέρος της Εικόνας βλέπουμε μία κλίμακα με 7 κατηγορίες ποδιών (ξεκινώντας από Heay High Arch Foot φτάνοντας στο Heavy Flat Foot).



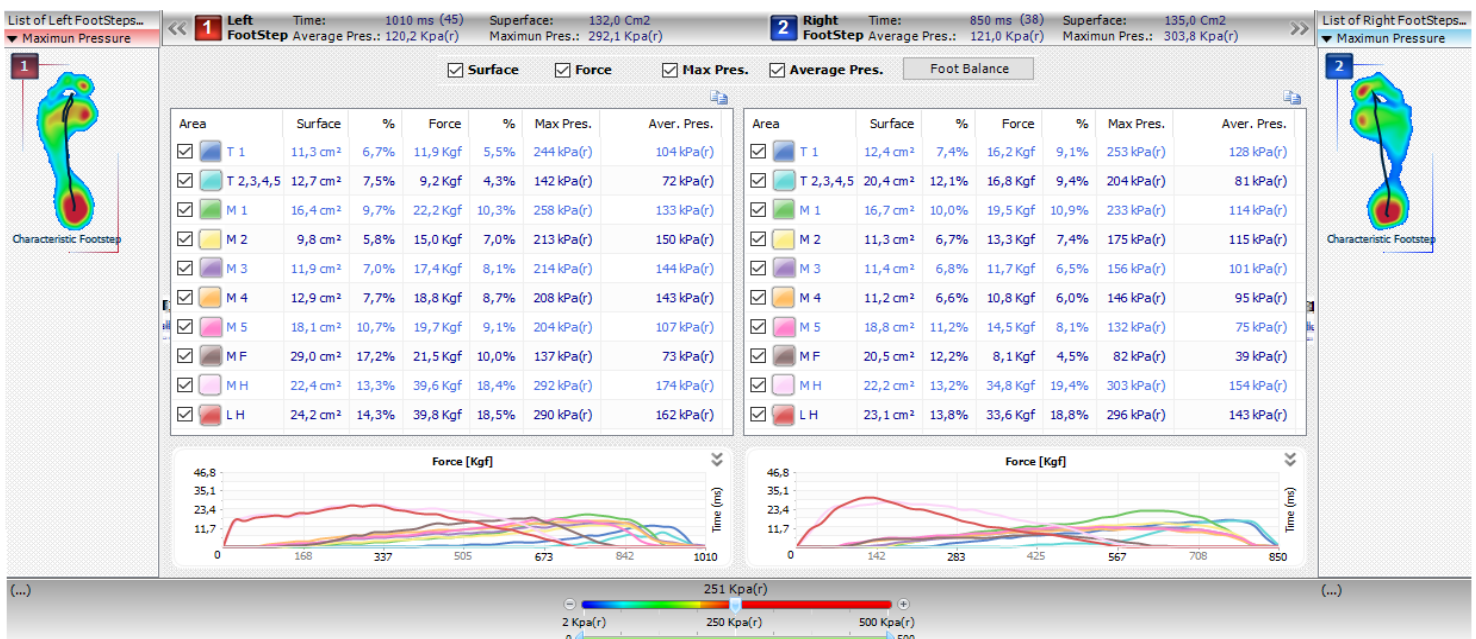
Εικόνα 5.75 Foot Type.

Foot's Area.

Στην Εικόνα 103 εμφανίζεται η πατούσα του πόδιου χωρισμένη σε διάφορα σημεία (T1,T2,T3,T4, M1, M2, M3, MF, MH, LH). Σε αυτές τις περιοχές εμφανίζονται η επιφάνεια, οι δυνάμεις και οι μέγιστες και ελάχιστες πιέσεις.

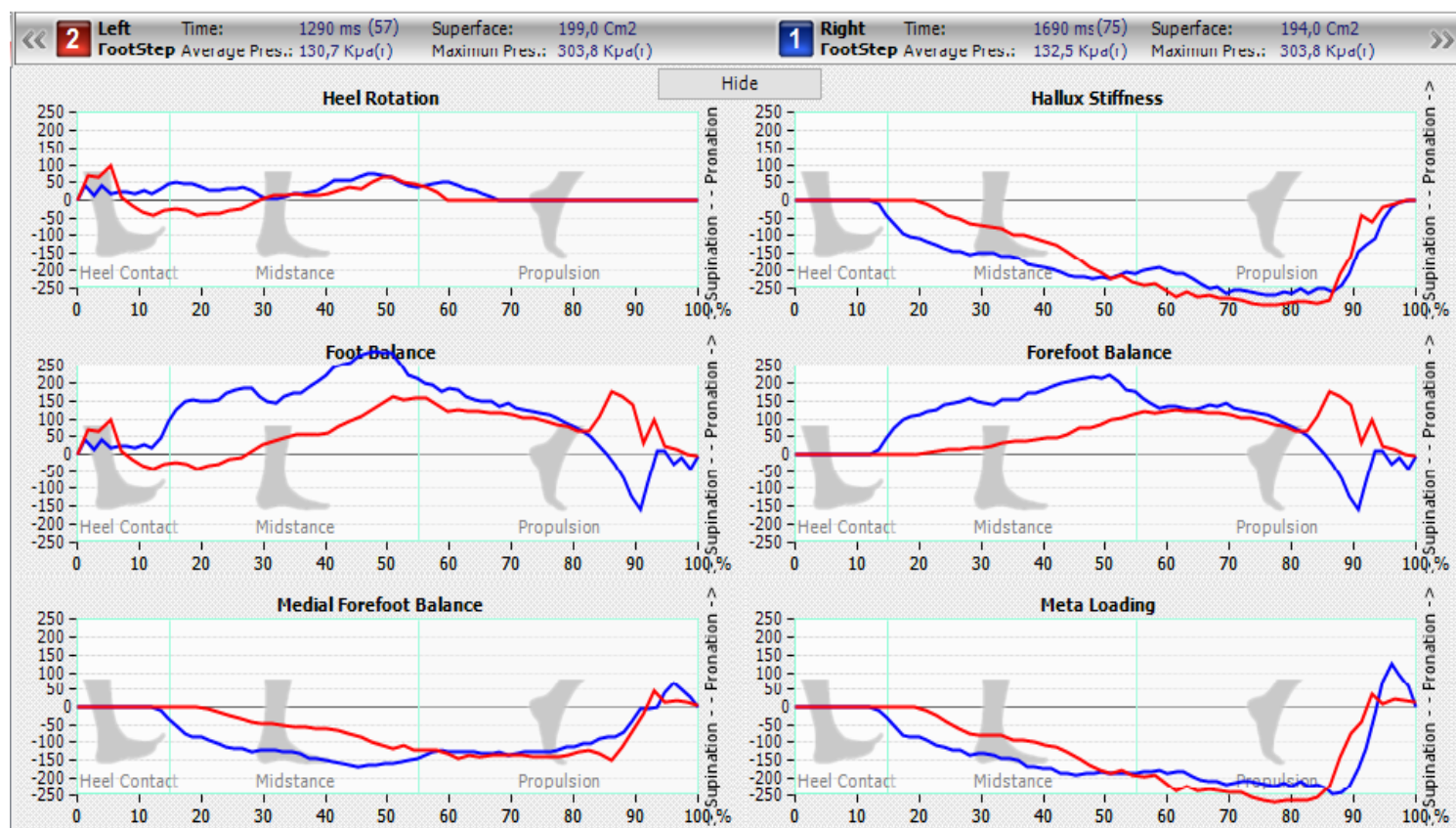


Εικόνα 5.76 Foot's Area.



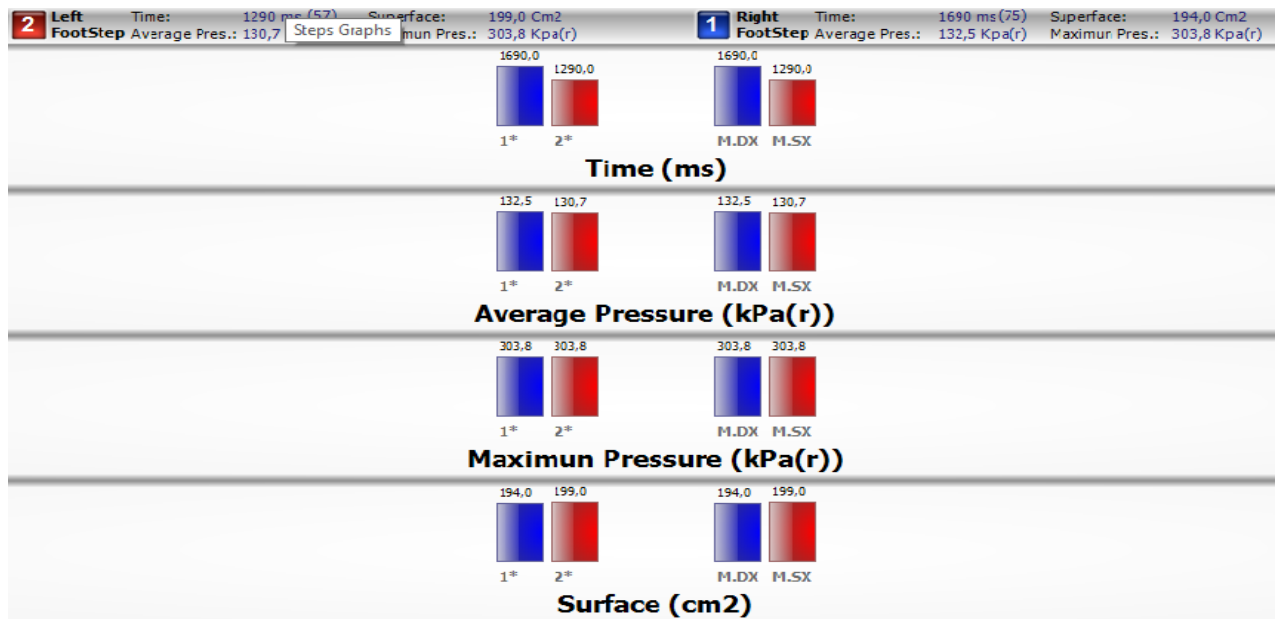
Εικόνα 5.77 Foot's Area data.

Πατώντας το εικονίδιο Foot Balance εμφανίζονται 6 γραφήματα όπως στην Εικόνα 5.78 .  
 Η περιστροφή της πτέρνας, η ισοροπία και η μέση ισορροπία τού ποδιού η ισορροπία του  
 μπροστινού ποδιού, το Meta Loading κατά την διάρκεια της κίνησης



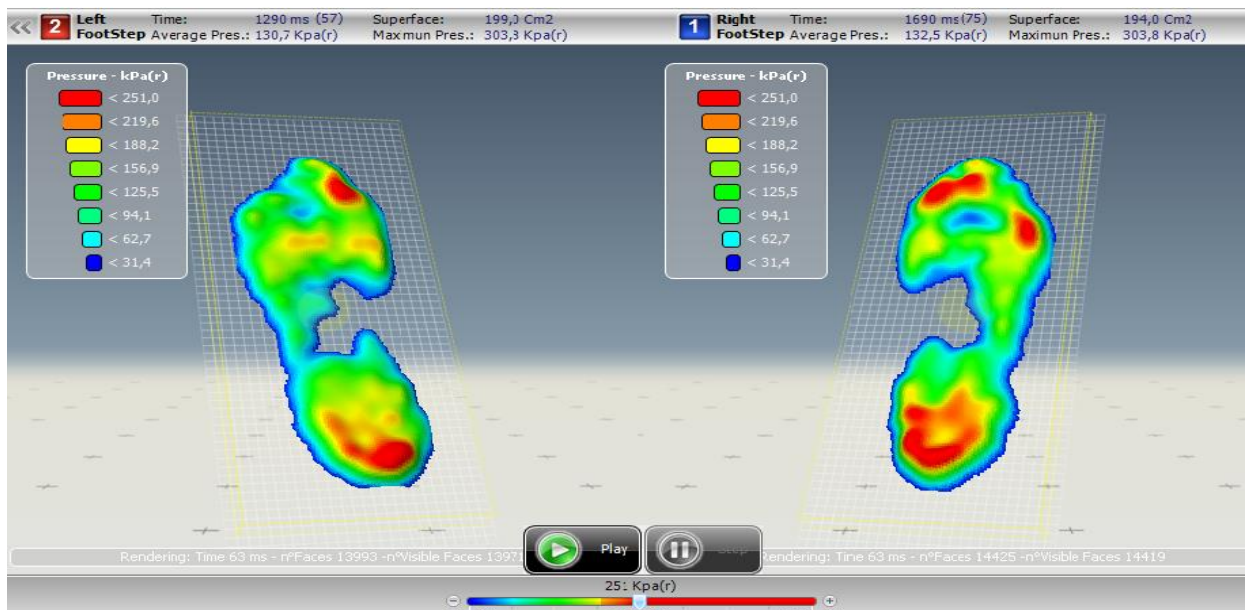
Εικόνα 5.78 Foot Balance.

Στήν περιοχή Step Graphs εμφανίζονται μπάρες - γραφήματα με τον χρόνο και τις μέγιστες, μέσες πιέσεις του ποδιού κατά την κίνηση όπως στην Εικόνα 106.



Εικόνα 5.79 Step Graphs.

Τέλος πατώντας το τελευταίο εικονίδιο 3D Images εμφανίζονται οι πιέσεις σύμφωνα με τα χρώματα σε τρισδιάστατο περιβάλλον κατα την κίνηση του ποδιού. Οί πιέσεις μετρούνται σε Kpa(r).



Εικόνα 5.80 3D Images.

## **5.6 Παρουσίαση μετρήσεων και συγκρίσεων.**

Στήν συνέχεια παρουσιάζονται τα δεδομένα και οι μετρήσεις των εξεταζόμενων χρησιμοποιώντας τα παραπάνω πρωτόκολλα.

Για την διεκπεραίωση της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν :

- 2 άνδρες ηλικίας 23 ετών.
- 1 γυναίκα ηλικίας 34 ετών.
- 1 άνδρας ηλικίας 48 ετών.
- 1 νεαρό αγόρι ηλικίας 10 ετών.
- 1 άνδρας ηλικίας 63 ετών.

### **5.6.1 Running.**

Στίς παρακάτω Εικόνες παρουσιάζονται οί μετρήσεις και συγκρίσεις τού πρωτοκόλλου βάρδισης Running.

Γίνονται συγκρίσεις μεταξύ ενός νεαρού ηλικίας 23 ετών, ενός παιδιού 9 ετών και ενός άνδρα 63 ετών.

**Interval Number: 1**  
**Total Time: 0H: 0Min: 17s**  
**- Report -**

| Spatial-Temporal Gait Parameters          |            |                   |
|-------------------------------------------|------------|-------------------|
| Cadence                                   | 79,5 (1,3) | Strides/min (Hz): |
| Gait Cycle Duration                       | 0,75       | s                 |
| Step Duration (% of Gait Cycle):          | 0,38       | s (50,0%)         |
| Left Step Duration:                       | 0,38       | s (50,4%)         |
| Right Step Duration:                      | 0,37       | s (49,6%)         |
| Stance Duration (% of Gait Cycle)         | 0,26       | s (34,0%)         |
| Left Stance Duration:                     | 0,24       | s (31,9%)         |
| Right Stance Duration:                    | 0,27       | s (36,0%)         |
| Swing Duration (% of Gait Cycle)          | 0,50       | s (65,7%)         |
| Left Swing Duration:                      | 0,51       | s (67,7%)         |
| Right Swing Duration:                     | 0,48       | s (63,6%)         |
| Double Flight Duration (% of Gait Cycle): | 0,12       | s (15,5%)         |
| Vertical Barycenter Displacement:         | 7,51       | cm                |

**Interval Number: 1**  
**Total Time: 0H: 0Min: 16s**  
**- Report -**

| Spatial-Temporal Gait Parameters          |            |                   |
|-------------------------------------------|------------|-------------------|
| Cadence                                   | 60,5 (1,0) | Strides/min (Hz): |
| Gait Cycle Duration                       | 0,99       | s                 |
| Step Duration (% of Gait Cycle):          | 0,49       | s (49,6%)         |
| Left Step Duration:                       | 0,61       | s (61,4%)         |
| Right Step Duration:                      | 0,38       | s (37,9%)         |
| Stance Duration (% of Gait Cycle)         | 0,43       | s (43,4%)         |
| Left Stance Duration:                     | 0,55       | s (54,6%)         |
| Right Stance Duration:                    | 0,32       | s (32,2%)         |
| Swing Duration (% of Gait Cycle)          | 0,56       | s (56,8%)         |
| Left Swing Duration:                      | 0,44       | s (44,1%)         |
| Right Swing Duration:                     | 0,69       | s (69,6%)         |
| Double Flight Duration (% of Gait Cycle): | 0,06       | s (6,3%)          |
| Vertical Barycenter Displacement:         | 9,17       | cm                |

**Interval Number: 1**  
**Total Time: 0H: 0Min: 16s**  
**- Report -**

| Spatial-Temporal Gait Parameters          |            |                   |
|-------------------------------------------|------------|-------------------|
| Cadence                                   | 85,1 (1,4) | Strides/min (Hz): |
| Gait Cycle Duration                       | 0,71       | s                 |
| Step Duration (% of Gait Cycle):          | 0,35       | s (49,8%)         |
| Left Step Duration:                       | 0,37       | s (51,9%)         |
| Right Step Duration:                      | 0,34       | s (47,7%)         |
| Stance Duration (% of Gait Cycle)         | 0,31       | s (43,4%)         |
| Left Stance Duration:                     | 0,32       | s (45,5%)         |
| Right Stance Duration:                    | 0,29       | s (41,2%)         |
| Swing Duration (% of Gait Cycle)          | 0,40       | s (56,6%)         |
| Left Swing Duration:                      | 0,39       | s (54,9%)         |
| Right Swing Duration:                     | 0,41       | s (58,4%)         |
| Double Flight Duration (% of Gait Cycle): | 0,05       | s (6,5%)          |
| Vertical Barycenter Displacement:         | 10,81      | cm                |

Εικόνα 5.81 Στοιχεία μέτρησης Running.

Στις παραπάνω Εικόνες βλέπουμε τις χωροχρονικές παραμέτρους του κάθε βαδιστή.

Διαφορές μπορούμε να παρατηρήσουμε στις μετατοπίσεις της σπονδυλικής στήλης μετρούμενες σε cm και ιδιαίτερα στην σύγκριση του παιδιού με τον άνδρα ηλικίας 63 ετών (όπου η διαφορά είναι μεγαλύτερη κατά 3 cm) .

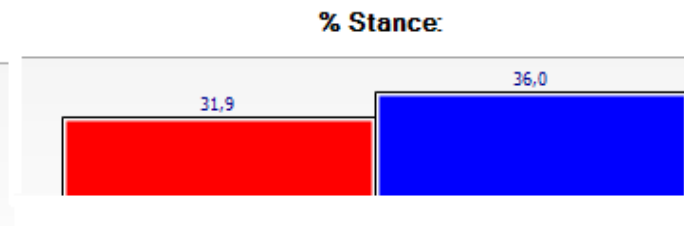
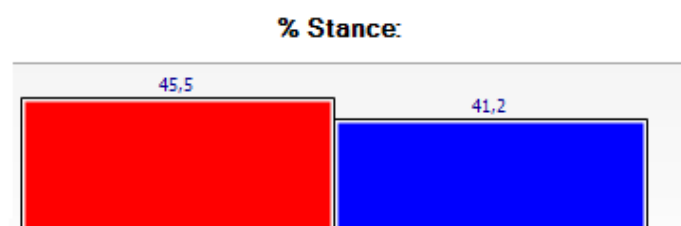
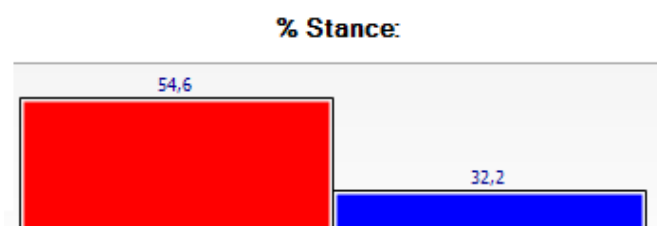
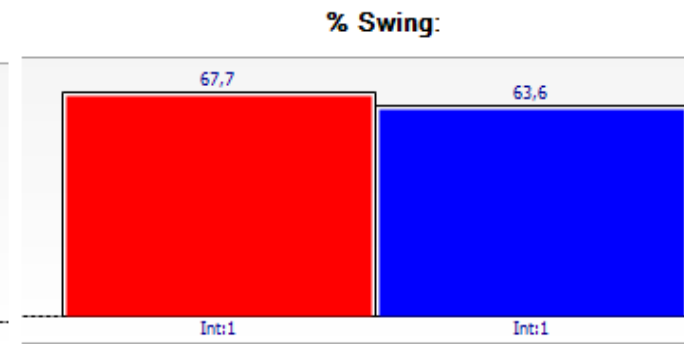
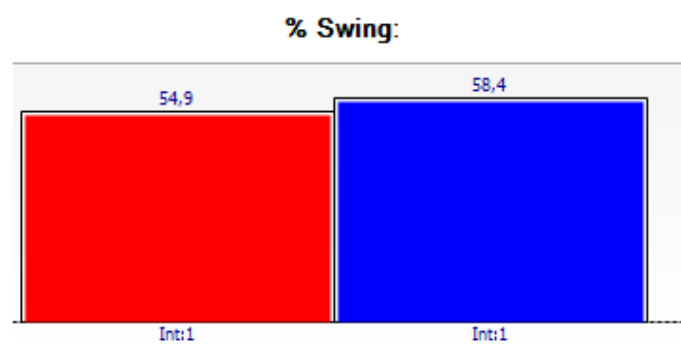
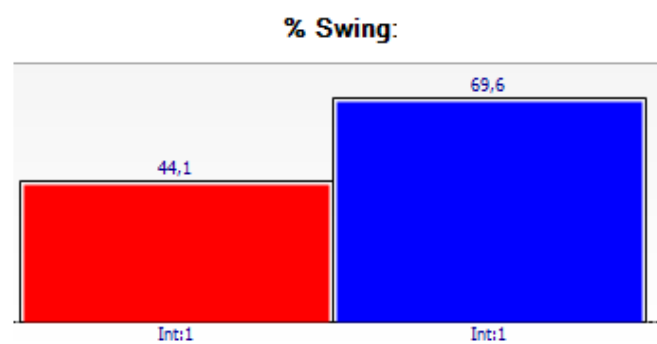
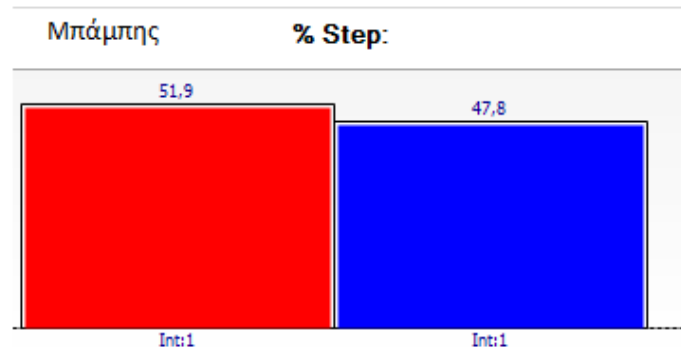
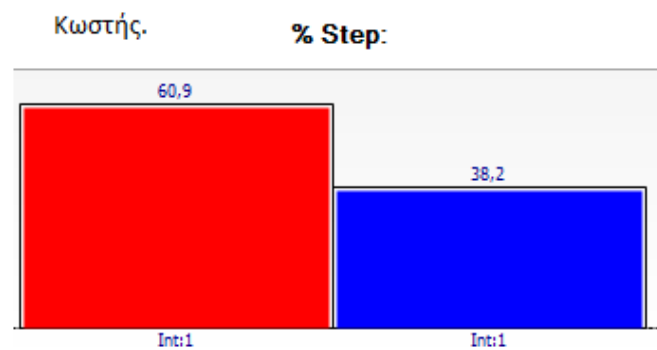
Διαφορά στις τιμές παρατηρούμε και στην διάρκεια κύκλου βάδισης ανάμεσα στον άνδρα ηλικίας 63 ετών και τον άνδρα ηλικίας 23 ετών.

Στο παιδί 9 ετών και τον άνδρα 63 ετών παρατηρούμε σχεδόν ίδιες με μικρές διαφορές στηρίξεις σε κάθε πόδι καθώς και ίδιους χρόνους αιώρησης κατά την διάρκεια της στηρίξης.

Σε αντίθεση με τον άνδρα ηλικίας 23 ετών όπου ο χρόνος στήριξης στο αριστερό πόδι είναι αυξημένος.

Στο παιδί ηλικίας 9 ετών και στον άνδρα 23 ετών οι χρόνοι αιώρησης των ποδιών είναι σχεδόν ίδιοι.





Εικόνα 5.82 Running.

Στην παραπάνω Εικόνα βλέπουμε την διάρκεια βήματος, την διάρκεια αιώρησης και στάσης του κάθε ποδιού.

Μέσω των ιστογραμμάτων παρατηρούμε ότι στον άνδρα ηλικίας 63 ετών και στο παιδί ηλικίας 9 ετών η διάρκεια στάσης και αιώρησης είναι παρόμοιες. Στον νεαρό άνδρα ηλικίας 23 ετών η διάρκεια αιώρησης στο δεξί πόδι είναι μεγαλύτερη από τους άλλους.

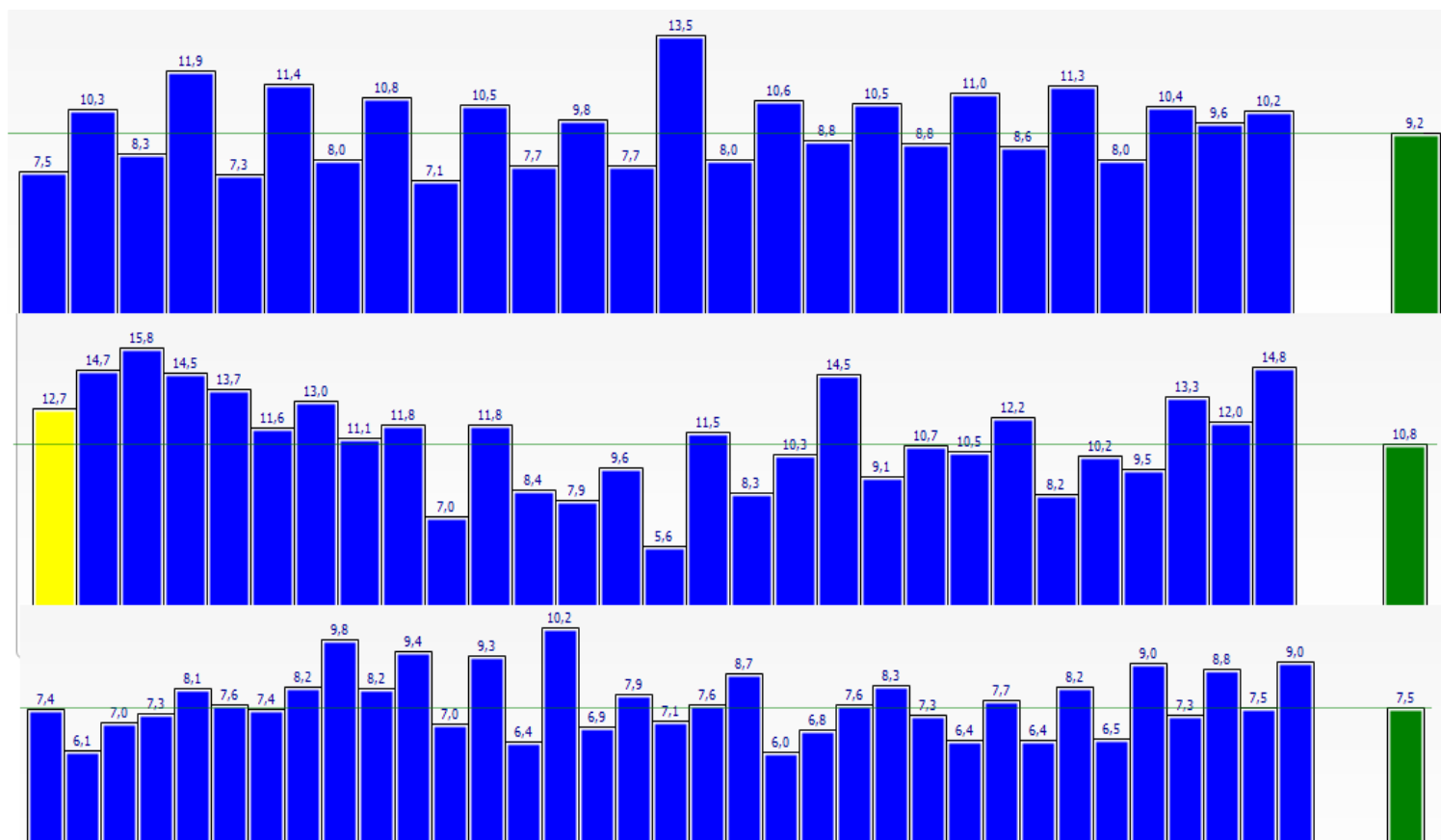
Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η στάση στο αριστερό πόδι όπου είναι σχεδόν η διπλάσια από το άλλο.

Στον άνδρα ηλικίας 20 ετών παρατηρούμε ότι βλέπουμε και στην παραπάνω εικόνα. Η διάρκεια στάσης και στήριξης στο αριστερό πόδι είναι μεγαλύτερη και από τα 2 άτομα. Επίσης η φάση αιώρησης του δεξιού ποδιού είναι μεγάλη γεγονός που διακιολογεί και την κίνηση με βάση το αριστερό πόδι.

Πιο κάτω παρατηρούμε τις διαφορές στην κίνηση της σπονδυλικής στήλης του κάθε ατόμου.

7.5 cm για το παιδί ηλικίας 9 ετών. 10.8cm για τον άνδρα ηλικίας 63 ετών. 9,2 cm για τον άνδρα ηλικίας 23 ετών(σύμφωνα με τό γράφημα φαίνονται ότι μεγαλύτερα είναι τα δεξιά βήματα).





Εικόνα 5.83 Κατακόρυφες μετατοπίσεις σπονδ. Στήλης.

Τέλος θα δούμε τις κινηματικές περιστροφές της λεκάνης του σώματος για τους 3 ασθενείς.

Tilt είναι οι γωνίες περιστροφής προς τον άξονα των  $x$  κατά την διάρκεια κίνησης του σώματος.

|                      |                     |                      |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| Min: -2,4°           | Min: -1,6°          | Min: -1,9°           |
| Max: 2,9°            | Max: 1,6°           | Max: 2,0°            |
| Range: 5,3°          | Range: 3,2°         | Range: 3,9°          |
| Static Angle: -14,5° | Static Angle: -1,7° | Static Angle: -16,6° |

Εικόνα 5.84 Tilt εξεταζόμενων.

Παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες στατικές γωνίες λόγω κίνησης του σώματος έχουν τα άτομα ηλικίας 23 ετών και 63 ετών. Στο εύρος γωνιών παρατηρούμε ότι μικρότερες τιμές παρουσιάζει ο μικρότερος εξεταζόμενος, οι άλλοι 2 παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος τιμών.

Obliquity είναι οι γωνίες της πλαγιότητας κατά την κίνηση του σώματος.

|                     |                    |                     |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| Min: -3,0°          | Min: -2,2°         | Min: -2,6°          |
| Max: 2,2°           | Max: 2,3°          | Max: 2,7°           |
| Range: 5,1°         | Range: 4,5°        | Range: 5,3°         |
| Static Angle: -4,1° | Static Angle: 9,1° | Static Angle: -6,0° |

Εικόνα 5.85 Obliquity εξεταζόμενων.

Το εύρος των γωνιών πλαγιότητας είναι σχεδόν ίδιο και για τους 3 εξεταζόμενους. Οι αρνητικές γωνίες αντιπροσωπεύουν πλάγια πλευρική κάμψη προς τα αριστερά, ενώ οι θετικές προς τα δεξιά. Η στατική γωνία με την μεγαλύτερη τιμή κατά την διάρκεια της κίνησης ανήκει στον μικρότερο ηλικιακά ασθενή.

Rotation είναι η γωνία περιστροφή κινήσεων του σώματος.

|                     |                     |                    |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| <b>Min: -5,7°</b>   | <b>Min: -9,7°</b>   | <b>Min: -3,6°</b>  |
| <b>Max: 6,7°</b>    | <b>Max: 8,6°</b>    | <b>Max: 3,0°</b>   |
| <b>Range: 12,4°</b> | <b>Range: 18,3°</b> | <b>Range: 6,6°</b> |

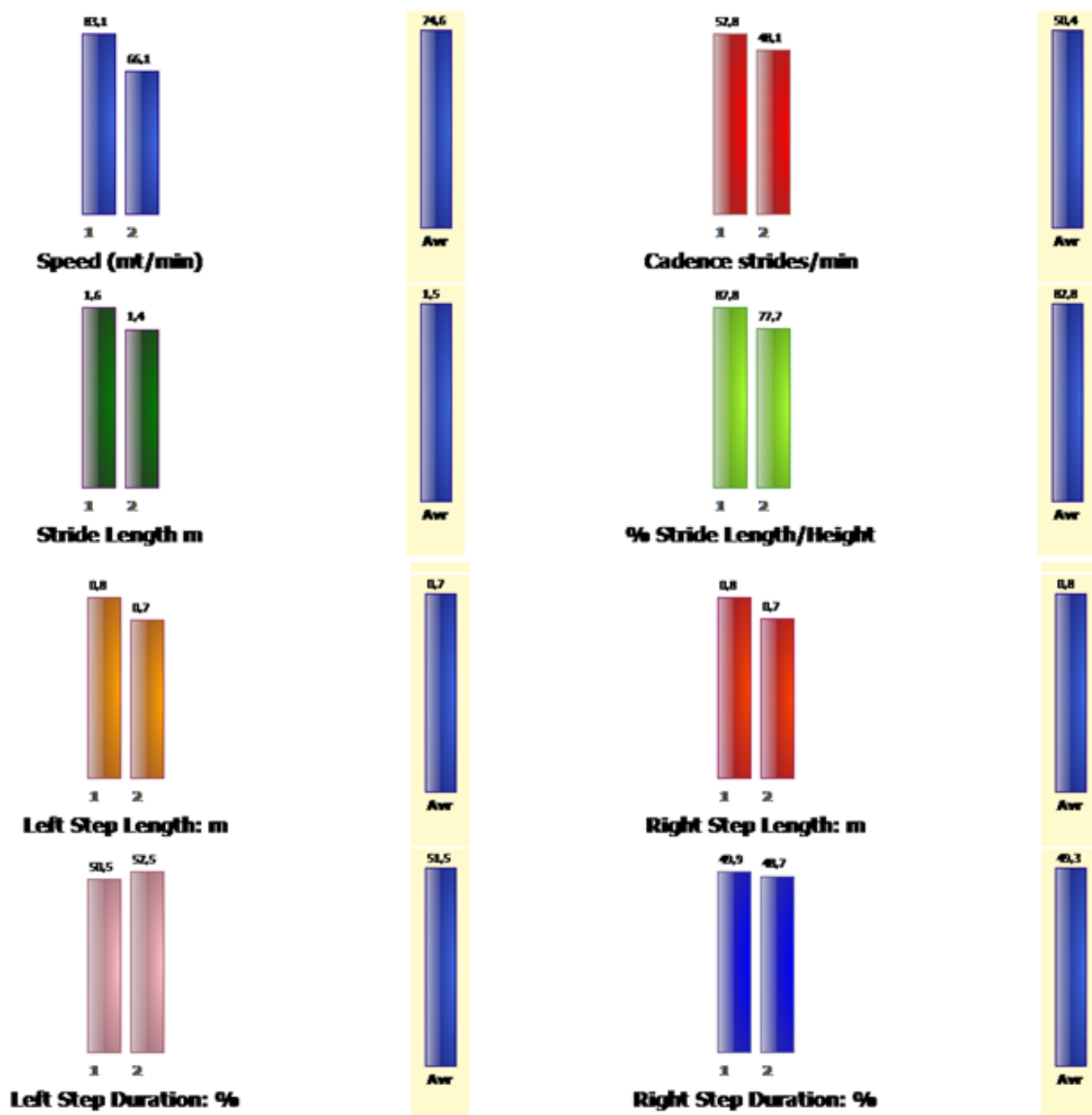
Εικόνα 5.86 Rotation εξεταζόμενων

Οί θετικές γωνίες αντιπροσωπεύουν την εσωτερική περιστροφή του σώματος κατά την βάδιση, ενώ οι αρνητικές την εξωτερική περιστροφή. Το μεγαλύτερο εύρος τιμών το συναντάμε στον μικρότερο ηλικιακά εξεταζόμενο. Οί μέγιστες και ελάχιστες γωνίες

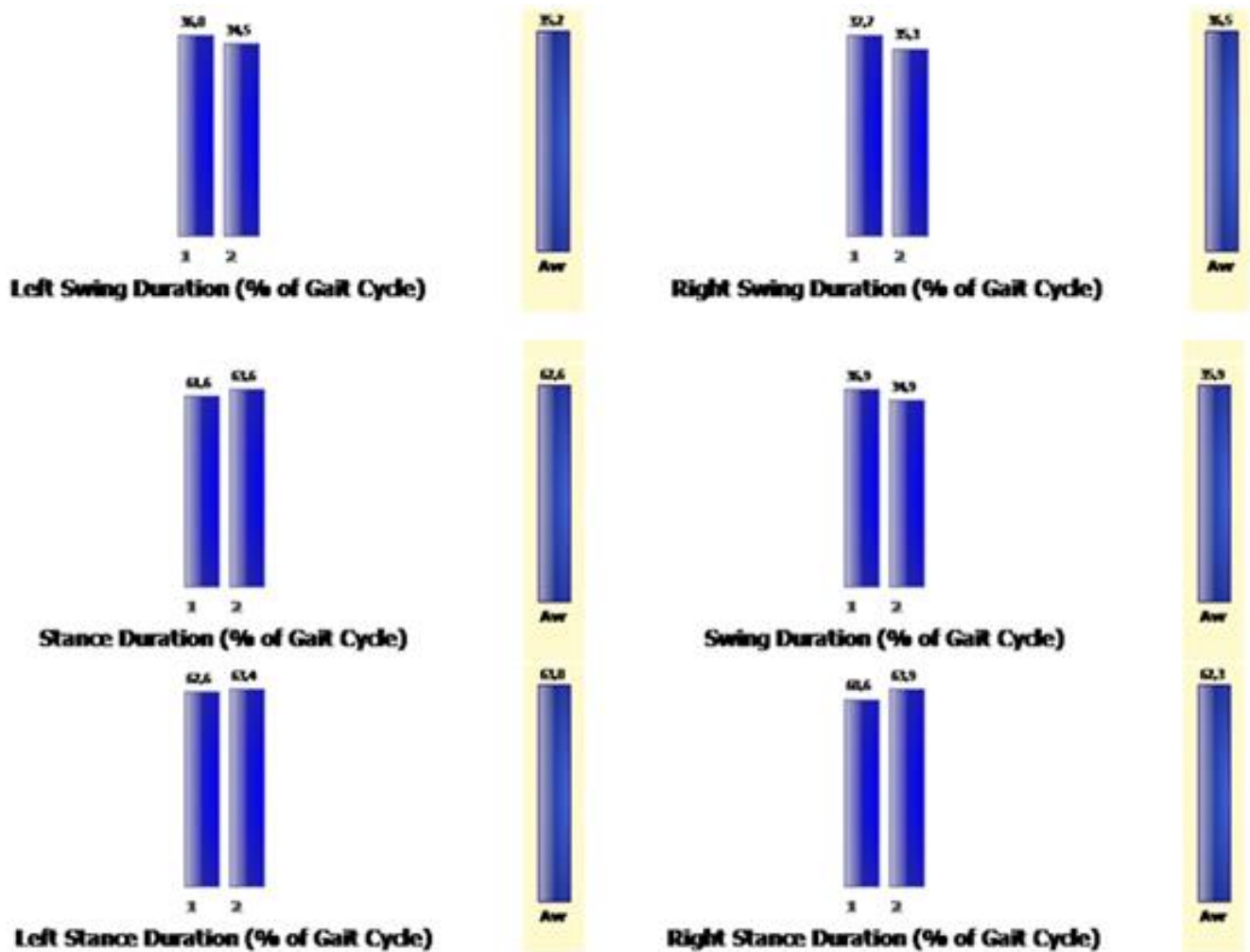
### 5.6.2 Walk L5.

Παρακάτω θα δούμε τις συγκρίσεις από τις μετρήσεις του πρωτοκόλλου Walk L5.

Πρώτα οι συγκρίσεις που έγιναν αφορούν 2 άτομα ηλικίας 23 ετών.



Εικόνα 5.87 Σύγκριση μετρήσεων Walk L5.



Εικόνα 5.88 Σύγκριση 2 ατόμων.

Οί μετρήσεις που έγιναν στα 2 άτομα διήρκησαν περίπου τον ίδιο χρόνο. Μπορούμε να διακρίνουμε τον διαφορετικό τρόπο με τον οποίο περπατάει κάθε άτομο.

Παρατηρούμε μεγάλες διαφορές στην ταχύτητα και στα βήματα του κάθε ατόμου, πράγμα φυσιολογικό λόγω και της διαφοράς του ύψους. Στα άλλα χαρακτηριστικά δεν παρατηρούμε μεγάλες διαφορές. Η διάρκεια στάσης, τα βήματα, η αιώρηση και η κίνηση του κάθε ποδιού των 2 εξεταζόμενων είναι σχεδόν ίδια με μικρές διαφορές.

Τέλος θά δούμε τις κινηματικές περιστροφές της λεκάνης του σώματος για τούς 2 ασθενείς.

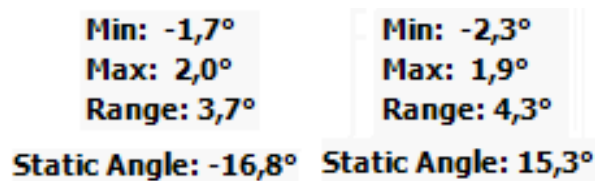
Tilt είναι οι γωνίες περιστροφής προς τον άξονα των  $\chi$  κατά την διάρκεια κίνησης του σώματος.



Εικόνα 5.89 Tilt.

Παρατηρούμε ότι οι στατική γωνία του ενός από τα 2 άτομα έχει πολύ μεγαλύτερη τιμή. Ο πρώτος έχει τιμή -16,0. Στο εύρος των γωνιών παρατηρούμε ότι οι τιμές και τους 2 εξεταζόμενους δεν έχουν μεγάλες διαφορές

Obliquity είναι οι γωνίες της πλαγιότητας κατά την κίνηση του σώματος.



Εικόνα 5.90 Obliquity.

Παρατηρούμε ότι και τα 2 άτομα έχουν μεγάλες στατικές γωνίες. Ο πρώτος έχει -16,8 μοίρες και ο δεύτερος έχει 15,3 μοίρες.

Στο εύρος των γωνιών οι τιμές των 2 ατόμων δεν έχουν μεγάλες διαφορές.

Rotation είναι η γωνία περιστροφής κινήσεων του σώματος.

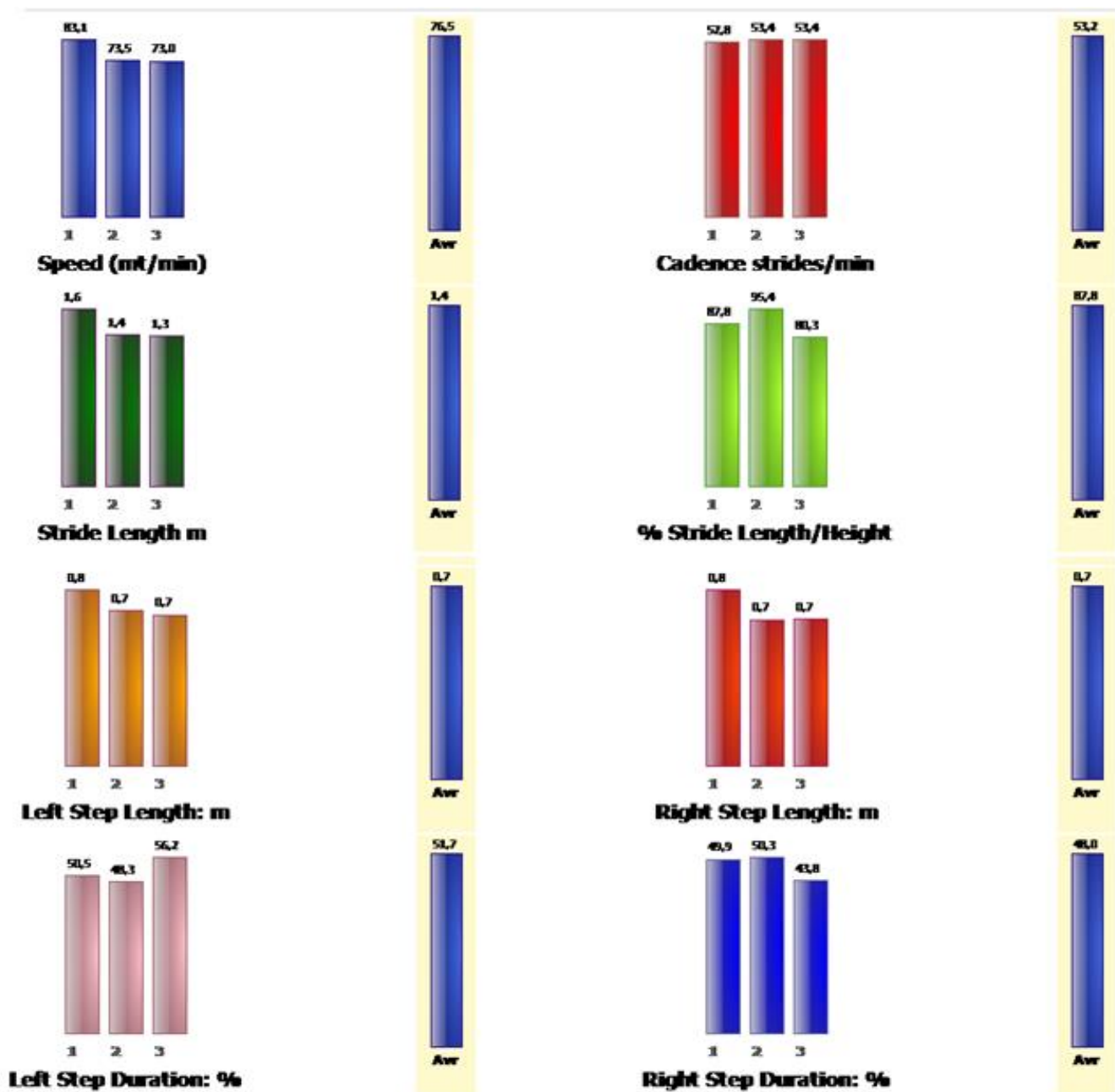
|                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| <b>Min: -2,2°</b>  | <b>Min: -2,3°</b>  |
| <b>Max: 1,9°</b>   | <b>Max: 1,8°</b>   |
| <b>Range: 4,1°</b> | <b>Range: 4,1°</b> |

Εικόνα 5.91 Rotation.

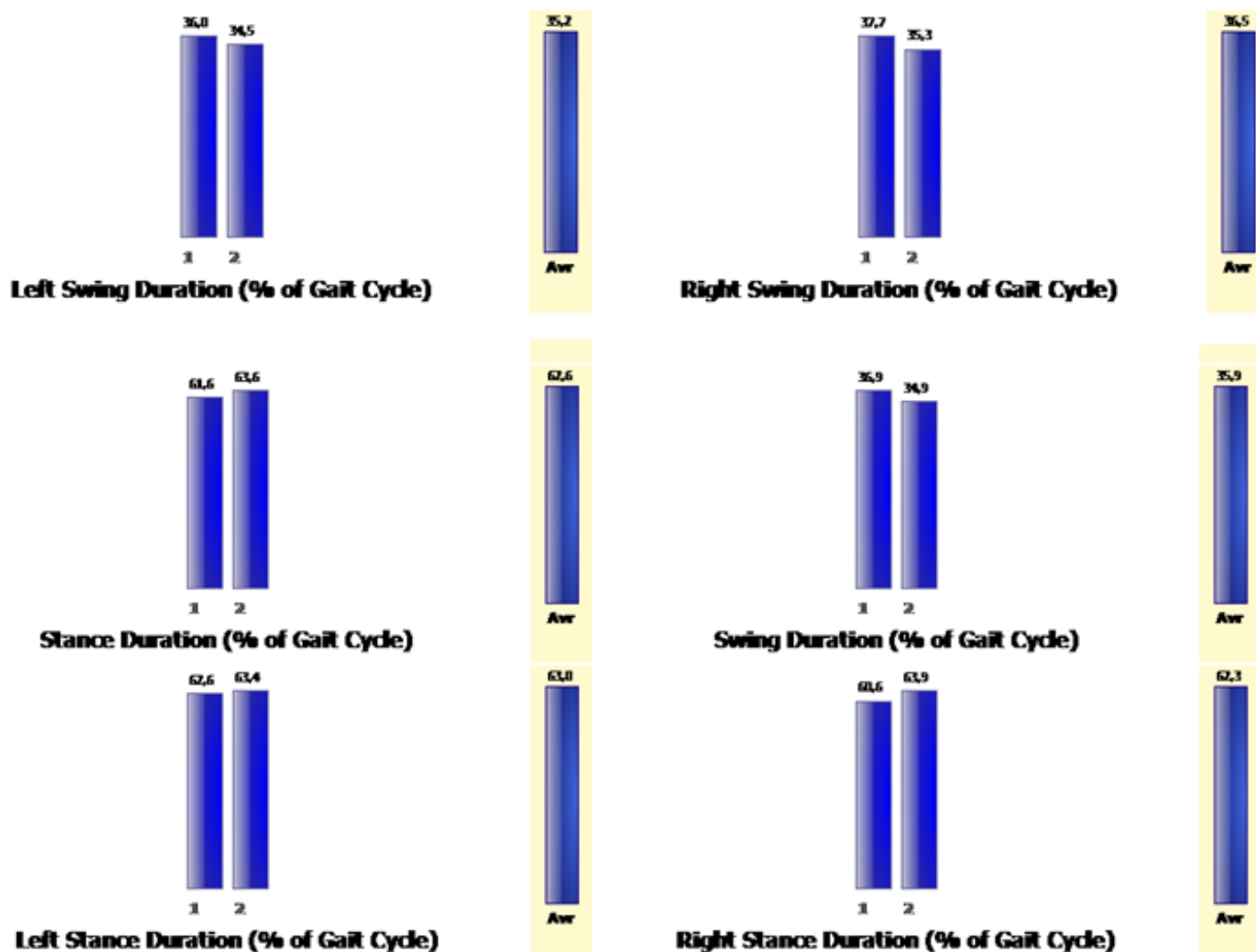
Οί θετικές γωνίες αντιπροσωπεύουν την εσωτερική περιστροφή του σώματος κατά την βάδιση, ενώ οι αρνητικές την εξωτερική περιστροφή.

Το εύρος τιμών και για τα 2 άτομα είναι σχεδόν ίδιο, όπως και οι μέγιστες και ελάχιστες γωνίες.

Παρακάτω θα δούμε τις συγκρίσεις που γίνονται σε άτομα με μεγαλύτερες διαφορές ηλικίας. Στις μετρήσεις συμμετείχαν ένας νεαρός ηλικίας 23 ετών, ένας άνδρας ηλικίας 60 ετών και ένα παιδί ηλικίας 9 ετών.



Εικόνα 5.92 Συγκρίσεις Walk L5.



Εικόνα 5.93 Συγκρίσεις ασθενών .

Οι διαφορές που παρατηρούμε είναι οι εξής: Ο άνδρας ηλικίας 60 ετών παρουσιάζει μικρότερη ταχύτητα κατα την κίνηση του απο τούς άλλους 2 εξεταζόμενους. Επίσης παρουσιάζει λίγο μεγαλύτερες τιμές τόσο στην διάρκεια κίνησης όσο και μεγαλύτερη διάρκεια στην στάση στήριξης του δεξιού ποδιού.

Η συνολική στάση στήριξης και η αιώρηση είναι σχεδόν ίδιες και στους 3 εξεταζόμενους.

Η μεγαλύτερη ταχύτητα κίνησης παρατηρείται στον εξεταζόμενο ηλικίας 23 ετών. Το ίδιο παρατηρείται και στην διάρκεια του αριστερού και δεξιού ποδιού.

Ο εξεταζόμενος ηλικίας 10 ετών παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή στην διάρκεια κίνησης του αριστερού ποδιού. Επίσης παρουσιάζει μικρότερες τιμές στην διάρκεια κίνησης και στάσης του δεξιού ποδιού.

Τέλος θα δούμε τις κινηματικές περιστροφές της λεκάνης του σώματος για τούς 3 ασθενείς.

Tilt είναι οι γωνίες περιστροφής προς τον άξονα των  $x$  κατά την διάρκεια κίνησης του σώματος.

|                           |                           |                            |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>Min: -1,1°</b>         | <b>Min: -1,2°</b>         | <b>Min: -1,1°</b>          |
| <b>Max: 1,0°</b>          | <b>Max: 0,7°</b>          | <b>Max: 1,2°</b>           |
| <b>Range: 2,2°</b>        | <b>Range: 2,0°</b>        | <b>Range: 2,3°</b>         |
| <b>Static Angle: 2,8°</b> | <b>Static Angle: 3,3°</b> | <b>Static Angle: -4,1°</b> |

Εικόνα 5.94 Tilt.

Παρατηρούμε ότι οι στατική γωνία του ατόμου ηλικίας 23 ετών έχει μεγαλύτερη τιμή από τις άλλες 2. Στο εύρος των γωνιών παρατηρούμε ότι οι τιμές και τους 3 εξεταζόμενους είναι σχεδόν ίδιες.

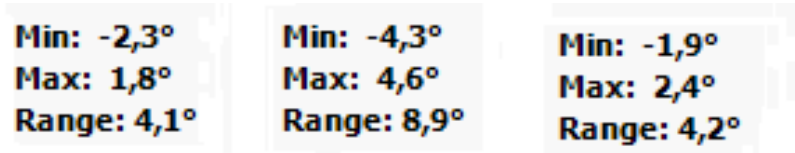
Obliquity είναι οι γωνίες της πλαγιότητας κατα την κίνηση του σώματος.

|                            |                           |                           |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Min: -2,3°</b>          | <b>Min: -1,7°</b>         | <b>Min: -0,9°</b>         |
| <b>Max: 1,9°</b>           | <b>Max: 1,4°</b>          | <b>Max: 1,3°</b>          |
| <b>Range: 4,3°</b>         | <b>Range: 3,1°</b>        | <b>Range: 2,2°</b>        |
| <b>Static Angle: 15,3°</b> | <b>Static Angle: 8,7°</b> | <b>Static Angle: 4,4°</b> |

Εικόνα 5.95 Obliquity.

Παρατηρούμε ότι τις μεγαλύτερες στατικές γωνίες τις έχουν τα άτομα ηλικίας 23 ετών και 63 ετών. Στο εύρος των γωνιών μικρότερη τιμή παρουσιάζει ο μικρότερος ηλικιακά εξεταζόμενος.

Rotation είναι η γωνία περιστροφή κινήσεων του σώματος.



Εικόνα 5.96 Rotation.

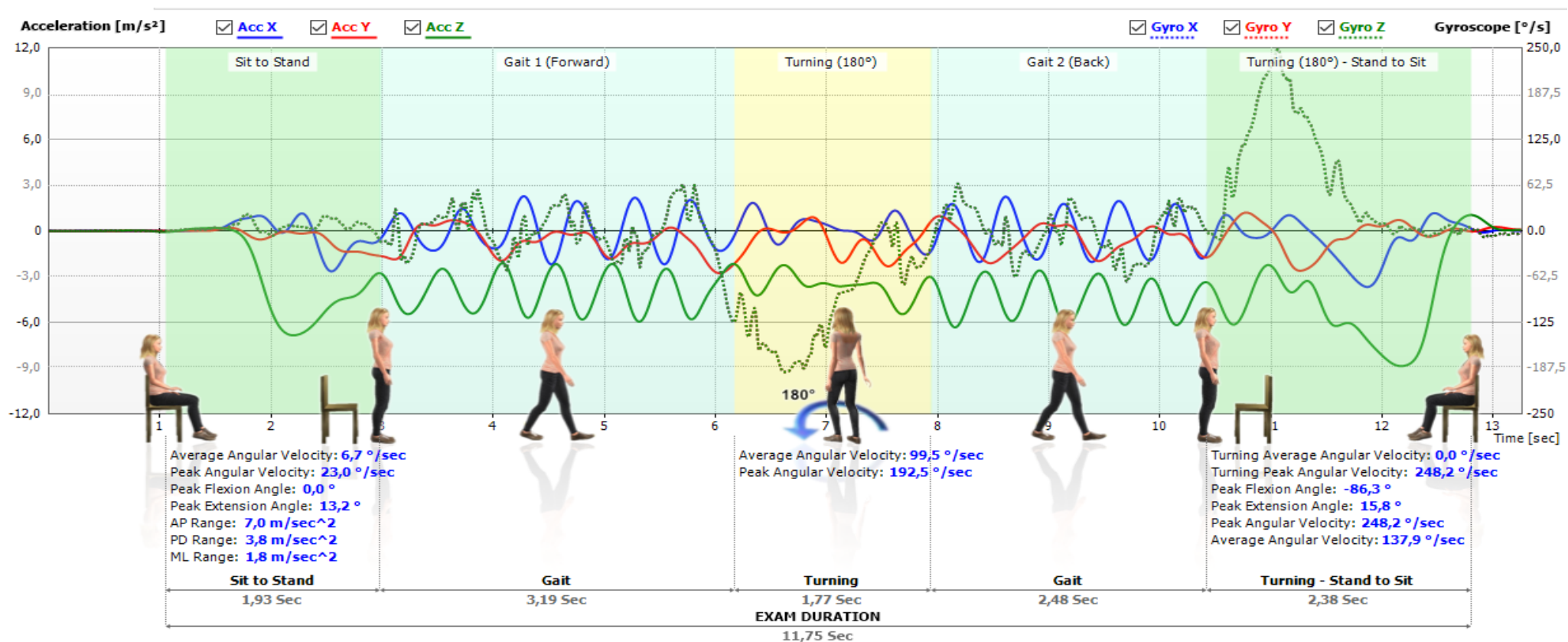
Οί θετικές γωνίες αντιπροσωπεύουν την εσωτερική περιστροφή του σώματος κατά την βάδιση, ενώ οι αρνητικές την εξωτερική περιστροφή. Το μεγαλύτερο εύρος τιμών το συναντάμε στο μεγαλύτερο ηλικιακά άτομο



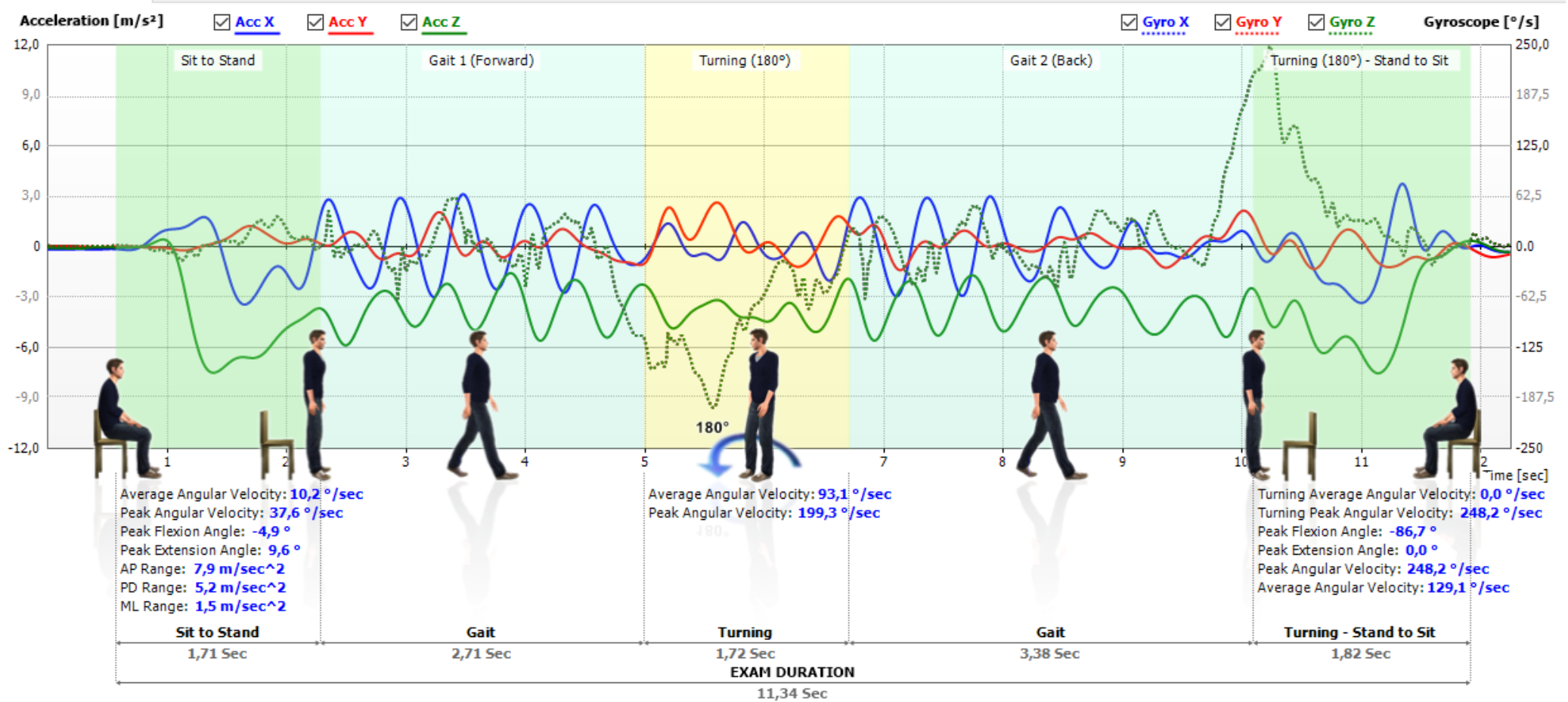
### 5.6.3 TUG.

Παρακάτω θα δούμε τις μετρήσεις και τις συγκρίσεις απο το πρωτόκολλο TUG .

Ενας άνδρας ηλικίας 23 ετών και μία γυναίκα ηλικίας 33 ετών.



Εικόνα 5.97 Πρωτόκολλο TUG γυναίκας.



Εικόνα 5.98 Πρωτόκολλο TUG άνδρα .



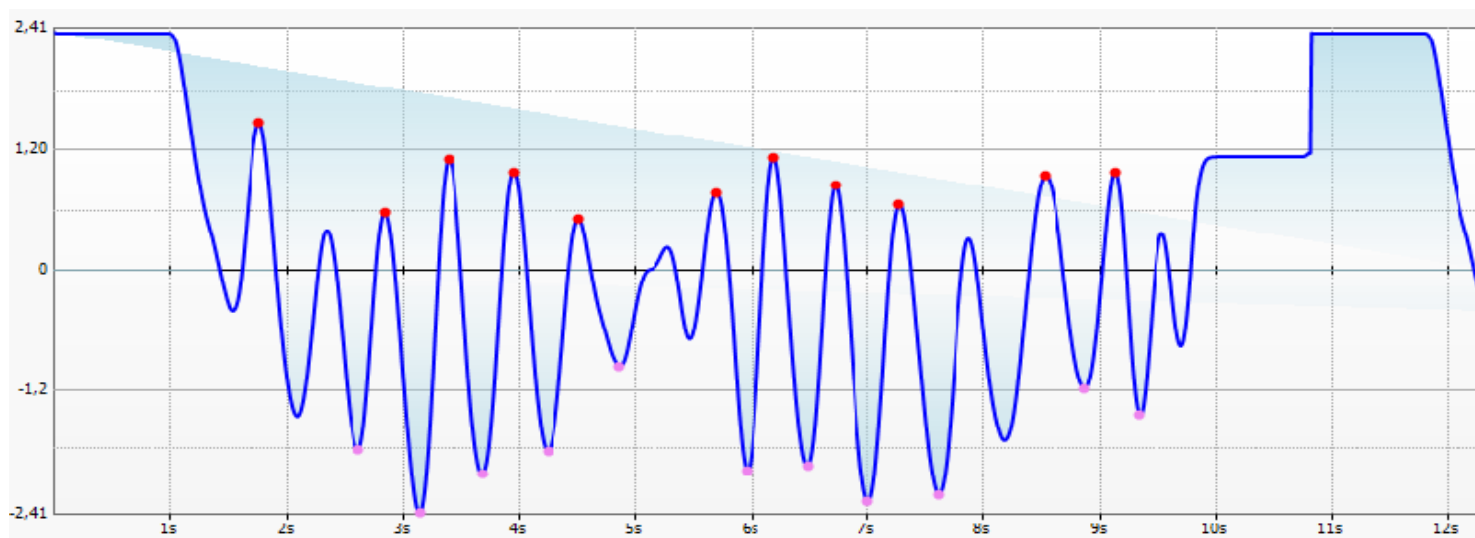
Παραπάνω παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια του Sit to Stand όπου ο ασθενής σηκώνεται από την καρέκλα για να περπατήσει, τα 2 άτομα παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές στην μέση και μέγιστη γωνιακή ταχύτητα, καθώς και στην μέγιστη γωνία κλίσης. Συγκεκριμένα ο εξεταζόμενος άνδρας έχει μεγαλύτερες τιμές από την γυναίκα τόσο στην μέση και μέγιστη γωνιακή ταχύτητα όσο και στην μέγιστη γωνία κλίσης.

Τα εύρη πρόσθιας-οπίσθιας, κατακόρυφης και μέσης πλευρικής πιτάχυνσης είναι σχεδόν ίδια με μικρές διαφορές στις τιμές τους.

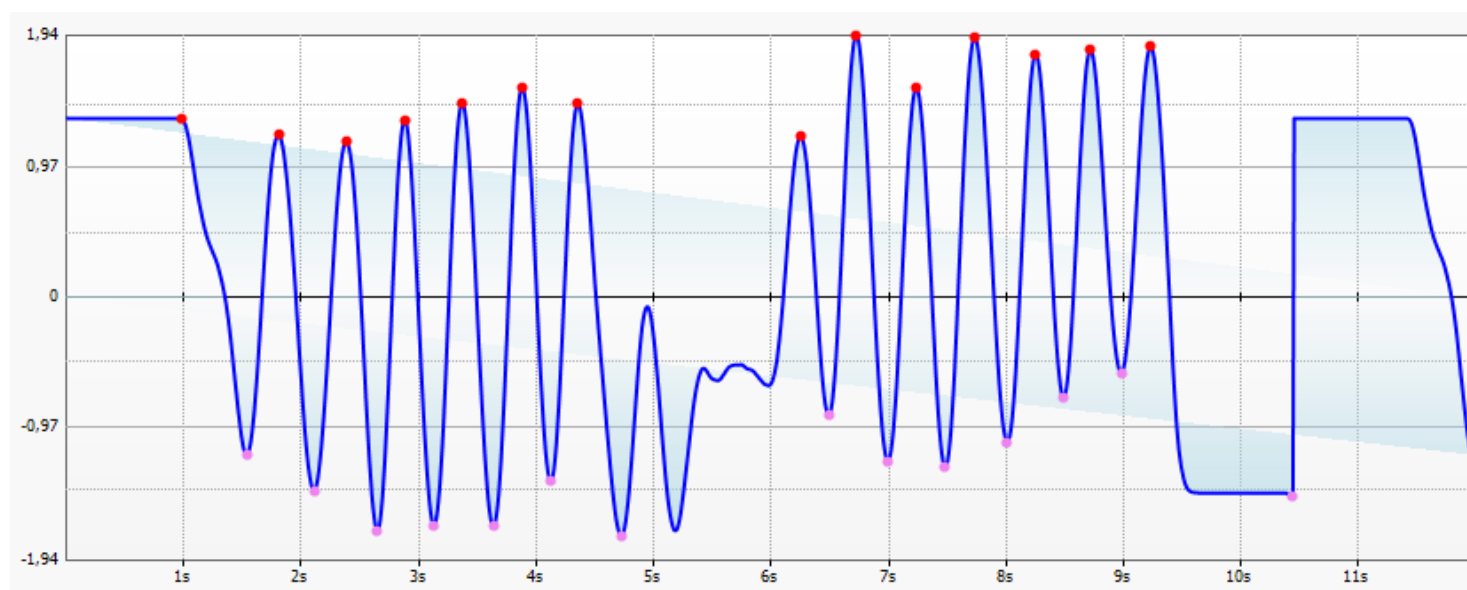
Κατά την διάρκεια του Turning όπου ο ασθενής κάνει περιστροφή 180 μοίρες, για να γυρίσει στην καρέκλα τα 2 άτομα παρουσιάζουν φυσιολογικά σχεδόν ίδιες τιμές με μικρές διαφορές. Ο εξεταζόμενος άνδρας μεγαλύτερη μέγιστη γωνιακή ταχύτητα ενώ η εξεταζόμενη γυναίκα μεγαλύτερη μέση γωνιακή ταχύτητα.

Κατά την διάρκεια του Stand to Sit όπου ο ασθενής κάνει περιστροφή 180 μοίρες για να καθίσει στην καρέκλα τα 2 άτομα παρουσιάζουν ίδιες σχεδόν τιμές. Μόνο στη μέση γωνιακή ταχύτητα ο εξεταζόμενος άνδρας παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές. Η μέγιστη και η μέση γωνία κλίσης είναι ίδιες, ενώ τό ίδιο ισχύει και για την μέση και μέγιστη γωνιακή ταχύτητα και την ταχύτητα περιστροφής.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τα γραφήματα επιτάχυνσης του TUG τών 2 ατόμων.



Εικόνα 5.99 Raftis Accel graph.



Εικόνα 5.100 Aimlia Accel graph.

Στά 2 παραπάνω γραφήματα βλέπουμε την επιτάχυνση τών 2 ατόμων. Μεγαλύτερη επιτάχυνση παρουσιάζει ο νεαρός άνδρας. Μπορούμε να ξεχωρίσουμε το Turning, όπου ο εξεταζόμενος κάνει περιστροφή 180 μοίρες για να γυρίσει. Επίσης μέσω του γραφήματος

ξεχωρίζουμε Sit to Stand και το Stand to Sit. Τά σημεία με κόκκινο σημάδι είναι η επαφή του ποδιού με τό έδαφος και με ρόζ χρώμα η αιώρηση τού ποδιού.

#### 5.6.4 Joint Mobility.

Παρακάτω θα δούμε τις συγκρίσεις που έγιναν από τα πρωτόκολλα κίνησης των αρθρώσεων.

Τό πρώτο πρωτόκολλο είναι το Neck Flexion-Extension.

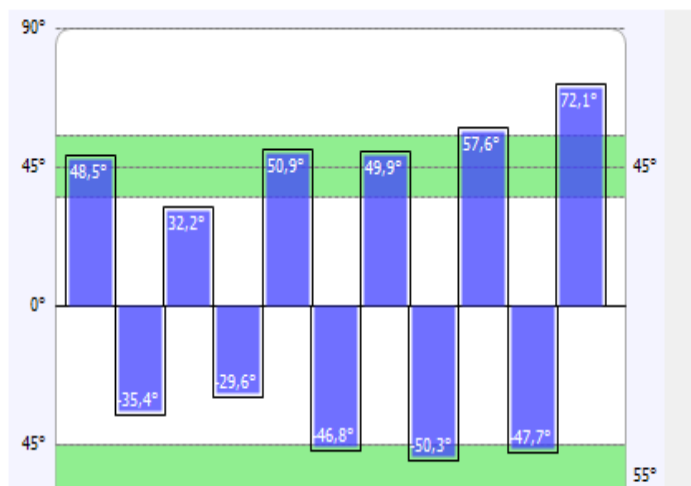
Οί μετρήσεις έγιναν σε 3 άτομα ηλικίας 9 ετών, 23 ετών και 63 ετών και ο αισθητήρας τοποθετήθηκε στο κεφάλι για μετρήσεις.



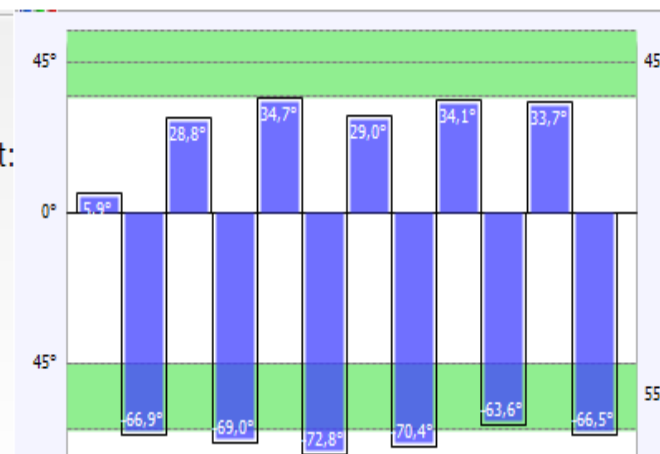
Εικόνα 5.101 Head Movements.

Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε όπως ακριβώς στην Εικόνα και οι κινήσεις πού κάνει ο εξεταζόμενος είναι να σκύβει πρόσ τα πίσω και έπειτα να σκύβει πρόσ τα εμπρός.





Maximum Angles:  
**72,1° -50,3°**  
 Max Range of Movement:  
**122,4°**  
 Pain Intensity:  
**0: No Pain**  
 Pain Range:  
 -



Maximum Angles:  
**34,7° -72,8°**  
 Max Range of Movement:  
**107,5°**  
 Pain Intensity:  
**0: No Pain**  
 Pain Range:  
 -



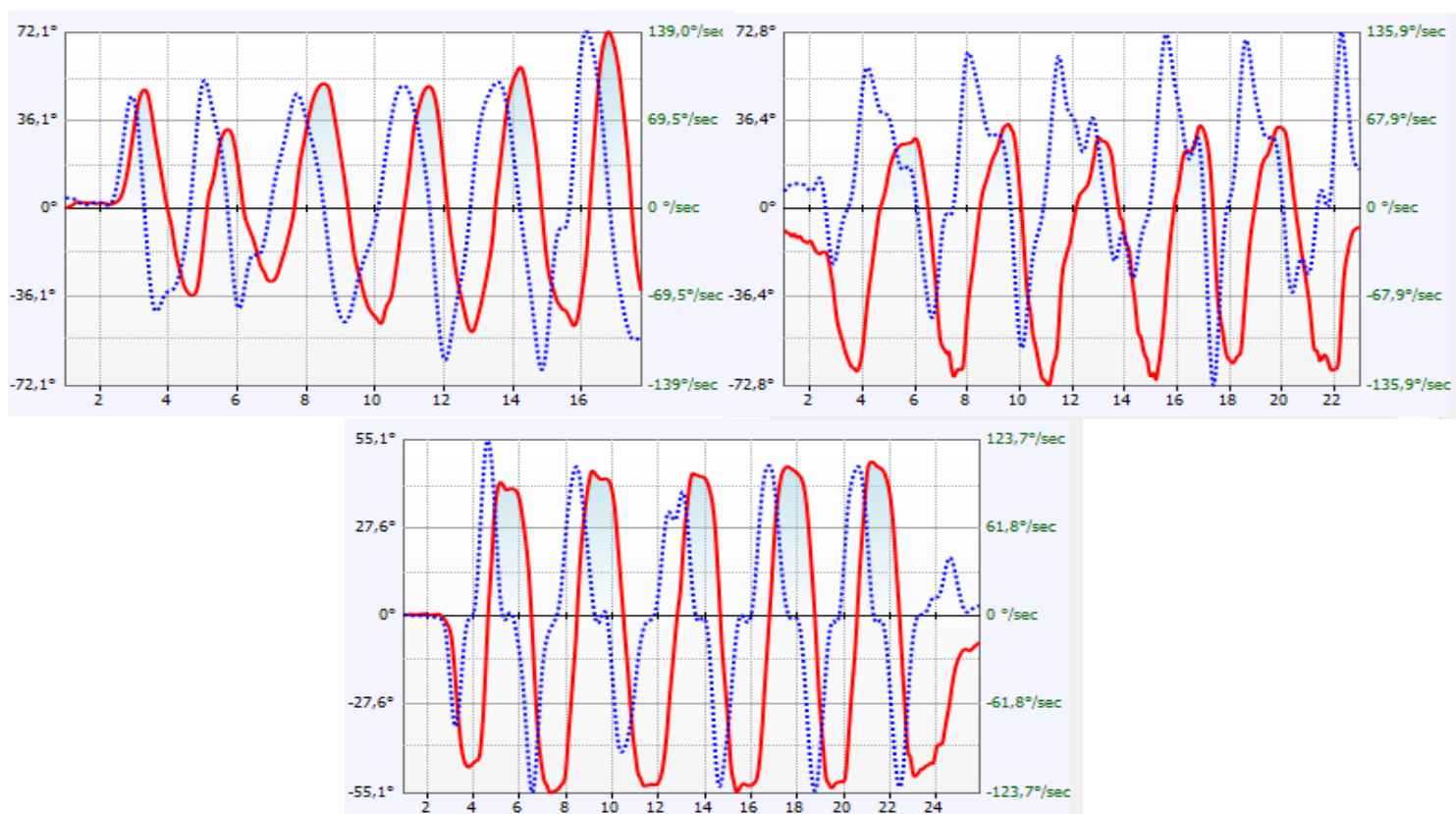
Maximum Angles:  
**55,1° -48,0°**  
 Max Range of Movement:  
**103,2°**  
 Pain Intensity:  
**0: No Pain**  
 Pain Range:  
 -

Εικόνα 5.102 Σύγκριση 3 ατόμων.

Παρατηρούμε ότι το εύρος των κινήσεων διαφέρει στα άτομα. Το μεγαλύτερο ηλικιακά άτομο έχει εύρος 103,2 μοίρες ενώ το νεαρότερο ηλικιακά άτομο 122,4 μοίρες.

Μεγαλύτερες γωνίες περιστροφής στις κινήσεις του λαιμού παρατηρούμε στον εξεταζόμενο ηλικίας 23 ετών και στο νεαρότερο ηλικιακά άτομο.



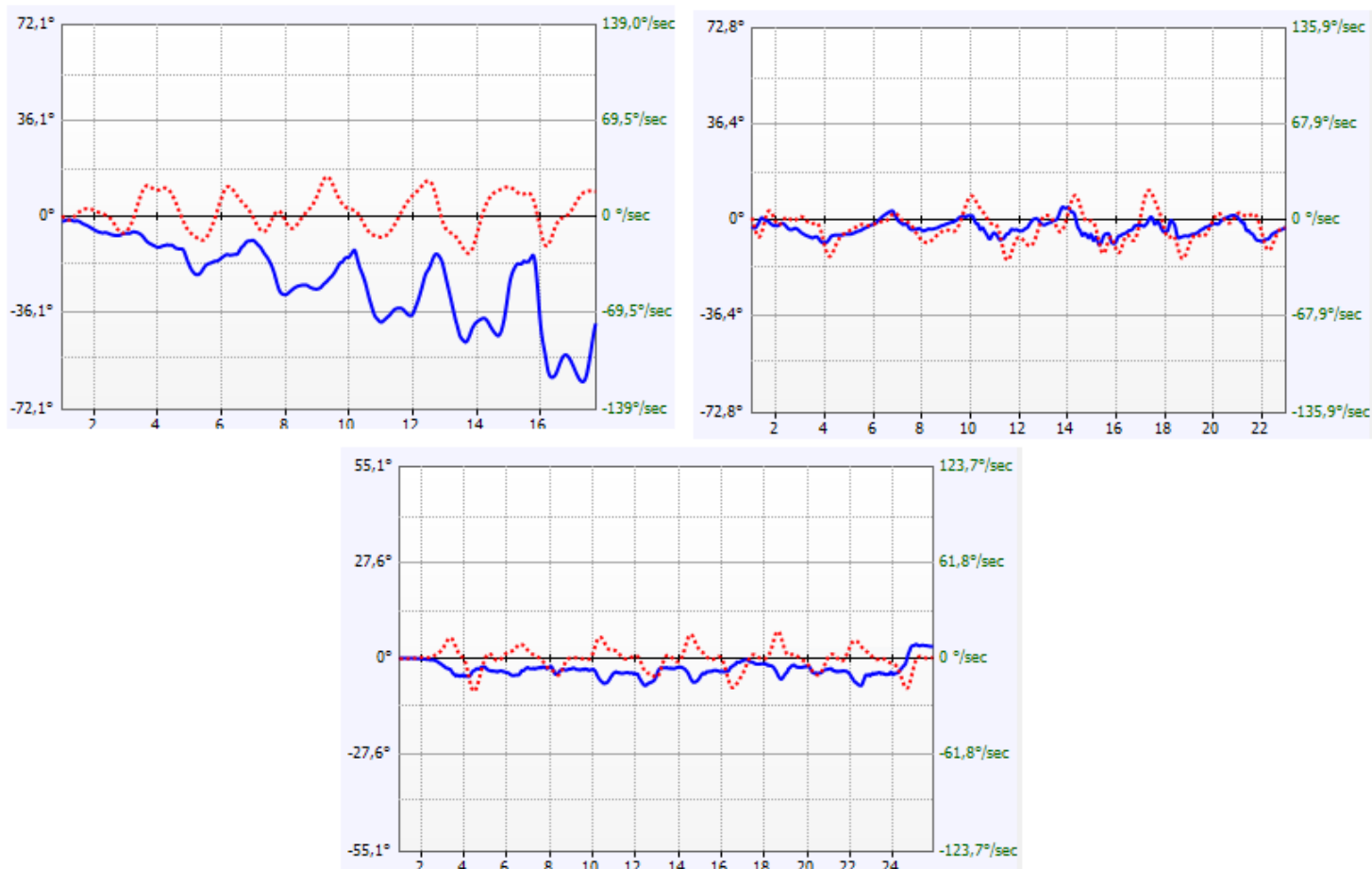


Εικόνα 5.103 Flexion Extension Graphs.

Και οι τρεις εξεταζόμενοι επισήμαναν ότι δεν αισθάνθηκαν κάποιο πόνο κατά την διάρκεια της εξέτασης. Επίσης οι κινήσεις πραγματοποιήθηκαν χωρίς την βοήθεια του ειδικού.

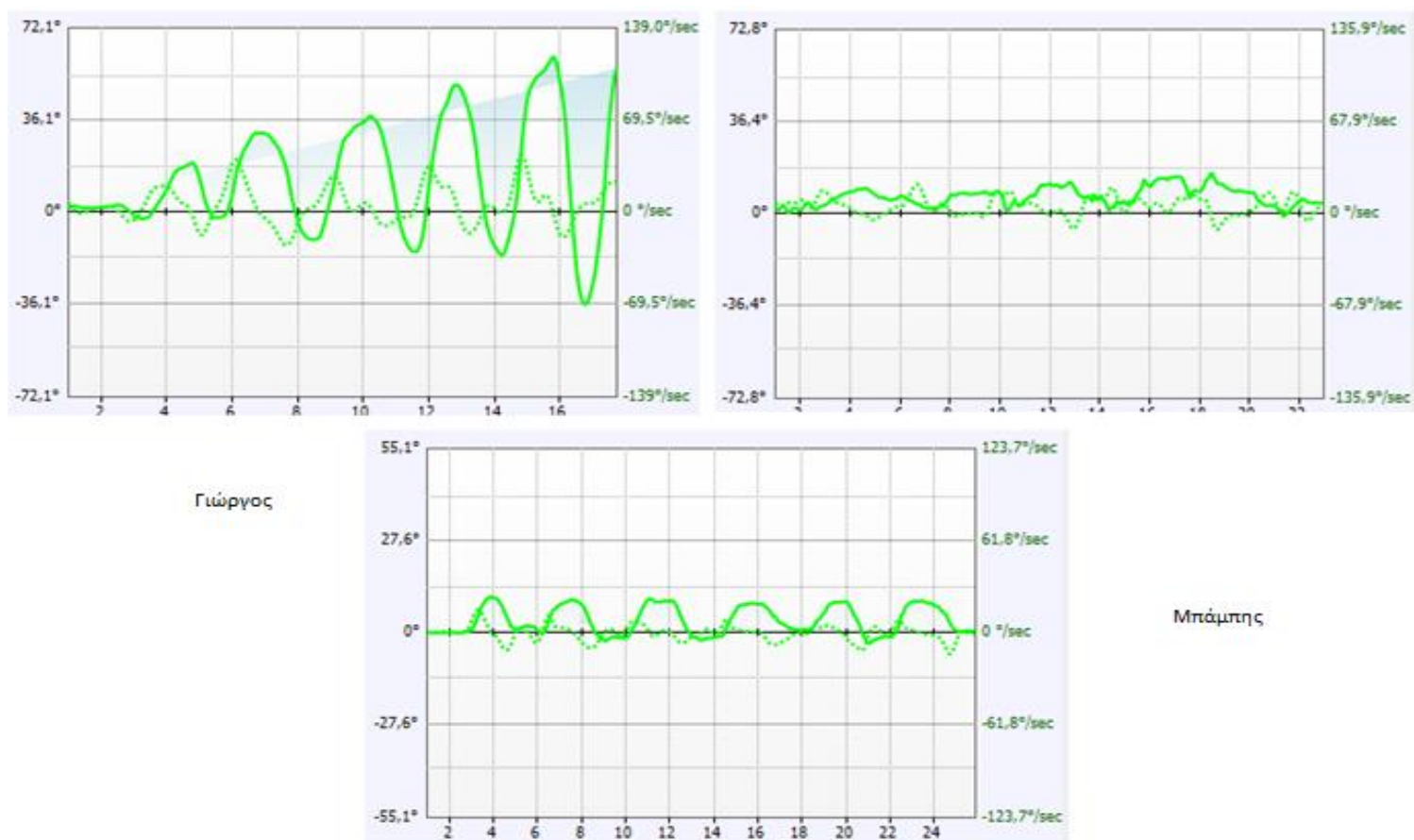
Παρατηρούμε τα γραφήματα κάμψης και επέκτασης τα οποία είναι συμμετρικά.

Οι κινήσεις που κάνουν τα άτομα είναι εμφανείς. Οι 2 ασθενείς γέρνουν το κεφάλι προς τα πίσω 5 φορές και κάμπτουν το κεφάλι προς τα κάτω 5 φορές.



Εικόνα 5.104 Rotation Graphs.

Παρατηρούμε τις περιστροφές τού κεφαλιού για τόν κάθε εξεταζόμενο. Ο νεαρότερος εξεταζόμενος παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές στην περιστροφή του κεφαλιού τόσο πρὸς την πίσω ὅσο και στην πρὸς τα εμπρὸς κίνηση. Ο μεγαλύτερος ηλικιακά εξεταζόμενος παρουσιάζει μικρότερες περιστροφές στις κινήσεις του κεφαλιού, πράγμα που φαίνεται και στο εύρος των τιμών.



Εικόνα 5.105 Abduction Graphs.

Περιστροφές.

Παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζει το νεαρότερο ηλικιακά άτομο. Τά άλλα 2 άτομα έχουν παρόμοιες τιμές.

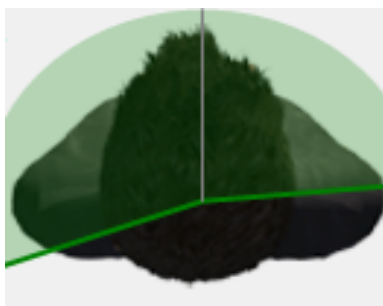
Οί μετρήσεις έγιναν σε 2 άτομα ηλικίας 23 ετών και 63 ετών και ο αισθητήρας τοποθετήθηκε στο κεφάλι.



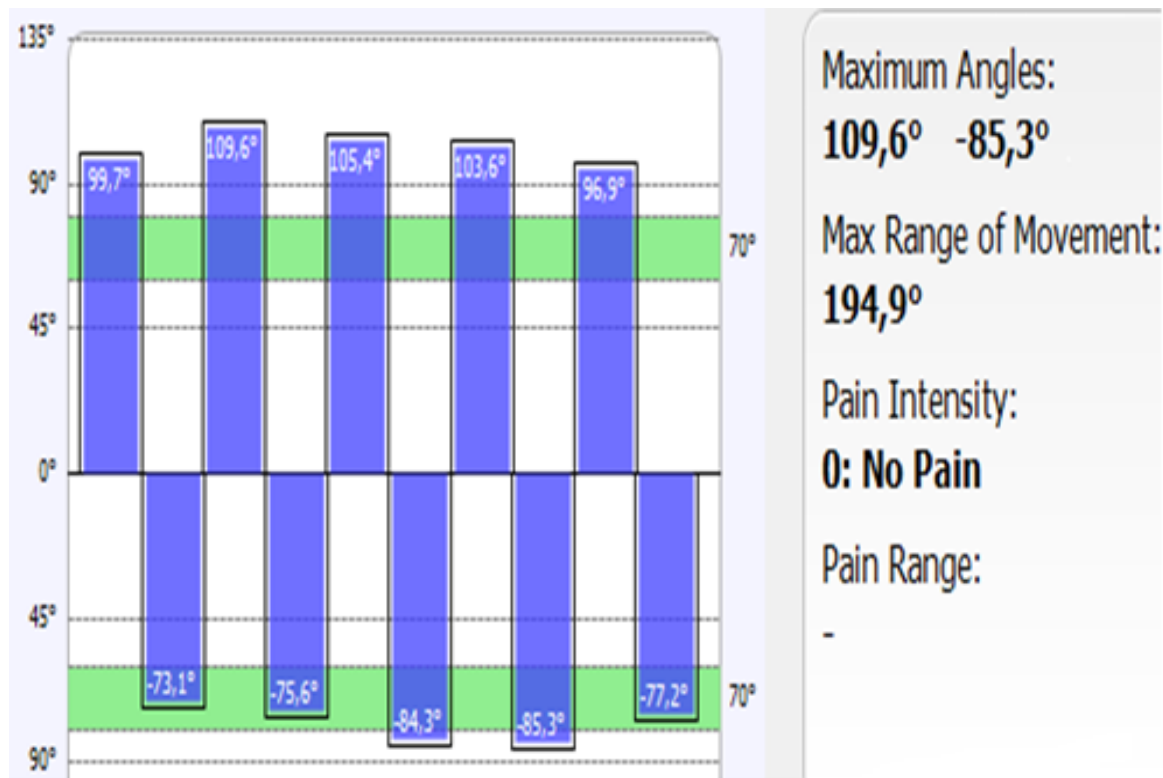
Εικόνα 5.106 Neck Rotation.

Στήν παραπάνω Εικόνα φαίνεται που ακριβώς τοποθετείται ο αισθητήρας καθώς και οί κινήσεις που πραγματοποιεί ο εξεταζόμενος.

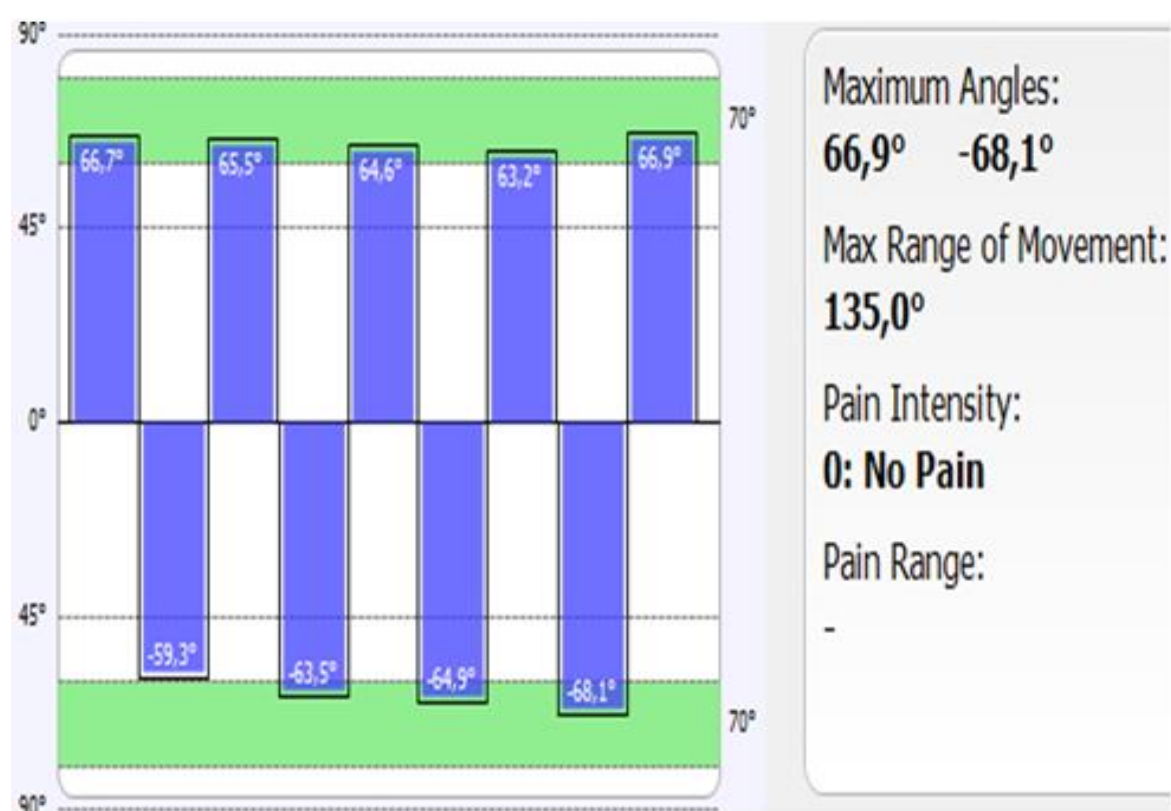
Οί κινήσεις που κάνει ο εξεταζόμενος είναι να περιστρέφει τό κεφάλι αριστερά και δεξιά όπως στήν παρακάτω Εικόνα 5.107.



Εικόνα 5.107 Neck-Head Rotations.



Εικόνα 5.108 Head Rotations.

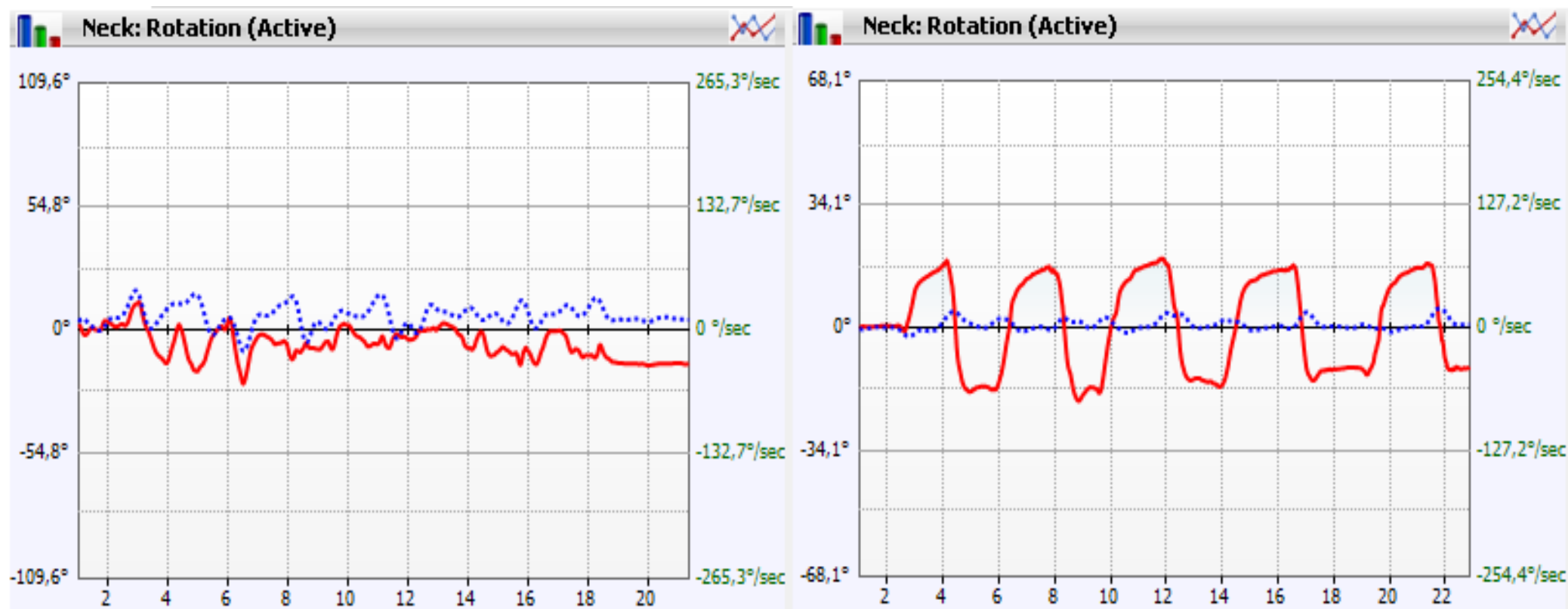


Παρατηρούμε ότι το εύρος των κινήσεων διαφέρει στα 2 άτομα. Το μικρότερο ηλικιακά άτομο έχει εύρος 194,9 μοίρες ενώ τό μεγαλύτερο ηλικιακά άτομο εύρος 135,0 μοίρες.

Μεγαλύτερες γωνίες περιστροφής στις κινήσεις του λαιμού έχει ο νεαρότερος ηλικιακά.

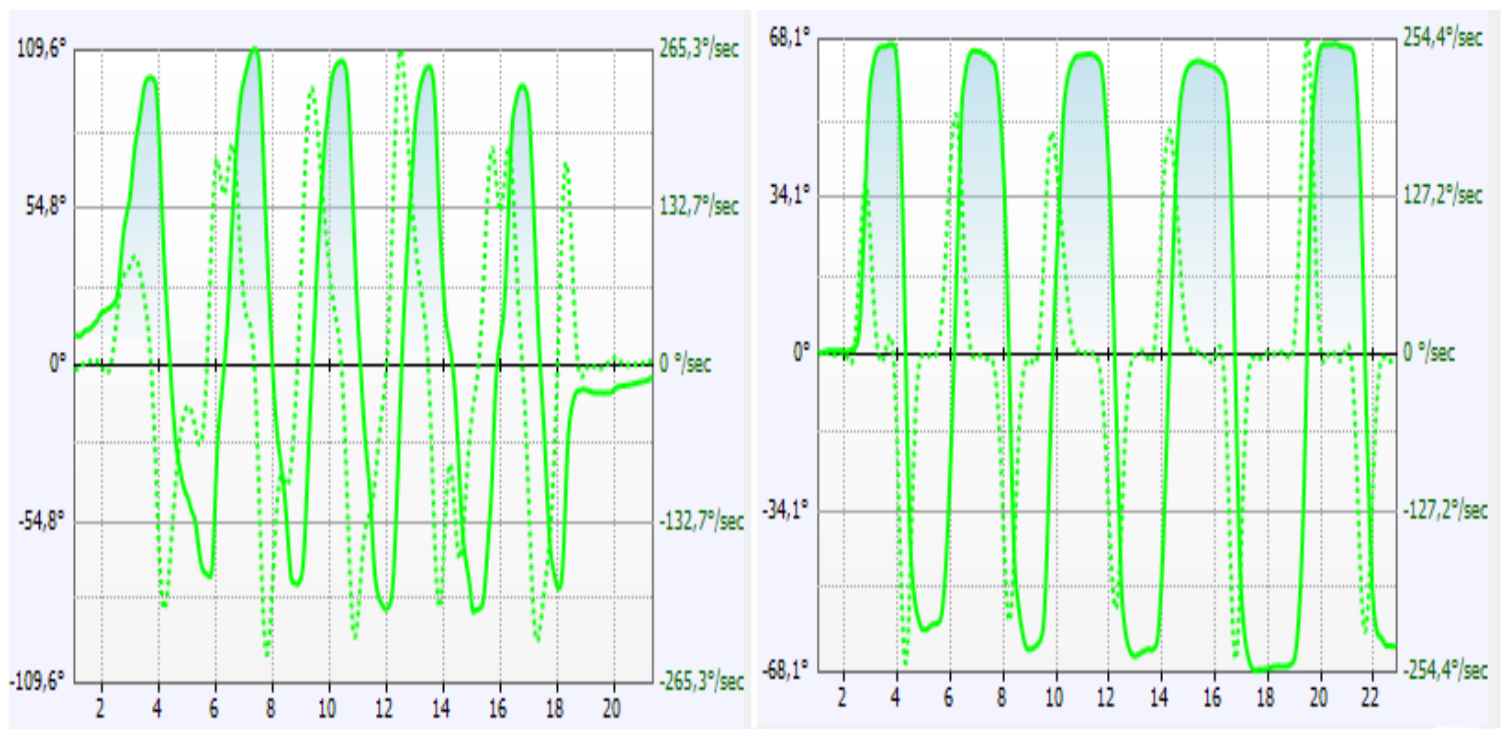
Παρακάτω παρατηρούμε τα γραφήματα κάμψης και επέκτασης . Οί κινήσεις που κάνουν τα άτομα είναι εμφανείς.

Και οι δύο εξεταζόμενοι επισήμαναν ότι δεν αισθάνθηκαν κάποιο πόνο κατά την διάρκεια της εξέτασης. Επίσης οι κινήσεις πραγματοποιήθηκαν χωρίς την βοήθεια του ειδικού.



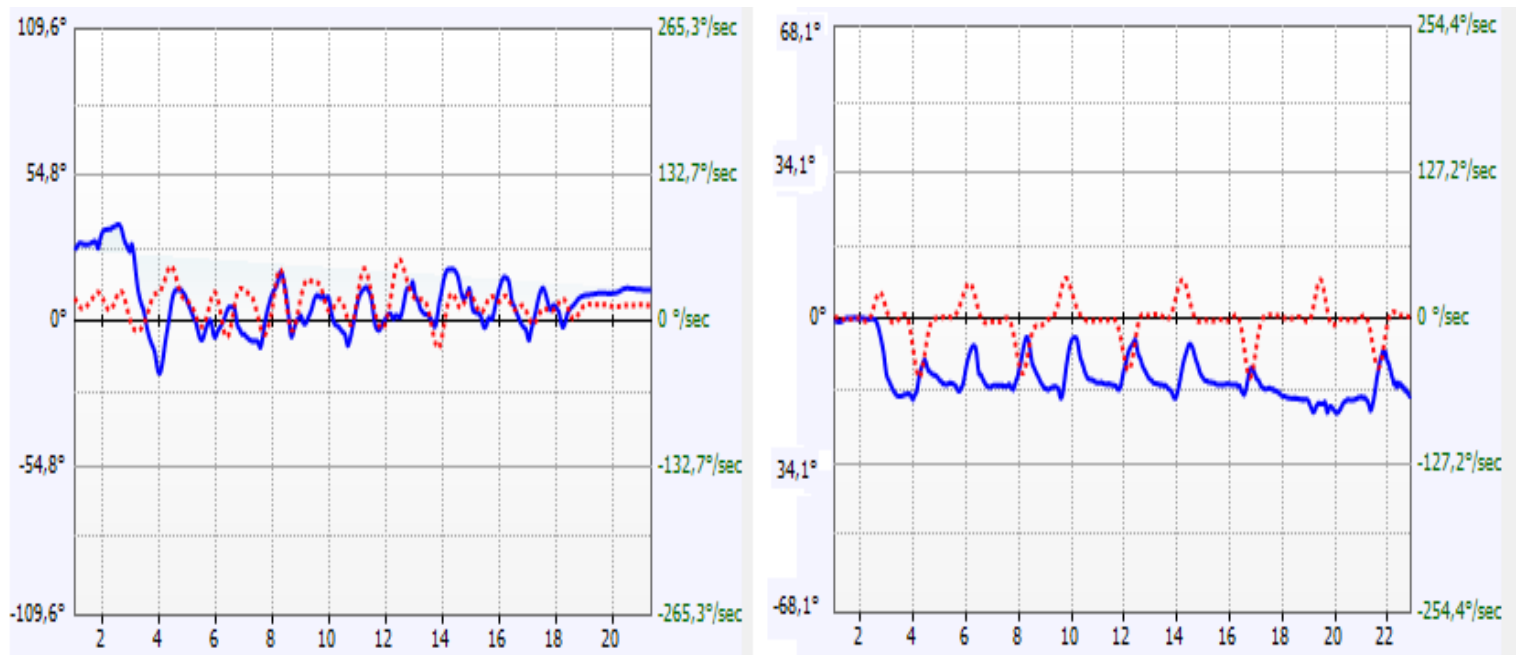
Εικόνα 5.110 Flexion Extension graphs.





Εικόνα 5.111 Rotation graphs.

Παρατηρούμε τις περιστροφές του κεφαλιού για τόν κάθε εξεταζόμενο. Οπως φαίνονται και στά γραφήματα ο μικρότερος ηλικιακά εξεταζόμενος παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές στην περιστροφή του κεφαλιού τόσο προς την αριστερή όσο και στην προς την δεξιά κίνηση. Τα 2 γραφήματα είναι συμμετρικά.



Εικόνα 5.112 Abduction-Adduction graphs.

Ο νεαρότερος ηλικικά ασθενής παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές στις μετρήσεις του και μπορούμε να δούμε ότι γέρνει το κεφαλι περισσότερο προς τα κάτω, σε αντίθεση με τον μεγαλύτερο ηλικικά που έχει μεγαλύτερες τιμές γέρνοντας το κεφάλι προς τα πάνω.

### 5.6.5 Free Test.

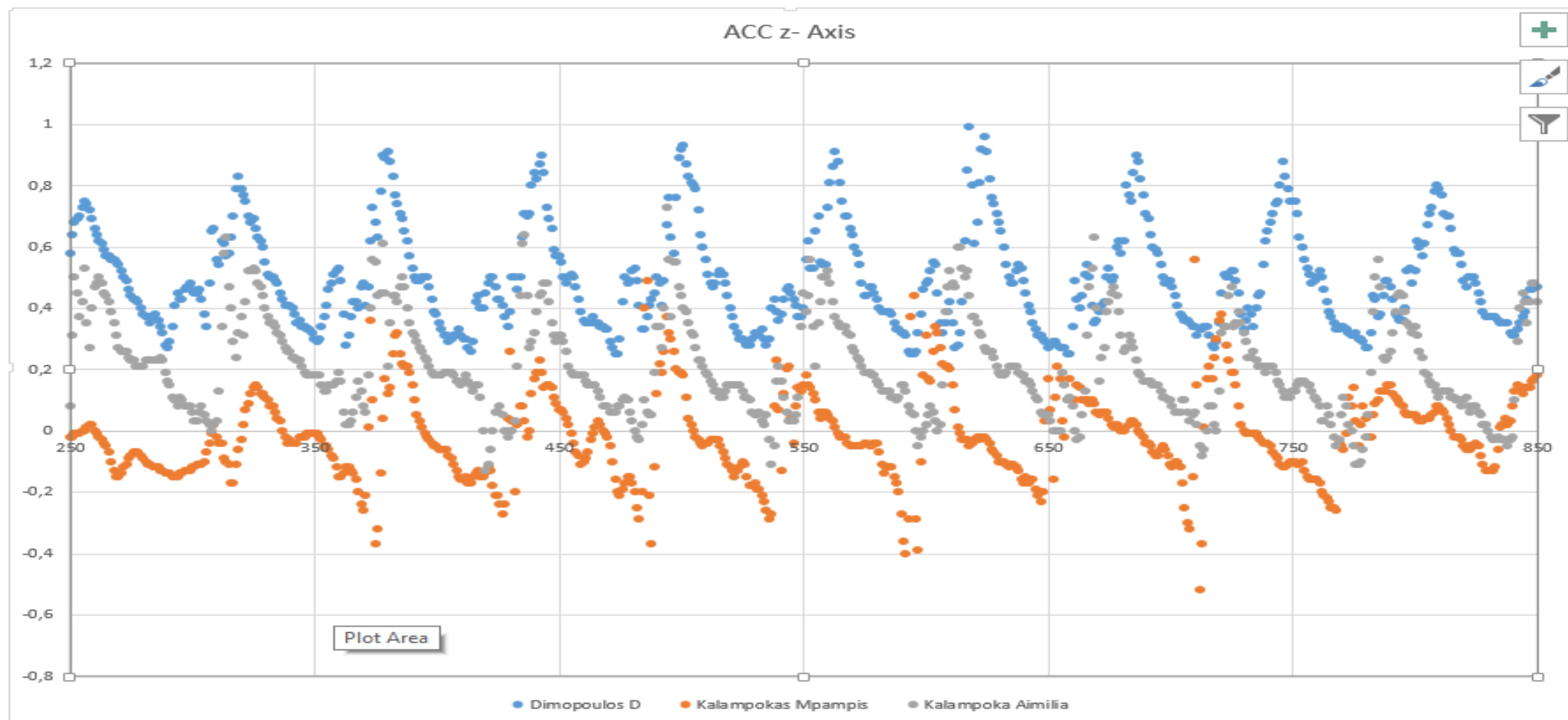
Ο ασθενής θα πρέπει να τρέξει με σταθερό ρυθμό και να γυρίσει στην θέση του.

Ο αισθητήρας τοποθετείται στο κέντρο μάζας του εξεταζόμενου.

Παρακάτω θα δούμε τις μετρήσεις τού πρωτοκόλλου Free Test. Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel του Office για την απεικόνιση των κινήσεων του σώματος. Οί μετρήσεις έγιναν σε 3 άτομα, μία γυναίκα ηλικίας 34 ετών και σε 2 άνδρες ηλικίας 48 και 63 ετών αντίστοιχα.

Οι τρεις εξεταζόμενοι έτρεξαν για περίπου τον ίδιο χρόνο. Μέσω τών γραφημάτων μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι έκαναν παρόμοιες κινήσεις. Ο εξεταζόμενος ηλικίας 63 χρονών παρουσιάζει σύμφωνα με τα γραφήματα μεγαλύτερες τιμές τόσο στις αιωρήσεις, όσο και στις επαφές των ποδιών με το έδαφος.



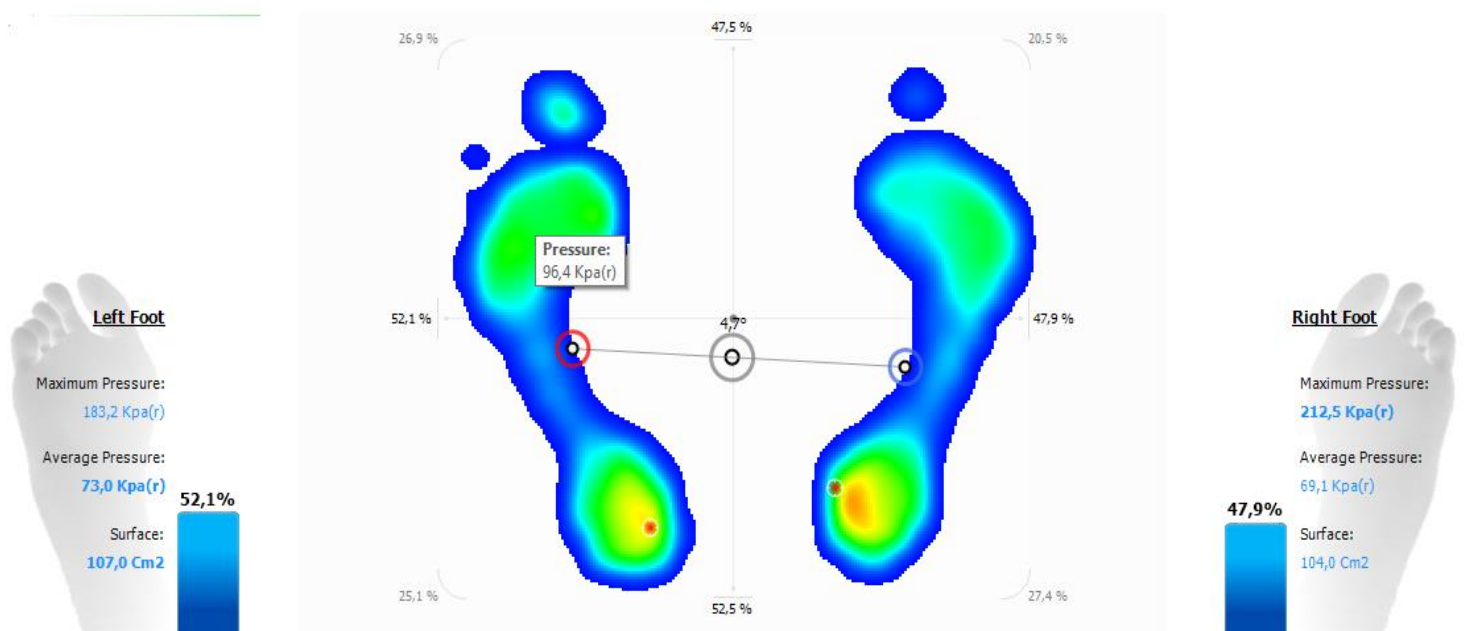


Εικόνα 5.113 Free Test 3 ατόμων.

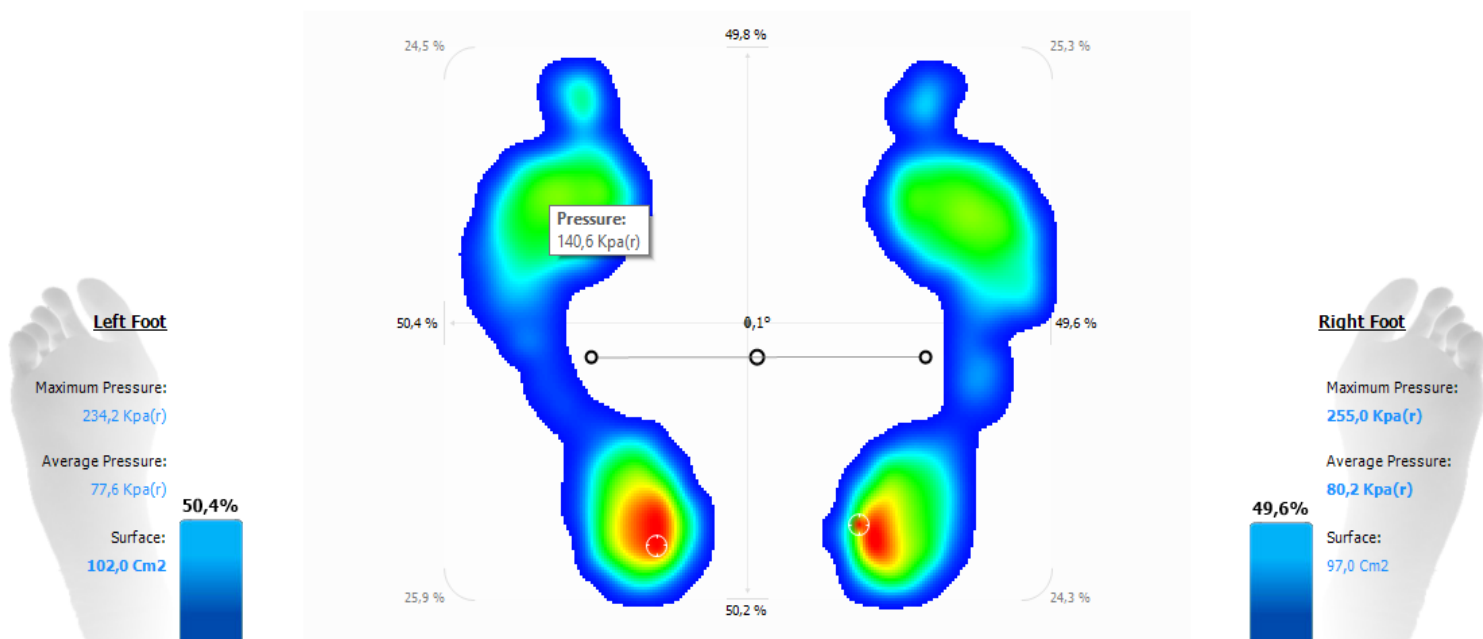
### 5.6.6 Static Analysis

Παρακάτω θα δούμε μετρήσεις και συγκρίσεις απο το πρωτόκολλο Static όπου ο ασθενής ακουμπάει στον πελματογράφο και μένει ακίνητος μέχρι να καταγραφεί το πέλμα του.

Οι μετρήσεις έγιναν σε 2 άτομα ηλικίας 23 ετών. Τα 2 άτομα κατα την διάρκεια της μέτρησης βρίσκονταν σε όρθια στάση και ακίνητοι.



Εικόνα 5.114 Static Kostis



Εικόνα 5.115 Static Raftis

Στις παραπάνω Εικόνες βλέπουμε τις επιφάνειες που καλύπτει το κάθε πόδι. Τα πόδια του πρώτου εξεταζόμενου έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από του δεύτερου.

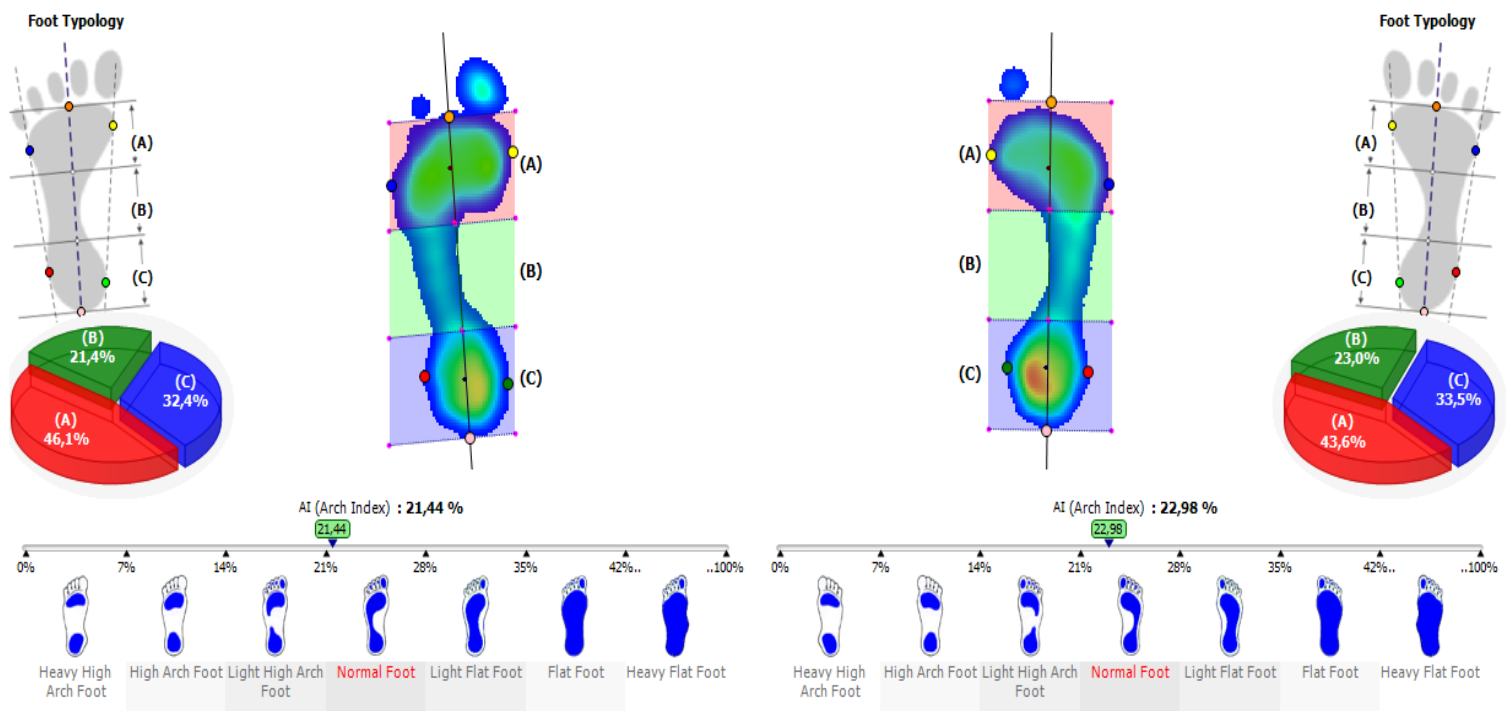
Το μέρος με την μεγαλύτερη πελματική πίεση είναι η πτέρνα και μπορούμε να το διακρίνουμε με κόκκινο και πορτοκαλί χρώμα. Μεγαλύτερες πιέσεις παρατηρούμε έχει ο δεύτερος εξεταζόμενος και στα δύο του πόδια και συγκεκριμένα 234,2 Kpa (r) και 255,0 kpa (r). (φυσιολογικό είναι να παίζει ρόλο το ύψος και το βάρος του ασθενή )

Στά υπόλοιπα μέρη της πατούσας στο μέσο της, στην καμάρα και στα μετατάρσια καθώς και στα δάκτυλα δεν παρατηρούνται μεγάλες πιέσεις.

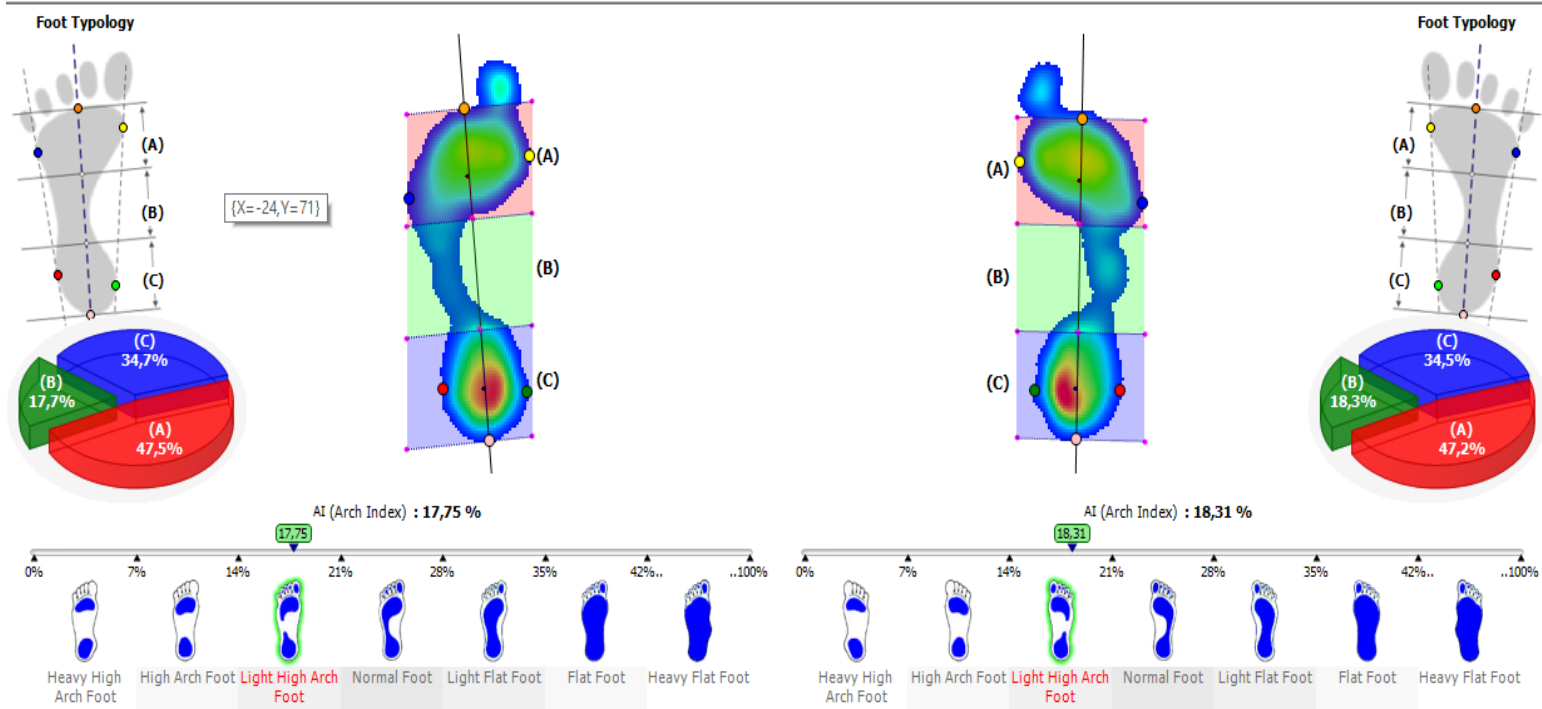
Παρακάτω μπορούμε να δούμε το ποσοστό που καταλαμβάνει η κάθε περιοχή της πατούσας. Το μεγαλύτερο ποσοστό και στα δύο πόδια των ασθενών με μικρές διαφορές το καταλαμβάνει η περιοχή των μεταταρσίων και των δακτύλων. Ακολουθεί η περιοχή της πτέρνας και μετά η περιοχή που βρίσκεται η καμάρα.

Επίσης μπορούμε να διακρίνουμε ανάλογα με την μορφολογία, τις διαστάσεις και τον τύπο του ποδιού. Ο πρώτος εξεταζόμενος έχει Normal Foot. Ο δεύτερος εξεταζόμενος έχει Light Hight Arch Foot.





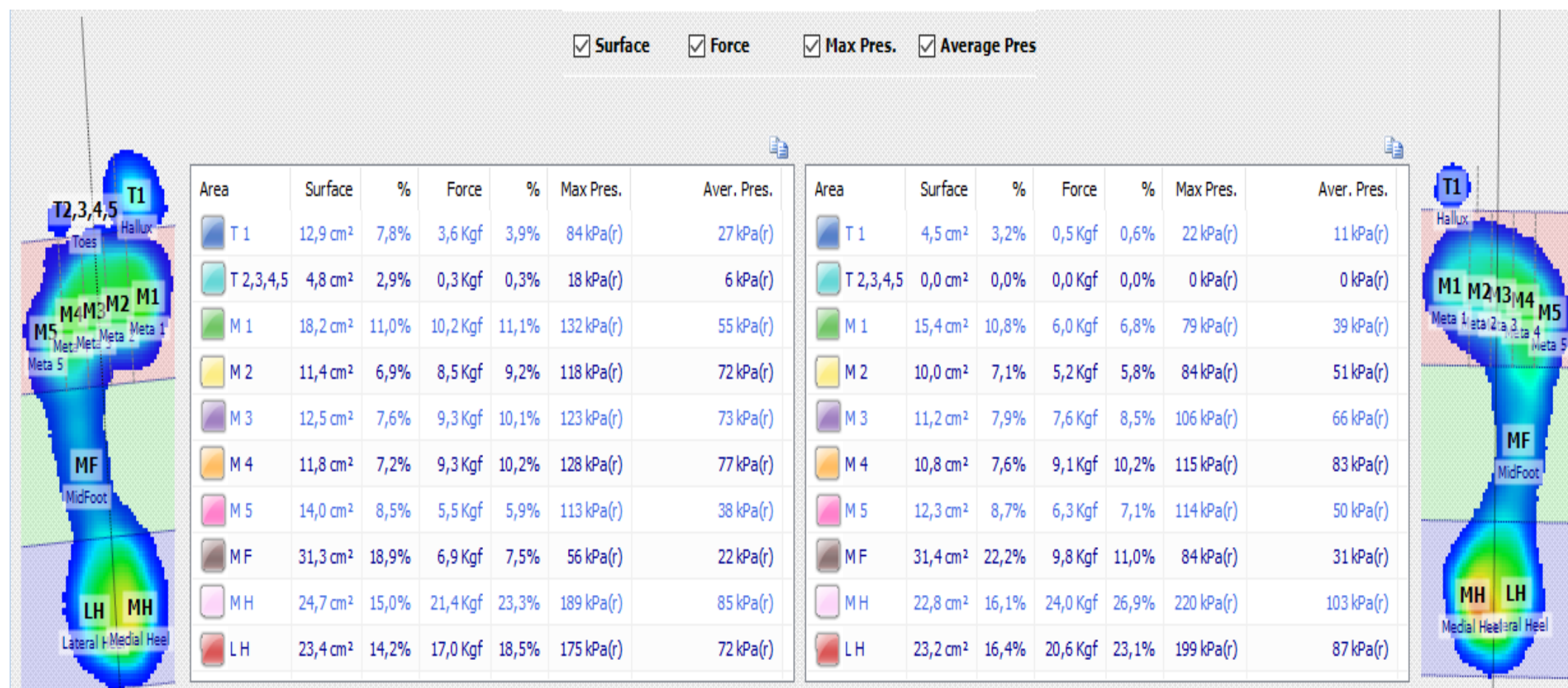
Εικόνα 5.116 Static 2 Kostis.



Εικόνα 5.117 Static2 Raftis.



Συνεχίζουμε με Εικόνες πελματικών περιοχών των ίδιων εξεταζόμενων.



Εικόνα 5.118 Foot's Area



Εικόνα 5.119 Foot's Area.

Στούς παραπάνω χάρτες φαίνονται οι περιοχές με τα σημεία του ποδιού.

Για τον πρώτο εξεταζόμενο παρατηρούμε ότι οι περιοχές στα πόδια με την μεγαλύτερη πελματική πίεση είναι οι LH, MH στην πτέρνα καθώς και η περιοχή M4 στα μετατάρσια.

Επίσης οι περιοχές του ποδιού με τις μεγαλύτερες επαφές επιφάνειας είναι οι MF, MH, LH. Οι περιοχές που ασκούνται οι μεγαλύτερες πελματικές δυνάμεις είναι MH, LH της πτέρνας και M4 και M3 των μεταταρσίων.

Αντίθετα περιοχές όπως το MF στην καμάρα και T1, T2, T3, T4, T5 παρατηρούνται οι μικρότερες πελματικές πιέσεις και δυνάμεις.

Στίς περιοχές M1 και M2 το αριστερό πόδι ασκεί περισσότερες πελματικές δυνάμεις και πιέσεις από το δεξί.

Για τον δεύτερο εξεταζόμενο παρατηρούμε ότι οι περιοχές με τις μεγαλύτερες επαφές επιφάνειας είναι οι MF, MH, LH.

Περιοχές που ασκούνται οι μεγαλύτερες πελματικές δυνάμεις είναι MH και LH της πτέρνας και M2, M4 των μεταταρσίων.

Οι περιοχές που παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες πελματικές πιέσεις MH, LH της πτέρνας και M2, M2 των μεταταρσίων.

Στον ίδιο εξεταζόμενο παρατηρούμε διαφορές στα 2 πόδια στην περιοχή M5 όπου το δεξί πόδι ασκεί περισσότερες πελματικές πιέσεις και δυνάμεις από το άλλο.

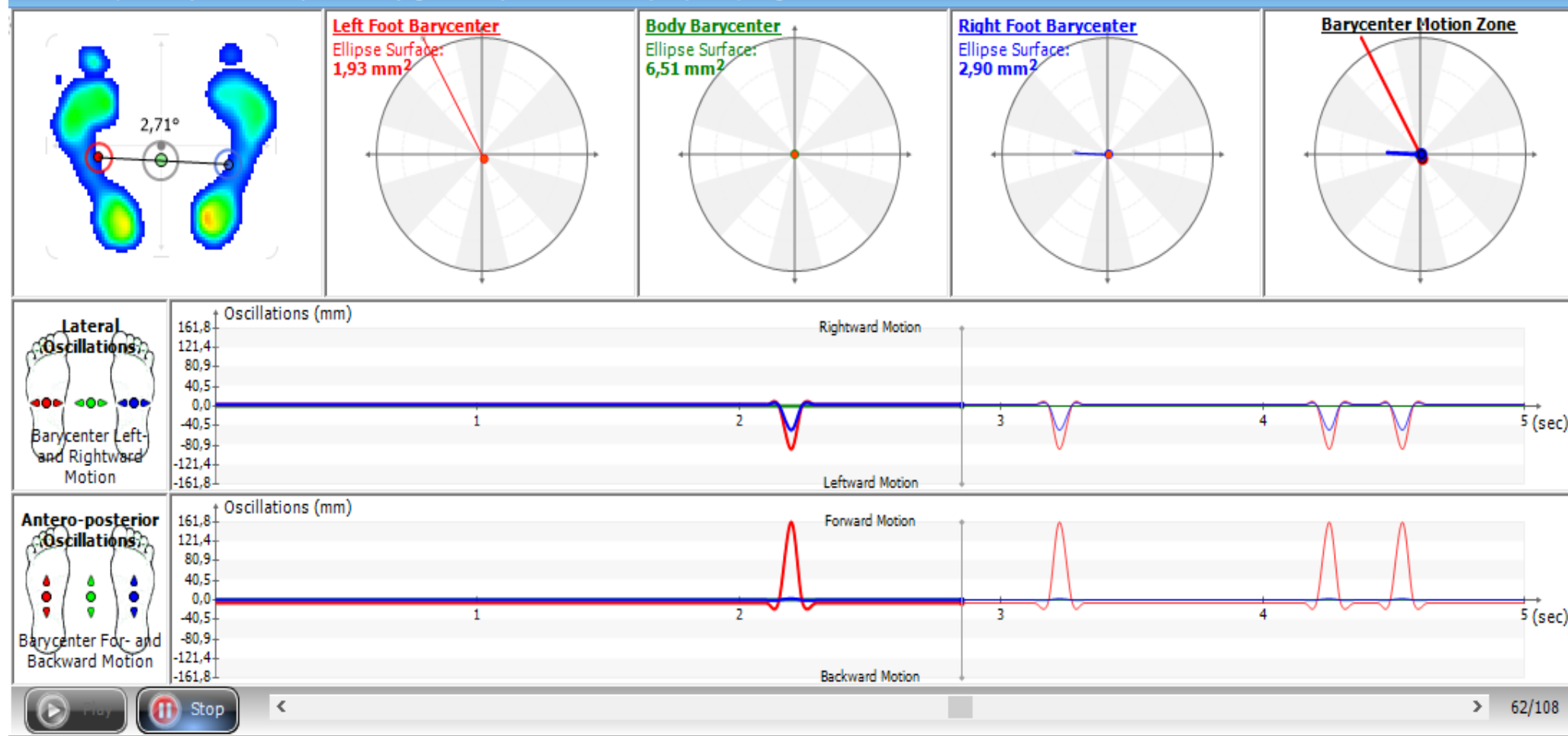
Στίς παρακάτω εικόνες βλέπουμε τις διαφορές στην σταθερομετρία των 2 ατόμων. Στίς πλευρικές και οπίσθιες ταλαντώσεις κατά την στάση του σώματος ο δεύτερος εξεταζόμενος παρουσιάζει μεγαλύτερες και πιο συχνές τιμές (μετρούμενες σε mm).

Διαφορές παρατηρούμε και στο κέντρο πίεσης των 2 ποδιών. Ο πρώτος εξεταζόμενος έχει 2,71 μοίρες ενώ ο δεύτερος 0,26 μοίρες.

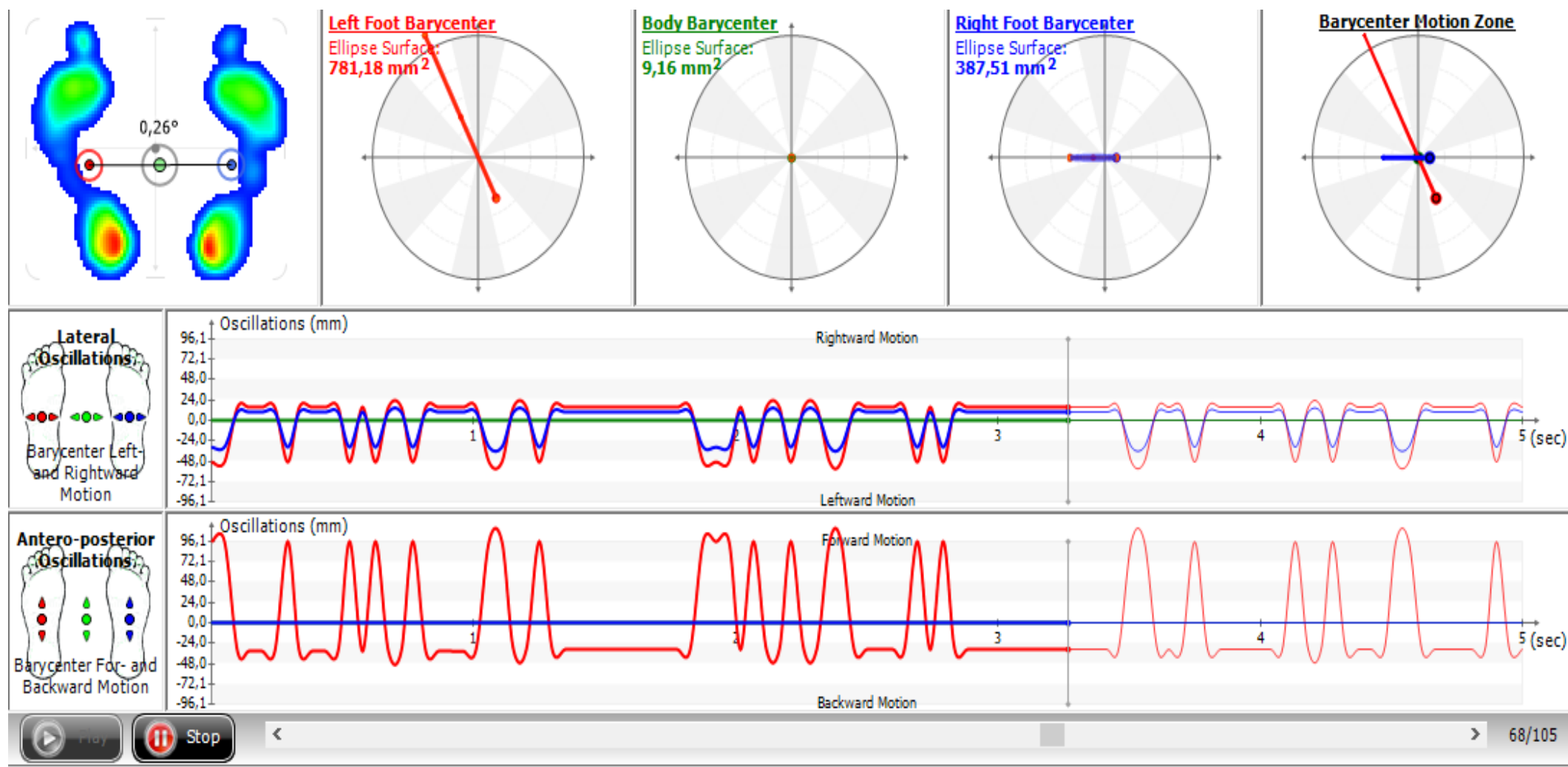
Επίσης ο δεύτερος εξεταζόμενος παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές στο Body Barycenter και Right Foot Barycenter.

## Stabilometric Evaluation...

Parts of Antero-posterior (Forth and Back) and Lateral (Right and Left) Oscillations of body barycenter, of right and left foot.



Εικόνα 5.120 Kostis stabilometry.

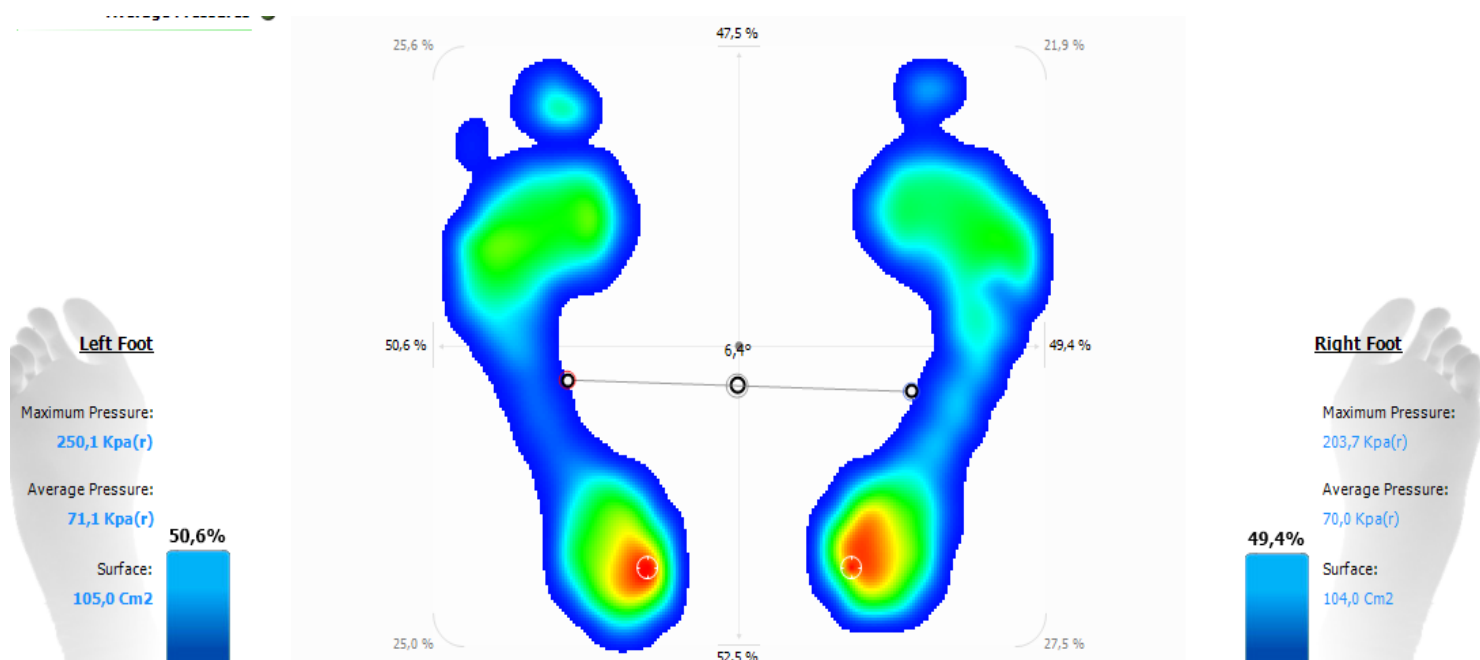


Εικόνα 5.121 Raftis stabilometry.

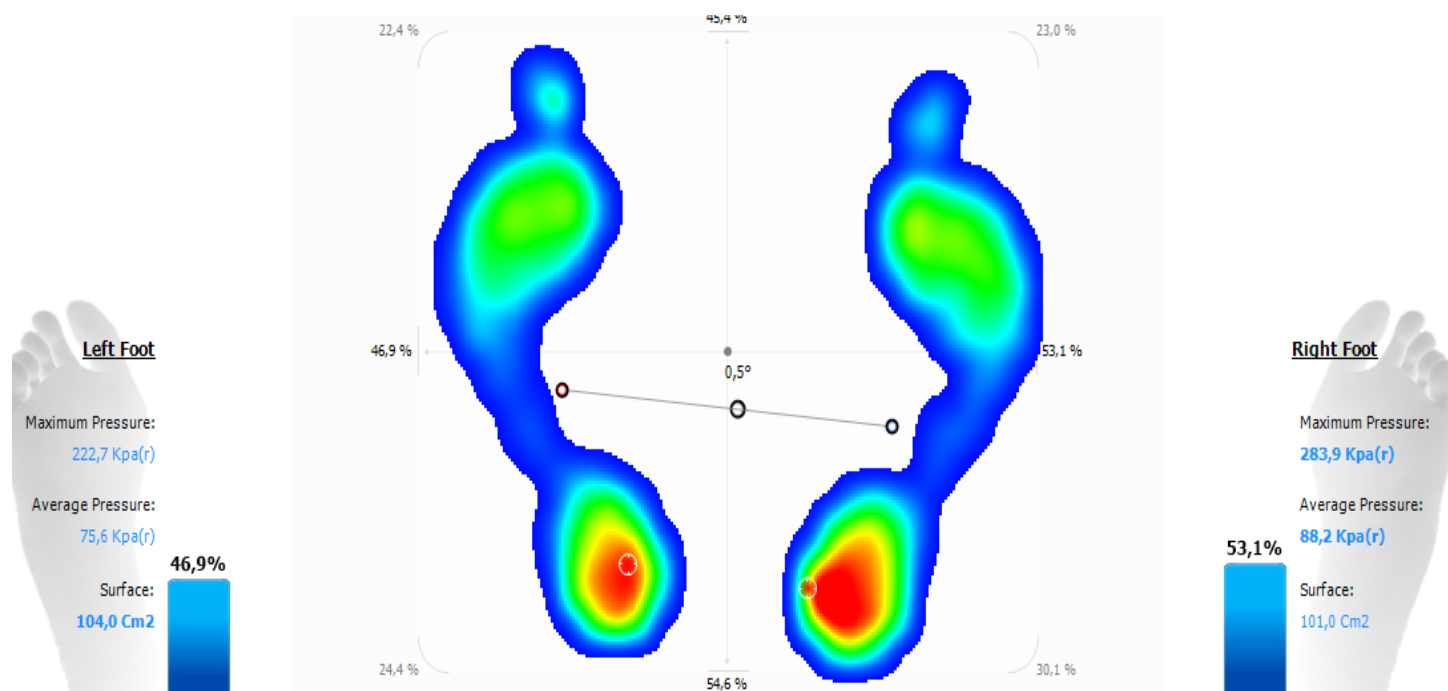
Παρακάτω θα δούμε μετρήσεις και συγκρίσεις απο το πρωτόκολλο Static Analysis, όπου ο ασθενής ακουμπάει και μένει ακίνητος στον πελματογράφο.

Οί μετρήσεις έγιναν σε 2 άτομα ηλικίας 23 ετών. Τα 2 άτομα κατά την διάρκεια της μέτρησης βρίσκονταν σε όρθια στάση και ακίνητοι, με στραμένο το κεφάλι προς τα πίσω.

Οί ασκήσεις αυτές συνήθως γίνονται σε ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικά επεισόδια και παρουσιάζουν προβλήματα στην ισορροπία και την στάση τους.

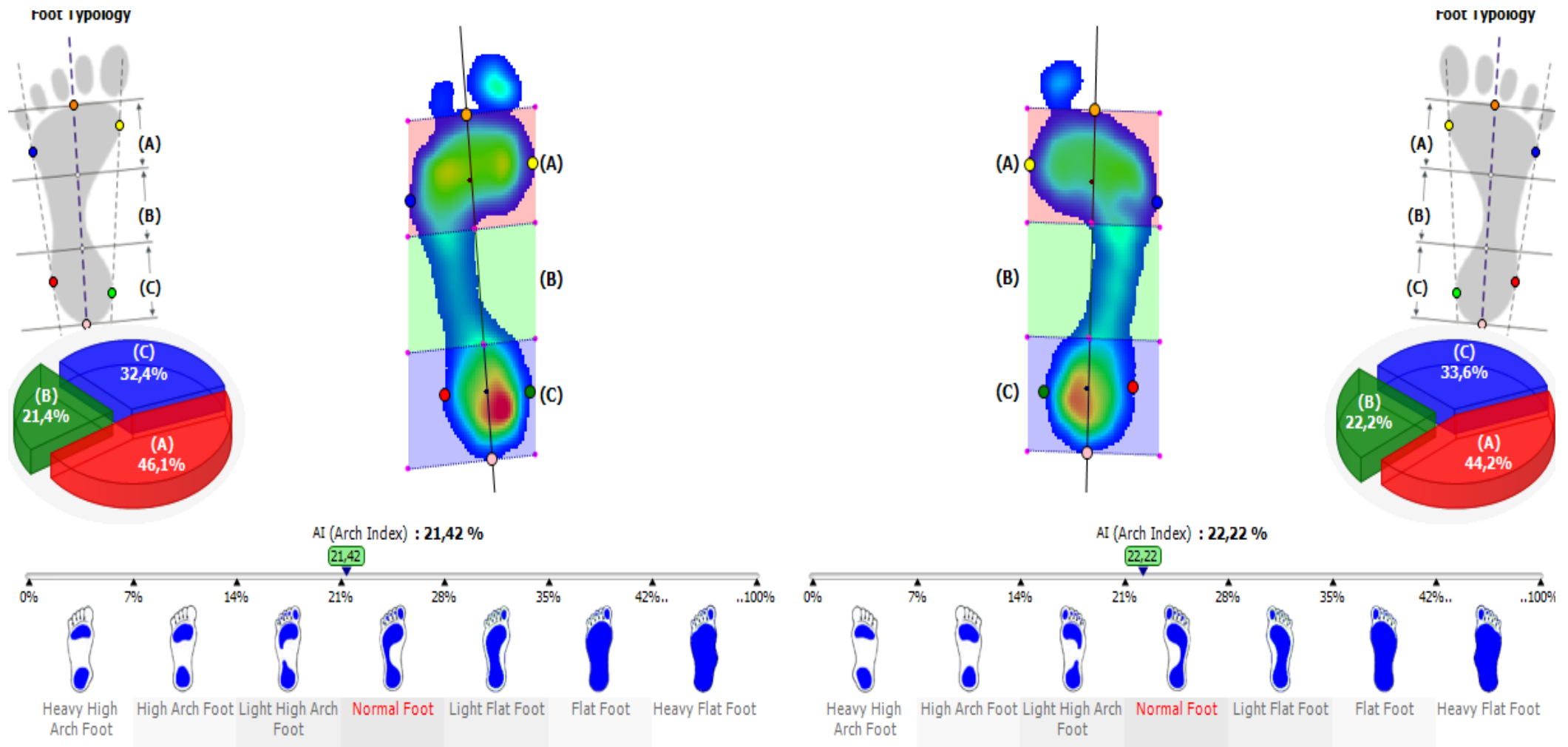


Εικόνα 5.122 Static kostis .

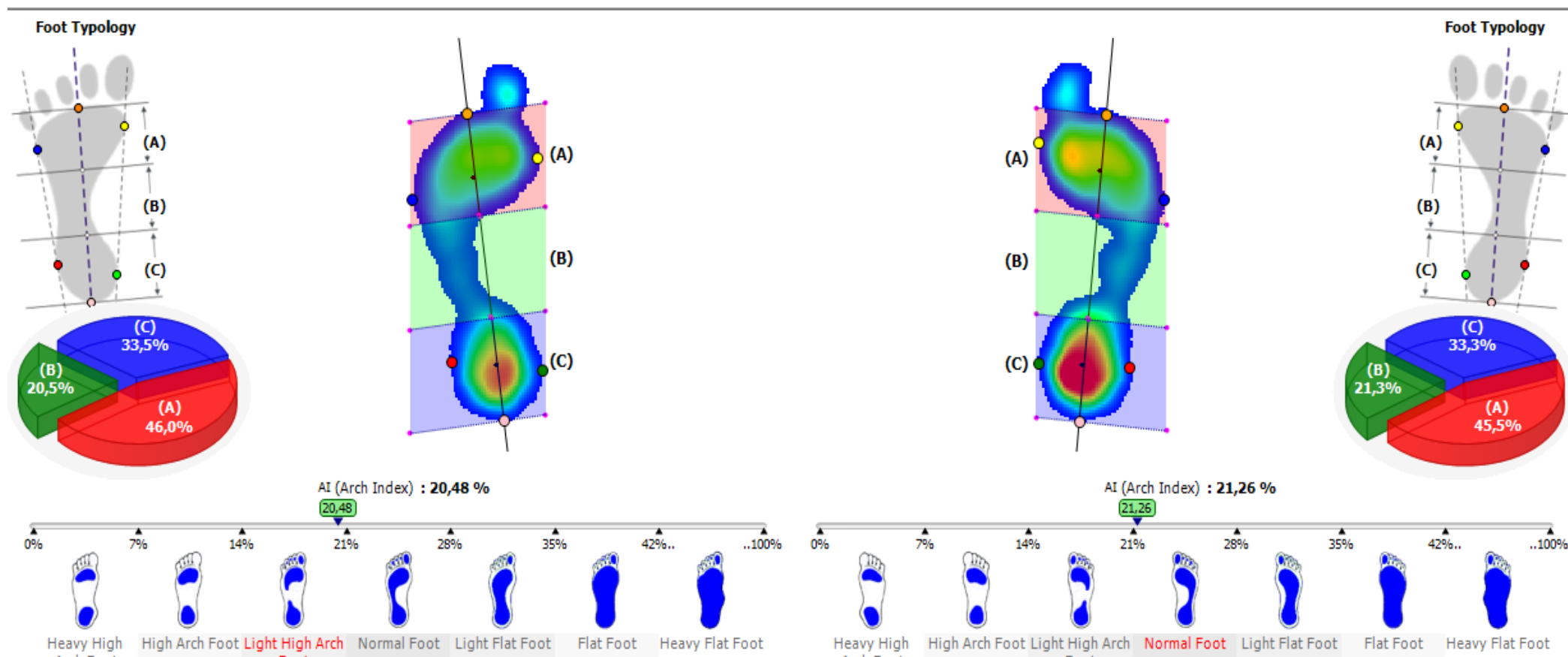


Εικόνα 5.123 Static Raftis .

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σε κάποια σημεία των ποδιών η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι μικρότερη από αυτή της προηγούμενης στάσης. Και στους 2 ασθενείς η πτέρνα είναι το σημείο όπου παρατηρούμε τις μεγαλύτερες πιέσεις. Αυτό γίνεται επειδή ο τρόπος στάσης που επιλέξαμε είναι να ακουμπήσουμε στις πτέρνες και να ρίξουμε το βάρος προς τα πίσω. Στα υπόλοιπα μέρη της πατούσας στο μέσο της, στην καμάρα και στα μετατάρσια καθώς και στα δάκτυλα δεν παρατηρούνται μεγάλες πιέσεις.



Εικόνα 5.124 Area's Foot.



Εικόνα 5.125 Area's Foot.

Παραπάνω μπορούμε να δούμε το ποσοστό που καταλαμβάνει η κάθε περιοχή της πατούσας. Τό μεγαλύτερο ποσοστό και στα δύο πόδια των ασθενών με μικρές διαφορές το καταλαμβάνει η περιοχή των μεταταρσίων και των δακτύλων. Ακολουθεί η περιοχή της πτέρνας και μετά η περιοχή που βρίσκεται η καμάρα.

Επίσης μπορούμε να διακρίνουμε ανάλογα με την μορφολογία και τις διαστάσεις τον τύπο του ποδιού. Ο πρώτος εξεταζόμενος έχει Normal Foot. Ο δεύτερος εξεταζόμενος έχει στο δεξί Light Hight Arch Foot και στο αριστερό Normal Foot.

Στίς παρακάτω Εικόνες (5.126 και 5.127) μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι λόγω αλλαγής της στάσης μας, άλλαξαν οι τιμές τών πελματικών πιέσεων και δυνάμεων στην πατούσα.

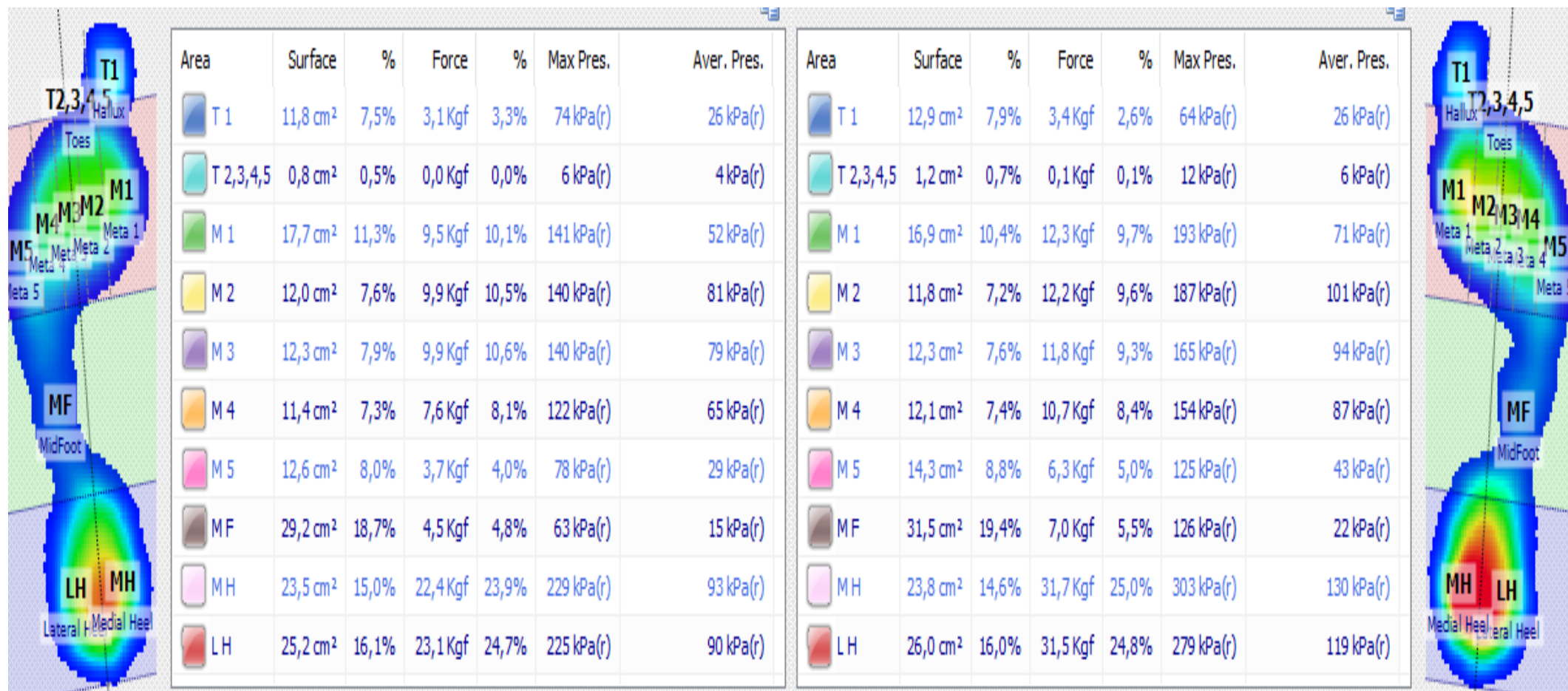
Για τον πρώτο εξεταζόμενο παρατηρούμε ότι και στα 2 πόδια υπάρχουν μεγαλύτερες πελματικές πιέσεις και δυνάμεις. Ιδιαίτερα όμως στο δεξί πόδι σχεδόν όλες οι περιοχές M5, M4, M3, M2, M1 στα μετατάρσια οί MH, LH στην πτέρνα και η MF στην καμάρα παρουσιάζουν μεγάλες τιμές.

Στόν δεύτερο εξεταζόμενο παρατηρούμε μεγαλύτερες πελματικές πιέσεις και δυνάμεις στην καμάρα MF, και στην πτέρνα LH, MH. Στα υπόλοιπα σημεία του ποδιού έχουμε μικρότερες τιμές. Επίσης στό δεξί πόδι καλύπτει μεγαλύτερη επιφάνεια σε σημεία όπως M1, T1, LH, MH, MF, γεγονός που οφείλεται και στην στήριξη του ποδιού.

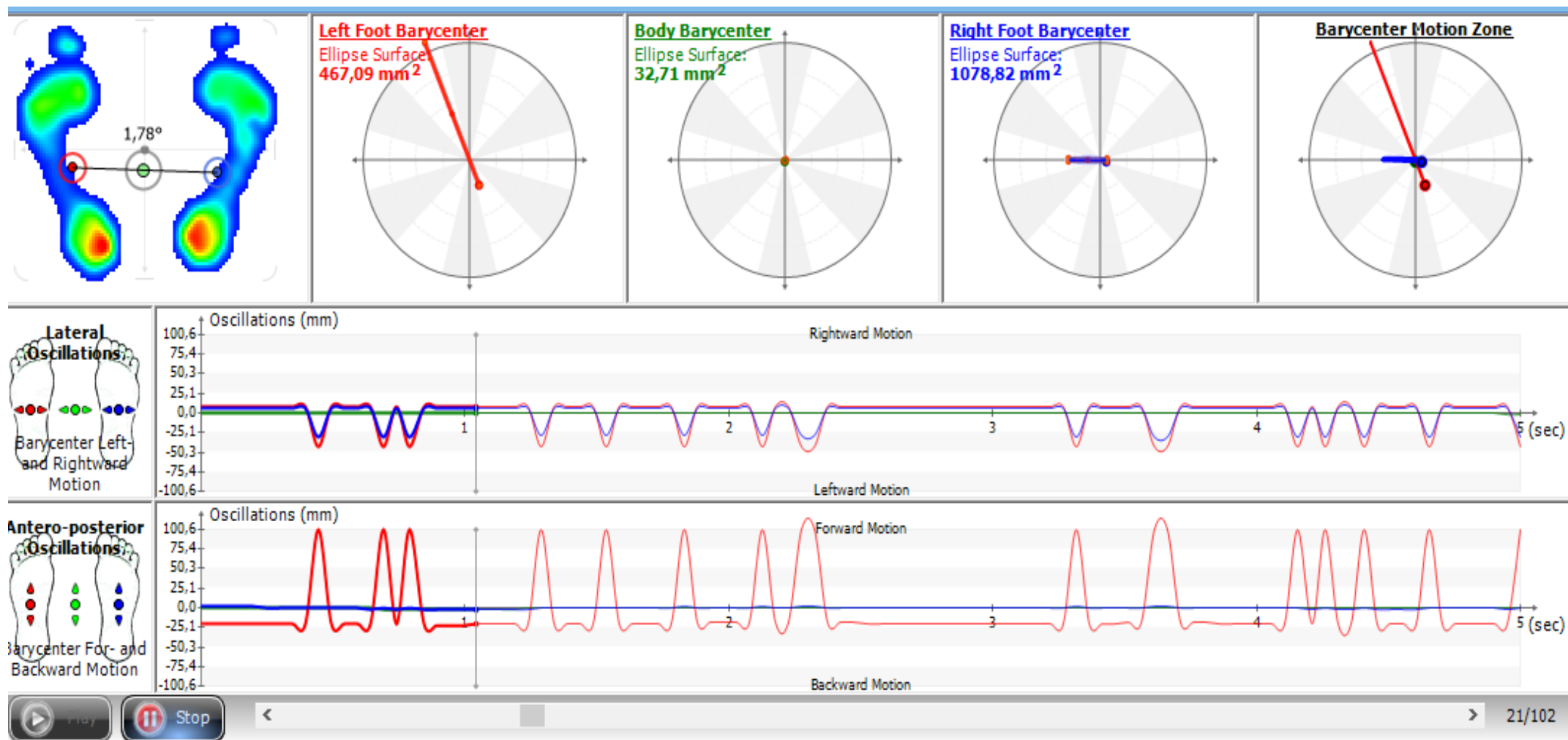
Αν συγκρίνουμε τους 2 εξεταζόμενους θα βρούμε διαφορές. Οι μεγαλύτερες πιέσεις και δυνάμεις παρατηρούνται στον δεύτερο ασθενή λόγω της στάσης του σώματος αλλά και του βάρους.



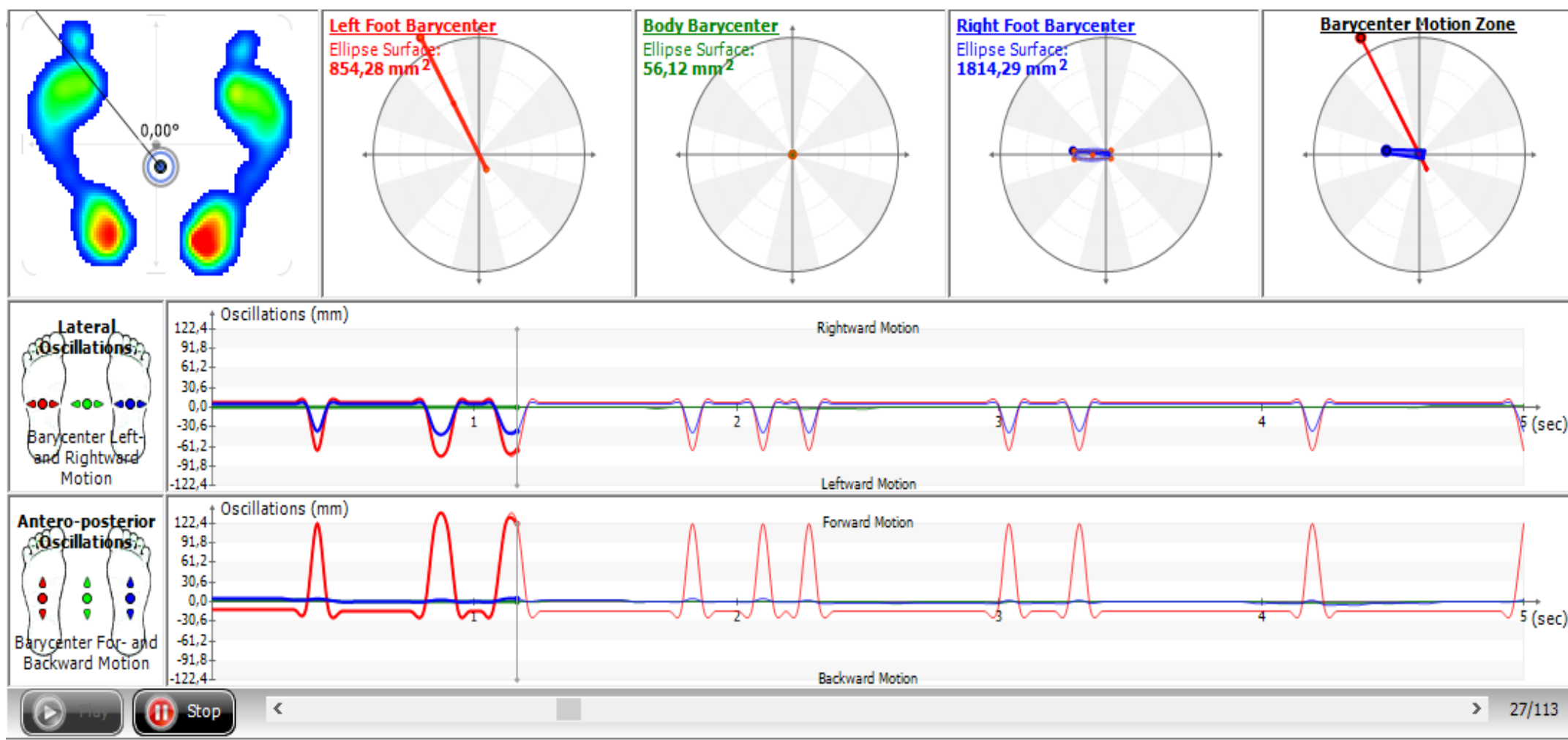
Εικόνα 5.126 Foot's Area.



Εικόνα 5.127 Foot's Area.



Εικόνα 5.128 Σταθερομετρία Kostis.



Εικόνα 5.129 σταθερομετρία Raftis.

Στις προηγούμενες Εικόνες βλέπουμε τις διαφορές στην σταθερομετρία τών 2 ατόμων. Στις πλευρικές και πρόσθιες ταλαντώσεις παρατηρούμε ο πρώτος εξεταζόμενος παρουσιάζει μεγαλύτερες και πιο συνεχείς τιμές κατά την στάση του σώματος (μετρούμενες σε mm).

Διαφορές παρατηρούμε επίσης και στο κέντρο πίεσης τών 2 ποδιών με τον πρώτο εξεταζόμενο να παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές.

Ο δεύτερος εξεταζόμενος παρουσιάζει επίσης μεγάλες τιμές στο Body Barycenter και Right Foot Barycenter, και Left Foot Barycenter σε σχέση με τον πρώτο.

| - C.O.P. DATA -          | < | - C.O.P. DATA -          | < |
|--------------------------|---|--------------------------|---|
| Exam duration:           |   | Exam duration:           |   |
| <b>5,0 sec</b>           |   | <b>5,0 sec</b>           |   |
| Average C.O.P. Position: |   | Average C.O.P. Position: |   |
| <b>X: 0,1 mm</b>         |   | <b>X: -0,5 mm</b>        |   |
| <b>Y: -1,8 mm</b>        |   | <b>Y: -2,5 mm</b>        |   |
| Standard Deviation X:    |   | Standard Deviation X:    |   |
| <b>1,326</b>             |   | <b>1,533</b>             |   |
| Standard Deviation Y:    |   | Standard Deviation Y:    |   |
| <b>1,654</b>             |   | <b>2,203</b>             |   |
| C.O.P. Distance:         |   | C.O.P. Distance:         |   |
| <b>30,2 mm</b>           |   | <b>35,1 mm</b>           |   |
| Average Speed:           |   | Average Speed:           |   |
| <b>0,0060 m/sec</b>      |   | <b>0,0070 m/sec</b>      |   |
| <b>6,0 mm/sec</b>        |   | <b>7,0 mm/sec</b>        |   |
| Distance/Surface (LSF):  |   | Distance/Surface (LSF):  |   |
| <b>0,9</b>               |   | <b>0,6</b>               |   |

Εικόνα 5.130 COP. Data.

Και οι 2 εξεταζόμενοι είχαν τα πόδια τούς σε επαφή με το δάπεδο για 5 δευτερόλεπτα.

Μπορούμε να δούμε την θέση που είχαν τοποθετημένα τα πόδια με βάση τον άξονα X,Y .

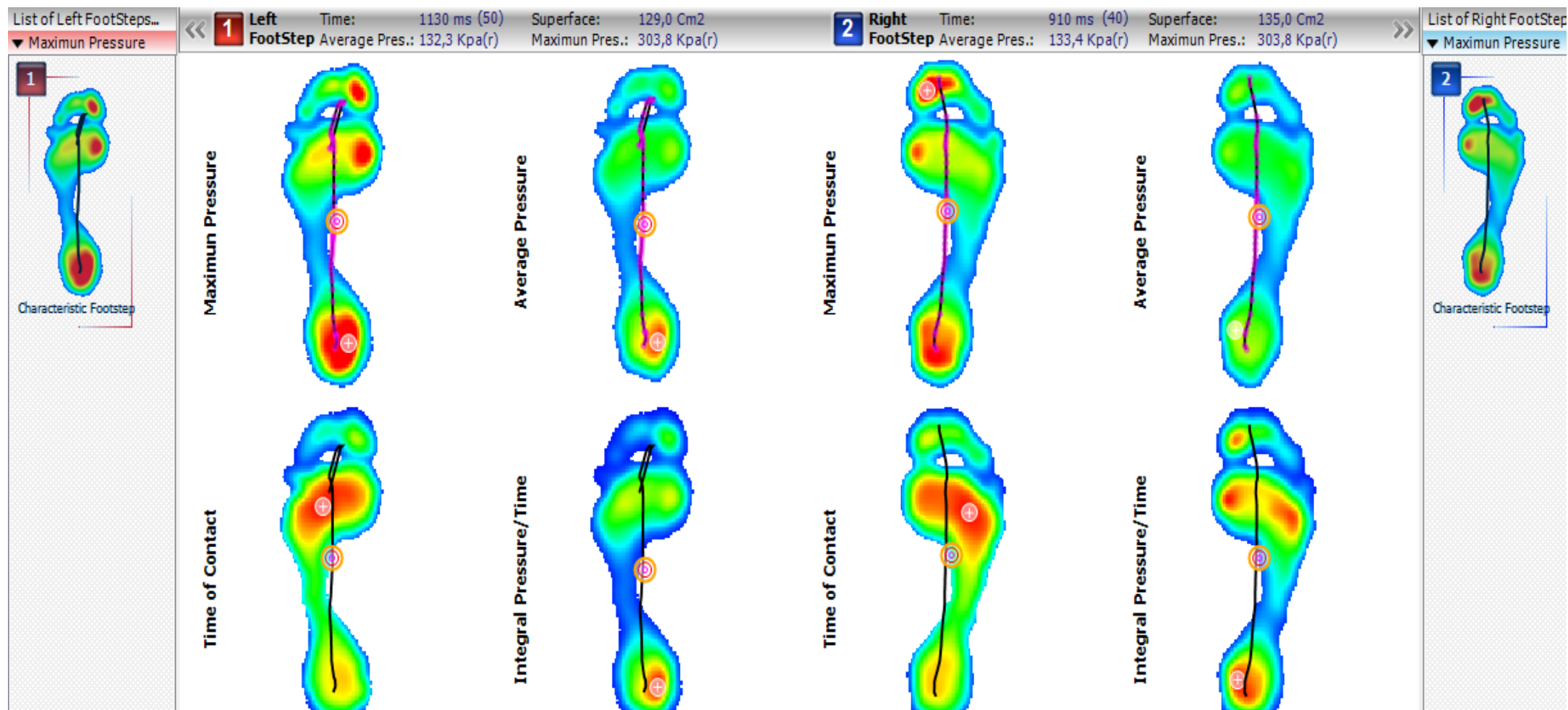
Οί δύο εξεταζόμενοι έχουν διαφορετικές αποκλίσεις στα σημεία του άξονα X, Y. Τό COP Distance τού δεύτερου εξεταζόμενου έχει λίγο μεγαλύτερη τιμή. Επίσης η μέση ταχύτητα του δεύτερου εξεταζόμενου είναι λίγο μεγαλύτερη.



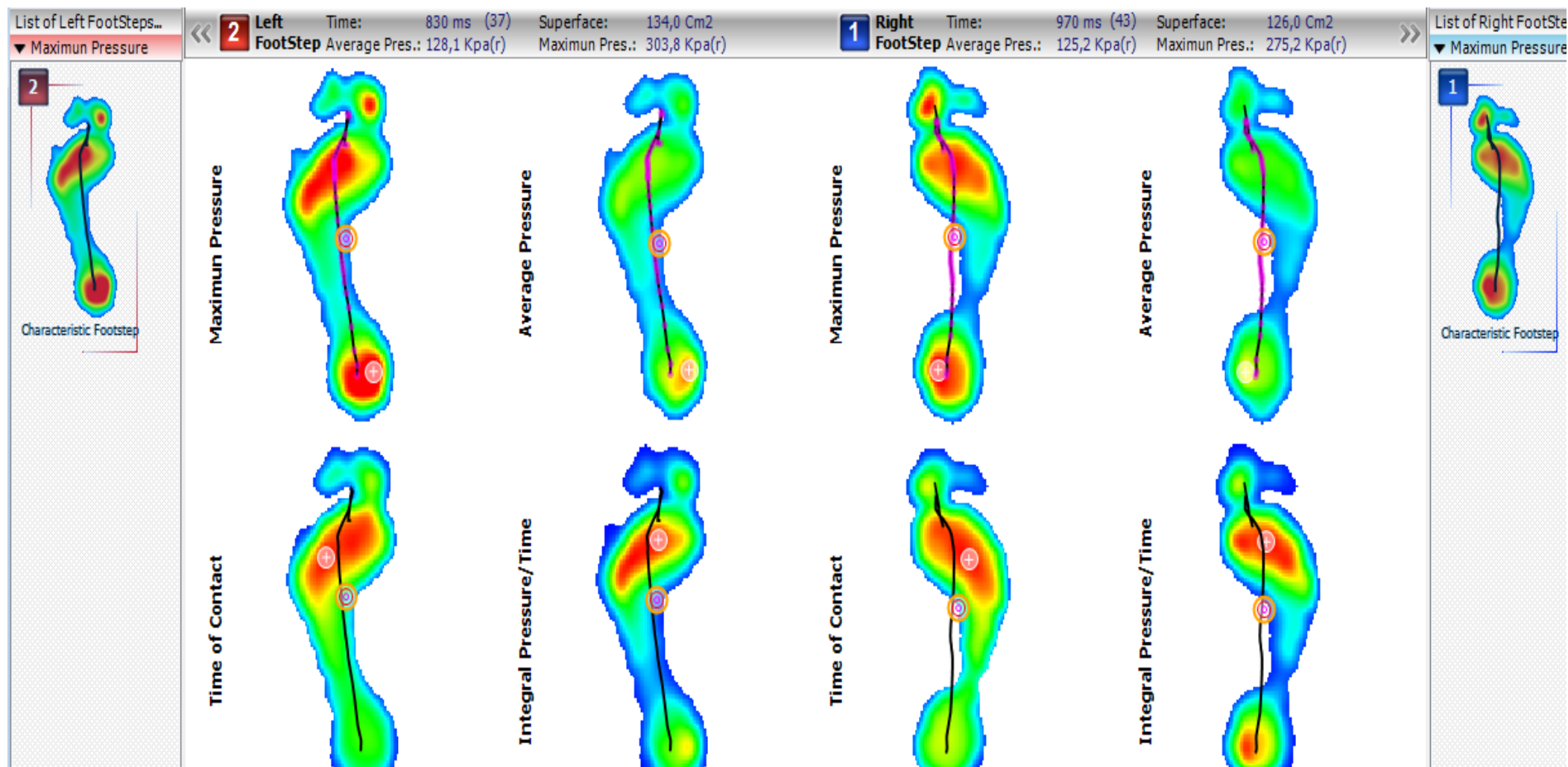
### **5.6.7 Dynamic Analysis.**

Οι παρακάτω μετρήσεις αφορούν το πρωτόκολλο Dynamic Analysis όπου ο ασθενής θα πρέπει να περπατήσει πάνω στον πελματογράφο. Να καταγράψει μία σειρά από βήματα και να σταματήσει. Κατά την διάρκεια των μετρήσεων, παρουσιάζονται πληροφορίες για τους χρόνους φάσης και στήριξης των ποδιών, τους χρόνους επαφής και επιφάνειας πέλματος και μέγιστες πιέσεις και δυνάμεις κατά την βάρδιση.

Οι μετρήσεις έγιναν σε 2 άτομα ηλικίας 23 ετών.



Εικόνα 5.131 Step Image Kostis.

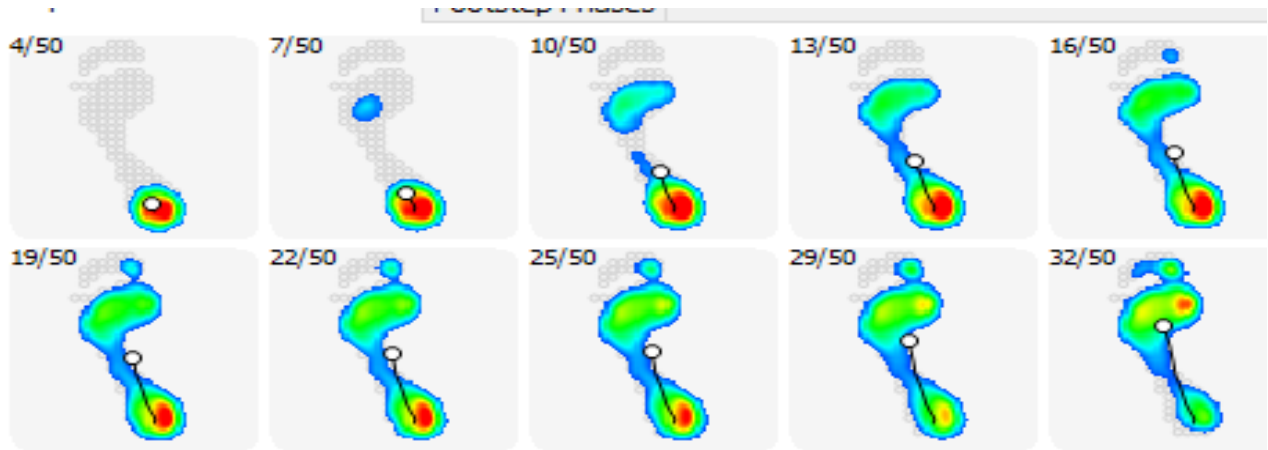


Εικόνα 5.132 Step Image Raftis.

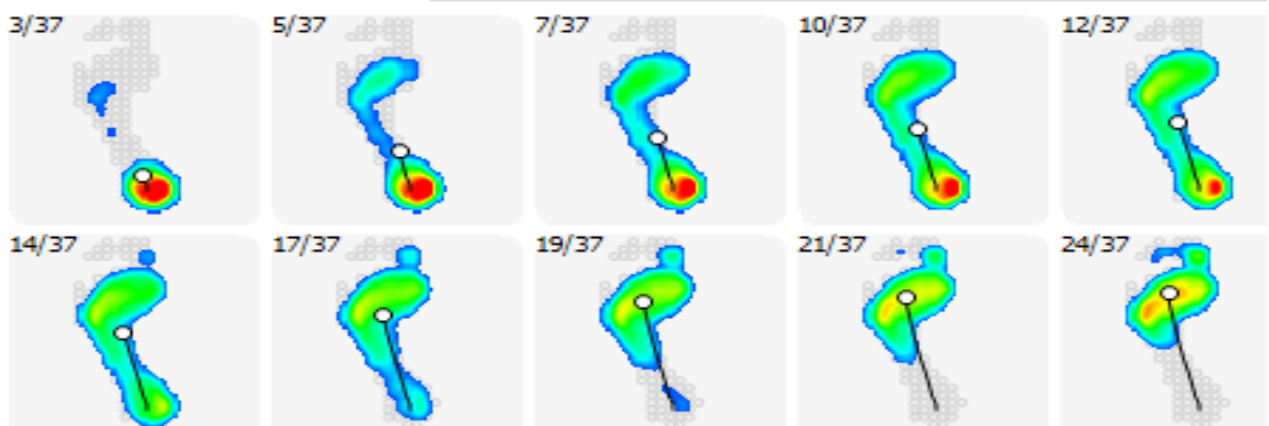
Σύμφωνα με τις παραπάνω Εικόνες βλέπουμε την λίστα με τα βήματα των 2 εξεταζόμενων. Κάθε ένας έχει πραγματοποιήσει ένα βήμα με το κάθε πόδι. Στους 2 εξεταζόμενους παρατηρούμε διαφορές στην επιφάνεια που καλύπτει το πόδι όταν έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Στήν πρώτη περίπτωση το δεξί ενώ στήν άλλη τό αριστερό πόδι καλύπτει μεγαλύτερη επιφάνεια.

Η μέγιστη πίεση για τα 2 πόδια τού πρώτου εξεταζόμενου είναι ίδια ( 303,8 Kpa ). Το ίδιο ισχύει και με την μέση πίεση στα 2 πόδια. Τα μέρη της πατούσας με την μεγαλύτερη πίεση παρατηρούνται στην πτέρνα και στα μετατάρσια. Ενώ το σημείο με τη μεγαλύτερη πίεση όταν το πόδι έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι τα μετατάρσια.

Στο δεύτερο εξεταζόμενο παρατηρούμε ότι η μέγιστη πίεση έχει διαφορετικές τιμές για τα 2 πόδια και συγκεκριμένα στο αριστερό μεγαλύτερη. Παρατηρούμε το σημείο με τη μεγαλύτερη πίεση όταν το πόδι έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι τα μετατάρσια.

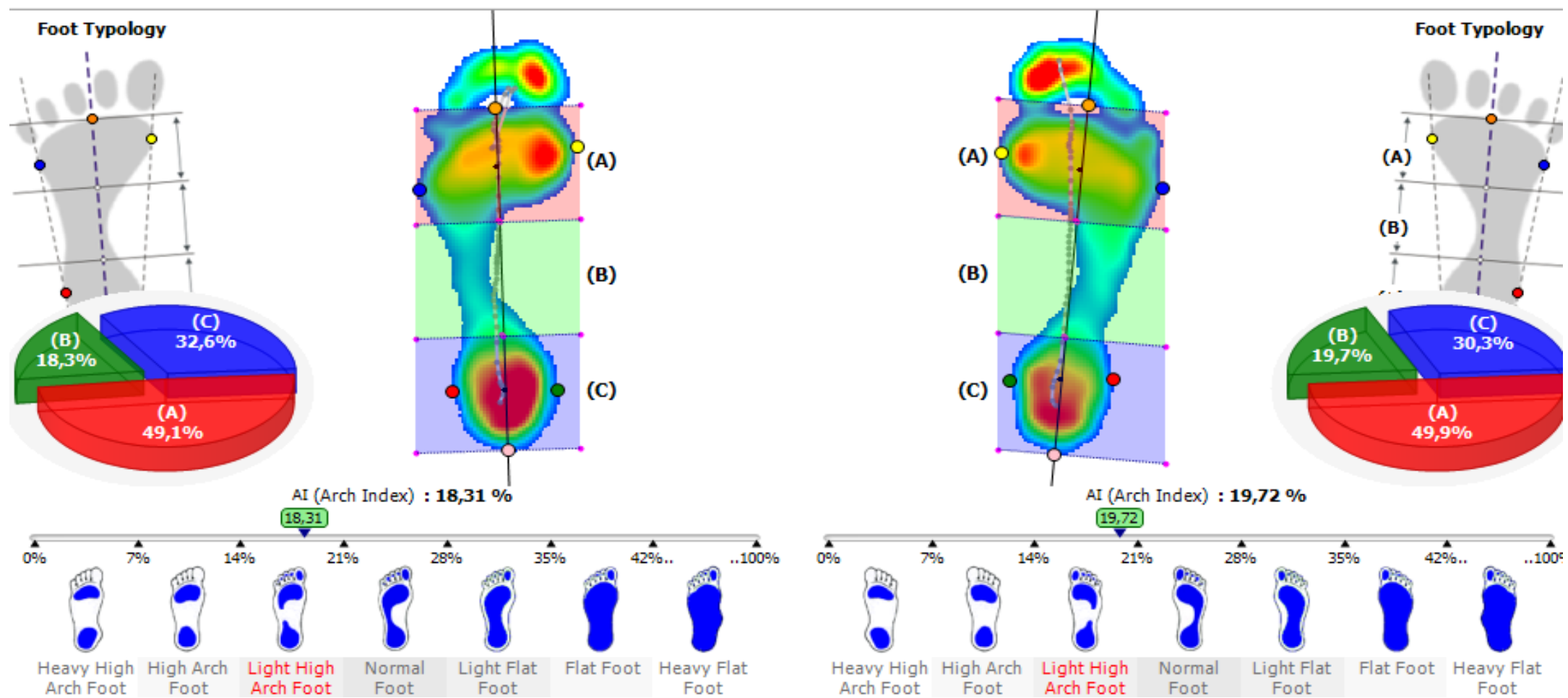


Εικόνα 5.133 Left Foot kostis.

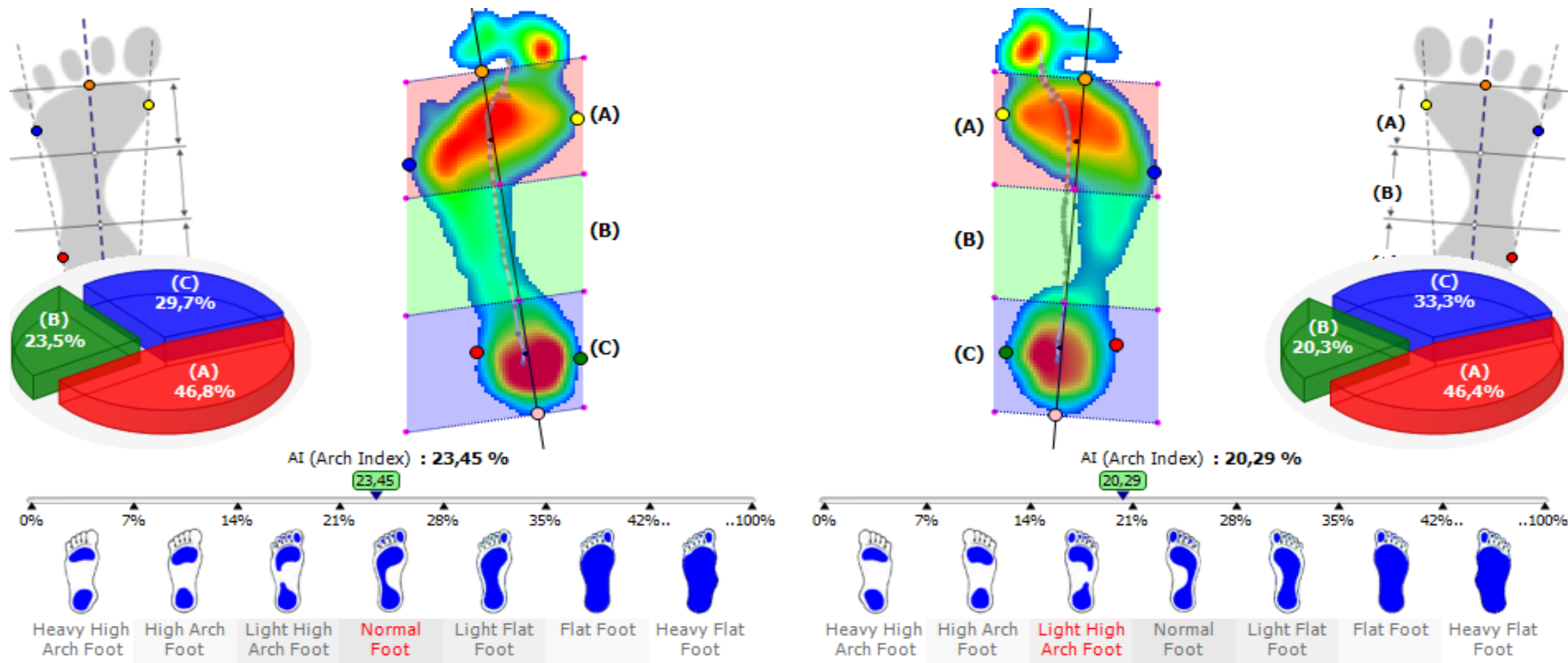


Εικόνα 5.134 Left Foot Raftis.

Στις 2 Εικόνες των εξεταζόμενων βλέπουμε την ακολουθία επαφής τού ποδιού με το έδαφος. Ο τρόπος με τον οποίο ακουμπάνε τα πόδια είναι σχεδόν ίδιος, ενώ φαίνεται και η μέγιστη πίεση που παρατηρείται στην πτέρνα, επειδή αυτή ακουμπάει πρώτη με το έδαφος και ασκούνται μεγαλύτερες δυνάμεις. Στις Εικόνες φαίνεται και η γραμμή βάδισης τού κάθε εξεταζόμενου.



Εικόνα 5.135 Foot Typology Kostis.



Εικόνα 5.136 Foot Typology Kostis

Παραπάνω μπορούμε να δούμε το ποσοστό που καταλαμβάνει η κάθε περιοχή της πατούσας. Το μεγαλύτερο ποσοστό και στα δύο πόδια των ασθενών με μικρές διαφορές το καταλαμβάνει η περιοχή των μεταταρσίων και των δακτύλων. Ακολουθεί η περιοχή της πτέρνας και μετά η περιοχή που βρίσκεται η καμάρα.

Οι περιοχές με τις μεγαλύτερες πελματικές πιέσεις και για τούς δύο εξεταζόμενους είναι οί πτέρνες και τα μετατάρσια.

Επίσης μπορούμε να διακρίνουμε ανάλογα με την μορφολογία και τις διαστάσεις τον τύπο του ποδιού. Ο πρώτος εξεταζόμενος έχει Light Arch Foot. Ο δεύτερος εξεταζόμενος έχει Normal Foot στο αριστερό πόδι, ενώ στο δεξί πόδι Light High Arch Foot λόγω τών διαστάσεων της καμάρας που έχεται σε επαφή με το έδαφος.

| Area                                                                                                                            | Surface              | %     | Force    | %     | Max Pres.  | Aver. Pres. | Area                                                                                                                              | Surface              | %     | Force    | %     | Max Pres.  | Aver. Pres. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------|-------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------|-------|------------|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/>  T 1       | 12,5 cm <sup>2</sup> | 7,4%  | 15,5 Kgf | 7,9%  | 273 kPa(r) | 122 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  T 1       | 14,4 cm <sup>2</sup> | 8,2%  | 21,9 Kgf | 11,1% | 303 kPa(r) | 149 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  T 2,3,4,5 | 16,6 cm <sup>2</sup> | 9,9%  | 13,8 Kgf | 7,1%  | 180 kPa(r) | 82 kPa(r)   | <input checked="" type="checkbox"/>  T 2,3,4,5 | 15,7 cm <sup>2</sup> | 9,0%  | 15,2 Kgf | 7,7%  | 248 kPa(r) | 95 kPa(r)   |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 1       | 17,0 cm <sup>2</sup> | 10,1% | 22,7 Kgf | 11,6% | 272 kPa(r) | 131 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 1       | 18,4 cm <sup>2</sup> | 10,5% | 21,7 Kgf | 11,0% | 235 kPa(r) | 116 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 2       | 10,6 cm <sup>2</sup> | 6,3%  | 14,7 Kgf | 7,5%  | 213 kPa(r) | 137 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 2       | 11,2 cm <sup>2</sup> | 6,4%  | 14,7 Kgf | 7,4%  | 184 kPa(r) | 129 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 3       | 11,6 cm <sup>2</sup> | 6,9%  | 15,1 Kgf | 7,7%  | 197 kPa(r) | 128 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 3       | 12,0 cm <sup>2</sup> | 6,8%  | 15,1 Kgf | 7,6%  | 180 kPa(r) | 123 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 4       | 12,8 cm <sup>2</sup> | 7,6%  | 16,4 Kgf | 8,4%  | 196 kPa(r) | 126 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 4       | 12,9 cm <sup>2</sup> | 7,4%  | 15,2 Kgf | 7,7%  | 176 kPa(r) | 116 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 5       | 16,6 cm <sup>2</sup> | 9,9%  | 13,3 Kgf | 6,8%  | 178 kPa(r) | 78 kPa(r)   | <input checked="" type="checkbox"/>  M 5       | 17,6 cm <sup>2</sup> | 10,0% | 15,5 Kgf | 7,8%  | 176 kPa(r) | 86 kPa(r)   |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M F       | 25,4 cm <sup>2</sup> | 15,1% | 11,6 Kgf | 5,9%  | 106 kPa(r) | 45 kPa(r)   | <input checked="" type="checkbox"/>  M F       | 28,8 cm <sup>2</sup> | 16,4% | 15,0 Kgf | 7,6%  | 98 kPa(r)  | 51 kPa(r)   |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M H       | 22,6 cm <sup>2</sup> | 13,4% | 37,5 Kgf | 19,2% | 303 kPa(r) | 163 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M H       | 21,6 cm <sup>2</sup> | 12,3% | 31,8 Kgf | 16,1% | 257 kPa(r) | 145 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  L H       | 22,6 cm <sup>2</sup> | 13,4% | 34,9 Kgf | 17,9% | 279 kPa(r) | 151 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  L H       | 22,9 cm <sup>2</sup> | 13,1% | 31,4 Kgf | 15,9% | 253 kPa(r) | 134 kPa(r)  |

Εικόνα 5.137 Foot's Area Kostis.

| Area                                                                                                                           | Surface              | %     | Force    | %     | Max Pres.  | Aver. Pres. | Area                                                                                                                              | Surface              | %     | Force    | %     | Max Pres.  | Aver. Pres. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------|-------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------|-------|------------|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/>  T 1       | 14,9 cm <sup>2</sup> | 8,7%  | 16,1 Kgf | 7,7%  | 250 kPa(r) | 106 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  T 1       | 18,0 cm <sup>2</sup> | 11,4% | 20,9 Kgf | 11,1% | 251 kPa(r) | 113 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  T 2,3,4,5 | 9,8 cm <sup>2</sup>  | 5,7%  | 6,2 Kgf  | 3,0%  | 116 kPa(r) | 62 kPa(r)   | <input checked="" type="checkbox"/>  T 2,3,4,5 | 8,6 cm <sup>2</sup>  | 5,4%  | 4,3 Kgf  | 2,3%  | 97 kPa(r)  | 49 kPa(r)   |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 1       | 18,1 cm <sup>2</sup> | 10,5% | 20,7 Kgf | 9,9%  | 207 kPa(r) | 112 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 1       | 16,1 cm <sup>2</sup> | 10,1% | 21,6 Kgf | 11,5% | 228 kPa(r) | 132 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 2       | 12,9 cm <sup>2</sup> | 7,5%  | 20,7 Kgf | 9,9%  | 262 kPa(r) | 158 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 2       | 9,7 cm <sup>2</sup>  | 6,1%  | 17,1 Kgf | 9,1%  | 247 kPa(r) | 172 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 3       | 12,5 cm <sup>2</sup> | 7,3%  | 22,3 Kgf | 10,7% | 262 kPa(r) | 175 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 3       | 12,4 cm <sup>2</sup> | 7,8%  | 20,5 Kgf | 10,9% | 247 kPa(r) | 162 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 4       | 10,4 cm <sup>2</sup> | 6,0%  | 18,2 Kgf | 8,7%  | 255 kPa(r) | 172 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 4       | 10,3 cm <sup>2</sup> | 6,5%  | 15,7 Kgf | 8,4%  | 227 kPa(r) | 150 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M 5       | 13,7 cm <sup>2</sup> | 8,0%  | 16,0 Kgf | 7,7%  | 249 kPa(r) | 114 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M 5       | 12,8 cm <sup>2</sup> | 8,1%  | 13,1 Kgf | 7,0%  | 201 kPa(r) | 100 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M F       | 35,0 cm <sup>2</sup> | 20,4% | 23,2 Kgf | 11,1% | 143 kPa(r) | 65 kPa(r)   | <input checked="" type="checkbox"/>  M F       | 26,7 cm <sup>2</sup> | 16,8% | 13,0 Kgf | 6,9%  | 90 kPa(r)  | 48 kPa(r)   |
| <input checked="" type="checkbox"/>  M H       | 21,2 cm <sup>2</sup> | 12,4% | 33,2 Kgf | 15,9% | 303 kPa(r) | 153 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  M H       | 21,8 cm <sup>2</sup> | 13,8% | 32,7 Kgf | 17,5% | 274 kPa(r) | 147 kPa(r)  |
| <input checked="" type="checkbox"/>  L H       | 23,0 cm <sup>2</sup> | 13,4% | 32,2 Kgf | 15,4% | 271 kPa(r) | 137 kPa(r)  | <input checked="" type="checkbox"/>  L H       | 22,2 cm <sup>2</sup> | 14,0% | 28,6 Kgf | 15,3% | 238 kPa(r) | 126 kPa(r)  |

Εικόνα 5.138 Foot's Area Raftis

Για τον πρώτο εξεταζόμενο παρατηρούμε ότι οι περιοχές στα πόδια με την μεγαλύτερη πελματική πίεση είναι οι T1, T2, T3, T4, T5 των δακτύλων και οι περιοχές MH, LH της πτέρνας. Περιοχές με την μεγαλύτερη επιφάνεια είναι οι LH, MH, MF της πτέρνας και της καμάρας. Οι διαφορές που παρατηρούνται στα δύο πόδια κατά την βάδιση είναι στις πελματικές πιέσεις. Παρατηρούνται στο αριστερό μεγαλύτερες πιέσεις και δυνάμεις στις περιοχές LH, MH, M3, M4, M2 .

Για τον δεύτερο εξεταζόμενο οι περιοχές με την μεγαλύτερη πίεση πελματική είναι οι T1, T2, T3, T4, T5 των δακτύλων και οι περιοχές MH, LH της πτέρνας. Περιοχές με την μεγαλύτερη επιφάνεια είναι οι LH, MF, MH της πτέρνας και της καμάρας, οι M1, M2, T1. Οι περιοχές με την μεγαλύτερη επιφάνεια είναι οι T1, MF, MH, LH. Οι διαφορές που παρατηρούνται στα δύο πόδια κατά την βάδιση είναι στις πελματικές πιέσεις. Παρατηρούνται στο δεξί πόδι μεγαλύτερες πιέσεις και δυνάμεις σχεδόν σε όλα τα σημεία της πατούσας.

## Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα – Κριτική.

Στην παρούσα πτυχιακή υλοποιήθηκε η παραμετροποίηση βιοαισθητήρων με σκοπό την καταγραφή και την αξιολόγηση της βάδισης. Η βάδιση είναι ο βασικότερος τρόπος μετακίνησης. Εστιάζει στην καταγραφή και στην ανάλυση των κινητικών και κινηματικών χαρακτηριστικών, στις χωροχρονικές παράμετρους καθώς και στις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους.

Η καταγραφή και αξιολόγηση της βάδισης είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μπορεί να προσφέρει στην πρόληψη και στην αποθεραπεία τραυματισμών στον αθλητισμό, σε άτομα ηλικιωμένα με τραυματισμούς ή αναπηρίες ακόμα και στην αποφυγή πτώσεων, καθώς και σε άτομα που έχουν υποστεί ακρωτηριασμούς, εγκεφαλικές παραλύσεις, ή ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας.

Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας συγκεντρώθηκαν δεδομένα από 6 άτομα. Τα δεδομένα παρουσίαζαν κυρίως διαφορές μεταξύ τους όπως είναι φυσιολογικό αλλά και ομοιότητες. Οι ασθενείς εξετάστηκαν σε όλα σχεδόν τα πρωτόκολλα κίνησης και βάδισης και όλα τα αποτελέσματα φαίνονταν φυσιολογικά

Για την υλοποίηση της εφαρμογής η χρήση αισθητήρων και πλατφόρμας βάδισης καθίστανται απαραίτητα. Η εταιρεία της WIVA αποτελεί μία καλή λύση για την παρακολούθηση και αξιολόγηση της βάδισης. Τό σύστημα περιλαμβάνει μία πλατφόρμα βάδισης με αρκετούς αισθητήρες πίεσης καθώς και ένα αδρανειακό αισθητήρα (IMU) με ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο, γωνιόμετρο και μαγνητόμετρο. Ο αδρανειακός αισθητήρας προσφέρει αυτονομία, αφού μπορεί να πραγματοποιεί μετρήσεις για αρκετές ώρες. Από την άλλη η εφαρμογή Biomech Studio προσφέρει αρκετά πρωτόκολλα για την βάδιση και την κινητικότητα των αρθρώσεων. Επίσης η εφαρμογή σε συνδυασμό με τον πελματογράφο δίνει πληροφορίες για τις πελματικές πιέσεις, δυνάμεις και τις φάσεις βάδισης.

Το παρόν σύστημα μελλοντικά θα μπορούσε να παραμετροποιηθεί, έτσι ώστε να συνδυάζει την ταυτόχρονη λήψη δεδομένων τόσο από τον αισθητήρα IMU όσο και από τον πελματογράφο. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η λήψη περισσότερων πληροφοριών για την βάδιση. Ο συνδυασμός των στοιχείων και η απεικόνιση σε νέες γραφικές

παραστάσεις και πίνακες πληροφοριών μπορούν να αποδειχθούν πολύ χρήσιμες για την πρόληψη, αντιμετώπιση, ακόμα και την νέα στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει ο ασθενής.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- (1) Sequeira, M.M., et al., Physical activity assessment using a pedometer and its comparison with a questionnaire in a large population survey. American Journal of Epidemiology, 1995.**
- (2) Dugan, S.A. and K.P. Bhat, Biomechanics and analysis of running gait. Physical Medicine and Rehabilitation Clinic SOF North America, 2005.**
- (3) Dicharry, J., Kinematics and kinetics of gait: From lab to clinic. Clinics in Sports Medicine, 2010.**
- (4) Gage, J.R., Gait analysis in cerebral palsy. 1991, New York, NY: Mac Keith Press.**
- (5) Novacheck, T.F., The biomechanics of running. Gait & Posture, 1998.**
- (6) Ounpuu, S., The biomechanics of walking and running. Clinics in Sports Medicine,**
- (7) Ayyappa, E., Normal human locomotion, part 1: Basic concepts and terminology, Journal of Prosthetics and Orthotics, 1997.**
- 8) J. C. O. Christopher L. Vaughan, Brian L. Davis, Dynamics of Human Gait. Human Kinetics Publishers, 1992.**
- (9) Perry, J, Gait Analysis: Normal and Pathological Function. Slack Incorporated, 1992.**
- (10) Perry, J. and J.M. Burnfield, Gait analysis. Normal and pathological function. 2nd ed. 2010, Thorofare, NJ: SLACK Incorporated.**
- (11) Zijlstra, W. (2004). Assessment of spatio-temporal parameters during unconstrained walking. European Journal of Applied Physiology, 92(1-2), 39-44. Doi: 10.1007/s00421-004-1041-5.**
- (12) Whittle, M. W. (1996). Gait analysis: an introduction (2nd edition) (2nd Ed.). Oxford, U.K.: Butterworth - Heinemann.**
- (13) Novacheck, T.F., Walking, running, and sprinting: a three-dimensional analysis of kinematics and kinetics. Instructional course lectures, 1995.**

- (14) Ounpuu, S., The biomechanics of running: a kinematic and kinetic analysis. Instructional course lectures, 1990.
- (15) Schache, A.G., et al., The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running: A literature review. Gait and Posture, 1999.
- (16) Huang, Y., et al., The effects of stride length and stride frequency on trunk coordination in human walking. Gait and Posture, 2010.
- (17) Kuo, A. D., & Donelan, J. M. (2010). Dynamic principles of gait and their clinical implications. Physical Therapy, 90(2), 157-174. Doi: ptj.20090125 [pii] 10.2522/ptj.20090125.
- (18) Westbrook, M.H. Accelerometers. In Automotive Sensors; Westbrook, M.H., Turner, J.D., Eds.; Institute of Physics Publishers: Bristol, UK, 1994; pp. 150–174.
- (19) Weijun Tao, Tao Liu, Rencheng Zheng and Hutian Feng Gait Analysis Using Wearable Sensors.
- (20) J. V. Basmajian. Therapeutic Exercise, 3rd ed.; Williams &Wilkins: Baltimore 1978.
- (21) M. E. Johanson. Gait Laboratory: Structure and Data Gathering. In Human Walking, 2nd ed.; Rose, J.; Gamble, J. G., Eds.; Williams & Wilkins: Baltimore.
- (22) J. F. Nunes. Novel Computational Methodologies for Detailed Analysis and Simulation of Human Motion from Image Sequences. Ph.D. Dissertation, University of Porto, Porto, Portugal 2013.
- (23) Y. Blanc and U. Dimanico. History of the Study of Skeletal Muscle Function with Emphasis on Kinesiological Electromyography. Open Rehabil. J. 2010.
- (24) R. P. Schwartz and A. L. Heath. The Pneumographic Method of Recording Gait. J. Bone Joint Surg. 1932.
- (25) G. Carlet. Essai Exp\_erimentale sur la Locomotion Humaine. Ann. Sci. Naturelles Zool. 1872, 15, s\_erie 5.
- (26) M. Marey. De la Locomotion Terrestre chez les Biped\_es et les Quadrup\_edes. J. Anat. Physiol. Homme Anim. 1873.
- (27) E. Muybridge. Animals in Motion, 5th ed.; Chapman & Hall: London, 1925.
- (28) E. Muybridge. The Human Figure in Motion. Dover: New York, 1955.
- (29) A. Steindler. Kinesiology of the Human Body. Charles C Thomas: Springfield, IL, 1970.

- (30) C. W. Braune and O. Fischer. *Der Gang des Menschen. 1. Theil. Versuche am Umbelasteten und Belasteten*. S. Hirzel: Menschen, Leipzig, 1895.
- (31) H. D. Eberhart, et al. *Fundamental Studies of Human Locomotion and Other Information Relating to Design of Artificial Limbs*, Report to National Research Council, Committee on Artificial Limbs; University of California Berkeley, 1947.
- (32) Anonymous. *The Modern Era*. In *History of the Study of Locomotion*, Available Online: <http://www.clinicalgaitanalysis.com/history/modern.html> (last accessed: Jan. 30, 2015).
- (33) M. P. Murray, A. B. Drought, and R. C. Kory. *Walking Patterns of Normal Men*. J. Bone Joint Surg. 1964.
- (34) D. A. Winter. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, 2nd ed.; John Wiley & Sons: New York, 1990.
- (35) A. Muro-de-la-Herran, B. Garcia-Zapirain, and A. Mendez-Zorrilla. *Gait Analysis Methods: An Overview of Wearable and Non-Wearable Systems, Highlighting Clinical Applications*. Sensors 2014.
- (36) Kirtley, C., *Clinical gait analysis. Theory and practice*. 2006: Elsevier, Churchill Livingstone.
- (37) Baker, R., *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis*. 2013, UK: Mac Keith Press.
- (38) Stolze, H.; Klebe, S.; Petersen, G.; Raethjen, J.; Wenzelburger, R.; Witt, K.; Deuschl, G. Typical features of cerebellar ataxic gait. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 2002, 73, 310–312.
- (39) Gehlsen, G.; Beekman, K.; Assmann, N.; Winant, D.; Seidle, M.; Carter, A. Gait characteristics in multiple sclerosis: progressive changes and effects of exercise on parameters. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1986, 67, 536–539.
- (40) Waters, D.L.; Hale, L.; Grant, A.M.; Herbison, P.; Goulding, A. Osteoporosis and gait and balance disturbances in older sarcopenic obese New Zealanders. *Osteoporos. Int.* 2010, 21, 351–357.
- (41) Arana-Arri, E.; Gutiérrez-Ibarluzea, I.; Ecenarro Mugaguren, A.; Asua Batarrita, J. Prevalence of certain osteoporosis-determining habits among post menopausal women in the Basque Country, Spain, in 2003 (in Spanish). *Rev. Esp. Salud Pública* 2007, 81, 647–656.

- (42) DeLuca PA, Davis RB 3rd, Ounpuu S, Rose S, Sirkin R. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis.
- (43) Mathias, S.; Nayak, U.S.; Isaacs, B. Balance in elderly patients: The —get-up and go test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1986.
- (44) Wolfson, L.; Whipple, R.; Amerman, P.; Tobin, J.N. Gait assessment in the elderly: A gait abnormality rating scale and its relation to falls. *J. Gerontol.* 1990.
- (45) Fried, A.V.; Cwikel, J.; Ring, H.; Galinsky, D. ELGAM-extra-laboratory gait assessment method: Identification of risk factors for falls among the elderly at home. *Int. Disabil. Stud.* 1990.
- (46) Pratheepan, Y.; Condell, J.V.; Prasad, G. The Use of Dynamic and Static Characteristics of Gait for Individual Identification. In *Proceedings of 13th International Machine Vision and Image Processing Conference*, Dublin, Ireland, 2–4 September 2009.
- (50) Lexyne L. McNealy, Steven A. Gard: Effect of prosthetic ankle units on the gait of persons with bilateral trans-femoral amputations.
- (47) Chang, P.C.; Tien, M.C.; Wu, J.L.; Hu, C.S. Real-Time Gender Classification from Human Gait for Arbitrary View Angles. In *Proceedings of 2009 11th IEEE International Symposium on Multimedia*, San Diego, CA, USA, 14–16 December 2009.
- (48) Arias-Enriquez, O.; Chacon-Murguia, M.I.; Sandoval-Rodriguez, R. Kinematic Analysis of Gait Cycle Using a Fuzzy System for Medical Diagnosis. In *Proceedings of 2012 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS)*, Berkeley, CA, USA, 6–8 August 2012.
- (49) Iwashita, Y.; Kurazume, R.; Ogawara, K. Expanding Gait Identification Methods from Straight to Curved Trajectories. In *Proceedings of 2013 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV)*, Tampa, FL, USA, 15–17 January 2013.
- (51) Muramatsu, D.; Shiraishi, A.; Makihara, Y.; Yagi, Y. Arbitrary View Transformation Model for Gait Person Authentication. In *Proceedings of 2012 IEEE 5th International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS)*, Arlington, VA, USA, 23–27 September 2012.

- (52) B.S.Cigali, E.Ulucam, A.Yılmaz1, M.Cakıroglu COMPARISON OF ASYMMETRIES IN GROUND REACTION FORCE PATTERNS BETWEEN NORMALHUMAN GAIT AND FOOTBALL PLAYERS.
- (53) Henry G Chambers A Practical Guide to Gait Analysis. Article in the Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons- May 2002. (<https://www.researchgate.net/publication/11331117>).
- (54) Ashwa El-Bendary, Qing Tan, Frédérique C. Pivot, Anthony Lam, FALL DETECTION AND PREVENTION FOR THE ELDERLY: A REVIEW OF TRENDS AND CHALLENGES.
- (55) Piyush GuptaTim Dallas, Feature selection and activity recognition system using a single triaxial accelerometer 28 March 2014.
- (56) Johansson, G.: ‘Visual perception of biological motion and a model for its analysis’, *Percept. Psychophys.* 1973.
- (57) A.Derbel, D.Vivet, Bruno Emile: Access control based on gait analysis and face recognition.
- (58) Tao, W.; Liu, T.; Zheng, R.; Feng, H. Gait analysis using wearable sensors. *Sensors* 2012, 12, 2255–2283.
- (59) Abdul Razak, A.H.; Zayegh, A.; Begg, R.K.; Wahab, Y. Foot plantar pressure measurement system: A review. *Sensors* 2012.
- (60) Howcroft, J.; Kofman, J.; Lemaire, E.D. Review of fall risk assessment in geriatric populations using inertial sensors. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2013.
- 61) Zhang, J.T.; Novak, A.C.; Brouwer, B.; Li, Q. Concurrent validation of Xsens MVN measurement of lower limb joint angular kinematics. *Physiol. Meas.* 2013.
- (62) Gouwanda, D.; Senanayake, S.M.N.A. Emerging Trends of Body-Mounted Sensors in Sports and Human Gait Analysis. In 4th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2008; Osman, N.A.A., Ibrahim, F., Abas, W.A.B.W., Rahman, H.S.A., Ting, H.N., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2008; Volume 21.
- (63) Di Stasi, S.L.; Logerstedt, D.; Gardinier, E.S.; Snyder-Mackler, L. Gait patterns differ between ACL-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail. *Am. J. Sports Med.* 2013.

- 64) Robertson, G.; Kamen, G.; Caldwell, G.; Hamill, J.; Whittlesey, S. **Research Methods in Biomechanics** (2nd Edition). Available online: <http://www.humankinetics.com/products/all-products/research-methods-in-biomechanics-2nd-edition> (accessed on 3 December 2013).
- (65) Middleton, L.; Buss, A.A.; Bazin, A.; Nixon, M.S. A Floor Sensor System for Gait Recognition. In **Proceedings of 2005 4th IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies**, Buffalo, NY, USA, 17–18 October 2005.
- (66) Leusmann, P.; Mollering, C.; Klack, L.; Kasugai, K.; Ziefle, M.; Rumpe, B. Your Floor Knows Where You Are: Sensing and Acquisition of Movement Data. In **Proceedings of 2011 12th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)**, Luleå, Sweden, 6–9 June 2011.
- (68) BTS Bioengineering. Available online: <http://www.btsbioengineering.com/products/integrated-solutions/bts-gaitlab/> (28 November 2013).
- (69) Cutter, G.R.; Baier, M.L.; Rudick, R.A.; Cookfair, D.L.; Fischer, J.S.; Petkau, J.; Syndulko, K.; Weinshenker, B.G.; Antel, J.P.; Confavreux, C.; et al. Development of a multiple sclerosis functional composite as a clinical trial outcome measure. *Brain* 1999.
- (70) Tinetti, M.E. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1986.
- (71) Mathias, S.; Nayak, U.S.; Isaacs, B. Balance in elderly patients: The -get-up and go test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1986.
- (72) Wolfson, L.; Whipple, R.; Amerman, P.; Tobin, J.N. Gait assessment in the elderly: A gait abnormality rating scale and its relation to falls. *J. Gerontol.* 1990.
- (73) Fried, A.V.; Cwikel, J.; Ring, H.; Galinsky, D. ELGAM-extra-laboratory gait assessment method: Identification of risk factors for falls among the elderly at home. *Int. Disabil. Stud.* 1990.
- (74) Rose, J. and J.G. Gamble, eds. **Human walking**. 3rd ed. 2006, Lippincott Williams & Wilkins.
- (75) Sutherland, D. H., Kaufman, K. R., & Moitoza, J. R. (Ed.). (1994). Kinematics of normal human walking in **Human Walking** (2nd edition), J. Rose & J. G. Gamble (Eds). Baltimore, MD: WilliamsandWilkins.23-44.
- (76) Cavanagh, P.R., ed. **Biomechanics of distance running**. 1990, Human Kinetics: Champaign, Illinois.

