



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού και χρήση τεχνικών  
ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων για την ανάλυση  
απεικονιστικών ευρημάτων ορθοπεδικού ενδιαφέροντος**

Ρενάτα - Γεωργία Η. Ράιδου

**Επιβλέπουσα:** Κωνσταντίνα Νικήτα  
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούνιος 2010





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού και χρήση τεχνικών  
ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων για την ανάλυση  
απεικονιστικών ευρημάτων ορθοπεδικού ενδιαφέροντος**

Ρενάτα - Γεωργία Η. Ράιδου

**Επιβλέπουσα:** Κωνσταντίνα Νικήτα  
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 23<sup>η</sup> Ιουνίου 2010

.....  
Κ. Νικήτα  
Καθηγήτρια ΕΜΠ

.....  
Δ. Κουτσούρης  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Γ. Ματσόπουλος  
Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2010

.....  
Ρενάτα – Γεωργία Η. Ράιδου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ρενάτα – Γεωργία Η. Ράιδου, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Οι ορθοπεδικές ασθένειες που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία (επιφυσιολίσθηση, Legg-Calve-Perthes και Blount) αποτελούν μη μικροβιακές παθήσεις των κάτω άκρων που προσβάλλουν κατά κύριο λόγο παιδιά. Συγκεκριμένα, η πρώτη εξ αυτών είναι μια παθογενής κατάσταση που επηρεάζει εφήβους ηλικίας μεταξύ 12 και 16 ετών και στην οποία το κέντρο ανάπτυξης του ισχίου, δηλαδή η επίφυση της μηριαίας κεφαλής, ολισθαίνει προς τα πίσω, γεγονός που αν δεν αντιμετωπιστεί μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα στην άρθρωση. Όσον αφορά τη δεύτερη ασθένεια, προκύπτει ως συνέπεια μιας ισχαιμικής νέκρωσης της άνω μηριαίας επίφυσης της κεφαλής του μηριαίου οστού και προσβάλλει κυρίως παιδιά μεταξύ 3 και 12 ετών, με μεγαλύτερη συχνότητα στις ηλικίες μεταξύ 4 και 8. Τέλος, για την τρίτη ασθένεια, αν και η συγκεκριμένη νόσος δεν έχει σαφή αιτιολογία, μπορούμε να πούμε ότι οφείλεται κυρίως σε κάποια διαταραχή κατά την ανάπτυξη του ανώτατου τμήματος του οστού της κνήμης και καθώς το παιδί βαδίζει, η αυξανόμενη καταπόνηση και πίεση που ασκείται στο οστό επιβραδύνει ή σταματά τελείως την ανάπτυξη του οστού.

Οι ασθένειες αυτές εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης, κυρίως λόγω της δυσκολίας κατανόησης της παθογένεσής της και του τρόπου με τον οποίο εξελίσσεται. Επιπλέον, έχει καταβληθεί έντονη προσπάθεια για να προσδιοριστούν ποιές από τις αλλοιώσεις που προκαλεί η καθεμιά ασθένεια, μπορούν να αποτελέσουν κριτήριο που να περιγράφει εξελικτικά τη νόσο και να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της κατάλληλης θεραπευτικής παρέμβασης.

Στη διπλωματική αυτή εργασία που εκπονήθηκε κατά την περίοδο Οκτωβρίου 2009-Ιουνίου 2010, το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως σε αυτή την τελευταία προσπάθεια. Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και με τη χρήση τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας πραγματοποιούνται μετρήσεις ήδη υπάρχοντων δεικτών με σκοπό τη βελτιστοποίησή τους από άποψη ακρίβειας και εισάγονται νέοι δείκτες με σκοπό την καλύτερη πρόβλεψη της πορείας της νόσου. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε ακτινογραφίες, αφού αυτή είναι η κύρια μέθοδος παρακολούθησης της εξέλιξης της ασθένειας.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε αποτελείται από δύο βασικά μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά στο γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με το χρήστη ενώ

το δεύτερο μέρος αφορά στην υλοποίηση μαθηματικών εργαλείων και αλγορίθμων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων. Υλοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0, ενώ για την αποθήκευση και την περαιτέρω επεξεργασία των αποτελεσμάτων του λογισμικού δημιουργήθηκε κατάλληλη βάση δεδομένων (Microsoft Excel), έτσι ώστε να παρέχεται στο χρήστη επιπλέον η δυνατότητα άμεσης στατιστικής ανάλυσης και εξαγωγής διαγραμμάτων. Το λογισμικό αναπτύχθηκε με βάση την αντικειμενοστραφή (object oriented) λογική που απαιτείται για Multitasking προγραμματισμό και έχει τρεις βασικούς άξονες: Ο πρώτος άξονας αφορά στις διαδικασίες διαχείρισης των εικόνων όπως: ανάγνωση και παρουσίαση εικόνων, αποθήκευση μεταβολών, έξοδος από το πρόγραμμα. Ο δεύτερος άξονας του λογισμικού περιλαμβάνει τα ειδικά εργαλεία επεξεργασίας εικόνας που αναπτύχθηκαν για την εξαγωγή της χρήσιμης πληροφορίας από κάθε ακτινογραφία. Ο τρίτος άξονας του λογισμικού τυποποιεί την ήδη υπάρχουσα διαδικασία που ακολουθεί ο ορθοπεδικός για τη διεξαγωγή μετρήσεων επί των ακτινογραφιών και υπολογίζει χρήσιμους δείκτες.

Πιο αναλυτικά, στο 1ο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται το απαραίτητο ανατομικό υπόβαθρο, για την ευκολότερη κατανόηση του αναγνώστη των ακόλουθων κεφαλαίων, όπου περιγράφεται η δομή των οστών της ευρύτερης περιοχής των κάτω άκρων. Στη συνέχεια, στο 2ο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια εμπιομηχανική θεώρηση των δυο μελετούμενων αρθρώσεων – του ισχίου και του γονάτου – για την ανάλυση της κίνησής τους. Από το 3ο έως και το 5ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι μελετούμενες ασθένειες, ενώ στο 6ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά σημεία της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία κατά την ανάλυση των ακτινογραφικών δεδομένων, καθώς επίσης γίνεται εκτεταμένη παρουσίαση της ανάπτυξης του λογισμικού. Στο 7ο κεφάλαιο παρατίθεται ένα εγχειρίδιο του λογισμικού. Τέλος, το 8ο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα πειραματικά και στατιστικά αποτελέσματα της εφαρμογής του λογισμικού.

### **Λέξεις Κλειδιά**

επιφυσιολογία, Legg-Calve-Perthes, Blount, τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας ιατρικών εικόνων, ανάλυση ορθοπεδικών απεικονιστικών ευρημάτων

## **Abstract**

The orthopedic diseases discussed in this thesis (Slipped capital femoral epiphysis, Legg-Calve-Perthes and Blount) are non-microbial diseases of the lower extremities affecting predominantly children. Specifically, the first of these is a pathogenic condition that affects teenagers aged between 12 and 16 years and in which the development center of the hip, the epiphysis of the femoral head, slid back, fact that if untreated can lead to serious problems in the joints. Regarding the second disease, it arises as a consequence of ischemic necrosis of the upper femoral epiphysis of the femoral head and affects mainly children between 3 and 12 years, more frequently between the ages of 4 and 8. Finally, the third disease, although it has no clear reasons, we can state that is mainly provoked due to a disturbance in the development of the upper part of the tibia bone and as the child walks, the increasing stress and pressure on the bone slows or stops completely its development.

These diseases still remain the subject of extensive study, mainly because of the difficulty in understanding the pathogenesis and how they evolve. Furthermore, it has been tried to identify which of the changes caused by each disease may be a criterion to describe them evolutionary and can be used for the determination of an appropriate therapeutic intervention.

This thesis, elaborated during the period of October 2009-June 2010, focuses mainly on the latter effort. Measurements of existing indicators were made using a computer and image processing techniques, in order to optimize them in terms of accuracy and new indicators were introduced to enhance the prediction of the course of the disease. All measurements were made at X-rays, since this is the main method of monitoring the progression of the disease.

The developed software consists of two basic parts. The first part deals with the graphical environment created for the communication and interaction with the user, while the second part concerns the implementation of mathematical tools and algorithms of digital image processing. The software was implemented in programming language Visual Basic 6.0, and a suitable database (Microsoft Excel) was created for the storage and further processing of the results of the software to provide the user with the opportunity of an immediate statistical analysis and diagrams exportation. Three axes were taken into consideration at the basis of the

object oriented requirement of Multitasking programming. The first one concerns the procedures for the management of images. The second one includes the specific image processing tools developed for the extraction of useful information from each radiograph. The last one standardizes existing procedures used by the orthopedist in order to perform measurements on radiographs, and calculate useful indicators.

More specifically, the 1st Chapter of the thesis, which describes the structure of the bone region of the lower extremities, sets the essential anatomical basis for an easier understanding of the reader of the following chapters. In Chapter 2, we present a biomechanical view of the two joints - the hip and knee - to analyze their movement. From the 3rd up to the 5th Chapter the diseases are presented thoroughly, while the 6th Chapter sets out the main points of digital image processing used in this work during the analysis of radiographic data and an extended demonstration of the software development. The 7th Chapter is a detailed manual for the use of the software. Finally, the 8th Chapter presents the experimental and statistical results of the software application.

## **Keywords**

Slipped capital femoral epiphysis, Legg-Calve-Perthes, Blount, techniques of digital medical image processing, analysis of orthopedic imaging findings



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου, κυρία Κωνσταντίνα Νικήτα, για την εποικοδομητική συνεργασία μας, την υποστήριξή της και την ευκαιρία που έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ και στον κύριο Νικόλαο Μουραβλιάνσκι για τη συνεργασία, την καθοδήγηση και τη βοήθειά του σχετικά με το τμήμα της διπλωματικής που αφορούσε την ανάπτυξη του λογισμικού.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω και το προσωπικό του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού» τους κυρίους Γ. Πασπαράκη, Ν. Μαρκέα, Κ. Πιστεύο, Χ. Πατρικαρέα και Π. Λύγδα.

Ευχαριστώ τους καλούς μου φίλους, Γεωργία, Δώρα, Ηρακλή, Μαριλένα και Μίνο, για την αγάπη τους και τη συμπαράστασή τους.

Θέλω από τα βάθη της καρδιάς μου να ευχαριστήσω, τη Ρίτα και τον Ηλία, τους γονείς μου, που μ' αγαπούν τόσο πολύ και με στήριξαν, καθ' όλη τη διάρκεια της μέχρι τώρα ζωής μου και κυρίως σ' αυτόν τον πολύ όμορφο κύκλο της ζωής μου που τώρα κλείνει, κάνοντάς με να συνειδητοποιήσω για ακόμα μια φορά πως έχω τους καλύτερους γονείς του κόσμου.

Η διπλωματική μου εργασία αφιερώνεται στον αγαπημένο μου παππού Νικόλα.

Ρενάτα Ράιδου



## Περιεχόμενα

### Κεφάλαιο 1: Ανατομική των κάτω άκρων του ανθρώπινου σώματος

1.1	Εισαγωγή.....	3
1.2	Ο σκελετός των κάτω άκρων.....	3
1.2.1	Ο σκελετός της πυελικής ζώνης.....	3
1.2.1.1	Το ανώνυμο οστού.....	3
1.2.1.1.1	Τα χείλη του ανώνυμου οστού.....	4
1.2.1.1.2	Η έξω επιφάνεια του ανώνυμου οστού.....	5
1.2.1.1.3	Η έσω επιφάνεια του ανώνυμου οστού.....	6
1.2.1.2	Η πύελος.....	7
1.2.2	Το μηριαίο οστού.....	10
1.2.2.1	Το άνω άκρο του μηριαίου οστού.....	11
1.2.2.2	Το σώμα του μηριαίου οστού.....	12
1.2.2.3	Το κάτω άκρο του μηριαίου οστού.....	12
1.2.3	Η επιγονατίδα και ο σκελετός της κνήμης.....	13
1.2.3.1	Η επιγονατίδα.....	13
1.2.3.2	Ο σκελετός της κνήμης (κνήμη και περόνη).....	14
1.3	Οι αρθρώσεις των κάτω άκρων.....	15
1.3.1	Οι αρθρώσεις της πυελικής ζώνης.....	15
1.3.1.1	Η ηβική σύμφυση.....	15
1.3.1.2	Η ιερολαγόνια άρθρωση.....	16
1.3.1.3	Ανεξάρτητοι σύνδεσμοι μεταξύ πυέλου και σπονδυλικής στήλης.....	17
1.3.2	Η διάρθρωση του ισχίου.....	17
1.3.3	Οι αρθρώσεις της κνήμης.....	20
1.3.3.1	Η κατά γόνυ διάρθρωση ή διάρθρωση του γόνατος.....	20

### Κεφάλαιο 2: Εμβιομηχανική θεώρηση της κίνησης της ισχιακής άρθρωσης και της άρθρωσης του γονάτου

2.1	Εισαγωγή.....	23
2.2	Μοντέλα προσομοίωσης των αρθρώσεων.....	23
2.2.1	Αναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης των αρθρώσεων.....	23

2.2.2	Υπολογιστικά μοντέλα προσομοίωσης των αρθρώσεων.....	24
2.2.3	Δομικά μοντέλα για οστά και χόνδρους.....	25
2.3	Μηχανική φόρτιση και τάση.....	25
2.4	Η άρθρωση του ισχίου.....	26
2.4.1	Επίδραση της μηχανικής τάσης σε ώριμη σκελετική δομή ισχίου.....	27
2.4.2	Φόρτιση του άνω άκρου του μηριαίου οστού σε φυσιολογικές συνθήκες..	27
2.4.3	Τάση στο άνω άκρο του μηριαίου οστού σε φυσιολογικές συνθήκες.....	29
2.4.4	Μελέτη της κίνησης του ισχίου.....	29
2.5	Η άρθρωση του γονάτου.....	33
2.5.1	Δυνάμεις που ασκούνται στην άρθρωση του γονάτου.....	33
2.5.2	Μελέτη της κίνησης της άρθρωσης του γονάτου.....	37
2.5.3	Μοντελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου.....	41
2.5.3.1	Μοντελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου με έμβολο (πιστόνι).....	41
2.5.3.2	Μοντελοποίηση της περιστροφικής κίνησης της άρθρωσης του γονάτου.....	42
2.5.3.3	Μοντελοποίηση της απορρόφησης των κραδασμών από την άρθρωση του γονάτου.....	43

### **Κεφάλαιο 3: Επιφυσιολίσθηση μηριαίας κεφαλής (Slipped Capital Femoral Epiphysis or Epiphysiolisthesis or SCFE)**

3.1	Εισαγωγή.....	45
3.2	Επιδημιολογία.....	45
3.3	Συμπτωματολογία.....	46
3.4	Παθοφυσιολογία.....	47
3.5	Κατάταξη των ασθενών.....	48
3.6	Ευρήματα στις Ιατρικές Απεικονίσεις.....	50
3.6.1	Ακτινογραφία.....	50
3.6.2	Ακτινογραφικά ευρήματα της SCFE.....	51
3.7	Θεραπεία.....	52
3.7.1	Συντηρητική θεραπεία.....	52
3.7.2	Επεμβατική θεραπεία.....	52
3.8	Συμπεράσματα.....	54

## **Κεφάλαιο 4: Οστεοχονδρίτιδα της άνω μηριαίας επίφυσης (Ασθένεια Legg-Calve-Perthes ή LCPD)**

4.1	Εισαγωγή.....	55
4.2	Επιδημιολογία.....	55
4.3	Συμπτωματολογία.....	56
4.4	Παθοφυσιολογία.....	56
4.4.1	Φυσιολογία της αναπτυσσόμενης μηριαίας κεφαλής.....	56
4.4.2	Αιτιολογία.....	57
4.4.3	Παθολογικά στάδια της ασθένειας.....	58
4.4.4	Κατάταξη των ασθενών.....	60
4.4.4.1	Κατάταξη κατά Catterall (1971).....	60
4.4.4.2	Κατάταξη κατά Herring (1992).....	64
4.4.4.3	Κατάταξη κατά Salter-Thompson (1984).....	64
4.4.4.4	Κατάταξη κατά Stulberg.....	65
4.5	Ευρήματα στις Ιατρικές Απεικονίσεις.....	65
4.5.1	Ακτινογραφία.....	65
4.6	Θεραπεία.....	67
4.6.1	Οξύ στάδιο θεραπείας.....	67
4.6.2	Μακροχρόνια Θεραπεία.....	67
4.6.3	Αλγόριθμος θεραπείας της Perthes' με βάση την ηλικία και την κατάσταση του ασθενούς.....	68
4.7	Εσφαλμένη διάγνωση.....	69
4.8	Συμπερασματικά.....	70

## **Κεφάλαιο 5: Ασθένεια του Blount (Tibia vara ή Ραιβογωνία)**

5.1	Εισαγωγή.....	71
5.2	Επιδημιολογία.....	71
5.3	Συμπτωματολογία.....	73
5.4	Παθοφυσιολογία.....	74
5.5	Κατατάξεις Ασθενών.....	75
5.5.1	Κατάταξη με βάση την ηλικία του ασθενούς.....	76
5.5.2	Κατάταξη του Langeskiold.....	76
5.5.3	Κατάταξη με βάση τη θεραπεία.....	77

5.6 Ευρήματα στις Ιατρικές Απεικονίσεις.....	78
5.6.1 Η μηροκνημιαία γωνία.....	80
5.6.2 Η μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία.....	81
5.7 Θεραπεία.....	82
5.8 Συμπεράσματα.....	84

## **Κεφάλαιο 6: Εφαρμογή τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας για την εκτίμηση ακτινολογικών ευρημάτων σε ορθοπεδικές ασθένειες**

6.1 Εισαγωγή.....	85
6.2 Αρχές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας.....	87
6.3 Μορφολογικά φίλτρα.....	88
6.3.1 Μορφολογική δυαδική διαστολή (dilation).....	88
6.3.2 Μορφολογική δυαδική συστολή (erosion).....	89
6.3.3 Οι μορφολογικοί τελεστές διάνοιξης (opening) και πλήρωσης (closing)...	90
6.3.4 Μορφολογικό περίγραμμα (contour).....	90
6.4 Αλγόριθμος εξαγωγής περιγράμματος, επιφανείας και κέντρου βάρους της κεφαλής του μηριαίου.....	91
6.5 Αλγόριθμος ημιαυτόματης εξαγωγής αξόνων.....	95
6.6 Ανάπτυξη ειδικών εργαλείων επεξεργασίας εικόνας.....	97
6.6.1 Χάραξη γραμμών, παραλλήλων και κάθετων σε γραμμή, μέτρηση γωνιών και αποστάσεων και εύρεση συγκεκριμένου σημείου πάνω στην ακτινογραφία.....	97
6.6.2 Ημιαυτόματη εξαγωγή περιγράμματος, εμβαδού επιφανείας και κέντρου βάρους της κεφαλής μηριαίου.....	97
6.6.3 Προσδιορισμός αξόνων αυχένα και διάφυσης μηριαίου.....	97
6.6.4 Ημιαυτόματη σχεδίαση κύκλων και ελλείψεων και προσδιορισμός χρήσιμων στοιχείων τους.....	97
6.6.4.1 Προσδιορισμός γεωμετρικών κέντρων και ακτίνων κεφαλής μηριαίου και κοτύλης.....	97
6.6.4.2 Χάραξη έλλειψης προσέγγισης κεφαλής μηριαίου.....	98
6.6.5 Ημιαυτόματη εύρεση λόγου αποστάσεων.....	98

6.6.6 Ημιαυτόματη εύρεση λόγου εμβαδών επιφανειών.....	99
6.7 Μέτρηση παραμέτρων για την SCFE.....	99
6.7.1 Διαφορά ύψους μηριαίας κεφαλής και μείζονα τροχαντήρα.....	99
6.7.2 Μήκος του άνω χείλους μηριαίου αυχένα.....	99
6.7.3 Γωνία μεταξύ μηριαίας επίφυσης και επιμήκους άξονα μηριαίας διάφυσης.....	99
6.7.4 Λόγος ολίσθησης μηριαίας κεφαλής.....	99
6.8 Μέτρηση παραμέτρων για την LCPD.....	99
6.8.1 Η Η-γραμμή.....	99
6.8.2 Η επιφάνεια της κεφαλής του μηριαίου (S).....	100
6.8.3 Η κλίση της επιφάνειας φόρτισης WBS (WBS Inclination - WBSI).....	100
6.8.4 Η προβολή της επιφάνειας φόρτισης WBS (WBS Projection - WBSP)....	100
6.8.5 Ο δείκτης ελλειπτικότητας (EI).....	100
6.8.6 Η οριζόντια μετατόπιση (Horizontal Displacement - (HD)).....	100
6.8.7 Ο λόγος ύψος / πλάτος κεφαλής (R).....	101
6.8.8 Το υπεράνω κενό διάστημα (Sup Joint Space - SJS).....	101
6.8.9 Η κλίση του άξονα του μηριαίου (AX).....	101
6.8.10 Η αυχενοδιαφυσική γωνία (Neck - Shaft Angle - NSA).....	101
6.8.11 Κέντρο (C1) και ακτίνα (R1) μηριαίας κεφαλής - Κέντρο (C2) και ακτίνα (R2) κοτύλης.....	101
6.8.12 Η γωνία WBS-C1-C2.....	102
6.9 Μέτρηση παραμέτρων για την νόσο Blount.....	102
6.9.1 Η μηροκνημιαία γωνία.....	102
6.9.2 Η μεταφυσιοδιαφυσική γωνία.....	102

## **Κεφάλαιο 7: Εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος Nikita2.exe**

7.1 Εισαγωγή.....	103
-------------------	-----

7.2	Ανοίγοντας το πρόγραμμα.....	103
7.3	Για την Legg-Calve-Perthes.....	104
7.4	Για την Slipped Capital Femoral Head.....	105
7.5	Για την Blount disease.....	106
7.6	Εμφάνιση της φόρμας μετρήσεων.....	107
7.7	Για να ανοίξουμε ένα αρχείο.....	108
7.8	Για να σώσουμε ένα αρχείο με τις μετρήσεις που έχουν γίνει πάνω σε αρχείο...	108
7.9	Ανάλυση της χρήσης των διάφορων εργαλείων του μενού Tools.....	109
7.9.1	Εργαλείο Angle.....	109
7.9.2	Εργαλείο Area.....	110
7.9.3	Εργαλείο Ax.....	111
7.9.4	Εργαλείο Circle.....	113
7.9.5	Εργαλείο Connect Centers.....	114
7.9.6	Εργαλείο Distance.....	115
7.9.7	Εργαλείο Line.....	116
7.9.8	Εργαλείο Parallel.....	117
7.9.9	Εργαλείο Point.....	118
7.9.10	Εργαλείο Ratio.....	118
7.9.11	Εργαλείο Surface Ratio.....	119
7.9.12	Εργαλείο Vertical.....	121
7.10	Καταχώρηση των στοιχείων του ασθενούς.....	122
7.11	Βάση δεδομένων database.xls.....	122
7.12	Παράδειγμα χρήσης του λογισμικού για την SCFE.....	124

## **Κεφάλαιο 8: Επεξεργασία των μετρήσεων & Πειραματικά αποτελέσματα**

8.1	Εισαγωγή.....	139
8.2	Επεξεργασία Μετρήσεων και Πειραματικά Αποτελέσματα για την επιφυσιολίσθηση.....	139
8.2.1	Αποτελέσματα μετρήσεων για την επιφυσιολίσθηση.....	139
8.2.2	Στατιστική μελέτη των δεικτών της επιφυσιολίσθησης.....	140
8.2.2.1	Για τον δείκτη ATD (διαφορά ύψους μηριαίας κεφαλής και μείζονα τροχαντήρα).....	140
8.2.2.2	Για τον δείκτη B (μήκος του άνω χείλους αυχένα).....	141



8.2.2.3	Για τον δείκτη F (γωνία μεταξύ μηριαίας επίφυσης και επιμήκους άξονα μηριαίας διάφυσης).....	142
8.2.2.4	Για τον δείκτη slip ratio (λόγος ολίσθησης κεφαλής).....	143
8.3	Επεξεργασία Μετρήσεων και Πειραματικά Αποτελέσματα για την Legg-Calve-Perthes.....	144
8.3.1	Αποτελέσματα μετρήσεων για την Legg-Calve-Perthes.....	144
8.3.2	Στατιστική μελέτη των δεικτών της Legg-Calve-Perthes'.....	145
8.3.2.1	Για τον δείκτη R1 (ακτίνα της μηριαίας κεφαλής).....	145
8.3.2.1	Για τον δείκτη R2 (ακτίνα της κοτύλης).....	146
8.3.2.1	Για τον δείκτη R (λόγος του ύψους προς το πλάτος της μηριαίας κεφαλής).....	147
8.3.2.1	Για τον δείκτη EI (δείκτης ελλειπτικότητας).....	148
8.3.2.1	Για τον δείκτη HD (οριζόντια μετατόπιση).....	149
8.3.2.1	Για το δείκτη S (επιφάνεια της κεφαλής του μηριαίου).....	150
8.3.2.1	Για το δείκτη SJS (υπεράνω κενό διάστημα).....	151
8.3.2.1	Για το δείκτη Ax Angle (κλίση του άξονα του μηριαίου).....	152
8.3.2.1	Για το δείκτη NSA (αυχνοδιαφυσική γωνία).....	152
8.3.2.1	Για το δείκτη WBSF (προβολή της επιφάνειας φόρτισης).....	153
8.3.2.1	Για το δείκτη WBSI (κλίση της επιφάνειας φόρτισης).....	154
8.3.2.1	Για το δείκτη WBS-C1C2 (γωνία ευθείας κέντρων κοτύλης και κεφαλής και ευθείας της επιφάνειας φόρτισης).....	155
8.4	Επεξεργασία Μετρήσεων και Πειραματικά Αποτελέσματα για την Blount.....	156
8.4.1	Αποτελέσματα μετρήσεων για την Blount.....	156
8.4.2	Στατιστική μελέτη των δεικτών της Blount.....	157
8.4.2.1	Για τη μηροκνημιαία γωνία.....	157
8.4.2.2	Για τη μεταφυσιδιαφυσική γωνία.....	158
8.5	Συμπεράσματα.....	158
	<b>Παράρτημα: Κώδικας του λογισμικού Nikita2.exe.....</b>	<b>159</b>
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>195</b>



## **Ευρετήριο Σχημάτων**

### **Κεφάλαιο 1: Ανατομική των κάτω άκρων του ανθρώπινου σώματος**

Σχ.1.1 Έξω επιφάνεια του δεξιού ανώνυμου οστού (H. Rouviere)

Σχ.1.2 Έσω επιφάνεια του δεξιού ανώνυμου οστού (H. Rouviere)

Σχ.1.3 Η γυναικεία πύελος από εμπρός (L.Testut-A.Latarjet)

Σχ.1.4 Οστέινη γυναικεία πύελος με τους συνδέσμους της και τις διαμέτρους (A.Hafferl)

Σχ.1.5 Γυναικεία πύελος σε οβελιαία διατομή: τα χαρακτηριστικά μεγέθη της (G. Heidegger)

Σχ.1.6 Το δεξιό μηριαίο οστό από εμπρός και από πίσω αντίστοιχα (H.Rouviere)

Σχ.1.7 Ο σκελετός της αριστερής κνήμης (A.Benninghoff)

Σχ.1.8 Οι αρθρώσεις της πυελικής ζώνης και η διάρθρωση του ισχίου (A. Benninghoff)

Σχ.1.9 Το δεξιό ημιμόριο της πυέλου μαζί με τους συνδέσμους της (Dalla Rosa)

Σχ.1.10 Η δεξιά κατ' ισχίον διάρθρωση σε κατά μέτωπο διατομή (W.Spalteholz)

Σχ.1.11 Πρόσθια επιφάνεια της δεξιάς διάρθρωσης του ισχίου (W.Spalteholz)

Σχ.1.12 Οβελιαία τομή της δεξιάς διάρθρωσης του γόνατος (Gray's Anatomy)

Σχ.1.13 Η δεξιά διάρθρωση του γόνατος από μπροστά (W. Spalteholz)

### **Κεφάλαιο 2: Εμβιομηχανική θεώρηση της κίνησης της ισχιακής άρθρωσης και της άρθρωσης του γονάτου**

Σχ.2.1 Δυνάμεις φόρτισης του άνω άκρου του μηριαίου οστού

Σχ.2.2 Μοντελοποίηση ακίνητης στάσης ανθρώπινου σώματος

Σχ.2.3 Νοητή γραμμή κέντρου βάρους

Σχ.2.4 Προσομοίωση της άρθρωσης του ισχίου με καρυοθραύστη

Σχ.2.5 Μοντελοποίηση της άρθρωσης του ισχίου με ζυγό

Σχ.2.6 Δυνάμεις που ασκούνται στην άρθρωση του γονάτου

Σχ.2.7 Δυνάμεις που ασκούνται στο γόνατο (Α: αν υπάρχουν μηνίσκοι, Β: αν έχουν αφαιρεθεί οι μηνίσκοι)

Σχ.2.8 Θέση του κέντρου Κ του γονάτου πριν και μετά την επιγονατιδεκτομή

Σχ.2.9 Η γωνία Q

Σχ.2.10 Γεωμετρικός τόπος των στιγμιαίων κέντρων περιστροφής της άρθρωσης του γονάτου

Σχ.2.11 Μερικές από τις κινήσεις του γονάτου

Σχ.2.12 Κίνηση του γονάτου αν οι χιαστοί έχουν αφαιρεθεί

Σχ.2.13 Μηχανικά μοντέλα προσομοιωτές της άρθρωσης του γονάτου

Σχ.2.14 Μοντελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου με πιστόνι (Α: πείραμα, Β: γραφική παράσταση)

Σχ.2.15 Μοντελοποίηση της περιστροφικής κίνησης της άρθρωσης του γονάτου

Σχ.2.16 Μοντελοποίηση κραδασμών (Α: με ελατήριο, Β: με έμβολο)

### **Κεφάλαιο 3: Επιφυσιολίσθηση μηριαίας κεφαλής (Slipped Capital Femoral Epiphysis or Epiphysiolisthesis or SCFE)**

Σχ.3.1 Ασθενής 14 ετών, στο χρόνιο στάδιο της SCFE

Σχ.3.2 Ασθενής 14 ετών, στο οξύ στάδιο της SCFE

Σχ.3.3 Δείκτες που μετρώνται στους ασθενείς που πάσχουν από SCFE

Σχ.3.4 α : Μέθοδος ανάπλασης μηριαίας κεφαλής, β: Μέθοδος οστεοτομίας

Σχ.3.5 Ασθενής με αμφοτερόπλευρη SCFE σε διάφορα μετεγχειρητικά στάδια

### **Κεφάλαιο 4: Οστεογονδρίτιδα της άνω μηριαίας επίφυσης (Ασθένεια Legg-Calve-Perthes ή LCPD)**

Σχ.4.1 Εξέλιξη της Perthes'

Σχ.4.2 Πρώτη Ομάδα – Κατάταξη κατά Catterall: Ασθενής 4,5 ετών

Σχ.4.3 Δεύτερη Ομάδα – Κατάταξη κατά Catterall: Ασθενής 4,5 ετών

Σχ.4.4 Τρίτη Ομάδα – Κατάταξη κατά Catterall: Ασθενής 5,5 ετών

Σχ.4.5 Τέταρτη Ομάδα – Κατάταξη κατά Catterall: δύο διαφορετικοί ασθενείς

Σχ.4.6 Κατάταξη κατά Herring

Σχ.4.7 Αλγόριθμος θεραπείας της Perthes'

Σχ.4.8 Διαφορά στην ανάπτυξη των δύο μηριαίων κεφαλών, όταν η Perthes' εμφανίζεται μονόπλευρα

### **Κεφάλαιο 5: Ασθένεια του Blount (Tibia vara ή Ραιβογωνία)**

Σχ.5.1 Κατάταξη κατά τον Langeskiold

Σχ.5.2 Ιατρικές απεικονίσεις της Blount A: σε ακτινογραφία και B: σε μαγνητική τομογραφία

Σχ.5.3 A: μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία και B: μηροκνημιαία γωνία

Σχ.5.4 Καμπύλη Salenius&Vankka: Μεταβολή της μηροκνημιαίας γωνίας κατά την ανάπτυξη (ηλικίες 0-13 έτη)

Σχ.5.5 Καμπύλη Salenius&Vankka. A: για αγόρια και B: για κορίτσια

Σχ.5.6 Πιθανότητα λάθους κατά τη διάγνωση της ασθένειας συναρτήσει της μεταφυσιοδιαφυσιακής γωνίας.

Σχ.5.7 Τα δύο είδη της οστεοτομίας που χρησιμοποιούνται στη Blount.

### **Κεφάλαιο 6: : Εφαρμογή τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας για την εκτίμηση ακτινολογικών ευρημάτων σε ορθοπεδικές ασθένειες και ανάπτυξη του λογισμικού Nikita2.exe**

Σχ. 6.1. Λογικό διάγραμμα της δομής του αναπτυχθέντος λογισμικού.

Σχ.6.2 Ημιαυτόματη εξαγωγή περιγράμματος κεφαλής μηριαίου οστού (A: Εισαγωγή σημείων επί του περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου, B: Εντοπισμός σημείων επί της ακμής με τη χρήση του λαπλασιανού συντλεστή)

Σχ.6.3 Απομόνωση της κεφαλής του μηριαίου οστού για περαιτέρω επεξεργασία (A: Συμπλήρωση του περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου ώστε να καταστεί συνεχής, B: Απομόνωση και πλήρωση της κεφαλής του μηριαίου ώστε να καταστεί συμπαγής)

Σχ.6.4 Ημιαυτόματη εξαγωγή του άξονα του αυχένα του μηριαίου οστού με την καθοδήγηση σημείων εισαχθέντων από το χρήστη επί των ακμών του οστού.

## **Κεφάλαιο 7: Εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος Nikita2.exe**

Σχ. 7.1 Αρχική φόρμα επιλογής ασθένειας

Σχ.7.2 Φόρμα για τη μελέτη της LCPD

Σχ.7.3 Φόρμα για τη μελέτη της SCFE

Σχ.7.4 Φόρμα για τη μελέτη της Blount

Σχ.7.5 Φόρμα μετρήσεων

Σχ.7.6 Παράθυρο ανοίγματος εικόνας

Σχ.7.7 Παράθυρο αποθήκευσης μετρήσεων πάνω σε εικόνα

Σχ.7.8 Τρόπος εκτέλεσης του εργαλείου Angle

Σχ.7.9 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Angle

Σχ.7.10 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για τη χρήση του εργαλείου Area

Σχ.7.11 Φόρμα εμφάνισης της μελετούμενης περιοχής

Σχ.7.12 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Area

Σχ.7.13 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για τη χρήση του εργαλείου Ax

Σχ.7.14 Φόρμα εμφάνισης του άξονα

Σχ.7.15 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Ax

Σχ.7.16 Φόρμα εμφάνισης του κύκλου

Σχ.7.17 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Circle

Σχ.7.18 Φόρμα εμφάνισης της ένωσης των κέντρων δύο κύκλων

Σχ.7.19 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Connect Centers

Σχ.7.20 Φόρμα εμφάνισης της μέτρησης απόστασης

Σχ.7.21 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Distance

Σχ.7.22 Φόρμα εμφάνισης της χάραξης γραμμής

- Σχ.7.23 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Line
- Σχ.7.24 Φόρμα εμφάνισης της χάραξης παράλληλων ευθειών
- Σχ.7.25 Φόρμα εμφάνισης του εργαλείου Point
- Σχ.7.26 Φόρμα επιλογής σημείων για την εύρεση λόγου αποστάσεων
- Σχ.7.27 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Ratio
- Σχ.7.28 Φόρμα επιλογής των επιφανειών για την εύρεση του λόγου τους
- Σχ.7.29 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για την εύρεση της πρώτης επιφάνειας
- Σχ.7.30 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για την εύρεση της δεύτερης επιφάνειας
- Σχ.7.31 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείων Surface Ratio
- Σχ.7.32 Φόρμα εμφάνισης χάραξης κάθετης ευθείας
- Σχ.7.33 Φόρμα καταχώρησης στοιχείων του ασθενούς
- Σχ.7.34 Βάση δεδομένων για την SCFE
- Σχ.7.35 Βάση δεδομένων για την LCPD
- Σχ.7.36 Βάση δεδομένων για την Blount
- Σχ. 7.37 Φόρμα επιλογής της SCFE προς μελέτη
- Σχ.7.38 Μέτρηση του δείκτη ATD
- Σχ.7.39 Φόρμα μετρήσεων
- Σχ.7.40 Εκτέλεση μετρήσεων για το δίκτη ATD
- Σχ.7.41 Αποτελέσματα για το δείκτη ATD
- Σχ.7.42 Μέτρηση του δείκτη B
- Σχ.7.43 Εκτέλεση μετρήσεων για το δείκτη B
- Σχ.7.44 Αποτελέσματα για το δείκτη B
- Σχ.7.45 Μέτρηση του δείκτη F
- Σχ.7.46 Εκτέλεση μετρήσεων για το δείκτη F
- Σχ.7.47 Αποτελέσματα για το δείκτη F

Σχ.7.48 Μέτρηση του slip ratio

Σχ.7.49 Εκτέλεση μετρήσεων για το slip ratio

Σχ.7.50 Αποτελέσματα μέτρησης του slip ratio

Σχ.7.51 Καταχώρηση στοιχείων του ασθενούς

Σχ.7.53 Καταχώρηση των μετρήσεων στην αντίστοιχη database

## **Κεφάλαιο 8: Επεξεργασία των μετρήσεων & Πειραματικά αποτελέσματα**

Σχ. 8.1 Αποτελέσματα μετρήσεων από την εκτέλεση του λογισμικού για ασθενείς που πάσχουν από επιφυσιολίσθηση

Σχ. 8.2 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του δείκτη ATD και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.3 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του δείκτη B και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.4 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του δείκτη F και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.5 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του slip ratio και της μέσης τιμής τους.

Σχ.8.6 Αποτελέσματα μετρήσεων από την εκτέλεση του λογισμικού για ασθενείς που πάσχουν από Perthes'

Σχ. 8.7 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του R1 και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.8 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του R2 και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.9 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του R και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.10 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του EI και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.11 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του HD και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.12 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του S και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.13 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του SJS και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.14 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του Ax Angle και της μέσης τιμής τους.



Σχ. 8.15 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του NSA και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.16 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του WBSP και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.17 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του WBSI και της μέσης τιμής τους.

Σχ. 8.18 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του WBS-C1C2 και της μέσης τιμής τους.

Σχ.8.19 Αποτελέσματα μετρήσεων από την εκτέλεση του λογισμικού για ασθενείς που πάσχουν από Blount

Σχ. 8.20 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης μηροκνημιαίας γωνίας και της μέσης τιμής τους.

Σχ.8.21 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης μεταφυσιοδιαφυσιακής γωνίας και μέσης τιμής τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ [1], [2]

#### 1.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο, παρατίθενται εν συντομία κάποια στοιχεία σχετικά με την ανατομική των κάτω άκρων του ανθρώπινου σώματος και κυρίως συγκεκριμένων οστών, τα οποία μελετήθηκαν κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον, ακολουθούν κάποια σημαντικά στοιχεία σχετικά με τη λειτουργικότητα των διάφορων αρθρώσεων.

#### 1.2 Ο σκελετός των κάτω άκρων

##### 1.2.1 Ο σκελετός της πυελικής ζώνης

Η πυελική ζώνη αποτελείται από δυο πλατιά και μεγάλα οστά, τα *ανώνυμα οστά*. Τα οστά αυτά, δεξιό και αριστερό, μπροστά μεν συνδέονται μεταξύ τους με την *ηβική σύμφυση*, πίσω δε με το *ιερό οστόύν* και έτσι σχηματίζουν με αυτό και με τον κόκκυγα έναν λεκανοειδή χώρο, την *οστέϊνη πύελο*.

##### 1.2.1.1 Το ανώνυμο οστόύν

Το ανώνυμο οστόύν ανήκει στα πλατιά οστά και σχηματίζεται από τη συνένωση τριών επί μέρους οστών, του *λαγονίου*, του *ισχιακού* και του *ηβικού οστού*, τα οποία συναντιούνται σε μια κοιλότητα, που βρίσκεται στην εξωτερική επιφάνεια του ανώνυμου και λέγεται *κοτύλη*.

Το λαγόνιο οστόύν συνίσταται στο *σώμα*, που αποτελεί τα δύο άνω πέμπτα της κοτύλης και από μια άνω μεγάλη μοίρα, που φέρεται οβελιαία και ονομάζεται *πτέρυγα*.

Το ισχιακό οστόύν εμφανίζει το *σώμα* (οπίσθια κάτω μοίρα της κοτύλης) και δύο *κλάδους*, τον άνω και τον κάτω, που ενώνονται στο *ισχιακό κόρτωμα*.

Το ηβικό οστόύν εμφανίζει επίσης το *σώμα* (πρόσθια κάτω μοίρα της κοτύλης) και δύο *κλάδους*, τον άνω και τον κάτω, που συναντιούνται στην *ηβική σύμφυση*.

Το ανώνυμο οστόν έχει σχήμα ανώμαλου τετράπλευρου, είναι ισχυρά σφιγμένο στη μέση (*αυχένας*) και εμφανίζει *τέσσερα χείλη* (άνω, κάτω, πρόσθιο, οπίσθιο) και *δύο επιφάνειες* (έσω και έξω).

#### **1.2.1.1.1 Τα χείλη του ανώνυμου οστού**

Το άνω χείλος ονομάζεται *λαγόνια ακρολοφία* και περατώνεται μπροστά μεν στην *πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα*, πίσω δε στην *οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα*. Λίγο πίσω από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα βρίσκεται το *πρόσθιο γλουτιαίο φύμα*.

Το κάτω χείλος του ανώνυμου οστού εμφανίζει κατά τη μέση γραμμή την *επιφάνεια της ηβικής σύμφυσης*.

Το πρόσθιο χείλος εμφανίζει εκ των άνω προς τα κάτω: i) την *πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα*, για την έκφυση του ραπτικού μυός και του βουβωνικού συνδέσμου, ii) την *πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα*, για την έκφυση του ορθού μηριαίου μυός, iii) το *λαγονοκτενικό όγκωμα*, για την πρόσφυση του ομώνυμου συνδέσμου, iv) την *κτενιαία επιφάνεια*, που σχηματίζεται πίσω μεν από την *κτενιαία ακρολοφία* και μπροστά από την *θυροειδή ακρολοφία*. Η κτενιαία επιφάνεια είναι τρίγωνη και στρέφει τη βάση της προς το λογονοκτενικό όγκωμα και την κορυφή προς το ηβικό φύμα. Χρησιμεύει για την έκφυση του κτενίτη μυός. v) το *ηβικό φύμα*, για την πρόσφυση του βουβωνικού συνδέσμου και vi) την *ηβική ακρολοφία*. Η ακρολοφία αυτή εκτείνεται από το ηβικό φύμα ως το άνω χείλος της ηβικής σύμφυσης και χρησιμεύει για την πρόσφυση του ορθού κοιλιακού και του πυραμοειδούς μυός.

Το οπίσθιο χείλος του ανώνυμου οστού εμφανίζει εκ των άνω προς τα κάτω: i) την *οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα*, για την έκφυση του μείζονος ισχιοϊερού συνδέσμου, ii) την *οπίσθια κάτω λαγόνια άκανθα*, iii) τη *μείζονα ισχιακή εντομή*, που μετατρέπεται με το μείζονα και το ελάσσονα ισχιοϊερό σύνδεσμο το μείζον ισχιακό τρήμα. Από το τρήμα αυτό εξέρχονται από την πύελο ο απιοειδής μυς, τα άνω και τα κάτω γλουτιαία αγγεία και νεύρα, το ισχιακό και το οπίσθιο μηριαίο δερματικό νεύρο καθώς και τα έσω αιδουϊκά αγγεία και νεύρα. iv) την *ισχιακή άκανθα*, για την πρόσφυση του ελάσσονος ισχιοϊερού συνδέσμου, v) την *ελάσσονα ισχιακή εντομή*, που με τους ισχιοϊερούς συνδέσμους μετατρέπεται στο ελάσσον ισχιακό τρήμα από το οποίο διέρχονται ο έσω θυροειδής μυς, τα έσω αιδουϊκά αγγεία και το έσω αιδουϊκό νεύρο

και νι) το *ισχιακό κύρτωμα*, πάνω στο οποίο στηριζόμαστε όταν καθόμαστε και χρησιμεύει για την έκφυση των μυών.

#### **1.2.1.1.2 Η έξω επιφάνεια του ανώνυμου οστού**

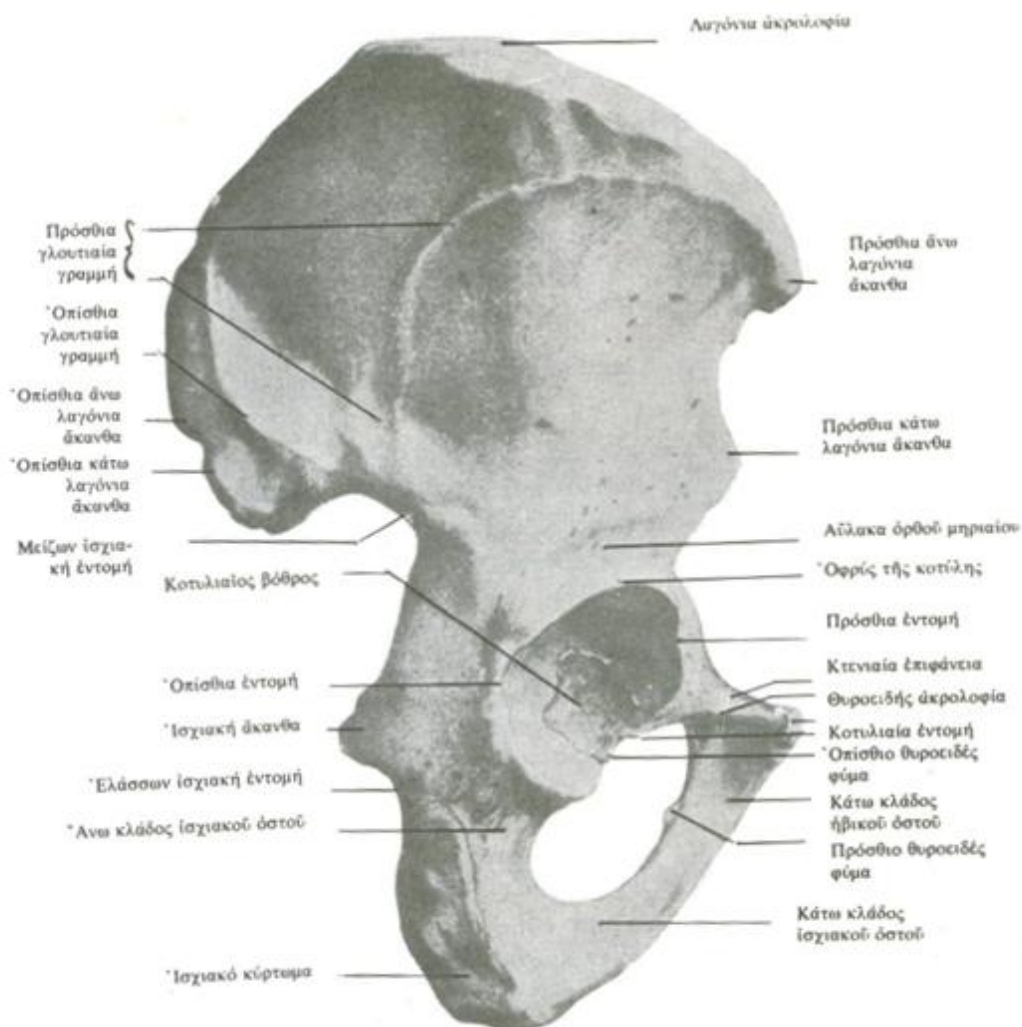
Η *έξω επιφάνεια* του ανώνυμου οστού εμφανίζει περίπου στη μέση την κοτύλη, πάνω από την οποία υπάρχει η έξω επιφάνεια της πτέρυγας του λαγόνιου οστού και κάτω το θυροειδές τρήμα.

Η *κοτύλη* είναι βαθιά κοιλότητα, που υποδέχεται την κεφαλή του μηριαίου οστού και απαρτίζεται από ένα κυκλικό χείλος που ονομάζεται *οφρύς της κοτύλης*. Στο κάτω μέρος της οφρύος υπάρχει η *κοτυλιαία εντομή*, η οποία μετατρέπεται σε τρήμα, το *κοτυλιαίο τρήμα*, με τον εγκάρσιο σύνδεσμο της κοτύλης. Η κοιλότητα της κοτύλης εμφανίζει περιφερική αρθρική επιφάνεια, τη *μηνοειδή επιφάνεια*, που συντάσσεται με την κεφαλή του μηριαίου οστού και η οποία καταλήγει σε δύο άκρα, τα κέρατα της μηνοειδούς επιφάνειας. Εμφανίζει επίσης, στον πυθμένα της, τον *κοτυλαίο βόθρο*, ο οποίος υποδέχεται τον στρογγυλό σύνδεσμο της διάρθρωσης του ισχίου.

Η *λαγόνια μοίρα* της έξω επιφάνειας του ανώνυμου οστού εμφανίζει την οπίσθια και την πρόσθια γλουτιαία γραμμή. Η *οπίσθια γλουτιαία γραμμή* αρχίζει από το άνω χείλος της μείζονος ισχιακής εντομής, φέρεται σχεδόν κάθετα προς τα άνω και απολήγει στη λαγόνια ακρολοφία (οπίσθιο γλουτιαίο φύμα). Η *πρόσθια γλουτιαία γραμμή* αρχίζει από το μέσο της μείζονος ισχιακής εντομής, φέρεται σχεδόν κάθετα προς τα άνω και απολήγει στη λαγόνια ακρολοφία, λίγο πιο μπροστά από το πρόσθιο γλουτιαίο φύμα. Με τις δύο γραμμές η λαγόνια μοίρα της έξω επιφάνειας του ανώνυμου οστού υποδιαιρείται σε τρεις ζώνες, πρόσθια, μέση και οπίσθια.

Η *ηβοϊσχιακή μοίρα* της έξω επιφάνειας του ανώνυμου οστού καταλαμβάνεται από το θυροειδές τρήμα και από την έξω επιφάνεια των κλάδων του ηβικού και του ισχιακού ιστού.

Το *θυροειδές τρήμα* είναι το μεγαλύτερο τρήμα του σκελετού και αποφράσσεται στο τέλειο άτομο από το θυροειδή υμένα. Το περιφερικό χείλος αυτού διακόπτεται κάτω από τον άνω κλάδο του ηβικού οστού από τη θυροειδή αύλακα, η οποία με τον θυροειδή υμένα μετατρέπεται στο θυροειδή πόρο ή σωλήνα, από τον οποίο εξέρχονται από την πύελο τα θυροειδή αγγεία και το ομώνυμο νεύρο.



Σχ.1.1 Έξω επιφάνεια του δεξιού ανώνυμου οστού. (H. Rouviere)

### 1.2.1.1.3 Η έσω επιφάνεια του ανώνυμου οστού

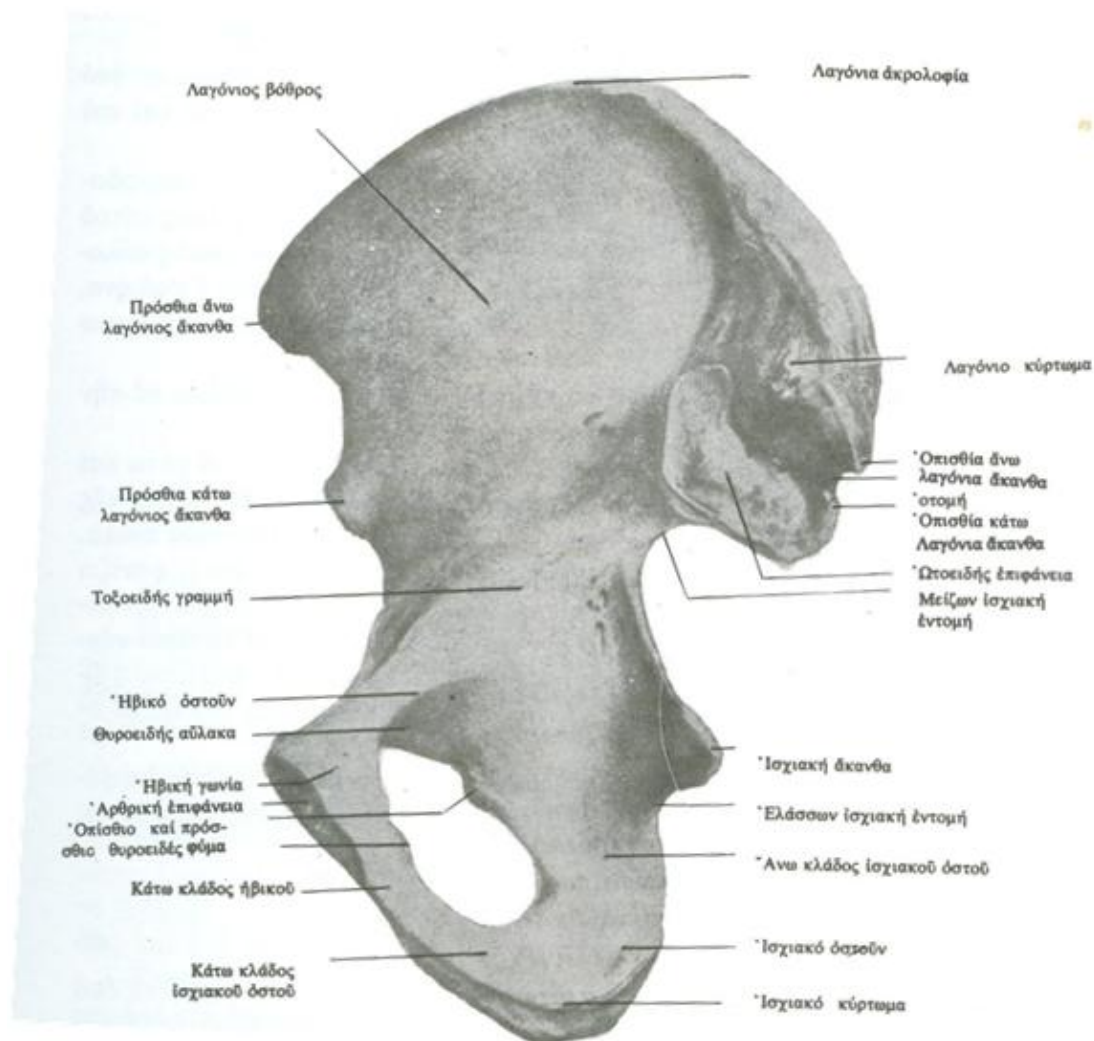
Η έσω επιφάνεια του ανώνυμου οστού χωρίζεται με την *τοξοειδή γραμμή* σε άνω και κάτω μοίρα.

Η τοξοειδής γραμμή φέρεται λοξά από τα άνω και πίσω προς τα κάτω και εμπρός, όπου συνέρχεται με την κτενιαία ακρολοφία, αποτελεί δε τμήμα της *ανώνυμης γραμμής*, με την οποία χωρίζεται η μείζων από την ελάσσονα πύελο.

Η *άνω μοίρα* της έσω επιφανείας ανήκει το λαγόνιο οστούν και εμφανίζει κατά τα δύο πρόσθια τρίτα αυτής το *λαγόνιο βόθρο*, που χρησιμεύει για την έκφυση του λαγόνιου μυός. Πίσω από το λαγόνιο βόθρο υπάρχει το *λαγόνιο κύρτωμα* (έκφυση του

μεσόστεου ιερολαγόνιου συνδέσμου), κάτω δε από αυτό η *ωτοειδής επιφάνεια*, που συντάσσεται με την ομώνυμη επιφάνεια του ιερού οστού.

Η *κάτω μοίρα* της έσω επιφάνειας εμφανίζει τετράπλευρη και λεία επιφάνεια, που χρησιμεύει για την έκφυση του έσω θυροειδούς μυός, πιο κάτω δε και μπροστά από αυτή το θυροειδές τρήμα.



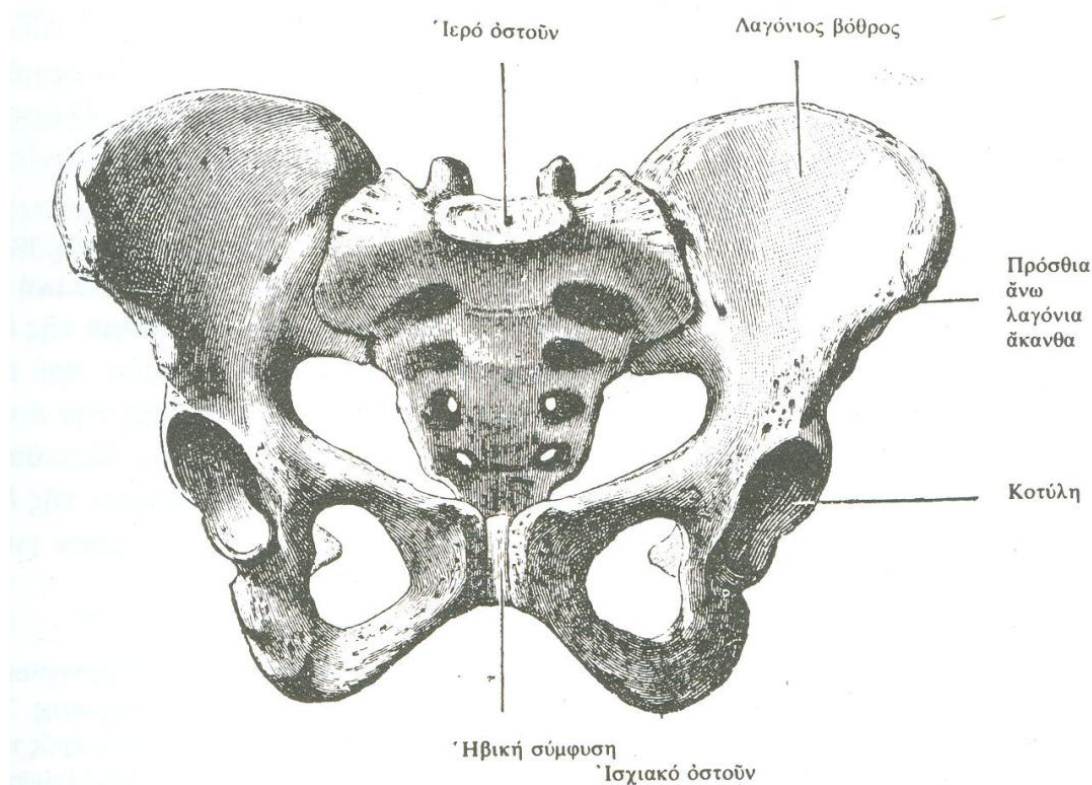
Σχ.1.2 Έσω επιφάνεια του δεξιού ανώνυμου οστού. (H. Rouviere)

### 1.2.1.2 Η πύελος

Η οστέινη πύελος αποτελείται μπροστά και κατά τα πλάγια από τα δύο ανώνυμα οστά, πίσω από το ιερό οστόν και τον κόκκυγα και παρεμβάλλεται μεταξύ της σπονδυλικής στήλης και των κάτω άκρων. Χρησιμεύει για τη μετάδοση του βάρους του κορμού κατά την ορθοστασία και τη βάδιση, από τη σπονδυλική στήλη στα δύο

μηριαία οστά , καθώς και για την προστασία οργάνων, που βρίσκονται μέσα στην *πυελική κοιλότητα*.

Η *πύελος* διαιρείται σε δυο μέρη, το άνω (*μείζων πύελος*) και το κάτω (*ελάσσων πύελος*). Σαν όριο μεταξύ αυτών χρησιμεύει η *ανώνυμη ή τελική γραμμή*, που αποτελείται πίσω μεν από το πρόσθιο χείλος της βάσης του ιερού οστού, δεξιά και αριστερά από την τοξοειδή γραμμή, μπροστά δε από την κτενιαία και την ηβική ακρολοφία.



Σχ. 1.3. Η γυναικεία πύελος από εμπρός. (L. Testut- A. Latarjet)

i) Η *μείζων* (μεγάλη) *πύελος*

Η μεγάλη πύελος που βρίσκεται πάνω από την ανώνυμη γραμμή, εμφανίζει δύο *πλάγια τοιχώματα*, τα οποία σχηματίζονται από τα λαγόνια οστά κι ένα *οπίσθιο τοίχωμα* που σχηματίζεται από τη βάση του ιερού οστού. Στο τέλειο άτομο υπάρχει και *πρόσθιο τοίχωμα*, που σχηματίζεται από τους κοιλιακούς μύες.

ii) Η *ελάσσων* (μικρή) *πύελος*

Η μικρή πύελος περιέχει σπουδαιότατα σπλάγχνα, επιπλέον δε στη γυναίκα έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί διαμέσου αυτής διέρχεται κατά τον τοκετό το έμβρυο.



Εμφανίζει *τέσσερα τοιχώματα* (πρόσθιο, οπίσθιο και δύο πλάγια), καθώς και *δύο στόμια* (το άνω και το κάτω).

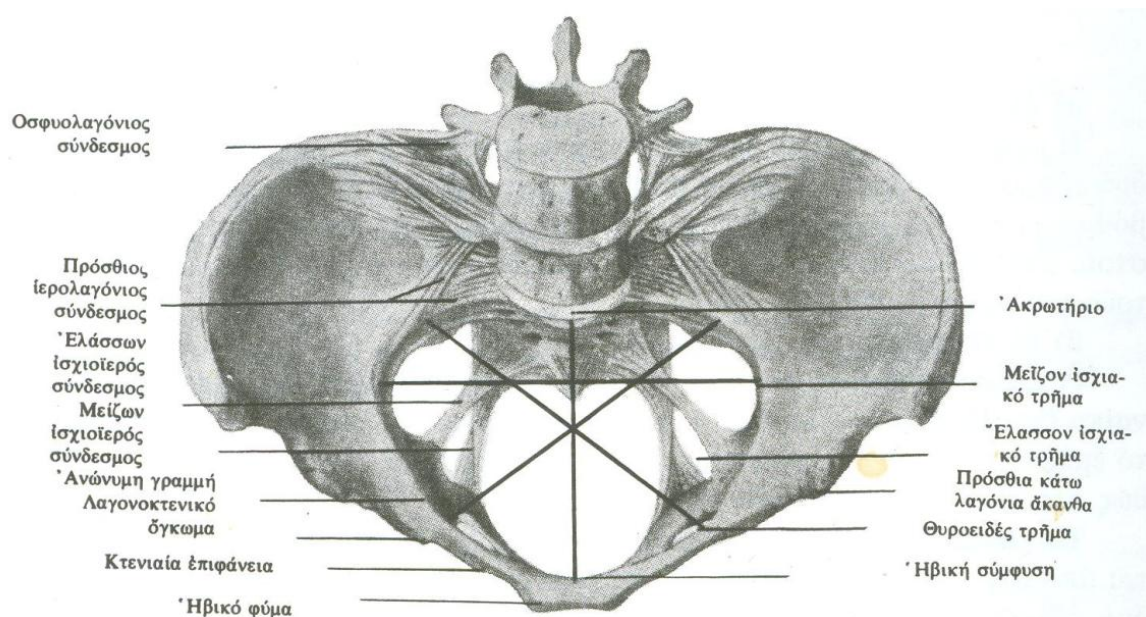
Το *πρόσθιο* (κάτω) τοίχωμα της μικρής πυέλου σχηματίζεται από την οπίσθια επιφάνεια της ηβικής σύμφυσης κι από τους κλάδους των δύο ηβικών οστών. Το *οπίσθιο* (άνω) τοίχωμα σχηματίζεται από την πυελική επιφάνεια του ιερού οστού και του κόκκυγα. Τα *πλάγια τοιχώματα*, δεξιό και αριστερό, σχηματίζονται από την πυελική επιφάνεια του σώματος του λαγόνιου και του ισχιακού οστού.

Το *άνω στόμιο* ή *είσοδος* απαρτίζεται από την ανώνυμη γραμμή. Το *κάτω στόμιο* ή *έξοδος* έχει σχήμα ρόμβου, του οποίου η πρόσθια γωνία αντιστοιχεί στο κάτω χείλος της ηβικής σύμφυσης, η οπίσθια στην κορυφή του κόκκυγα, οι δε πλάγιες στα ισχιακά κυρτώματα. Η πρόσθια μοίρα του κάτω στομίου απαρτίζεται από την ηβική κάμαρα (που σχηματίζεται από τους δύο ηβοϊσχιακούς κλάδους) η δε οπίσθια μοίρα συμπληρώνεται στο τέλειο άτομο από τους δύο μείζονες ισχιοϊερούς συνδέσμους.

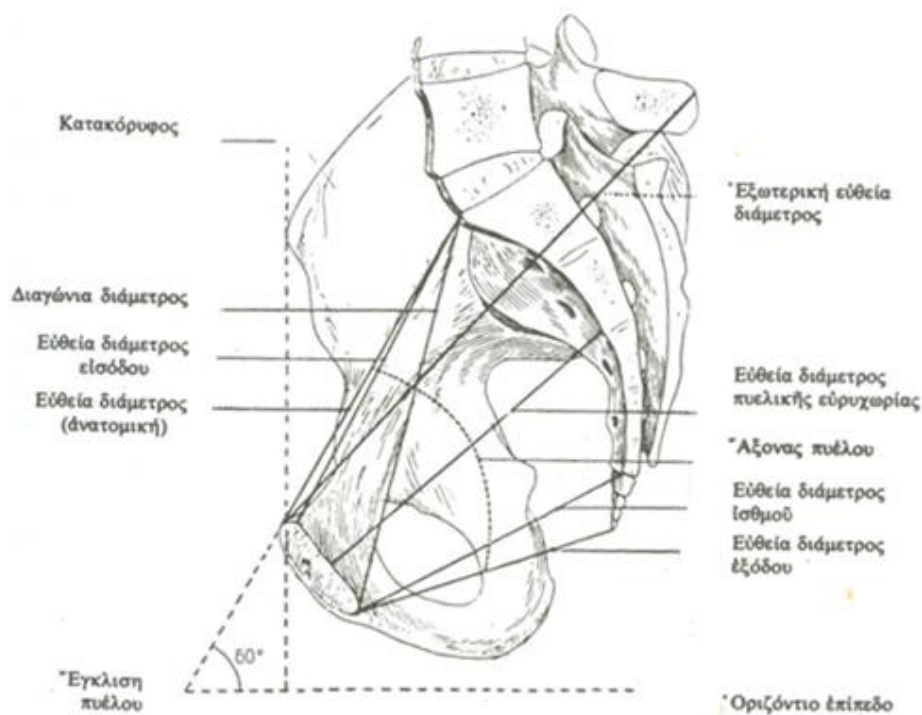
Η *κοιλότητα της μικρής πυέλου* κατά τα δύο άνω τριτημόρια αυτής είναι πιο φαρδιά και καλείται *πυελική ευρυχωρία*, ενώ κατά το ένα κάτω τριτημόριο στενεύει και αποτελεί τον *ισθμό της μικρής πυέλου*. Σαν όριο μεταξύ των δύο χρησιμεύει νοητό επίπεδο, που περνά μπροστά μεν από το κάτω χείλος της ηβικής σύμφυσης, πίσω από την κορυφή του ιερού οστού εκατέρωθεν δε από την κορυφή της ισχιακής άκανθας.

Επιπλέον, *άξονας της πυέλου* καλείται γραμμή νοητή που ενώνει τα μέσα σημεία όλων των ευθειών διαμέτρων της μικρής πυέλου. Περιγράφει τόξο, που στρέφει το κυρτό του προς τα πίσω (προς το ιερό οστού) και λέγεται ακόμα *γραμμή της φοράς το εμβρύου*, γιατί κατά μήκος του άξονα αυτού γίνεται ο τοκετός του εμβρύου.

Κατά την ορθοστασία η πυέλος δε φέρεται σε οριζόντιο επίπεδο, αλλά λοξά σε σχέση με τον κορμό, με απόκλιση προς τα εμπρός. Η *έγκλιση* της πυέλου μετριέται με τη γωνία, που σχηματίζει το επίπεδο της εισόδου με το οριζόντιο επίπεδο και ανέρχεται κατά μέσον όρο σε  $60^{\circ}$  και στις γυναίκες είναι μεγαλύτερη.



Σχ.1.4 Οστέινη γυναικεία πύελος με τους συνδέσμους της και τις διαμέτρους. (A. Haffnerl)



Σχ. 1.5 Γυναικεία πύελος σε οβελιαία διατομή τα χαρακτηριστικά μεγέθη της. (G. Heidegger)

## 1.2.2 Το μηριαίο οστόν

Το μηριαίο οστόν είναι το επιμηκέστερο και ισχυρότερο από όλα τα οστά του σκελετού. Προς τα άνω συντάσσεται με την κοτύλη του ανώνυμου οστού, προς τα

κάτω με την κνήμη και χρησιμεύει για να μεταβιβάσει το βάρος του κορμού προς την κνήμη.

Το μηριαίο εμφανίζει από περιγραφική άποψη *δύο άκρα*, το άνω και το κάτω και μεταξύ αυτών το *σώμα*.

### 1.2.2.1 Το άνω άκρο του μηριαίου οστού

Το άνω άκρο εμφανίζει τα ακόλουθα μέρη:

i) Την *κεφαλή*, η οποία συντάσσεται με το ανώνυμο οστού και εμφανίζει εντύπωμα, το βόθρο της κεφαλής για την κατάφυση του στρογγυλού συνδέσμου. Η κεφαλή είναι είναι περιχονδρωμένη, σφαιρικού σχήματος (3/4 σφαίρας) και στρέφεται προς τα έσω, άνω και λίγο προς τα πρόσω.

ii) Τον *ανατομικό αυχένα*, ο οποίος είναι αποπλατυσμένος από εμπρός προς τα πίσω και συνδέει την κεφαλή με το σώμα του μηριαίου οστού. Ο ανατομικός αυχένας (μήκους 3,5 - 4 cm) είναι κυλινδρόμορφου σχήματος αποπλατυσμένου από μπροστά προς τα πίσω. Βρίσκεται ανάμεσα στην κεφαλή και τους τροχαντήρες. Ο άξονας του ανατομικού αυχένα σχηματίζει με τον άξονα του σώματος του μηριαίου αμβλεία γωνία, που καλείται *αυχενοδιαφυσιακή γωνία* και φυσιολογικά κυμαίνεται στην περιοχή 115-140°. Η γωνία αυτή είναι λιγότερο αμβλεία στις γυναίκες και μπορεί να μεταβληθεί σε παθολογικές και μετατραυματικές καταστάσεις. Ο ανατομικός αυχένας εμφανίζει πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια, *άνω και κάτω χείλος*. Το άνω χείλος είναι σχεδόν οριζόντιο και οδηγεί στο μείζονα τροχαντήρα. Το κάτω χείλος είναι μακρότερο και οδηγεί στον ελάσσονα τροχαντήρα.

iii) Δύο *μυϊκές αποφύσεις*, δηλαδή τους *τροχαντήρες* (μείζων και ελάσσων). Ο μείζων τροχαντήρας παριστά τετράπλευρη μυϊκή απόφυση, αποπλατυσμένη από τα έξω προς τα μέσα. Στην έσω επιφάνεια αυτού εμφανίζει τον τροχαντήριο βόθρο, για την κατάφυση του έξω θυροειδούς μυός. Ο ελάσσων τροχαντήρας είναι κωνοειδής και προέχει προς τα πίσω και μέσα. Βρίσκεται εκεί, όπου ο ανατομικός αυχένας συνδέεται με την έσω επιφάνεια του σώματος του μηριαίου οστού και χρησιμεύει για την κατάφυση του λαγονοψοϊτη μυός. Ανάμεσα στους δύο τροχαντήρες υπάρχουν η πρόσθια και η οπίσθια μεσοτροχαντήρια γραμμή, μεταξύ δε αυτών περιλαμβάνεται ο ανατομικός αυχένας του μηριαίου οστού και

iv) Τον *χειρουργικό αυχένα*, ο οποίος αντιστοιχεί σε στενή περιοχή, κάτω από τους τροχαντήρες και ενώνει το σώμα με το άνω άκρο του οστού.

### 1.2.2.2 Το σώμα του μηριαίου οστού

Το σώμα του μηριαίου οστού εμφανίζει τρεις επιφάνειες (πρόσθια, έξω και έσω) και τρία χείλη (οπίσθιο, έξω και έσω). Οι επιφάνειες χρησιμεύουν για την πρόσφυση των μυών, από τα χείλη δε το σπουδαιότερο είναι το οπίσθιο, που καλείται και *τραχεία γραμμή*. Η τραχεία γραμμή αποτελείται από δυο χείλη, που βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο και τα οποία αποκλίνουν στο άνω και στο κάτω τριτημόριο του σώματος του μηριαίου οστού.

Προς τα άνω, το μεν έσω χείλος μεταβαίνει κάτω από τον ελάσσονα τροχαντήρα στην πρόσθια μεσοτροχαντήρια γραμμή, το δε έξω χείλος φέρεται κάθετα προς τον μείζονα τροχαντήρα και σχηματίζει κάτω από αυτόν το *γλουτιαίο τράχυσμα*, για την κατάφυση του μεγάλου γλουτιαίου μυός. Όταν το τράχυσμα είναι πολύ ανεπτυγμένο, τότε αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως  *τρίτος τροχαντήρας*. Μεταξύ του γλουτιαίου τραχύσματος και του έσω χείλους της τραχείας γραμμής υπάρχει η *κτενιαία γραμμή*, για την κατάφυση του κτενίτη μυός.

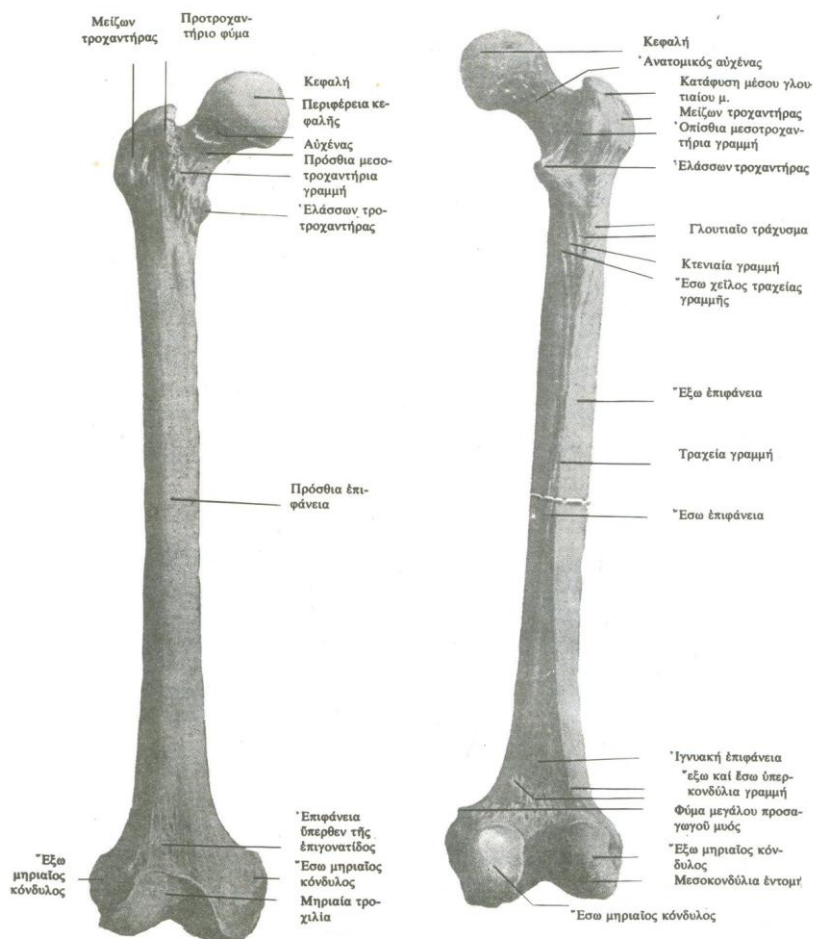
Προς τα κάτω, τα δυο χείλη της τραχείας γραμμής αποκλίνουν και μεταπίπτουν στην έσω και έξω *υπερκονδύλια γραμμή*, ανάμεσα στις οποίες περιλαμβάνεται η  *τρίγωνη ιγνυακή επιφάνεια* του μηριαίου οστού.

### 1.2.2.3 Το κάτω άκρο του μηριαίου οστού

Το κάτω άκρο του μηριαίου οστού, αποτελείται από δυο μεγάλα ογκώματα, τον *έσω και τον έξω μηριαίο κόνδυλο*, που μπροστά ενώνονται με την *μηριαία τροχιλία*, ενώ πίσω χωρίζονται με την *μεσοκονδύλια εντομή*. Ο έσω και ο έξω μηριαίος κόνδυλος παρουσιάζουν ο καθένας τρεις επιφάνειες: την *κάτω*, που είναι αρθρική και συντάσσεται με την σύστοιχο κνημιαία γλήνη, την *μεσοκονδύλια*, που απαρτίζει την μεσοκονδύλια εντομή και την *υποδερμάτια*, που εμφανίζει κατά το μέσον της το *έσω (ή έξω) υπερκονδύλιο κύρτωμα*. Πάνω από το έσω υπερκονδύλιο κύρτωμα βρίσκεται το *φύμα του μεγάλου προσαγωγού μυός*, ενώ κάτω από το έξω υπερκονδύλιο κύρτωμα φέρεται η *αύλακα του ιγνυακού μυός*.

Η *μηριαία τροχιλία* είναι λεία και χρησιμεύει για την σύνταξη με την οπίσθια επιφάνεια της επιγονατίδας, ενώ εμφανίζει στη μέση της κάθετη αύλακα, τον *αυχένα*.

Η *μεσοκονδύλια εντομή ή βόθρος* χωρίζει τους δύο μηριαίους κονδύλους κυρίως προς τα κάτω και προς τα πίσω. Τα τοιχώματά αυτής χρησιμεύουν για την κατάφυση των χιαστών συνδέσμων της διάρθρωση του γόνατος.



Σχ. 1.6 Το δεξιό μηριαίο οστόν από εμπρός και από πίσω αντίστοιχα. (H. Rouviere)

## 1.2.3 Η επιγονατίδα και ο σκελετός της κνήμης

### 1.2.3.1 Η επιγονατίδα

Η *επιγονατίδα* βρίσκεται στην πρόσθια επιφάνεια του γόνατος κι είναι το πιο μεγάλο από τα σησαμοειδή οστά. Έχει σχήμα τριγώνου, με τη βάση προς τα άνω και εμφανίζει *δύο επιφάνειες* (πρόσθια και οπίσθια), *δύο πλάγια χείλη*, *μία βάση* και *μια κορυφή*. Η οπίσθια επιφάνεια της επιγονατίδας συντάσσεται με τη μηριαία τροχιλία.

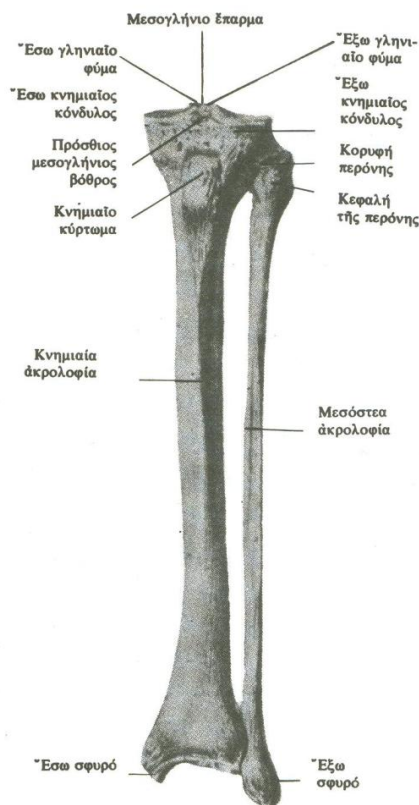
### 1.2.3.2 Ο σκελετός της κνήμης (κνήμη και περόνη)

Ο σκελετός της κνήμης αποτελείται από δύο επιμήκη και παράλληλα οστά, την *κνήμη* προς τα μέσα και την *περόνη* προς τα έξω, ανάμεσα στα οποία καταλείπεται το *μεσόστεο διάστημα*, που αποφράσσεται στο τέλειο άτομο από τον *μεσόστεο υμένα*.

Η *κνήμη* είναι, ύστερα από το μηριαίο, το πιο ισχυρό οστό του σκελετού. Προς τα άνω συντάσσεται με το μηριαίο οστούν, προς τα έξω με την περόνη, προς τα κάτω με τον αστράγαλο και εμφανίζει *δύο άκρα*, το *άνω* και το *κάτω* και ανάμεσά τους το *σώμα*. Το κάτω άκρο της κνήμης εμφανίζει πέντε επιφάνειες, εκ των οποίων η μία (η *έσω*) προεκβάλλει προς τα κάτω σε ισχυρή κωνική απόφυση, το *έσω σφυρό*, το οποίο συντάσσεται με την *έσω σφυρίτιδα επιφάνεια του αστραγάλου*.

Η *περόνη* φέρεται επί τα εκτός και πίσω από την κνήμη και εμφανίζει το *σώμα* και *δύο άκρα*, το *άνω* και το *κάτω*. Το *άνω άκρο* ή *κεφαλή της περόνης* συντάσσεται με τον *έξω κνημιαίο κόνδυλο*, ενώ το *κάτω άκρο*, που καλείται και *έξω σφυρό*, συντάσσεται με την *έξω σφυρίτιδα επιφάνεια του αστραγάλου*.

Η μεν κνήμη είναι παχύτερη και χρησιμεύει για να βαστάζει το βάρος του σώματος, η δε περόνη είναι εξαιρετικά λεπτή και χρησιμεύει μόνο για την πρόσφυση μυών.



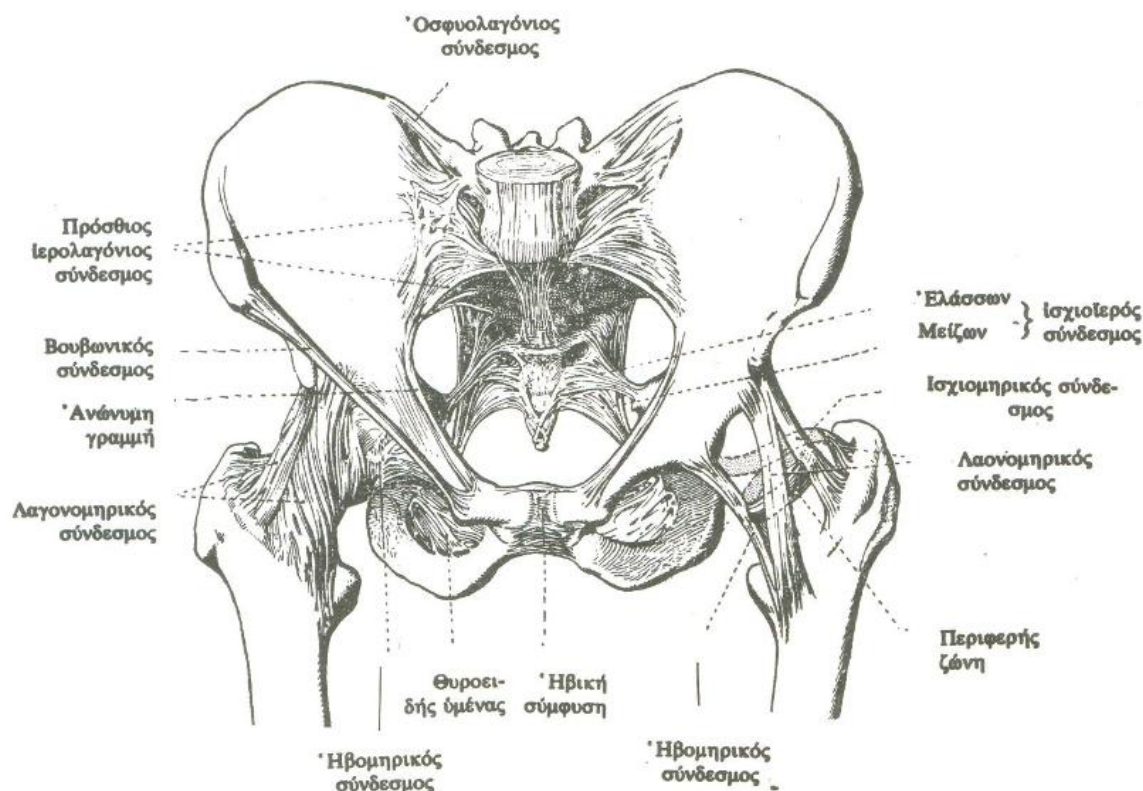
Σχ. 1.7 Ο σκελετός της αριστερής κνήμης. (A. Benninghoff)



### 1.3 Οι αρθρώσεις των κάτω άκρων

#### 1.3.1 Οι αρθρώσεις της πυελικής ζώνης

Τα οστά της πυελικής ζώνης συντάσσονται μπροστά με την *ηβική σύμφυση*, πίσω δε με τη σπονδυλική στήλη με τις δύο *ιερολαγόνιες αρθρώσεις* και με *ανεξάρτητους συνδέσμους*. Με τις αρθρώσεις αυτές περιγράφεται και ο *θυροειδής υμένας*.



Σχ. 1.8 Οι αρθρώσεις της πυελικής ζώνης και η διάρθρωση του ισχίου. (A. Benninghoff)

##### 1.3.1.1 Η ηβική σύμφυση

Η *ηβική σύμφυση* υπάγεται στις *διαρθροαμφιαρθρώσεις* και έχει σαν *αρθρικές επιφάνειες*, τις επιφάνειες της ηβικής σύμφυσης των δύο ανώνυμων οστών, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται *ινοχόνδρινος δίσκος*, που σε εγκάρσια τομή έχει σχήμα *σφήνας* με τη βάση προς τα εμπρός και την κορυφή προς τα πίσω. Η ηβική σύμφυση ενισχύεται από *συνδέσμους* που είναι οι εξής:

- i) Ο άνω ηβικός σύνδεσμος, ο οποίος φέρεται οριζόντια κατά μήκος του άνω χείλους της ηβικής σύμφυσης.

ii) Ο κάτω ηβικός ή καμαρωτός της ήβης σύνδεσμος, που συνδέει τα κάτω χείλη των αρθρικών επιφανειών.

iii) Ο πρόσθιος ηβικός σύνδεσμος.

iv) Ο οπίσθιος ηβικός σύνδεσμος.

**Κινήσεις** στην ηβική σύμφυση δεν συντελούνται.

### 1.3.1.2 Η ιερολαγόνια άρθρωση

Η ιερολαγόνια άρθρωση υπάγεται στις διαρθροαμφιαρθρώσεις και έχει ως αρθρικές επιφάνειες αφ' ενός μεν την *ωτοειδή επιφάνεια του ιερού οστού*, αφ' ετέρου δε την *ομόνυμη επιφάνεια του ανωνύμου*, δηλ. του λαγόνιου οστού.

Ο αρθρικός θύλακος προσφύεται κοντά στις αρθρικές επιφάνειες, υπαλείφεται από αρθρικό υμένα και ενισχεται από συνδέσμους που είναι οι εξής:

i) Ο πρόσθιος ιερολαγόνιος σύνδεσμος, που καλύπτει την πρόσθια και την κάτω επιφάνεια του ινώδη θυλάκου.

ii) Ο οπίσθιος ιερολαγόνιος σύνδεσμος, που είναι πολύ ισχυρός. Εκφύεται από την οπίσθια άνω λαγόνιο άκανθα και, φερόμενος λοξά προς τα κάτω και έσω, καταφύεται με πολλές δεσμίδες στην πλάγια ιερή ακρολοφία.

iii) Ο μεσόστεος ιερολαγόνιος σύνδεσμος, που είναι ισχυρότατος και καταλαμβάνει το διάστημα μεταξύ του ιερού και του λαγόνιου κυρτώματος. Καλύπτει την άρθρωση από πίσω.

**Κινήσεις:** Ελαφρά στροφή του ιερού οστού περί εγκάρσιο άξονα, κατά την οποία η μεν βάση αυτού φέρεται προς τα εμπρός και κάτω, η δε κορυφή προς τα άνω και πίσω και αντίστροφα. Η κίνηση αυτή είναι πολύ περιορισμένη, όμως αυξάνεται το εύρος της σχετικά κατά την κύηση.





Ο αρθρικός θύλακας προσφύεται αφενός μεν κατά μήκος της οφρύος της κοτύλης, αφετέρου δε στον ανατομικό αυχένα του μηριαίου. Η πρόσθια επιφάνεια το αυχένα βρίσκεται όλη μέσα στην άρθρωση, ενώ από την οπίσθια επιφάνεια αυτού μόνο τα δύο άνω έσω τριτημόρια.

Ο αρθρικός θύλακας ενισχύεται από ισχυρούς συνδέσμους, που είναι οι εξής:

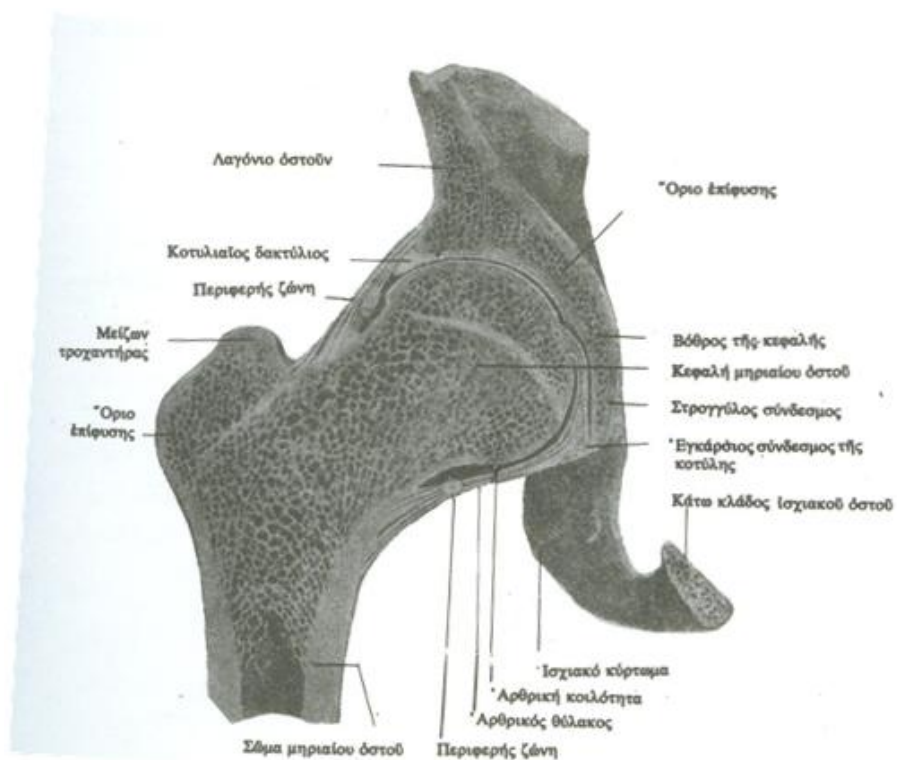
i) Ο λαγονομηριακός σύνδεσμος. Εκφύεται κάτω από την πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα, φέρεται προς τα κάτω και έξω και καταφύεται στην πρόσθια μεσοτροχαντήρια γραμμή. Χρησιμεύει για να παρεμποδίζει την υπέρμετρη έκταση του σκέλους.

ii) Ο ηβομηριακός σύνδεσμος. Εκφύεται από το λαγοκτενικό όγκωμα, φέρεται λοξά προς τα κάτω και έξω και καταφύεται στο κατώτερο τμήμα της πρόσθιας μεσοτροχαντήριας γραμμής. Παρεμποδίζει την υπέρμετρη απαγωγή του μηρού.

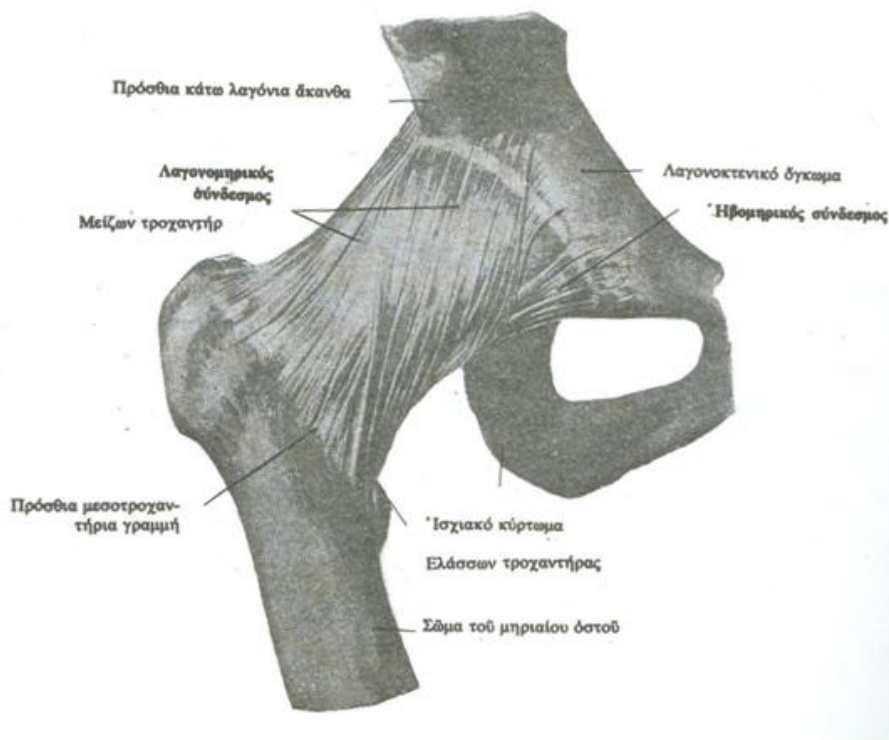
iii) Ο ισchioμηριακός σύνδεσμος. Καλύπτει την άρθρωση από πίσω. Εκφύεται από την ισχιακή μοίρα της οφρύος της κοτύλης, φέρεται προς τα άνω και έξω, πίσω από τον αυχένα του μηριαίου οστού και καταφύεται στον τροχαντήριο βόθρο. Παρεμποδίζει την προς τα μέσα στροφή του μηρού.

iv) Ο στρογγυλός σύνδεσμος. Αυτός βρίσκεται μέσα στην κοτύλη. Εκφύεται από τα κέρατα της μηνοειδούς επιφάνειας της κοτύλης και τον εγκάρσιο σύνδεσμο αυτής και καταφύεται στο βόθρο της κεφαλής του μηριαίου οστού. Μέσα σε αυτόν πορεύονται μικρά αγγεία για την κεφαλή του μηριαίου οστού. Παρεμποδίζει την υπέρμετρη προσαγωγή του μηρού.

**Κινήσεις:** Η διάρθρωση του ισχίου κατατάσσεται στις σφαιροειδής εναρθρώσεις και οι κινήσεις που γίνονται σε αυτή με τη βοήθεια των μυών της περιοχής είναι οι ακόλουθες: Όταν η πύελος είναι ακίνητη, κάμψη και έκταση του μηρού, προσαγωγή και απαγωγή, στροφή προς τα έσω και προς τα έξω και περιαγωγή. Όταν ο μηρός είναι ακίνητος κινείται η πύελος (κάμψη, έκταση, κάμψη προς τα πλάγια, στροφή). Γενικά, οι κινήσεις στην κατ' ισχίον διάρθρωση έχουν μικρή έκταση, και ο περιορισμός αυτός της κίνησης οφείλεται αφ' ενός μεν στο βάθος της κοτύλης, αφ' ετέρου δε στην παρουσία ισχυρών συνδέσμων, που παρεμποδίζουν το εύρος των κινήσεων.



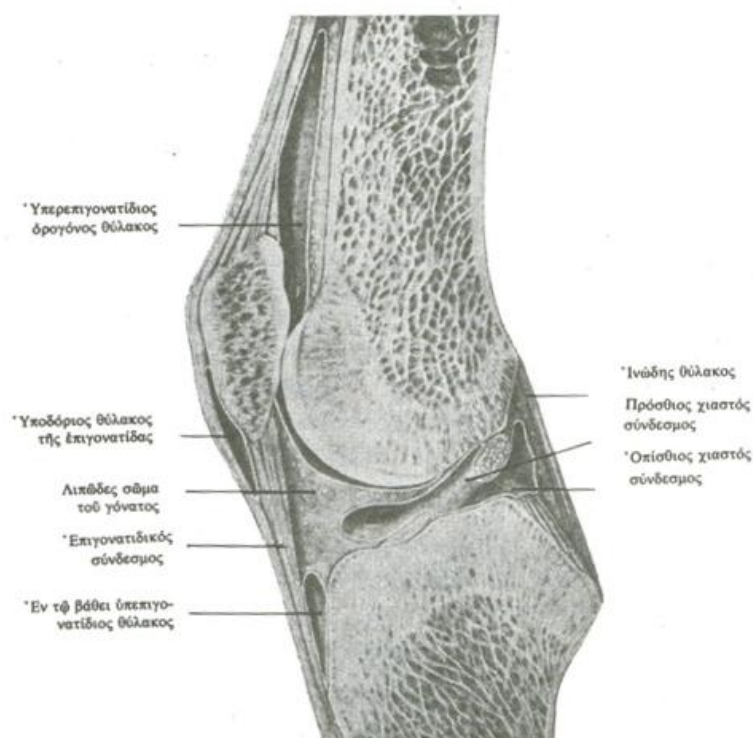
Σχ.1.10 Η δεξιά κατ' ισχίον διάρθρωση σε κατά μέτωπο διατομή (W. Spalteholz)



Σχ.1.11 Πρόσθια επιφάνεια της δεξιάς διάρθρωσης του ισχίου (W. Spalteholz)

### 1.3.3 Οι αρθρώσεις της κνήμης

Στις αρθρώσεις της κνήμης υπάγονται: η κατά γόνυ διάρθρωση και οι κνημοπερονιαίες αρθρώσεις, δηλαδή προς τα άνω η κνημοπερονιαία διάρθρωση, προς τα κάτω η κνημοπερονιαία συνδέσμωση και μεταξύ των δύο οστών της κνήμης, ο μεσόστεος υμένας.



Σχ. 1.12 Οβελιαία τομή της δεξιάς διάρθρωσης του γόνατος (Gray's Anatomy)

#### 1.3.3.1 Η κατά γόνυ διάρθρωση ή διάρθρωση του γόνατος

Η κατά γόνυ διάρθρωση, η πιο μεγάλη από τις αρθρώσεις του σώματος, είναι σύνθετη και αποτελείται από δύο απλούστερες διαρθρώσεις, την *επιγονατιδομηριαία* και την *κνημομηριαία διάρθρωση*, που περιβάλλονται από κοινό αρθρικό θύλακο. Η περόνη δε συμμετέχει στην άρθρωση.

Η επιγονατιδομηριαία διάρθρωση έχει ως αρθρικές επιφάνειες αφ' ενός μεν την μηριαία τροχλία, αφ' ετέρου δε την αρθρική επιφάνεια της επιγονατίδας.

Η κνημομηριαία διάρθρωση έχει ως αρθρικές επιφάνειες την κάτω επιφάνεια των μηριαίων κονδύλων, τις κνημιαίες γλάνες και ανάμεσά τους τον έσω και τον έξω διάρθριο μηνίσκο.

Οι διάρθριοι μηνίσκοι είναι δύο ινοχόνδρινοι μηνοειδής δίσκοι, ο έσω και ο έξω, οι οποίοι λεπυνόμενοι βαθμιαία από την περιφέρεια προς το κέντρο καθιστούν βαθύτερες τις κνημιαίες γλάνες και έτσι κάνουν καλύτερο το ταίριασμά τους με τους ισχυρά υπόκυρτους μηριαίους κονδύλους. Ο έξω μηνίσκος είναι πιο μικρός και πιο στρογγυλός από τον έσω και προσφύεται με τα δυο του άκρα, μπροστά και πίσω από το μεσογλήνιο βόθρο.

Οι δύο μηνίσκοι χωρίζουν την κνημομηριαία διάρθρωση στην άνω ή μηνισκομηριαία και στην κάτω ή μηνισκοκνημιαία διάρθρωση. Στην μεν άνω γίνεται η κάμψη και η έκταση της κνήμης (γωνιώδης διάρθρωση), στη δε κάτω όταν το γόνατο βρίσκεται σε κάμψη, η στροφή της κνήμης προς τα έσω και προς τα έξω (τριχοειδής διάρθρωση).

Ο αρθρικός θύλακος ενισχύεται από πολλούς και ισχυρούς συνδέσμους που είναι οι εξής:

i) ο επιγονατιδικός σύνδεσμος είναι συνέχεια του καταφυτικού τένοντα του τετρακέφαλου μυριαίου μυός, που ύστερα από διακοπή στην επιγονατίδα καταφύεται στην κάτω μοίρα του κνημιαίου κυρτώματος. Πιο κάτω από την επιγονατίδα, μεταξύ του επιγονατιδικού συνδέσμου και των οστών του γόνατος, υπάρχει το λιπώδες σώμα του γόνατος, που χωρίζεται από την αρθρική κοιλότητα με τον αρθρικό υμένα. Στη θέση αυτή και εκατέρωθεν της κάτω μοίρας των πλαγίων χειλιών της επιγονατίδας ο αρθρικός υμένας προσεκβάλλει μέσα στην άρθρωση και σχηματίζει τις δύο πτερυγοειδείς πτυχές οι οποίες φερόμενες προς τα πίσω ενώνονται και σχηματίζουν την ενάρθριο πτυχή της επιγονατίδας, που προσφύεται στον πυθμένα της μεσοκονδύλιας εντομής.

ii) οι καθεκτικοί σύνδεσμοι της επιγονατίδας, που είναι τρεις, δεξιά και αριστερά, και παριστούν προσεκβολές του τένοντα του τετρακεφάλου μηριαίου μυός, με τις οποίες συγκρατείται προς τα πλάγια η επιγονατίδα.

iii) ο έσω πλάγιος σύνδεσμος, που εκφύεται από το έσω υπερκονδύλιο κύρτωμα, φέρεται προς τα κάτω και αποπλατυνόμενος καταφύεται στην έσω επιφάνεια της κνήμης. Συνάπτεται στενά με την περιφέρεια του έσω διάρθριου μηνίσκου.

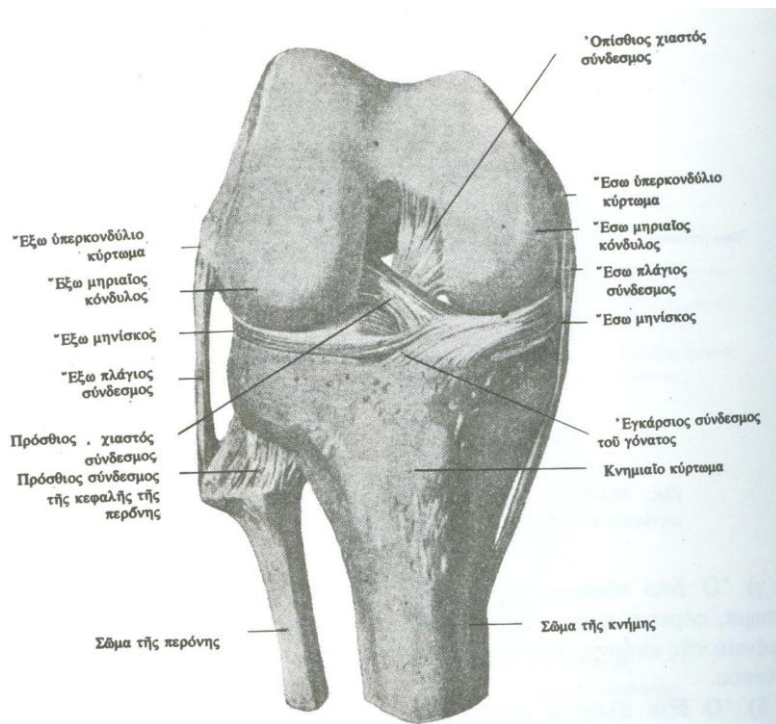
iv) ο έξω πλάγιος σύνδεσμος, που εκφύεται από το έξω υπερκονδύλιο κύρτωμα και φερόμενος προς τα κάτω καταφύεται στην κεφαλή της περόνης.

v) ο λοξός ιγνυακός σύνδεσμος, που παριστά τη λοξή μοίρα του καταφυτικού τένοντα του ημιμυενώδους μυός και ενισχύει από πίσω τον αρθρικό θύλακο της κατά γόνυ διαρθρώσεως.

vi) ο τοξοειδής ιγνυακός σύνδεσμος ενισχύει επίσης από πίσω τον αρθρικό θύλακο. Κάτω από αυτόν φέρεται ο ιγνυακός μυς.

vii) οι χιαστοί σύνδεσμοι είναι δύο ισχυρότατοι σύνδεσμοι, ο πρόσθιος και ο οπίσθιος, που εισέχουν από πίσω μέσα στην άρθρωση. Ο πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος εκφύεται από τον πρόσθιο μεσογλήνιο βόθρο, φέρεται προς τα άνω, έξω και πίσω και αφού χιασθεί με τον αντίθετο καταφύεται στη μεσοκονδύλιο επιφάνεια του έξω μηριαίου κονδύλου. Ο δε οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος εκφύεται από τον οπίσθιο μεσογλήνιο βόθρο, φέρεται προς τα πίσω, άνω και έσω και αφού χιασθεί με τον προηγούμενο καταφύεται στη μεσοκονδύλια επιφάνεια του έσω μηριαίου κονδύλου.

**Κινήσεις:** Η κατά γόνυ διάρθρωση είναι τροχογίγλυμη διάρθρωση και στη μενγωνιώδη μηνισκομηριαία γίνονται κινήσεις κάμψης και έκτασης της κνήμης, στη δε τροχοειδή μηνισκοκνημιαία κινήσεις στροφής της κνήμης προς τα μέσα και προς τα έξω.



Σχ.1.13 Η δεξιά διάρθρωση του γόνατος από μπροστά (W.Spalteholz)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΧΙΑΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΥ

#### 2.1 Εισαγωγή

Η μελέτη της μηχανικής των αρθρώσεων απασχολεί τους επιστήμονες εδώ και πολλά χρόνια. Το 1889, οι Braune και Fischer δημοσίευσαν μια μελέτη για τα κέντρα βάρους σε σχέση με τους άξονες του ανθρώπινου σώματος. Το 1948, ο Pauwels, σε μια διατριβή, όπου έκανε ιδιαίτερη μνεία στις εσωτερικές τάσεις των μακρών οστέων του ανθρώπινου σκελετού, ανέλυσε εκτενώς τους κυριότερους παράγοντες πίεσης που ασκείται σε μία άρθρωση. Ο Inman, το 1947, σε ένα άρθρο σχετικό με την λειτουργία των απαγωγών μυών, θεώρησε ότι πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη η σχέση μεταξύ της γωνίας που σχηματίζουν οι γλουτιαίοι μύες με τον μείζονα τροχαντήρα και της πίεσης που ασκείται πάνω στην άρθρωση. Τέλος, το 1955 ο Steindler προσπάθησε να συνενώσει τις ήδη υπάρχουσες θεωρίες και γνώσεις και διετύπωσε την άποψη ότι, παρά τις πιθανές ανακρίβειες που μπορεί να προκύψουν, ο πιο αξιόπιστος τρόπος μελέτης των αρθρώσεων είναι η μαθηματική τους προσέγγιση. [3]

#### 2.2 Μοντέλα προσομοίωσης των αρθρώσεων [4]

Υπάρχουν πολλά μοντέλα σύμφωνα με τα οποία μπορεί να προσομοιωθεί μια άρθρωση, αλλά εδώ θα αναφερθούμε μόνο στα πιο συνηθισμένα: τα αναλυτικά, τα υπολογιστικά και τα δομικά μοντέλα.

##### 2.2.1 Αναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης των αρθρώσεων

Οι αναλυτικές προσεγγίσεις για την εμβιομηχανική μελέτη μιας άρθρωσης χρησιμοποιούν, σε γενικές γραμμές, εξισώσεις της στατικής για να μελετήσουν τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στην άρθρωση. Για μεγαλύτερη σαφήνεια, ως αναλυτικές μελέτες μπορούμε να χαρακτηρίσουμε αυτές που μπορούν να περιγραφούν με τη χρήση απλών μαθηματικών εξισώσεων, που δεν απαιτούν γνώσεις γεωμετρίας ή ιδιοτήτων των υλικών.

Πολλά αναλυτικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί για να προσεγγισθεί ο μηχανισμός της άρθρωσης. Σε παλιότερες προσεγγίσεις, σχετικά με την άρθρωση του ισχίου, η γεωμετρία της κοτύλης και της μηριαίας κεφαλής θεωρήθηκε πλήρως σφαιρική, έπειτα από τον υπολογισμό της μέσης ακτίνας του καθενός από διδιάστατες ακτινογραφίες. Η ισοδύναμη δύναμη αντίδρασης στην άρθρωση υπολογίστηκε αθροιστικά από μια κάθετη δύναμη του σώματος (περίπου ίση με τα 5/6 του βάρους) και από μια μη κάθετη δύναμη απαγωγής των μυών.

Δύο είναι τα σημαντικότερα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για να διευκολυνθεί η σύγκριση της μηχανικής μεταξύ φυσιολογικών αρθρώσεων και αρθρώσεων που πάσχουν από κάποια δυσπλασία. Το πρώτο (Mancic et al.) χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό μοντέλο στατικής, ενός ποδιού, που βασίζεται σε ακτινογραφίες που απεικονίζουν φυσιολογικές και μη αρθρώσεις. Οι αρθρώσεις με δυσπλασία παρουσίαζαν μέγιστη τάση 7.1kPa/N, ενώ οι φυσιολογικές 3.5kPa/N. Στο δεύτερο (Michaeli et al.) αποδεικνύεται ότι το σημείο όπου ασκείται η τάση στην πύελο, καθώς και το πλάτος της τάσης είναι διαφορετικό μεταξύ των φυσιολογικών αρθρώσεων και των αρθρώσεων με δυσπλασία.

Αν και αυτές οι μελέτες είναι ικανές να προσδώσουν το γενικότερο νόημα της παθολογικής εμβιομηχανικής, έχουν παραμελήσει σημαντικά σημεία. Για παράδειγμα, αμελήθηκε πλήρως η ύπαρξη και η γεωμετρική μορφή του χόνδρου, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες εκτιμήσεις (συνήθως υποτιμημένες προβλέψεις) σχετικά με τις πιέσεις που ασκούνται στην άρθρωση.

### **2.2.2 Υπολογιστικά μοντέλα προσομοίωσης των αρθρώσεων**

Ως υπολογιστικά μοντέλα, μπορούμε να περιγράψουμε ένα υποσύνολο των αριθμητικών μοντέλων, που απαιτεί η γεωμετρία που θα χρησιμοποιηθεί να κατακερματιστεί σε μικρότερα μαθηματικά προβλήματα. Οι εξισώσεις και οι οριακές συνθήκες μπορούν να καταστρωθούν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του μοντέλου. Τα υπολογιστικά μοντέλα είναι ένας ελκυστικός νέος τρόπος εμβιομηχανικής μελέτης μιας άρθρωσης, επειδή έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν υπόψη τις τάσεις μεταξύ οστών και χόνδρων, σε όλη την έκταση της άρθρωσης, και όχι σε μεμονωμένα σημεία. Με την ανακάλυψη και τη διαθεσιμότητα των διάφορων ιατρικών απεικονιστικών μεθόδων, μπορούν να δημιουργηθούν πολλά μοντέλα, τα οποία θα



παρέχουν λεπτομερή γεωμετρία κι εκτιμήσεις των μηχανικών ιδιοτήτων της άρθρωσης. Επομένως, χονδροειδείς παραδοχές σχετικά με την αρθρική γεωμετρία δεν είναι απαραίτητες.

### 2.2.3 Δομικά μοντέλα για οστά και χόνδρους

Εκτός απ' το να παρέχουν πληροφορίες για την συνεισφορά των δομικών στοιχείων των διαφόρων ιστών στην συνολική συμπεριφορά του ιστού, τα δομικά μοντέλα είναι απαραίτητα για να παραστήσουν τις ιδιότητες των ιστών στα υπολογιστικά μοντέλα.

Τα οστά μπορούν να θεωρηθούν ως ένα ελαστικό υλικό, επομένως, μετά από την παραδοχή της γραμμικής ελαστικότητας, η συμπεριφορά του υλικού μπορεί να χαρακτηριστεί από έναν τετάρτου βαθμού τανυστή  $C$  στον γενικοποιημένο νόμο του Hooke:  $T = C : \varepsilon \Leftrightarrow T_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}$ .

Ο χόνδρος μοντελοποιείται ως ένα ισοτροπικό ελαστικό, ισοτροπικό διφασικό, αντίστροφα ισοτροπικό διφασικό και ως ένα πορώδες ελαστικό. Όταν ο χόνδρος δέχεται μια προσωρινή πίεση, που ισοδυναμεί σε αυτή ενός ασυμπίεστου υλικού. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η χρήση ενός γραμμικοποιημένου ελαστικού δομικού μοντέλου είναι η καταλληλότερη. Παρ' όλα αυτά, η ακρίβεια ενός τέτοιου μοντέλου μειώνεται καθώς η πίεση αυξάνεται, κυρίως αν γίνονται περιστροφές.

## 2.3 Μηχανική φόρτιση και τάση [5]

Στα οστά δρουν οι ακόλουθες δυνάμεις: της *βαρύτητας*, της *μυϊκής σύσπασης* και της *μεταβολής της κινητικής κατάστασης* (δυνάμεις αδράνειας). Το οστό σαν κάθε στερεό σώμα αντιδρά στην επιβαλλόμενη δύναμη με κίνηση και με παραμόρφωση.

Η δύναμη είναι ανυσματικό μέγεθος και για να εκφρασθεί, πρέπει να οριστούν το μέτρο, η διεύθυνση, η φορά, και το σημείο εφαρμογής. Συνεπώς, μελετώντας τις δυνάμεις πρέπει να χρησιμοποιούμε τους νόμους και κανόνες που του ανυσματικού λογισμού, όπως τη σύνθεση, την ανάλυση, τη μεταφορά κλπ.

Τυχούσα δύναμη, που δρα στην επιφάνεια ενός καθορισμένου επιπέδου του οστού, μπορεί να αναλυθεί σε δυο συνιστώσες, μια κάθετη στην επιφάνεια, που ονομάζεται

*δύναμη θλίψεως* (η αντίδραση σε αυτή καλείται δύναμη ελκυσμού) και μια παράλληλη που ονομάζεται *δύναμη διατμήσεως ή ολισθήσεως*.

Αυτές είναι οι απλές μορφές μηχανικής *φόρτισης* ενός σώματος (load). Το οστό, όπως κάθε στερεό σώμα, αντιδρά στην επιβολή μιας μηχανικής φορτίσεως με την ανάπτυξη εσωτερικής *τάσεως* (stress), μιας δυνάμεως εξαναγκασμένης, που αναπτύσσεται μόνο μετά την επιβολή μηχανικού φορτίου.

## 2.4 Η άρθρωση του ισχίου

Η άρθρωση του ισχίου εξυπηρετεί έναν πολύ σημαντικό σκοπό. Ενώ στηρίζει το μεγαλύτερο μέρος του βάρους του ανθρώπινου σώματος (περίπου τα 2/3), η άρθρωση πρέπει ταυτόχρονα να διευκολύνει την ομαλή κίνηση των κάτω άκρων. Κατά την εκτέλεση των καθημερινών μας δραστηριοτήτων, δυνάμεις της τάξεως των 5.5 φορών το ανθρώπινο βάρος ασκούνται στο μηριαίο οστό και στην πύελο. Επόμενως, παρά το γεγονός ότι η δομή της άρθρωσης είναι αρκετά ανθεκτική στις καταπονήσεις και στην συνεχή κίνηση, μη φυσιολογική και συνεχής επιβάρυνσή της μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευσή της.

Η έρευνα στον τομέα της εμβιομηχανικής του ισχίου δεν είναι κάτι νέο στην ορθοπεδική ιατρική. Αντίθετα, όμως, με την πειραματική έρευνα, η υπολογιστική μοντελοποίηση ανοίγει νέες προοπτικές για την εμβιομηχανική μελέτη της άρθρωσης του ισχίου με έναν μη επεμβατικό τρόπο. Συγκεκριμένα, η ιατρική απεικόνιση δίνει τη δυνατότητα να αναπτυχθούν νέα υπολογιστικά μοντέλα, που βασίζονται εξ ολοκλήρου στη δομή και τη «γεωμετρία» των οστών του ασθενούς. [4]

Για την εμβιομηχανική ανάλυση των παθολογικών καταστάσεων που σχετίζονται με την άρθρωση του ισχίου, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Η φυσιολογική τάση στην άρθρωση του ισχίου και ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλεται σε σχέση με τη μεταβολή της γωνίας μεταξύ του αυχένα και της διάφυσης του μηριαίου (αυχενοδιαφυσιακή γωνία).
- Ο τρόπος με τον οποίο οι βιολογικοί ιστοί της περιοχής αντιδρούν στη μεταβολή του μέτρου και του είδους της ασκούμενης πίεσης. [5]

#### **2.4.1 Επίδραση της μηχανικής τάσης σε ώριμη σκελετική δομή ισχίου [5]**

Η αντίδραση μιας ώριμης οστέινης δομής καθορίζεται αποκλειστικά από το μέγεθος της τάσης και όχι από το είδος της. Δεν ενδιαφέρει άμεσα αν η τάση οφείλεται σε δύναμη θλίψεως, ελκυσμού ή διάτμησης. Η μηχανική τάση σε μια ομαλά αναπτυγμένη άρθρωση ισχίου κατανέμεται κανονικά σε όλη την επιφάνεια φόρτισης (Weight Bearing Surface - WBS). Μία πρωτογενής ή δευτερογενής μετατόπιση της μηριαίας κεφαλής οδηγεί σε συγκέντρωση της τάσης στην ακμή της κοτύλης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αξιοσημείωτη αύξηση του μέτρου της τάσης, το οποίο είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την επιφάνεια άσκησης του φορτίου. Στην περίπτωση αυτή, η τάση κατανέμεται τριγωνικά πιέζοντας πολύ περισσότερο στο εξωτερικό όριο της κεφαλής. Στη συνέχεια δημιουργείται μία αντίστοιχη τριγωνική περιοχή σκλήρυνσης η οποία αναπτύσσεται στην επιφάνεια φόρτισης της κεφαλής. Η παρατήρηση αυτή έχει μεγάλη πρακτική σημασία για τη διάγνωση της νόσου. Όταν η τάση υπερβεί το ανώτατο όριο της αντοχής του ιστού, αρχίζει η παραμόρφωση του οστού.

#### **2.4.2 Φόρτιση του άνω άκρου του μηριαίου οστού σε φυσιολογικές συνθήκες**

Σε φυσιολογικές συνθήκες, στο άνω άκρο του μηριαίου οστού ασκείται η συνισταμένη δύναμη  $R$  όλων των δυνάμεων που δρουν στην άρθρωση του ισχίου. Το μερικό βάρος  $K$  που δρα στην άρθρωση του ισχίου, όταν το σώμα στηρίζεται στο ένα πόδι, υπολογίζεται αν από το βάρος του σώματος  $S$  αφαιρεθεί το βάρος του άκρου σε στάση. Η δύναμη  $K$  εφαρμόζεται σε απόσταση  $b$  από το κέντρο περιστροφής (CR) της μηριαίας κεφαλής και τείνει να περιστρέψει την πύελο προς τα έσω και κάτω.

Η περιστροφή αυτή εμποδίζεται από μια ίση και αντίθετη δύναμη, τη δύναμη των απαγωγών μυών  $M$ , που εφαρμόζεται σε απόσταση  $a$  από το κέντρο περιστροφής (CR) και τείνει να στρέψει την πύελο προς τα έξω και κάτω. Η δύναμη  $M$  αναλύεται σε δύο συνιστώσες, μια οριζόντια  $QM$  και μια κατακόρυφη  $PM$ .

Στην άρθρωση του ισχίου, κατά τη στήριξη στο ένα πόδι, οι δυνάμεις  $K$  και  $PM$  είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω και ο συνδυασμός τους με την οριζόντια  $QM$  που έχει φορά προς τα έξω, δίνει τη συνολική συνισταμένη δύναμη  $R$ . Σύμφωνα με τον τρόπο που ορίστηκε, η συνισταμένη δύναμη  $R$  διέρχεται από το κέντρο περιστροφής της κεφαλής και είναι κάθετη στην επιφάνειά της. Έτσι δρα σαν αμιγής

δύναμη θλίψης στη μηριαία κεφαλή και στην κοτύλη. Η διεύθυνσή της αποκλίνει ελαφρά από αυτήν του άξονα του αυχένα του μηριαίου με αποτέλεσμα ο αυχένας να υφίσταται μια συνεχή ροπή κάμψης. Το μέγεθος της ροπής κάμψης που είναι το γινόμενο του μέτρου της δύναμης R και του βραχίονα δράσης της, είναι μέγιστο στο επίπεδο του μείζονα τροχαντήρα, αφού εκεί ο βραχίονας δράσης είναι μέγιστος.

Η κατακόρυφη συνιστώσα της R, έστω PR, θα είναι το άθροισμα των K και PM. Αντίστοιχα, η οριζόντια συνιστώσα της R, έστω QR, είναι ίση με την QM.

$$R = K + PM + QM$$

$$R = PR + QR$$

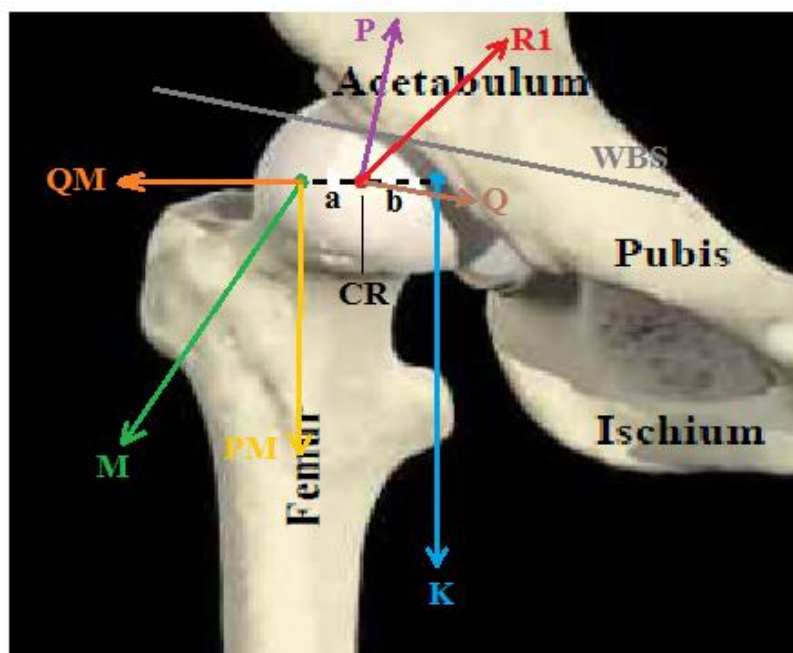
$$QR = QM$$

Η συνολική δύναμη R που δρα στην άρθρωση, εξισορροπείται απ' την ίση και αντίθετη αντίδραση του εδάφους R1. Στο μετωπιαίο επίπεδο, η δύναμη αυτή ωθεί την κεφαλή, κάθετα προς την επιφάνεια φόρτισης WBS της κοτύλης, η οποία κανονικά έχει οριζόντια διεύθυνση. Η διεύθυνση της WBS καθορίζεται από την γραμμή που συνδέει το έσω και έξω όριο της οφρύος της κοτύλης.

Μπορούμε λοιπόν να φανταστούμε μια συνιστώσα διάτμησης Q της R1 παράλληλη στη διεύθυνση της WBS και μία συνιστώσα θλίψης P κάθετη στη WBS.

$$R1 = P + Q$$

Τρία είναι τα θεμελιώδη σημεία της άρθρωσης του ισχίου: το κέντρο περιστροφής της άρθρωσης (CR), το σημείο όπου η διεύθυνση της δύναμης P διαπερνά την κοτύλη (T) και το σημείο όπου η διεύθυνση της R1 διαπερνά την κοτύλη (H). Συνεπώς η δύναμη R1 διευθύνεται απ' το CR στο H, η δύναμη P απ' το CR στο T κι η δύναμη Q απ' το T στο H. [5]



Σχ. 2.1 Δυνάμεις φόρτισης του άνω άκρου του μηριαίου οστού

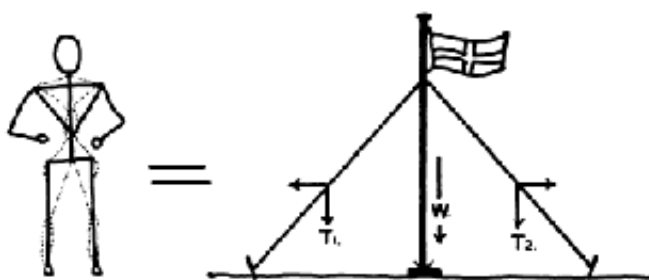
#### 2.4.3 Τάση στο άνω άκρο του μηριαίου οστού σε φυσιολογικές συνθήκες [5]

Η δύναμη θλίψης  $R$  που δρα στην άρθρωση του ισχίου κατανέμεται στην επιφάνεια φόρτισης της άρθρωσης του ισχίου,  $WBS$ , με τη μορφή τάσης θλίψεως  $D$ . Αυτή καθορίζεται όχι μόνο από το μέτρο και τη διεύθυνση της δύναμης, αλλά κυρίως από την επιφάνεια η οποία μεταδίδει τη δύναμη. Σε φυσιολογικές συνθήκες, η δύναμη θλίψεως κατανέμεται σχεδόν κανονικά στην επιφάνεια φόρτισης. Η μέση τιμή της μπορεί να προσδιοριστεί ως το πηλίκο του μέτρου της δύναμης  $R$  δια της προβολής της καμπύλης επιφάνειας φόρτισης  $\sigma'$  ένα επίπεδο κάθετο στον άξονα της  $R$ . Η καμπτική επίδραση της συνισταμένης δύναμης  $R$  δημιουργεί τάση θλίψεως  $D$  στο έσω όριο του αυχένα και τάση ελκυσμού  $Z$  στο έξω όριό του.

#### 2.4.4 Μελέτη της κίνησης του ισχίου [3]

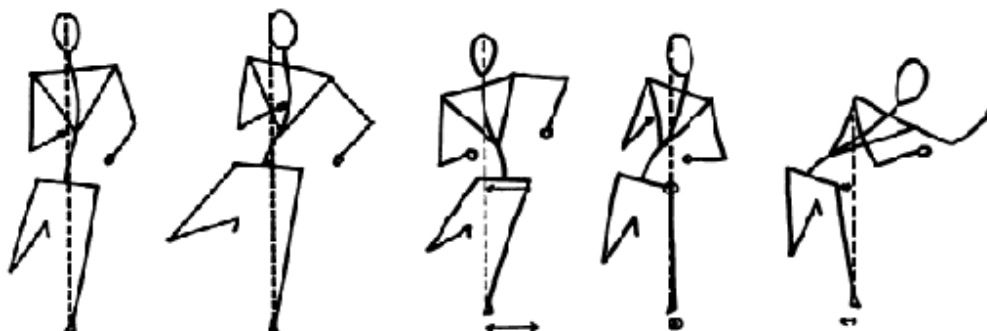
Στο σχήμα 2.2 αναπαριστάται ένα άτομο που ισορροπεί και στα δυο του πόδια, συνδυάζοντας μυϊκές ομάδες αντίθετες μεταξύ τους. Σε αυτή την στάση, καθεμιά από τις δύο αρθρώσεις επιδέχεται μια βαρυντική δύναμη λίγο μεγαλύτερη από το ήμισυ του βάρους του σώματος του ατόμου. Αυτό συμβαίνει διότι οι μύες, που ισορροπούν για να διατηρήσουν το σώμα σε αυτή τη στάση, δέχονται μια επιπρόσθετη τάση. Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε τη στάση αυτή με την βάση του ιστού μιας σημαίας (βλ. Σχ. 2.2), η οποία πρέπει να μπορεί να συγκρατήσει το βάρος του ιστού, με τον

ίδιο τρόπο που συγκρατούν το βάρος του ανθρώπινου σώματος οι αρθρώσεις των ισχίων. Τα σκιοινιά του ιστού παίζουν τον ίδιο ρόλο με τους μύες που ισορροπούν για να διατηρήσουν το σώμα σε μια στάση –εδώ, στη στάση προσοχής ή ακινησίας. Είναι αξιοσημείωτο, ότι η τάση αυτή δεν είναι ιδιαίτερα «επιβαρυντική», όταν ο ιστός (δηλ. και το σώμα) βρίσκεται σε πλήρως κατακόρυφη στάση, αλλά στην περίπτωση που δοθεί μια κλίση, προς οποιαδήποτε μεριά, η τάση πάνω στο ένα από τα δύο σκιοινιά (δηλ. πάνω στη μια από τις δύο ισχιακές αρθρώσεις) θα αυξηθεί υπερβολικά πολύ.



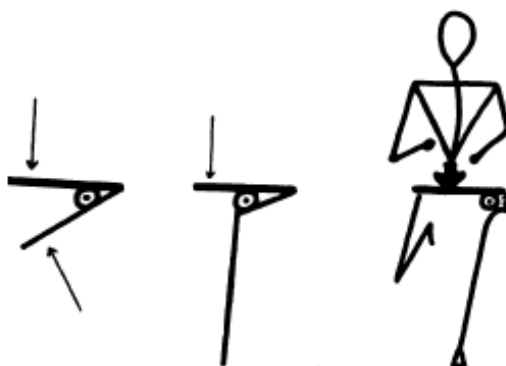
Σχ. 2.2 Μοντελοποίηση ακίνητης στάσης ανθρώπινου σώματος

Όταν, όμως, ένα από τα δύο πόδια –έστω το δεξί– ανασηκωθεί από το έδαφος, η αντίδραση από το έδαφος σε αυτό το πόδι χάνεται και αν το άτομο δεν μεταβάλλει την στάση του, θα πέσει προς τα δεξιά. Για να παραμείνει όρθιο, πρέπει να μεταβάλλει την κλίση του ελαφρώς προς τα αριστερά. Σε περίπτωση που το άτομο σηκώσει το δεξί του πόδι και το λυγίσει, η κλίση που πρέπει να παρθεί προς τα αριστερά, είναι ακόμα μεγαλύτερη από πριν, ενώ για να διατηρηθεί η ισορροπία πρέπει να λυγίσει και το αριστερό του χέρι και να τεντώσει το δεξί του χέρι. Σε κάθε περίπτωση, η νοητή γραμμή που περνά από το κέντρο βάρους του σώματος, πρέπει να περνά και από το κέντρο του ποδιού που ακουμπά στο έδαφος, ενώ δεν είναι απαραίτητο να περνά και από την άρθρωση. Όταν το άτομο γέρνει προς τα δεξιά, η γραμμή αυτή περνά από τα πλάγια της άρθρωσης, ενώ όταν το άτομο γέρνει προς τα αριστερά, η γραμμή αυτή περνά διαμέσου της μηριαίας κεφαλής. (Σχ. 2.3)



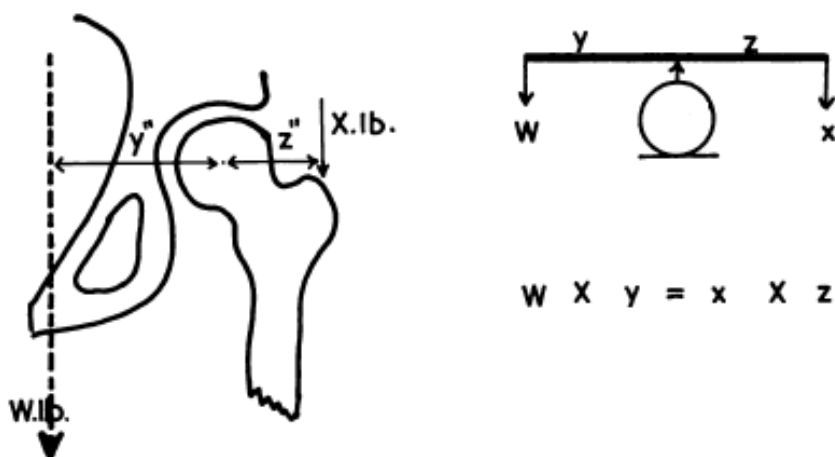
Σχ. 2.3 Νοσητή γραμμή κέντρου βάρους

Μια άλλη μοντελοποίηση της μηριαίας κεφαλής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι αυτή κατά την οποία η μηριαία κεφαλή θεωρείται ένας σκληρός καρπός μέσα σε έναν καρυοθραύστη, του οποίου η οδοντοστοιχία έχει αντικατασταθεί με ένα πολύ ανθεκτικό ελαστικό, το οποίο προσομοιώνει τους γλουτιαίους μύες. Η πύελος είναι το ένα σκέλος του καρυοθραύστη. Αν το άλλο σκέλος επιμηκυνθεί, διπλωθεί και εξισορροπηθεί πάνω στο έδαφος, και δεδομένου ότι ασκείται δύναμη πάνω στην πύελο, είναι εμφανές ότι η ροπή δύναμης που ασκείται πάνω στη μηριαία κεφαλή είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του βάρους του σώματος (βλ. Σχ. 2.4)



Σχ. 2.4 Προσομοίωση της άρθρωσης του ισχίου με καρυοθραύστη- Οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στη μηριαία κεφαλή είναι πολύ μεγαλύτερες από το βάρος του σώματος

Η απόσταση μεταξύ του άξονα της νοητής γραμμής που περνά από το κέντρο βάρους και της άρθρωσης του ισχίου ( $y$ ) έχει καθοριστική σημασία. Καθορίζεται από την κλίση της πύελου και από την στάση του κεφαλιού, του κορμού και των τριών άλλων άκρων, πλην του ανασηκωμένου από το έδαφος. Έτσι, αν γνωρίζουμε τις αποστάσεις  $y$  και  $z$ , καθώς και το βάρος του σώματος, μπορούμε να υπολογίσουμε την κάθετη συνιστώσα της δύναμης που ασκούν οι γλουτιαίοι μύες. (βλ. Σχ. 2.5)



Σχ. 2.5 Μοντελοποίηση της άρθρωσης του ισχίου με ζυγό

όπου  $W$  = βάρος του σώματος  
 $X$  = δύναμη από τους γλουτιαίους  
 $y, z$  = αποστάσεις

Τα παραπάνω εξηγούν για πιο λόγο χρειάζονται τεράστιες δυνάμεις για να σπάσει ο μηριαίος αυχένas (Evans, Pedersen and Lissner 1951) και γιατί ένα προσθετικό μέλος θα ήταν ικανό να αντέξει δύο ή τρεις τόνους χωρίς βλάβη.

Ας δούμε τι συμβαίνει όταν κάποιο από τα παραπάνω δεδομένα αλλάξει:

i) Η αλλαγή του βάρους προκαλεί αλλαγή στην πίεση που ασκείται στην άρθρωση. Μεταβολή του βάρους του σώματος κατά 1 lb, προκαλεί μεταβολή της πίεσης στην άρθρωση κατά 3 lbs.

ii) Ο επόμενος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι αυτός της οριζόντιας απόστασης από το σημείο πρόσφυσης των γλουτιαίων μυών από τη βάση τους. Η μέτρηση αυτή σχετίζεται άμεσα με το μήκος του μηριαίου αυχένα. Η μεταβολή (προς τα κάτω, προφανώς) αυτού του μεγέθους αυξάνει την πίεση που ασκείται πάνω στην άρθρωση. Γι' αυτό το λόγο, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να διατηρείται το μήκος του μηριαίου αυχένα κατά την πιθανή εκτέλεση αρθροπλαστικής.

iii) Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας είναι η απόσταση της νοητής γραμμής, η οποία διέρχεται από το κέντρο βάρους του σώματος, από το ισχίο. Καθώς η γραμμή αυτή απομακρύνεται από την άρθρωση, η πίεση που ασκείται στην άρθρωση ελαττώνεται.

iv) Τέλος, οφείλουμε να μελετήσουμε την περίπτωση, κατά την οποία το άτομο κινείται με τη χρήση ενός βοηθήματος (π.χ. πατερίτσα ή μαστούνι). Αυτό επηρεάζει



πολύ την μηχανική του ισχίου (Pauwels 1935; Denham 1955-1956; Blount 1956), αφού η τάση μεταφέρεται στο βοήθημα από το ισχίο.

## 2.5 Η άρθρωση του γονάτου [6]

Το γόνατο είναι μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες και πολύπλοκες αρθρώσεις του σώματος μας. Θεωρείται ως η μεγαλύτερη άρθρωση του ανθρώπινου σώματος. Έχει καταταγεί στις κονδυλιαίες αρθρώσεις, οι οποίες θεωρητικά είναι μονοαξονικές εάν εξετασθούν από ανατομικής και μόνον απόψεως. Αποτελείται από δύο αρθρώσεις, τη μηροκνημιαία και την επιγονατιδομηριαία. Φορτίζεται με υψηλές δυνάμεις και παρουσιάζει μεγάλους μοχλοβραχίονες και για αυτόν τον λόγο υφίσταται μεγάλες ροπές. Στην πραγματικότητα η κίνηση του επιτελείται ταυτοχρόνως και στα τρία επίπεδα, άρα παρουσιάζει λειτουργικά τρεις βαθμούς ελευθερίας. Παρ' όλα αυτά, η πιο εμφανής κίνηση γίνεται σ' ένα και για αυτόν τον λόγο από ανατομικής απόψεως θεωρείται μονοαξονική άρθρωση. Το γόνατο οφείλει την κίνηση του σε ομάδες μυών που δρουν σ' όλα τα επίπεδα, όμως μία από αυτές τις ομάδες είναι η πλέον ισχυρή και ως εκ τούτου η πλέον μελετημένη.

### 2.5.1 Δυνάμεις που ασκούνται στην άρθρωση του γονάτου [6], [7]

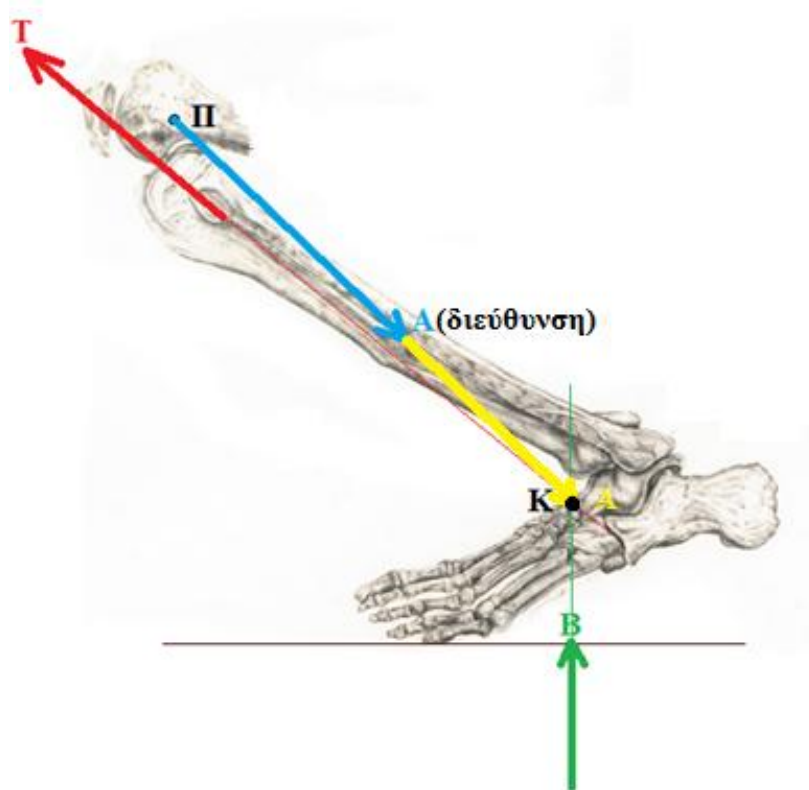
Αρχικά, η μέτρηση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτήν την άρθρωση θα μελετηθεί στατικά. Ας θεωρηθεί λοιπόν ότι ένα άτομο ανεβαίνει μια σκάλα. Το γόνατο παρατηρείται στο οβελιαίο επίπεδο και κατά τη στιγμή που το σκέλος στηρίζεται στο σκαλοπάτι. Επειδή σε αυτήν την θέση δεν υπάρχει κίνηση, θεωρείται ότι όλες οι δυνάμεις που ενεργούν επί του σκέλους βρίσκονται σε ισορροπία και άρα το άθροισμα είναι ίσο με το μηδέν. Οι δυνάμεις που ασκούνται είναι, η δύναμη αντίδρασης από το έδαφος (B) που ισούται με το βάρος του σώματος και εφαρμόζεται κάθετα επί του πέλματος, η δύναμη του τετρακεφάλου (T) που στηρίζει τον κορμό επί του γονάτος και εφαρμόζεται στο κνημιαίο κύρτωμα και η δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης (A) που εφαρμόζεται στο κέντρο των κνημιαίων κονδύλων.

Η δύναμη B έχει γνωστό μέγεθος, διεύθυνση και σημείο εφαρμογής. Η δύναμη T έχει γνωστή διεύθυνση και σημείο εφαρμογής αλλά άγνωστο μέγεθος. Η δύναμη A έχει γνωστό σημείο εφαρμογής αλλά άγνωστο μέγεθος και διεύθυνση. Για να

υπολογιστούν αυτά τα μεγέθη και εφ' όσον το μέλος βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας δυνάμεων, εφαρμόζεται η μέθοδος αθροίσματος ανυσμάτων.

Για να γίνει αυτό θεωρείται ότι όλες οι δυνάμεις εφαρμόζονται στο ίδιο σημείο. Για να βρεθεί αυτό το κοινό σημείο επεκτείνονται οι ήδη γνωστές δυνάμεις B και T πάνω στους άξονες διεύθυνσης τους μέχρι αυτοί να ενωθούν (σημείο K). Η A έχει γνωστό σημείο εφαρμογής (σημείο Π) και επομένως εάν ενωθεί αυτό το σημείο με το σημείο K βρίσκεται η διεύθυνση της A που δεν είναι άλλη από το γραμμή ΠΚ.

Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται γνωστή η διεύθυνση όλων των δυνάμεων, ενώ είναι γνωστό το μέγεθος της B. Σχεδιάζεται λοιπόν η B, στην κορυφή του ανύσματος της και γνωρίζοντας τη διεύθυνση της T σχεδιάζεται η T, αλλά αφού είναι άγνωστο το μέγεθος της η γραμμή αυτή επεκτείνεται επ' άοριστον. Όμως αφού το μέλος βρίσκεται σε ισορροπία σημαίνει ότι το τρίγωνο του αθροίσματος των ανυσμάτων είναι κλειστό. Η διεύθυνση της A είναι γνωστή, ενώ είναι επίσης γνωστόν ότι η κορυφή αυτής της δύναμης πρέπει να φθάνει στη βάση της δύναμης B. Με αυτόν τον τρόπο σχεδιάζεται η δύναμη A. Αυτή τέμνει την T και άρα με τον τρόπο αυτό γίνεται γνωστό το μέγεθος της T και της A. Αφού είναι γνωστή η διεύθυνση σημαίνει ότι είναι γνωστές και οι γωνίες εφαρμογής των δυνάμεων.

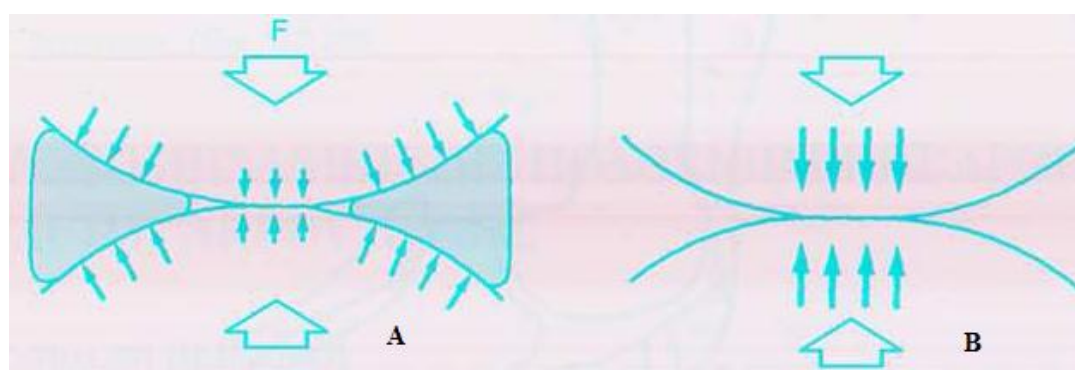


Σχ.2.6 Δυνάμεις που ασκούνται στην άρθρωση του γονάτου

Η προσπάθεια να υπολογισθούν αυτές οι δυνάμεις σε δυναμική και όχι σε στατική κατάσταση έδειξε ότι ο τετρακέφαλος παρουσιάζει, κατά την διάρκεια λακτίσματος χωρίς να υπάρχει υπόδημα στον άκρο πόδα, μέγιστη δύναμη 3170N, ενώ η δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης είναι ελαφρώς μικρότερη, επειδή κατά την ενέργεια αυτήν εφαρμόζονται και δυνάμεις εφελκυσμού στην άρθρωση. Εάν τοποθετηθεί βάρος 10 κιλών στον άκρο πόδα παρατηρείται ότι σε μια απλή αιώρηση του γόνατος η δύναμη αδράνειας της αρθρώσεως ισούται με το 50% του βάρους του σώματος, ενώ εάν συσταλλεί ο τετρακέφαλος χωρίς να φθάσει τη μέγιστη απόδοσή του, η δύναμη αντίδρασης είναι δυνατόν να φθάσει τα 1400N, δηλαδή τετραπλασιάζεται.

Κατά τη βάδιση λοιπόν αυτές οι δυνάμεις απορροφούνται τόσο από τον αρθρικό χόνδρο, όσο και από τους μηνίσκους. Έχει παρατηρηθεί λοιπόν ότι απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος των φορτίων που εφαρμόζονται στα γόνατα, αφού αυξάνουν την επιφάνεια επαφής των αρθρικών επιφανειών και επομένως αποφορτίζουν τον αρθρικό χόνδρο.

Επίσης οι μηνίσκοι λειτουργούν ως απορροφητήρες κραδασμών, αυξάνουν τη σταθερότητα της άρθρωσης δρώντας σαν σφηνοειδείς σταθεροποιητές, βοηθούν στην αντίληψη του χώρου με τις νευρικές απολήξεις που υπάρχουν στην περιφέρεια των και επομένως ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται τη σωστή θέση της άρθρωσης, βοηθούν στη λίπανση των αρθρικών επιφανειών και τέλος κατά την κάμψη και έκταση του γόνατος υποστηρίζουν, με τη μετακίνησή τους προς τα εμπρός και προς τα πίσω και με την ταυτόχρονη σμίκρυνση ή αύξηση της διαμέτρου τους, τους μηριαίους κονδύλους.



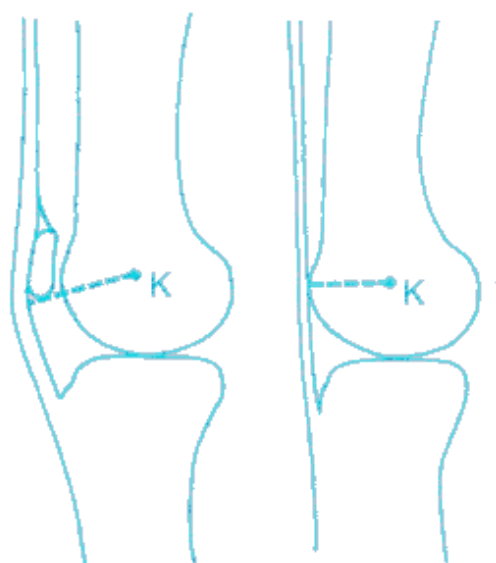
Σχ.2.7 Δυνάμεις που ασκούνται στο γόνατο  
A: αν υπάρχουν οι μηνίσκοι  
B: αν έχουν αφαιρεθεί οι μηνίσκοι

Δυνάμεις όμως εφαρμόζονται και στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση. Η επιγονατίδα βοηθά στην αύξηση του μοχλοβραχίονα της δράσης του τετρακέφαλου κατά τη διάρκεια όλου του εύρους της κίνησης και ως εκ τούτου να διαχέονται πιο ομοιόμορφα τα φορτία στο μηριαίο οστόν.

Ο αυξημένος μοχλοβραχίονας βοηθά στην ελάττωση της δύναμης που παράγεται από τον τετρακέφαλο κατά την κίνηση, αφού αυτός απομακρύνεται από το κέντρο περιστροφής του γόνατος. Έχει διαπιστωθεί ότι αυτή η αύξηση του μοχλοβραχίονα ποικίλλει ανάλογα με το βαθμό κάμψης του γόνατος. Σε πλήρη κάμψη η αύξηση αυτού είναι ίση με το 10% , στις 45ο φθάνει το 30% , ενώ από τις 15ο και κάτω η εν λόγω αύξηση είναι ίση με το 60% .

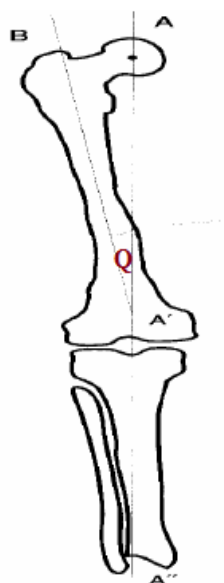
Είναι φανερό λοιπόν ότι σε ένα γόνατο από το οποίο έχει αφαιρεθεί η επιγονατίδα, ο τετρακέφαλος πρέπει ή να αυξήσει τη δύναμη του για να παράγει το ίδιο έργο όπως και προ της επιγονατιδεκτομής ή, και αυτό είναι το σύνηθες, να καταστεί πιο αδύναμος. Αυτό το γεγονός επιτείνεται τόσο από την απώλεια του υπομοχλίου όσο και από την αύξηση του μήκους του.

Οι δυνάμεις με τις οποίες φορτίζεται η επιγονατιδομηριαία άρθρωση έχει διαπιστωθεί ότι φθάνουν κατά την ομαλή βάρδιση, μισή φορά το βάρος του σώματος ενώ κατά την ανάβαση κλίμακος οι εν λόγω δυνάμεις αυξάνονται σε 3.3 φορές το βάρος του σώματος. Υπάρχουν ωστόσο και μελετητές που υποστηρίζουν ότι αυτές οι τιμές ανέρχονται σε 7 φορές το βάρος του σώματος.



Σχ.2.8 Θέση του κέντρου K του γονάτου πριν και μετά την επιγονατιδεκτομή

Τέλος μια γωνία η οποία παίζει σπουδαίο ρόλο, τόσο στη μελέτη της εμβιομηχανικής του ισχίου όσο και του γόνατος, είναι η γωνία Q. Η εν λόγω γωνία σχηματίζεται από τον επιμήκη άξονα του μηριαίου οστού και τον κατακόρυφο άξονα φόρτισης, ο οποίος διέρχεται διαμέσου του κέντρου της μηριαίας κεφαλής και του γόνατος. Η γωνία Q καθορίζει τη γωνία εφαρμογής των μυϊκών φορτίων τόσο στην κατ' ισχίον άρθρωση όσο και στην άρθρωση του γόνατος, συμπεριλαμβανομένων και των φορτίων της επιγονατιδομηριαίας αρθρώσεως.



Σχ.2.9 Η γωνία Q

### 2.5.2 Μελέτη της κίνησης της άρθρωσης του γόνατου [6],[8]

Η κίνηση της άρθρωσης έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές και παρά το γεγονός ότι αποτελεί μια από τις πλέον μελετημένες αρθρώσεις, εξακολουθούν να παραμένουν ερωτηματικά. Στο οβελιαίο επίπεδο το γόνατο εκτελεί κάμψη και έκταση που κυμαίνονται από 0-140° ή κατ' άλλους από 0-145°. Εκτός από αυτήν την κίνηση το γόνατο εκτελεί στροφικές κινήσεις στο οριζόντιο επίπεδο. Σε πλήρη έκταση αυτή η στροφή δεν παρατηρείται επειδή οι αρθρικές επιφάνειες ευρίσκονται σε σταθερή θέση. Το εν λόγω γεγονός οφείλεται κυρίως στο μέγεθος του έσω μηριαίου κονδύλου που είναι μακρύτερος και μεγαλύτερος από τον έξω κόνδυλο. Εάν το γόνατο καμφθεί στις 90° τότε παρατηρείται έξω στροφή που μπορεί να φθάσει τις 45°. Εάν η κάμψη του γόνατος υπερβεί τις 90°, οι στροφικές κινήσεις μειώνονται λόγω διάταξης των μαλακών μορίων. Στο μετωπιαίο επίπεδο υπό πλήρη έκταση δεν παρατηρείται καμία κίνηση. Εάν η άρθρωση καμφθεί σε γωνία 30° τότε είναι δυνατόν να παρατηρηθεί

παθητικού χαρακτήρα κίνηση προς τα έξω ή προς τα έσω, ενώ εάν η κάμψη υπερβεί τις  $30^\circ$  αυτές οι παθητικές κινήσεις μειώνονται έως μηδενισμού. Η προς τα έξω παθητική κίνηση ονομάζεται κίνηση βλαισότητας, ενώ η προς τα έσω κίνηση ραιβότητας.

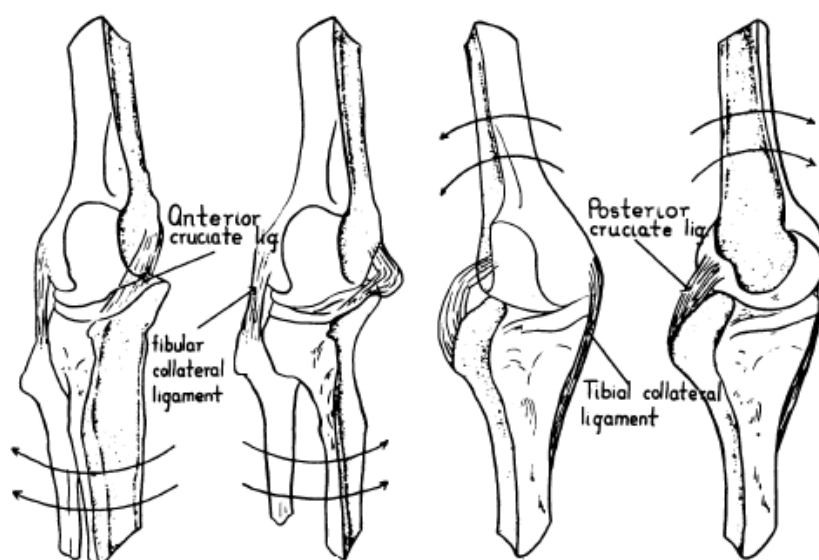
Το εύρος κίνησης του γόνατος κατά την κάμψη- έκταση στις καθημερινές ασχολίες κατά κύριο λόγο φθάνει τις  $93^\circ$  και ποτέ δεν ξεπερνά τις  $117^\circ$ . Κατά τη μελέτη της βάδισης διαπιστώθηκε, ότι όταν το σκέλος ευρίσκεται στη φάση της στήριξης, τότε το γόνατο παρουσιάζει κάμψη, η οποία διαφέρει αναλόγως με την ταχύτητα βάδισης.

Έτσι, ενώ κατά τη βραδεία βάδιση το γόνατο παρουσιάζει κάμψη  $0-6^\circ$ , η εν λόγω κάμψη αυξάνεται κατά τη γρήγορη βάδιση σε  $12-18^\circ$ , για να φθάσει τις  $18-30^\circ$  κατά το τρέξιμο. Η κίνηση του γόνατος όπως ήδη έχει αναφερθεί θεωρήθηκε αρχικά μονοαξονική, δηλαδή υποστηριζόταν ότι το γόνατο από λειτουργικής απόψεως ομοιάζε με «μεντεσέ». Αργότερα διαπιστώθηκε ότι κατά τη διάρκεια της κάμψης-έκτασης, το γόνατο εκτελεί και ολίσθηση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ένα μόνον κέντρο περιστροφής αλλά πολλαπλά, τα οποία σχηματίζουν τον «γεωμετρικό τόπο των στιγμιαίων κέντρων περιστροφής».

Αρκετοί είναι αυτοί που έχουν μελετήσει το θέμα και δεν υπάρχει μεγάλη σύμπτωση απόψεων, αν και οι παραλλαγές στις οποίες καταλήγουν είναι αρκετά όμοιες μεταξύ τους. Έτσι η ομαλή κυκλική καμπύλη, που σχηματίζουν τα κέντρα περιστροφής κατά την κίνηση κάμψης των πρώτων μοιρών παραχωρεί τη θέση της, όταν η κάμψη υπερβεί τις  $15-20^\circ$ , σε ολίσθηση. Λεπτομερέστερα η ολίσθηση αρχίζει σε διαφορετικές μοίρες για τους δύο μηριαίους κονδύλους. Ο μεν έσω αρχίζει να ολισθαίνει μετά τις  $10-15^\circ$ , ενώ ο έξω μετά τις  $20^\circ$ . Αυτό οφείλεται στη διαφορά μεγέθους των δύο κονδύλων, δεδομένου ότι ο έσω είναι μεγαλύτερος από τον έξω. Αυτή η διαφορά έναρξης της ολίσθησης συμβάλλει και σε μια ακόμη κίνηση που εκτελεί το γόνατο και είναι μια στροφή της κνήμης σε σχέση με το μηριαίο. Έτσι ενώ η κνήμη σε πλήρη έκταση παρουσιάζει μια έξω στροφή, στο οριζόντιο επίπεδο, σε σχέση με το μηριαίο από τη στιγμή που αρχίζει η κάμψη του γόνατος, η κνήμη στρέφεται προς τα έσω. Η κατάσταση αυτή εξηγείται εύκολα, αφού η ολίσθηση στο έσω διαμέρισμα είναι μεγαλύτερη. Το εν λόγω γεγονός αποδείχθηκε στα πειράματα του Helfet το 1974, όταν το μέγεθος αυτής της στροφής είναι δυνατόν να φθάσει το ήμισυ του εύρους της επιγονατίδας. Αυτό αναφέρεται και ως βίδωμα του γόνατος.



Σχ.2.10 Γεωμετρικός τόπος των στιγμιαίων κέντρων περιστροφής της άρθρωσης του γονάτου



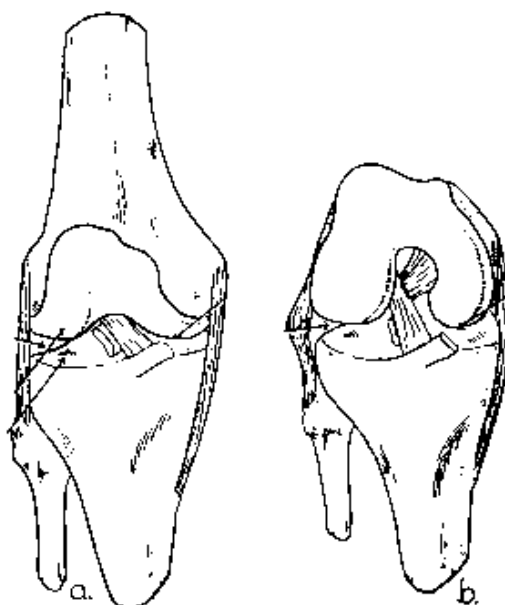
Σχ.2.11 Μερικές από τις κινήσεις του γονάτου

Όσον αφορά την επιγονατίδα, αυτή κινείται ολισθαίνουσα στην μηριαία τροχίλια των μηριαίων κονδύλων και είναι δυνατόν η κίνηση της να εξομοιωθεί με την απλουστευμένη μηχανική κίνηση ενός υμάντα μέσα σε μια τροχαλία. Η μετακίνησή της κατά τη διάρκεια της κίνησης από πλήρη έκταση σε πλήρη κάμψη, μετράται σε 7cm. Από τη θέση της έκτασης έως την κάμψη των  $90^\circ$ , η κίνηση γίνεται επί της τροχίλιας, ενώ μετά από τη θέση αυτή μέχρι και πλήρους κάμψης η επιγονατίδα βυθίζεται στο μεσοκονδύλιο βόθρο. Κατά την κάμψη άνω των  $90^\circ$ , η επιγονατίδα παρουσιάζει ελαφρά στροφή προς τα έξω. Αυτό συμβαίνει διότι στην θέση αυτή βρίσκονται σε επαφή μόνον οι αρθρικές επιφάνειες του έσω μηριαίου κονδύλου και

της έσω αρθρικής επιφάνειας της επιγονατίδας. Η επαφή αυτή οφείλεται και πάλι στο μέγεθος του μηριαίου κονδύλου.[7]

Οι χιαστοί σύνδεσμοι κατά τη διάρκεια της κίνησης του γόνατος δεν παρουσιάζουν την ίδια απόκλιση και την ίδια γωνία μεταξύ τους. Έτσι ενώ ο πρόσθιος χιαστός σχεδόν δεν αλλάζει διεύθυνση δράσης κατά την κίνηση, ο οπίσθιος από σχεδόν οριζόντιος κατά την έκταση φθάνει σε πλήρη κάμψη να σχηματίζει  $60^\circ$  κλίση με το επίπεδο των κνημιαίων κονδύλων.

Οι χιαστοί σύνδεσμοι ελέγχουν τόσο την κάμψη και την έκταση όσο και την στροφή. Έτσι ο οπίσθιος χιαστός διατείνεται κατά τη διάρκεια της κάμψης, ενώ ο πρόσθιος κατά τη έκταση για να βοηθήσει τον έλεγχο της υπερέκτασης.



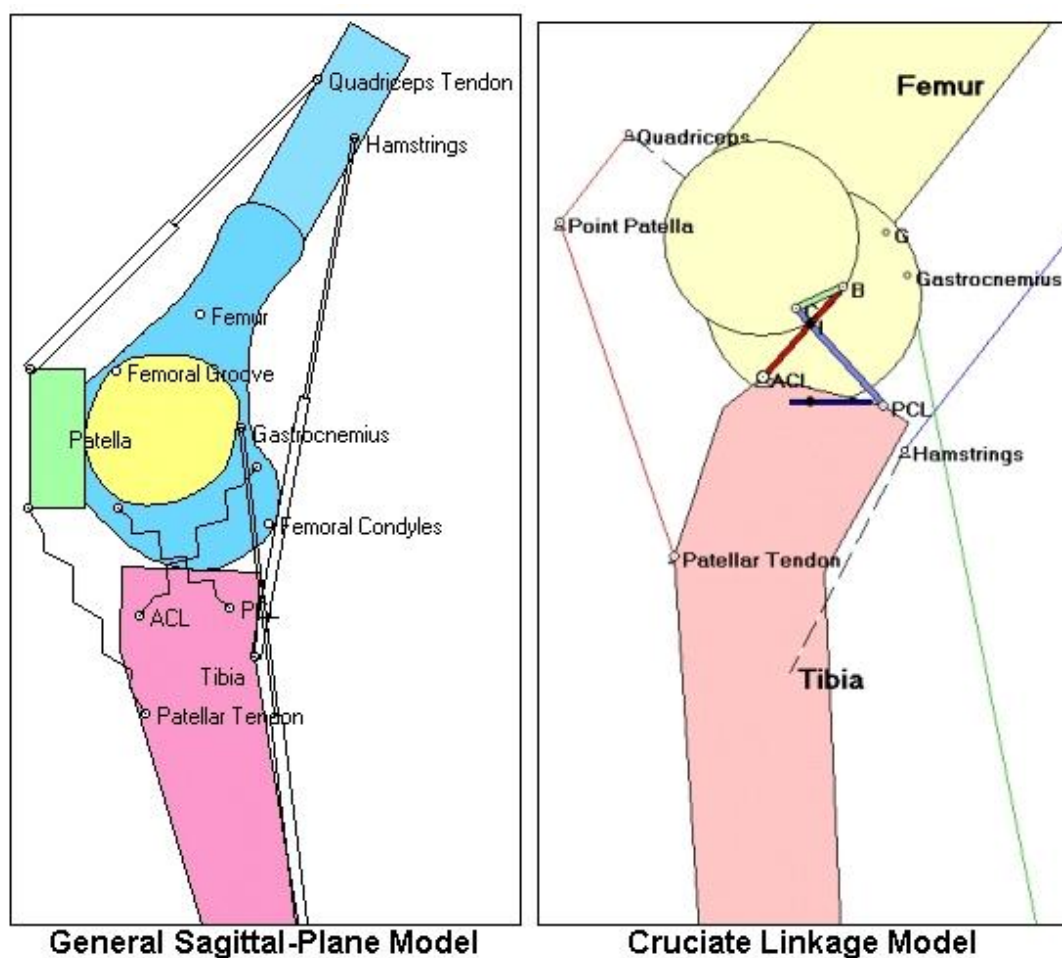
Σχ.2.12 Κίνηση γόνατου αν οι χιαστοί έχουν αφαιρεθεί  
a: σε έκταση  
b: σε κάμψη

Κατά τις στροφικές κινήσεις, οι χιαστοί διαπλέκονται. Έτσι στην έσω στροφή της κνήμης επί του μηριαίου, οι χιαστοί διασταυρώνονται και συστρέφονται ο ένας με τον άλλο. Με αυτόν τον τρόπο οι αρθρικές επιφάνειες συμπλησιάζουν με τρόπο ώστε να αποφευχθεί περαιτέρω έσω στροφή. Επειδή ο άξονας στροφής βρίσκεται όχι στο κέντρο του γόνατος αλλά στην περιοχή του έσω κνημιαίου κονδύλου, ο πρόσθιος χιαστός διατείνεται ενώ ο οπίσθιος χαλαρώνει. Εάν γίνει η αντίθετη στροφική κίνηση, δηλαδή έξω στροφή της κνήμης επί του μηριαίου οστού, τότε χαλαρώνει ο πρόσθιος χιαστός ενώ διατείνεται ο οπίσθιος. Επομένως ο πρόσθιος χιαστός ελέγχει την έσω



στροφή, ενώ ο οπίσθιος την έξω. Ρόλο συνεργών του οπίσθιου χιαστού ασκούν και οι πλάγιοι σύνδεσμοι ο έσω και ο έξω επειδή συστρέφονται κατά την έξω στροφή της κνήμης. Αντιθέτως κατά την έσω στροφή της κνήμης αυτοί γίνονται παράλληλοι και άρα είναι αδύνατη η αποθήκευση διαστατικής ενέργειας από αυτούς, εγκαταλείποντας μόνο τον τον πρόσθιο χιαστό. Ως εκ τούτου είναι δυνατόν να εξηγηθεί η συχνότητα των κακώσεων του πρόσθιου χιαστού. [7]

### 2.5.3 Μοντελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου [8]

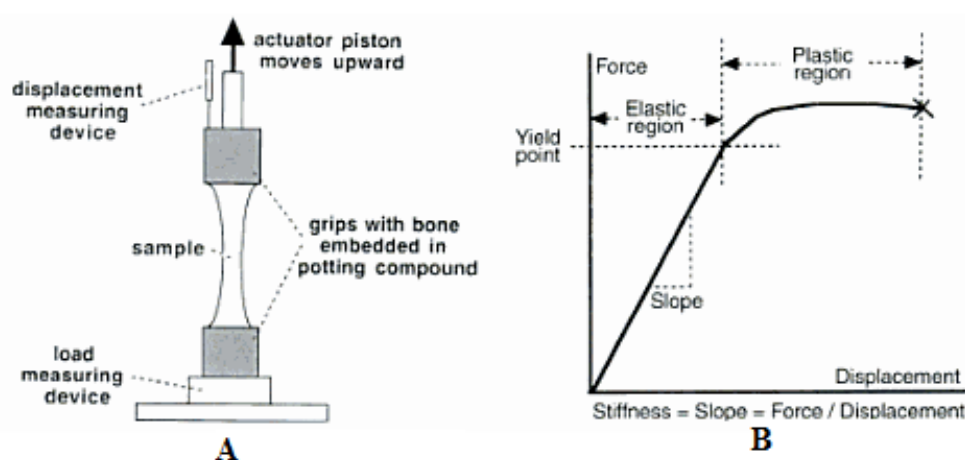


Σχ.2.13 Μηχανικά μοντέλα προσομοιωτές της άρθρωσης του γονάτου

#### 2.5.3.1 Μοντελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου με έμβολο (πιστόνι) [8]

Κατά τη μονελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου με τη χρήση ενός πιστονιού, δίνεται η δυνατότητα να μελετήσουμε την αντοχή της άρθρωσης όταν σε αυτή επιβάλλεται φορτίο. Καθώς το φορτίο που επιβάλλουμε στο μοντέλο αυξάνεται,

αυξάνεται και η μετατόπιση που υφίσταται και το μοντέλο της άρθρωσης και παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά του αλλάζει. Αρχικά, βρίσκεται σε μια κατάσταση την οποία ονομάζουμε ελαστική περιοχή (elastic region). Έπειτα φτάνει σε ένα σημείο καμψής (yield point), από το οποίο μεταβαίνει σε μια άλλη κατάσταση την οποία ονομάζουμε πλαστική περιοχή (plastic region). Από το σημείο καμψής κι έπειτα, η άρθρωση αρχίζει να υφίσταται κακώσεις. Στο Σχ.2.14 απεικονίζεται το πείραμα και η γραφική του παράσταση, στην οποία η κλίση απεικονίζει το βαθμό ακαμψίας του γονάτου, που δίνεται από το πηλίκο της δύναμης που επιβάλλεται στην άρθρωση προς τη μετατόπιση.



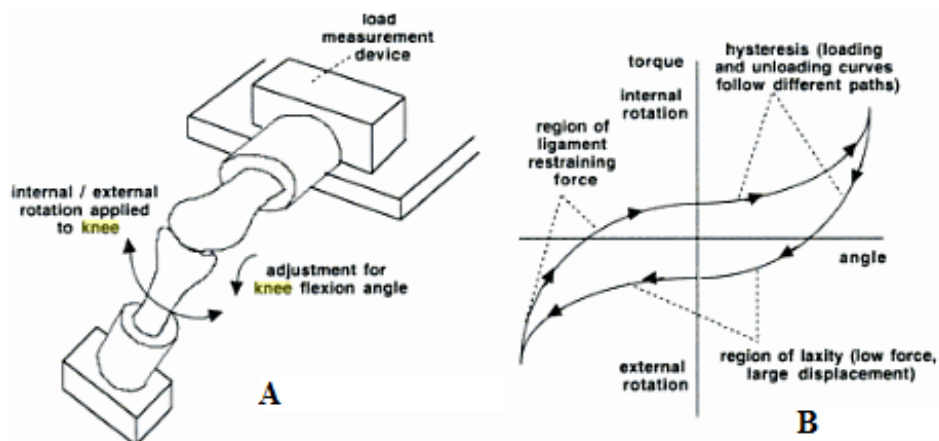
Σχ.2.14 Μοντελοποίηση της άρθρωσης του γονάτου με πιστόνι

A: πείραμα

B: γραφική παράσταση

### 2.5.3.2 Μοντελοποίηση της περιστροφικής κίνησης της άρθρωσης του γονάτου [8]

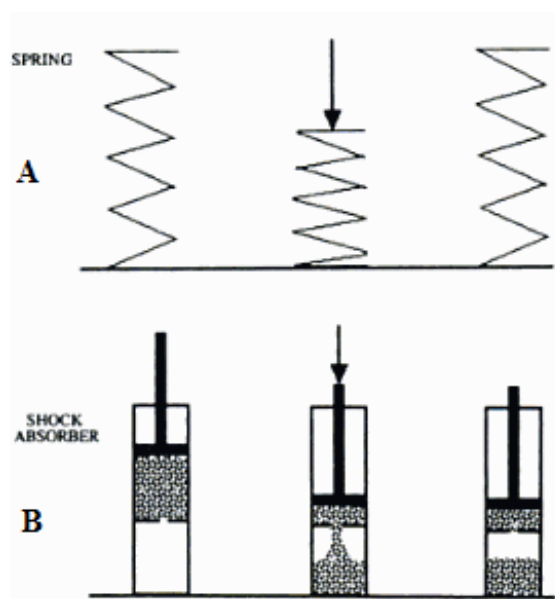
Στο Σχ.2.15 απεικονίζεται το πείραμα της μελέτης της περιστροφικής κίνησης της άρθρωσης και το διάγραμμά του. Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιούνται ομοιώματα των οστών της άρθρωσης και ένας μηχανισμός που περιστρέφει το ένα από τα δύο σκέλη είτε σε ραιβοστροφή είτε σε βλαισοστροφή, εφαρμόζοντας μια κάποια ροπή. Στο διάγραμμα, ο κάθετος άξονας απεικονίζει τη ροπή που εφαρμόζεται, ο οριζόντιος τη γωνία, ενώ πάνω από τον οριζόντιο άξονα έχουμε μελέτη της ραιβοστροφής και κάτω από τον οριζόντιο άξονα μελέτη της βλαισοστροφής.



Σχ.2.15 Μοντελοποίηση της περιστροφικής κίνησης της άρθρωσης του γονάτου  
A: πείραμα  
B: διάγραμμα

### 2.5.3.3 Μοντελοποίηση της απορρόφησης των κραδασμών από την άρθρωση του γονάτου [8]

Η απορρόφηση των κραδασμών του γονάτου μπορεί να μοντελοποιηθεί, όπως φαίνεται και στο Σχ.2.16, είτε με τη χρήση ενός ελατηρίου κάποιας συγκεκριμένης σταθεράς  $K$ , είτε με τη χρήση ενός εμβόλου, μέσα στο οποίο υπάρχει αέρας και υγρό (προσομοιώνει τον χόνδρο). Στην πρώτη περίπτωση μοντελοποίησης, το γόνατο συμπεριφέρεται ακριβώς όπως και το ελατήριο. Κραδασμοί μέχρι ενός ορίου οδηγούν στην επαναφορά του ελατηρίου – γονάτου στην αρχική του κατάσταση. Όταν αυτό το όριο ξεπερνάται, τότε το ελατήριο – γόνατο υφίσταται μόνιμη βλάβη. Στη δεύτερη περίπτωση μοντελοποίησης, το εσωτερικό του γονάτου συμπεριφέρεται ακριβώς όπως και τα δύο υλικά μέσα στο έμβολο. Μάλιστα, καθώς το φορτίο εφαρμόζεται πιο γρήγορα στο έμβολο, το περιεχόμενό του προβάλλει μεγαλύτερη αντίσταση. Από ένα σημείο κι έπειτα, το έμβολο δεν θα επανέρθει στην αρχική του θέση, ακριβώς όπως και το ελατήριο μόλις περάσει το όριο ελαστικότητας, ακριβώς όπως και το γόνατο μόλις περάσει το όριο αντοχής του.



Σχ.2.16 Μοντελοποίηση κραδασμών  
A: με ελατήριο  
B: με έμβολο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΕΠΙΦΥΣΙΟΛΙΣΘΗΣΗ ΜΗΡΙΑΙΑΣ ΚΕΦΑΛΗΣ (SLIPPED CAPITAL FEMORAL EPIPHYSIS or EPIPHYSIOLISTHESIS or SCFE)

#### 3.1 Εισαγωγή

Η επιφυσιολίσθηση της μηριαίας κεφαλής (SCFE) είναι μια παθογενής κατάσταση που επηρεάζει εφήβους ηλικίας μεταξύ 12 και 16 ετών. Έχουν βέβαια αναφερθεί και περιπτώσεις νεαρότερων ασθενών, μόλις 9 ετών. Στην ασθένεια αυτή, το κέντρο ανάπτυξης του ισχίου, δηλαδή η επίφυση της μηριαίας κεφαλής, ολισθαίνει προς τα πίσω, γεγονός που αν δεν αντιμετωπιστεί μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα στην άρθρωση. Ευτυχώς, θεραπεύεται και οι επιπλοκές αποφεύγονται ή μειώνονται σημαντικά, αλλά συνήθως απαιτείται επεμβατική θεραπεία για τη σταθεροποίηση του ισχίου και για να αποτραπούν επιπλοκές.

#### 3.2 Επιδημιολογία [9]

Η πιθανότητα να προσβληθεί κάποιος έφηβος από την SCFE ποικίλλει, ανάλογα με τη φυλή του. Για παράδειγμα, αν τα λευκά παιδιά έχουν μια πιθανότητα 3.19 προς 100000, τα πολυνήσια έχουν 4.5 και τα ινδο-μεσογειακά παιδιά μόνο 0.1 προς 100000, ενώ τα μαύρα έχουν 2.2 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα από τα λευκά (Kelsey 1970; Loder 1996). Επιπλέον, η αναλογία των ασθενών ως προς το φύλο τους και πάλι διαφέρει ανάλογα με τη φυλή: 90% των ινδο-μεσογειακών ασθενών είναι αγόρια, ενώ στις ΗΠΑ ένα αγόρι έχει μόνο διπλάσια πιθανότητα να προσβληθεί από την ασθένεια σε σχέση με ένα κορίτσι (Brown 2004). Ένας άλλος παράγοντας που εξετάζεται, αλλά εξαρτάται και αυτός από το φύλο και τη φυλή του ασθενούς, είναι η ηλικία που πρωτοεμφανίζεται η ασθένεια. Για τα κορίτσια είναι κατά μέσο όρο τα 12 έτη, ενώ για τα αγόρια είναι κατά μέσο όρο τα 13.5 έτη.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, το οποίο καταδεικνύει την στοχαστικότητα της ασθένειας, είναι αυτό της Γερμανίας, όπου η SCFE εμφανίζεται σε 1:100000 παιδιά, με μια αναλογία αγόρια προς κορίτσια 3:1 και ο μέσος όρος ηλικίας εμφάνισης να είναι τα 12.5 έτη για τα κορίτσια και τα 14.5 έτη για τα αγόρια. (Harland and Krappel 2002).

Ένας παράγοντας, ο οποίος φαίνεται να επηρεάζει αρκετά στην εμφάνιση της ασθένειας είναι το γεωγραφικό πλάτος, με μεγαλύτερη σχετική πιθανότητα για τα παιδιά που μένουν σε περιοχές γεωγραφικού πλάτους άνω των 40°. Ακόμα, για τα λευκά παιδιά η πιθανότητα εμφάνισης γίνεται μεγαλύτερη κατά τους θερινούς μήνες (Loder 1996; Brown 2004), ενώ σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει και το αυξημένο βάρος ή ο αυξημένος δείκτης μάζας σώματος (BMI) (Poussa et al.2003), γεγονός που εξηγεί, λόγω της αύξησης της παιδικής και εφηβικής παχυσαρκίας, γιατί έχουν αυξηθεί οι περιπτώσεις παιδιών και εφήβων με SCFE τα τελευταία χρόνια σε σχέση με παλιότερα.

Μερικοί επιστήμονες διαβλέπουν μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ της αυξημένης μηχανικής πίεσης (βάρος και δραστηριότητα) και της μειωμένης μηχανικής αντοχής του χόνδρου στο τέλος της εφηβείας. Δεν έχει αποδειχτεί ακόμα κάποια σχέση με την αύξηση κάποιων ορμονών (π.χ. στεροειδών), αλλά η έλλειψη βιταμίνης C, D και οι θυροειδείς ορμόνες είναι παράγοντες επικινδυνότητας, καθώς επίσης τα αυξημένα όρια παραθορμονών και η νεφρική οστεοδυστροφία (Weiner 1996; Miltz et al.2002; Schultz et al.2002; Orpenheim et al.2003).

Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι αν κι η κληρονομικότητα της πάθησης δεν μπορεί να καθοριστεί πλήρως, θεωρείται αυτόσωμη κυρίαρχη, και φέρει 7.1% πιθανότητα να εμφανιστεί στην επόμενη γενιά.

Τέλος, η πιθανότητα αμφοτερόπολευρης πάθησης κυμαίνεται μεταξύ 20 και 30%, ίσως και 40%. [10]

### **3.3 Συμπτωματολογία**

Οι κλινικοί ασθενείς συνήθως παρουσιάζουν πόνο στο ισχίο, ο οποίος βέβαια μπορεί να μεταφερθεί ως το γόνατο (Harland and Krappel 2002). Επειδή ο πόνος δεν είναι συνεχής και τα συμπτώματα είναι σχετικά ήπια, η διάγνωση καθυστερεί και πολλές φορές συγχέεται με άλλου είδους παθήσεις, σχετικές με το γόνατο ή τον μηρό [9], [10]. Πολλοί επιστήμονες συστήνουν ακτινογραφίες και για τα δύο ισχία, αν κάποιος έφηβος παρουσιάζει συνεχή πόνο για παραπάνω από μια εβδομάδα (Ankarath et al.2002).

Επιπλέον, κατά την εξέταση παρατηρείται μειωμένη δυνατότητα της έσω στροφής, καθώς επίσης κατά το λύγισμα του ποδιού γίνεται ακούσια έξω στροφή. Αυτό αποτελεί ένα ακόμα σύμπτωμα της πάθησης.

Οι παθήσεις με τις οποίες συγχέεται μερικές φορές η SCFE είναι οι ακόλουθες [9] :

- η οστεονέκρωση
- η φλεγμονώδης αρθρίτιδα
- κάποιος όγκος ή κάποιος απλός τραυματισμός. (Lalaji et al.2002)

### **3.4 Παθοφυσιολογία**

Οι παθολογικές αλλαγές που συντελούνται κατά την SCFE μπορούν να αναπτυχθούν πάνω σε δύο βάσεις: αρχικά, υφίστανται οι πρωταρχικές αλλαγές της φύσης και των προσκείμενων ιστών που εμπλέκονται ή είναι υπαίτιοι για την ανάπτυξη της ασθένειας και δευτερευόντως, υφίστανται αλλαγές που προκαλούνται λόγω της ολίσθησης της κεφαλής. [9]

Όσον αφορά τις πρωταρχικές αλλαγές της φύσης, ο χόνδρος του κέντρου ανάπτυξης παρουσιάζει προβλήματα κοντά στη μετάφυση, αφού είναι μηχανικά πιο αδύναμος στην περιοχή αυτή. Γίνεται εμφανής ο κατακερματισμός του ιστού, αλλά δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτή είναι η αιτία που οδηγεί στην ολίσθηση. Κατά την θεραπεία του ασθενούς εισάγονται εμφυτεύματα που αναγκάζουν το ισχίο να παραμείνει στην φυσιολογική του θέση, ενώ ταυτόχρονα η πύκνωση του οστού γύρω από τον μηριαίο αυχένα ενισχύει την μηχανική σταθερότητα του άκρου (Exner et al.2002; Milz et al. 2002). Έπειτα από αυτή την εσωτερική επεμβατική επιδιόρθωση, το κέντρο ανάπτυξης μπορεί να επανέλθει στην φυσιολογική ιστολογική μορφή του, κι αυτό καταδεικνύει ότι είναι μηχανικοί οι παράγοντες που προκαλούν τις δυσπλασίες και τις ανωμαλίες στο οστό (Guzzanti et al.2003). [9], [11]

Όσον αφορά τις δευτερεύουσες αλλαγές που συντελούνται στους ιστούς που πρόσκεινται στη φύση, η αιμάτωση της μηριαίας επίφυσης αυξάνεται με τη βοήθεια των περισσότερων αγγείων και κατά την εξέλιξη της ασθένειας, αυτή η τροφοδοσία γίνεται σε κατεύθυνση αντίστροφη από αυτή που συντελείται η ολίσθηση. Έπειτα από καιρό, η μετάφυση αρχίζει να αναπλάθεται και να δημιουργείται ένα οστέινο κέντρο. Όλα αυτά είναι δυνατό να οδηγήσουν βραχυπρόθεσμα σε μείωση της

αιμάτωσης του οστού, σε νέκρωση της επίφυσης και ισχαιμικό επεισόδιο (Boyer et al.1981; Arnold et al.2002; Exner et al.2002; Boero et al.2003). [9], [11]

### 3.5 Κατάταξη των ασθενών

Υπάρχουν διάφορα συστήματα για την κατάταξη των ασθενών σε ομάδες, αλλά η πιο συνήθης και εύχρηστη είναι αυτή που διαχωρίζει τους ασθενείς σε *οξείς*, σε *χρόνιους* και σε *χρόνιους οξείς*. Επιπλέον, ορίζεται από μερικούς επιστήμονες μια κατάσταση που χαρακτηρίζεται ως *προολίσθηση* [10]. Η κατάταξη αυτή είναι σημαντική, διότι πάνω σε αυτή βασίζεται η επιλογή της θεραπείας.

Ως *οξεία πάθηση* χαρακτηρίζεται αυτή, κατά την οποία παρουσιάζεται οξύς πόνος, το πολύ τρεις εβδομάδες έπειτα από την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων. Ως *χρόνια οξεία ασθένεια* χαρακτηρίζεται αυτή, κατά την οποία παρουσιάζεται οξύς πόνος αρκετά μετά από τις πρώτες τρεις εβδομάδες αφού πρωτοεμφανιστούν τα συμπτώματα. Ως *χρόνια ασθένεια* χαρακτηρίζεται αυτή, κατά την οποία τα συμπτώματα διαρκούν πάνω από τρεις βδομάδες αλλά δεν παρουσιάζεται οξύς πόνος (Loder et al.1993) [9], [11]. Ο διαχωρισμός μεταξύ οξείας και χρόνιας ολίσθησης μπορεί να διευθετηθεί βάση διάφορων απεικονιστικών κριτηρίων. Ένας ασθενής δε, ο οποίος βρίσκεται στο *στάδιο της προολίσθησης*, εμφανίζει απλώς πόνο στο γόνατο ή στο ισχίο και μειωμένο εύρος κινητικότητας, ειδικά όσον αφορά την έσω στροφή του άκρου. Σε αυτό το στάδιο, η ακτινογραφίες δεν δείχνουν κάποιο ιδιαίτερο, μη φυσιολογικό εύρημα. [10]



Σχ.3.1 Ασθενής 14 ετών στο χρόνιο στάδιο της SCFE





Σχ.3.2 Ασθενής 14 ετών στο οξύ στάδιο της SCFE

Σύμφωνα με άλλες κατατάξεις, η ασθένεια μπορεί να χαρακτηριστεί ως *ευσταθής* (όταν ο ασθενής μπορεί να στηρίξει το βάρος του χωρίς υποβοηθήματα) ή ως *ασταθής* (όταν ο ασθενής δεν μπορεί να στηρίξει το βάρος του μόνος του) [9].

Ο βαθμός της ολίσθησης καθορίζεται από την γωνία ολίσθησης, έτσι όπως προκύπτει από τις διάφορες απεικονιστικές τεχνικές. Αν η γωνία είναι μικρότερη των  $30^{\circ}$ , τότε χαρακτηρίζεται ως ήπια μορφή. Αν η γωνία είναι  $30^{\circ}$ - $50^{\circ}$ , τότε χαρακτηρίζεται ως μέτρια μορφή. Αν η γωνία είναι μεγαλύτερη των  $50^{\circ}$ , τότε χαρακτηρίζεται ως βαριά μορφή (Boyer et al.1981) [9].

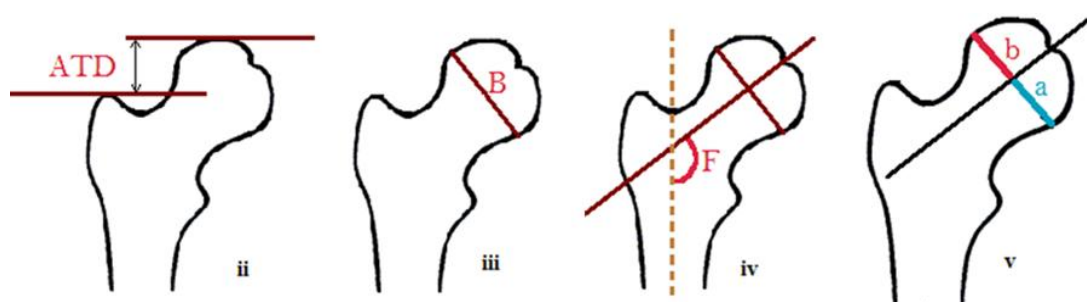
Σε περίπτωση που η απεικόνιση δεν επιτρέπει την ακριβή μέτρηση της γωνίας, η σχετική μετατόπιση της μηριαίας κεφαλής επιτρέπει μια χονδρική εκτίμηση: μετατόπιση κάτω του  $1/3$  χαρακτηρίζει την ήπια ολίσθηση, μετατόπιση μεταξύ  $1/3$ - $1/2$  χαρακτηρίζει την μέτρια ολίσθηση και μετατόπιση άνω του  $1/2$  χαρακτηρίζει την βαριάς μορφής ολίσθηση (Boyer et al.1981; Kallio et al.1993) [9].

Γίνονται συνήθως, οι ακόλουθες μετρήσεις στους ασθενείς [13]:

- i) Χρόνος σύγκλισης αυξητικού χόνδρου του μηριαίου αυχένα
- ii) Διαφορά ύψους μηριαίας κεφαλής και μείζονα τροχαντήρα (ATD) (Edgren 1965)
- iii) Μήκος του άνω χείλους μηριαίου αυχένα (B) (Scofield and Smibert 1990)
- iv) Γωνία μεταξύ μηριαίας επίφυσης και επιμήκους άξονα μηριαίας διάφυσης (F) (Jones 1977; Chung 1981). Η γωνία αυτή σχηματίζεται από τη μεσοκάθετο επί της

ευθείας, που συνδέει την άνω και την κάτω γωνία της επίφυσης και τον επιμήκη άξονα της μηριαίας διάφυσης.

ν) Λόγος ολίσθησης μηριαίας κεφαλής (Murray 1971). Ο επιμήκης άξονας του μηριαίου αυχένα τέμνει την ευθεία που συνδέει την άνω και κάτω γωνία της επίφυσης σε δύο μέρη, το κάτω= $\beta$  και το άνω= $\alpha$ . Ο λόγος ολίσθησης δίνεται από τη σχέση  $\beta/\alpha$ .



Σχ.3.3 Δείκτες που μετρώνται στους ασθενείς που πάσχουν από SCFE

### 3.6 Ευρήματα στις Ιατρικές Απεικονίσεις

Για τη διάγνωση και τη θεραπεία της οστεοχονδρίτιδας χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα είδη ιατρικής απεικόνισης:

- ακτινογραφία (radiography)
- υπολογιστική τομογραφία (computed tomography)
- μαγνητική τομογραφία (magnetic resonance imaging)
- υπέρηχοι (ultrasound)
- πυρηνική ιατρική (nuclear medicine)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει λόγος και θα ασχοληθούμε μόνο με την ακτινογραφία.

#### 3.6.1 Ακτινογραφία [9], [10]

Τα αρχικά σημάδια της πάθησης μπορεί να είναι η διεύρυνση του κέντρου ανάπτυξης και η ανώμαλη εμφάνιση της φύσης, σε συνδυασμό με μια προβληματική εμφάνιση της μετάφυσης και της επίφυσης. Επιπλέον, μπορεί να εμφανιστούν ραβδώσεις και

σημάδια, που μαρτυρούν την αποασβεστοποίηση του οστού (Klein et al.1951; Loder et al.1993; Gekeler 2002). Η αποασβεστοποίηση τις περισσότερες φορές επηρεάζει ολόκληρη την περιοχή του ισχίου. Επιπλέον, είναι δυνατό να παρατηρηθούν κυστικές αλλαγές στην μετάφυση, τόσο στην περίπτωση της οξείας όσο και στην περίπτωση της χρόνιας πάθησης. Η κύρια διαφορά μεταξύ του χρόνιου και του οξέος σταδίου είναι η απουσία της μεταφυσιακής ανάπλασης από το χρόνιο στάδιο. Η χρόνια επιφυσιολίσθηση συνήθως καταδεικνύει δυσπλασίες του μηριαίου αυχένα και τη δημιουργία πολλών οστέινων κέντρων πάνω στη μετάφυση (Gekeler 2002; Leunig et al.2002).

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνονται ταυτόχρονα ακτινογραφίες και για τα δύο άκρα, τόσο για να διευκολύνεται η σύγκριση μεταξύ τους, όσο επειδή η αμφοτερόπλευρη πάθηση είναι ιδιαίτερα συχνή. Για να μπορέσουν να γίνουν ακριβείς μετρήσεις σχετικά με τις διάφορες γωνίες, είναι πολύ σημαντικό να τοποθετείται σωστά ο ασθενής κατά την λήψη της ακτινογραφίας (Engelhardt and Roesler 1987; Gekeler 2002). Η σωστή τοποθέτηση του ασθενούς γίνεται είτε κατά τις υποδείξεις του Klein (1951) και του Southwick (1967) στις αγγλόφωνες χώρες κυρίως, είτε σύμφωνα με τις υποδείξεις του Imhauser και του Lauenstein στις γερμανόφωνες χώρες.

### **3.6.2 Ακτινογραφικά ευρήματα της SCFE**

Τα κυριότερα ακτινογραφικά ευρήματα της SCFE είναι τα ακόλουθα: [9],[10]

- i) Το κέντρο ανάπτυξης εμφανίζεται πιθανώς αμβλυμένο και η εικόνα της μετάφυσης και της επίφυσης, που πρόσκεινται σ' αυτό, δεν είναι φυσιολογική. Επιπλέον, εμφανίζονται μη φυσιολογικές ραβδώσεις γύρω από το κέντρο ανάπτυξης.
- ii) Η πλευρική επαπτομένη του μηριαίου αυχένα δεν τέμνει την μηριαία κεφαλή πλέον (Kleiner et al.1951; Gekeler 2002)
- iii) Κατά την ολίσθηση της επίφυσης, ο άξονας που είναι κάθετος στη βάση της επίφυσης σταματά να αποτελεί παράλληλη ευθεία στον άξονα του μηριαίου αυχένα. Θεωρείται ότι ακόμα και απόκλιση άνω των 2<sup>ο</sup> δεν είναι φυσιολογικό εύρημα (Freyschmidt et al.2001)

iv) Κατά την χρόνια ολίσθηση, η ανάπλαση της μετάφυσης συνοδεύεται από δυσπλασίες του μηριαίου αυχένα. Αυτό περιλαμβάνει τον σχηματισμό ενός μεταφυσιακού οστέινου κέντρου, που πρόσκειται στο τμήμα που έχει ολισθήσει, καθώς επίσης εμφανίζονται διάφορα σημάδια δευτερεύουσας βλάβης στην άρθρωση. Σε σπάνιες περιπτώσεις, παρατηρείται επίσης μείωση της πυκνότητας του χόνδρου (χονδρόλυση). Ως χονδρόλυση μπορεί να χαρακτηριστεί η μείωση, κατά 2 χιλιοστά ή άνω, του πάχους του χόνδρου σε σύγκριση με το υγιές ισχίο, ή στην περίπτωση αμφοτερόπλευρης πάθησης, αν οι χόνδροι έχουν ένα πάχος μικρότερο ή ίσο με 3 χιλιοστά. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, οι χόνδροι στα ισχία έχουν ένα πάχος 4-5 χιλιοστά (Loder et al.1993).

v) Εμφάνιση οστεοπενίας.

### **3.7 Θεραπεία**

Υπάρχει μια ποικιλία θεραπειών στρατηγικών και τεχνικών στα διάφορα ορθοπεδικά βιβλία και περιοδικά και μια σωρεία θεραπευτικών φιλοσοφιών, πολλές από τις οποίες έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους.

#### **3.7.1 Συντηρητική θεραπεία [10]**

Αρχικά πρέπει να αποφασιστεί αν ο ασθενής θα θεραπευτεί με έναν συντηρητικό (μη επεμβατικό) τρόπο ή με έναν καθαρά επεμβατικό τρόπο. Συντηρητική θεραπεία χαρακτηρίζουμε την πολύμηνη κατάκλυση και ακινητοποίηση του ασθενούς. Το αποτέλεσμα αυτής είναι σχετικά μέτριο και τις περισσότερες φορές καταλήγει να εμφανιστεί στον ασθενή χονδρόλυση. Αυτό το είδος της θεραπείας έχει γενικότερα εγκαταλειφθεί (Arnold et al. 2002).

#### **3.7.2 Επεμβατική θεραπεία [10], [11], [12]**

Στόχος όλων των επεμβατικών θεραπειών είναι η σταθεροποίηση της ολίσθησης. Ο δευτερογενής στόχος είναι να επιτευχθεί εμβιομηχανικά η ευθυγράμμιση των οστών, ώστε να αποφευχθεί ή να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης δευτερογενούς οστεοαρθρίτιδας. Αυτό συνήθως γίνεται με οστεοτομία, με επιφυσιόδεση, με ανάπλαση μέσω αρθροπλαστικής και με χειλεκτομή.

Δεν έχει αποδειχτεί ότι παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο το χρονικό διάστημα που θα μεσολαβήσει μεταξύ της διάγνωσης και της επέμβασης. Είτε η επέμβαση γίνει άμεσα, είτε μεσολαβήσει ένα διάστημα κατάκλυσης του ασθενούς, το αποτέλεσμα αναμένεται να είναι το ίδιο (Loder et al.1993; Arnold et al.2002; Exner et al.2002).

Κατά την επεμβατική θεραπεία, σταθεροποιείται εσωτερικά το ισχίο, η άρθρωση της μηριαίας κεφαλής και ο μηριαίος αυχέννας. Χρησιμοποιούνται διάφορα υποβοηθήματα, όπως μονές αυλακώδεις βίδες, Kirschner pins, DHS και διάφορα άλλα μεταλλικά εμφυτεύματα. Οι χειρουργοί πρέπει να προσέξουν να μην τοποθετηθούν τα εμφυτεύματα αυτά πάνω στον χόνδρο, γιατί στην αντίθετη περίπτωση αυξάνεται ο κίνδυνος να προκληθεί χονδρόλυση. Αυτό συμπεριλαμβάνει ότι πρέπει να αποφευχθούν να χρησιμοποιηθούν σύρματα οδηγού κατά την εγχείρηση, που μπορούν να προκαλέσουν βλάβη πάνω στο χόνδρο ή αρθρίτιδα, μακροπρόθεσμα.

Στην Ευρώπη, αξίζει να σημειωθεί, ότι η προσέγγιση της ασθένειας γίνεται με επιθετικό τρόπο κατά την φάση της ολίσθησης. Επιπλέον, αξίζει να τονιστεί ότι οι ασθενείς που θα αντιμετωπίσουν μελλοντικά χονδρόλυση είναι της τάξης του 1.1-11.8% (Lubicky 1996; Tudisco et al. 1999), ενώ άλλοι μπορεί να αντιμετωπίσουν οστεοπενία, οστεϊκό οίδημα και διάφορες άλλες επιπλοκές, που μελετάται αν η φύση τους είναι κάποιος αυτοάνοσος μηχανισμός (Sternlicht et al.1992; Stover et al.1994; Lubicky 1996; Warner et al.1996; Arnold et al.2002; Exner et al.2002; Hackenbroch et al.2002; Leunig et al.2002; Jofe et al.2004).



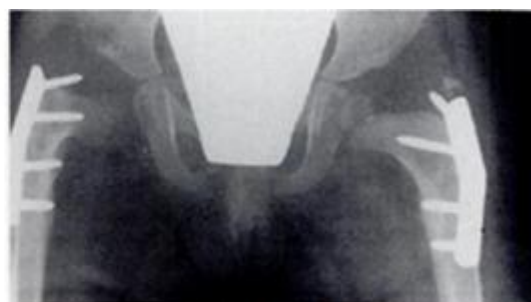
Σχ. 3.4α Μέθοδος ανάπλασης μηριαίας κεφαλής



Σχ.3.4β Μέθοδος Οστετομίας



Σχ.3.5α



Σχ.3.5β



Σχ.3.5γ



Σχ.3.5δ



Σχ.3.5ε

Σχ. 3.5 Ασθενής με αμφοτερόπλευρη SCFE  
α: προεγχειρητική ακτινογραφία  
β: ακτινογραφία 3 έτη μετεγχειρητικά  
γ: ακτινογραφία 5 έτη μετεγχειρητικά  
δ: ακτινογραφία 10 έτη μετεγχειρητικά  
ε: ακτινογραφία 15 έτη μετεγχειρητικά

### 3.8 Συμπεράσματα [12]

Η επιφυσιολίσθηση της μηριαίας κεφαλής δεν είναι μια συνηθισμένη ασθένεια, αλλά είναι δυνητικά ιάσιμη και με πολύ καλά αποτελέσματα, ιδίως αν η διάγνωση γίνει σχετικά νωρίς. Οι στόχοι της θεραπείας του ασθενούς είναι συγκεκριμένοι: η σταθεροποίηση της κατάστασης και η αποφυγή περεταίρω ολίσθησης, νέκρωσης, χονδρόλυσης και οστεοαρθρίτιδας. Αυτοί οι στόχοι τίθενται από τους γιατρούς, πάντα με βάση την έκταση της πάθησης και την εξέλιξη της ολίσθησης, που καθορίζεται κυρίως από τη διάρκεια των συμπτωμάτων. Δυστυχώς, όμως, δεν έχει βρεθεί ακόμα κάποια μέθοδος, η οποία να είναι ολοκληρωτικά αβλαβής για την μηριαία κεφαλή ή την κοτύλη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΟΣΤΕΟΧΟΝΔΡΙΤΙΔΑ ΤΗΣ ΑΝΩ ΜΗΡΙΑΙΑΣ ΕΠΙΦΥΣΗΣ (ΑΣΘΕΝΕΙΑ LEGG-CALVE-PERTHES' ή L-C-P-D)

#### 4.1 Εισαγωγή

Η ασθένεια που τώρα καλούμε Legg-Calve-Perthes, μελετήθηκε αρχικά το 1910 από τρεις διαφορετικούς χειρουργούς: έναν αμερικανό, τον Arthur Thornton Legg (1874-1939), έναν γάλλο, τον Jacques Calve (1875-1954) κι έναν γερμανό, τον Georg Clemens Perthes (1869-1927). [14] Ο Calve περιέγραψε μερικά από τα αρχικά κλινικά και ακτινολογικά δεδομένα και ο Legg έγινε γνωστός κυρίως διαμέσου των δημοσιεύσεών του σχετικά με την coxa vara. Ο πιο δόκιμος όρος για την ασθένεια του Perthes, είναι «σύνδρομο Legg-Calve-Perthes» και φαίνεται ότι προκύπτει ως συνέπεια μιας ισχαιμικής νέκρωσης της άνω μηριαίας επίφυσης.

#### 4.2 Επιδημιολογία

Η ασθένεια προσβάλλει κυρίως παιδιά μεταξύ 3 και 12 ετών, με μεγαλύτερη συχνότητα στις ηλικίες μεταξύ 4 και 8. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι εμφανίζεται σε 10.8 παιδιά ανά 100000 [15], με μεγαλύτερη πιθανότητα σε κάποιες φυλές (Ασιάτες, Εσκιμώοι και Λευκοί) [16]. Η ασθένεια παρουσιάζεται με τετραπλάσια συχνότητα στα αγόρια από ό,τι στα κορίτσια. Η πιθανότητα το παιδί να εμφανίσει την ασθένεια και στα δυο του κάτω άκρα (αμφοτερόπλευρα) αγγίζει το 20%, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις δεν συντελείται συμμετρικά [14]. Επιπλέον, άτομα που έχουν την ασθένεια στο οικογενειακό ιατρικό ιστορικό τους εμφανίζουν 10% περισσότερες πιθανότητες από ένα παιδί χωρίς οικογενή προδιάθεση, ενώ παιδιά που πάσχουν, οι ίδιοι ή πρώτου βαθμού συγγενείς τους, από νεφρικές δυσλειτουργίες ή βουβωνοκήλες, είναι πιο επιρρεπής στην ασθένεια [16]. Επιπροσθέτως, η πάθηση φαίνεται να σχετίζεται με το κοινωνικό στρώμα του ασθενούς, με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης σε παιδιά χαμηλότερων κοινωνικών στρωμάτων, και να συνδέεται με την ανεργία και το χαμηλό εισόδημα [14]. Τέλος, φαίνεται να υπάρχει και μια συσχέτιση της ασθένειας με το χαμηλό βάρος του παιδιού κατά τη γέννησή του, να σχετίζεται με την προχωρημένη ηλικία των γονιών και να εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα στο 3<sup>ο</sup> – 6<sup>ο</sup> παιδί της οικογένειας, παρά στα πρώτα. [16]

### **4.3 Συμπτωματολογία**

Τα κλινικά δεδομένα διαφέρουν ανάλογα με την ηλικία του ασθενούς, το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η ασθένεια και την έκταση της «ζημιάς» που έχει προκληθεί στην μηριαία κεφαλή. Συνήθως, όμως, το παιδί κουτσαίνει και πονάει, πράγμα που επιδεινώνεται όλο και περισσότερο με την άσκηση ή και με την απλή κίνηση του ποδιού. Ο πόνος εντοπίζεται κυρίως στην περιοχή του ισχίου και του μηρού, αλλά μπορεί να εμφανιστεί και στο γόνατο, διαμέσου των διάφορων νεύρων. [14], [17]

Οι κλινικές εξετάσεις καταδεικνύουν μειωμένη και επίπονη κίνηση του ισχίου, ιδιαίτερα κατά την έσω στροφή του. Είναι πιθανό να εμφανιστεί και μειωμένη δυνατότητα απαγωγής του μηρού, πράγμα που δυσχεραίνεται ακόμα περισσότερο, όταν ο μηρός δεν είναι σε έκταση. Επιπλέον, το παθητικό λύγισμα του ισχίου, μπορεί να οδηγήσει σε έξω στροφή του. (Catterall's sign) [18]

Μερικά παιδιά εμφανίζουν, επιπλέον, σημάδια καθυστέρησης στην σκελετική ανάπτυξη και ωρίμανσή τους, που εκδηλώνεται με χαρακτηριστικό το μικρό μέγεθος των ποδιών τους και γενικότερα του σώματός τους, με εξαίρεση την περίμετρο του κεφαλιού τους. [16]

### **4.4 Παθοφυσιολογία**

#### **4.4.1 Φυσιολογία της αναπτυσσόμενης μηριαίας κεφαλής**

Για να γίνει κατανοητή η παθοφυσιολογία του συνδρόμου Perthes', είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά στην φυσιολογική ανάπτυξη της μηριαίας κεφαλής, καθώς επίσης και στον τρόπο που αυτή τροφοδοτείται υπό φυσιολογικές συνθήκες με αίμα.

Αρχικά, στο έμβρυο, η μηριαία κεφαλή έχει τριών ειδών αγγεία: τα μεταφυσιικά αγγεία, τα πλευρικά επιφυσιικά αγγεία κατά μήκος του μηριαίου αυχένα και μια μικρή ποσότητα αίματος φέρεται μέσω του αρτηριακού δακτυλίου. Κατά την ανάπτυξη, η τροφοδοσία αίματος από το πρώτο είδος αγγείων μειώνεται, ώσπου στην ηλικία των τεσσάρων γίνεται αμελητέα. Αντίστροφα, η τροφοδοσία αίματος από το τρίτο είδος αγγείων γίνεται ολοένα και πιο σημαντική, έως την ηλικία των επτά ετών. Για αυτή την περίοδο μεταξύ 4 και 7 ετών –ηλικία όπου η Perthes' έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανιστεί–, η τροφοδοσία του αίματος μπορεί να καταλήξει να εξαρτάται αποκλειστικά από ένα είδος αγγείων κι αυτό είναι που καθιστά τη μηριαία κεφαλή πιο επιρρεπή στην ασθένεια. [14]

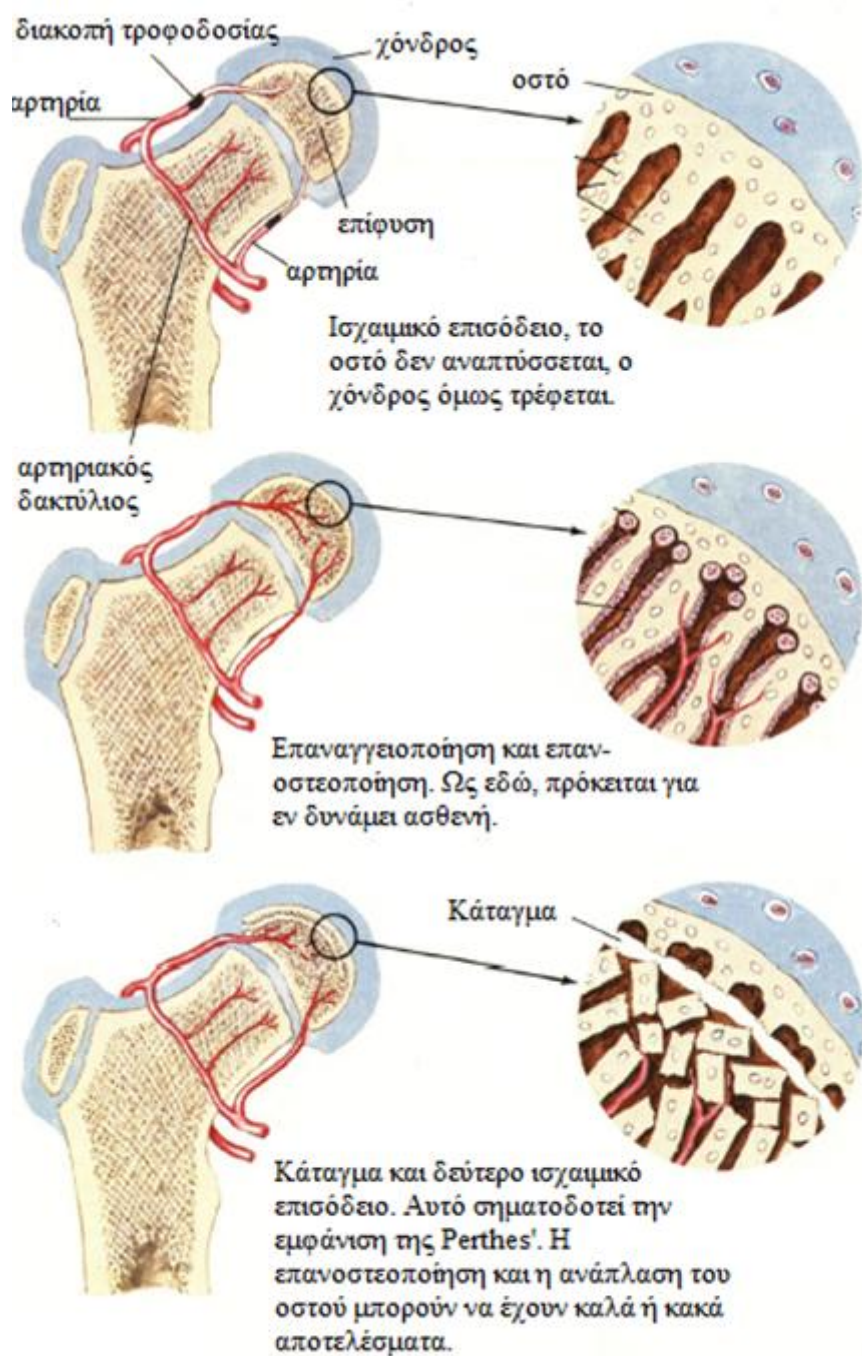


#### 4.4.2 Αιτιολογία

Το σύνδρομο Legg-Calve-Perthes ανήκει στην οικογένεια των παιδικών ασηπτικών οστεοχονδρίτιδων. Χαρακτηρίζεται, όπως προαναφέρθηκε, από νέκρωση της επίφυσης, αλλά οι λόγοι για τους οποίους προκαλείται μένουν άγνωστοι. Οι πιθανές αιτίες μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενοι μικροτραυματισμοί, καθυστερημένη ανάπτυξη του σκελετού και αγγειακή ανεπάρκεια. [15]

Μια σειρά από μελέτες έχει καταδείξει τη σχέση της συγκεκριμένης ασθένειας με την μη φυσιολογική τροφοδοσία αίματος στη μηριαία κεφαλή. Μάλιστα, κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, προκλήθηκε σε ένα νεαρό χοιρίδιο ένα ισχαιμικό επεισόδιο και έδειξε ουσιαστικά ότι όταν για κάποιο λόγο οι αρτηρίες φράσσουν, μειώνεται η ροή του αίματος στην μηριαία κεφαλή και εμφανίζονται επιπλοκές σαν αυτές της ασθένειας Perthes' (De Camargo et al. 1984; Theron 1980). Ενοχοποιούνται επίσης διάφορες διαταραχές που σχετίζονται με την πήξη του αίματος, καθώς πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι σχετίζεται με διάφορες οικογενείς θρομβοφιλικές ή υποϊνολυτικές διαταραχές (Eldridge et al. 2001), με πιθανότητα έως και 75% στους ασθενείς (Glueck et al.1996). Επιπλέον, σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν μειωμένα επίπεδα μαγγανίου στο αίμα παιδιών που πάσχουν από οστεοχονδρίτιδα, αλλά η αιτία αυτού το φαινομένου είναι άγνωστη (Hall et al.1989; Perry et al.2000). [14] Ακόμη, έχουν παρατηρηθεί εξαιρετικά μειωμένα επίπεδα κρεατινίνης, φαινόμενο ενδεικτικό ενός μη φυσιολογικά ανενεργού σκελετικού μεταβολισμού, που αποτελεί μια συστηματική αιτία της ασθένειας. [15]

Γενικά, η αιτιολογία της πάθησης δεν είναι καθόλου ξεκάθαρη, αλλά αποδίδεται σε διάφορα επεισόδια ικανά να προκαλέσουν ισχαιμία. Αυτά, σε ένα «ευαίσθητο» ισχίο είναι ικανά να προκαλέσουν οστεϊκή νέκρωση, αλλά πιστεύεται ότι πρέπει να συντελεστούν παραπάνω από ένα επεισόδια για να συμβεί αυτό τελικά. Δεν είναι τυχαίο ότι η ασθένεια αυτή παρατηρείται πιο συχνά σε υπερκινητικά παιδιά, στα οποία είναι πιο συνήθεις οι επαναλαμβανόμενοι μικροτραυματισμοί. [16]



Σχ.4.1 Εξέλιξη της Perthes'

#### 4.4.3 Παθολογικά στάδια της ασθένειας [5], [14]-[18]

Με ιστοπαθολογικούς όρους, η ασθένεια αυτή περνά από τέσσερα στάδια, που διαμορφώνονται μέσα σε ένα διάστημα από δύο έως τέσσερα χρόνια.

### Στάδιο 1<sup>ο</sup> : Ισχαιμία / Νέκρωση

Κατά το αρχικό στάδιο της ισχαιμικής νέκρωσης, όλο ή μέρος του σώματος της μηριαίας κεφαλής έχει προσβληθεί και η κεφαλή «πεθαίνει». Αν και δεν υπάρχει περαιτέρω ανάπτυξη του προσβεβλημένου οστού της μηριαίας κεφαλής για τους επόμενους 6-12 μήνες, ο χόνδρος της κεφαλής συνεχίζει να τροφοδοτείται με θρεπτικές ουσίες και συνεχίζει να αναπτύσσεται.

### Στάδιο 2<sup>ο</sup> : Κατακερματισμός / Επαναγγειοποίηση

Κατά το δεύτερο στάδιο, το οποίο διαρκεί για ένα διάστημα μεταξύ 12 και 17 μήνες, μπορούν να εμφανιστούν κατάγματα στο νεκρό οστό, ειδικά στην περιοχή κάτω από τον χόνδρο. Το νέο οστό αρχίζει να αναπτύσσεται, η κεφαλή αρχίζει να αιματώνεται υπερβολικά και να επανατροφοδοτείται με αίμα και το κόκκαλο αναγεννάται.

### Στάδιο 3<sup>ο</sup> : Επανοστεοποίηση

Το οστόν της μηριαίας κεφαλής αρχίζει να επανοστεοποιείται, κυρίως στα όρια της επίφυσης, αλλά ενίοτε τα διαπερνά σχηματίζοντας μια «οστέινη γέφυρα» διαμέσου της κεφαλής, οπότε σταματά η ανάπτυξη. Αυτή η διαδικασία, σε συνδυασμό με την διαδικασία επαναδιαμόρφωσης του οστού μπορεί να διαρκέσει για ένα διάστημα μεταξύ 6 και 24 μήνες.

### Στάδιο 4<sup>ο</sup> : Επαναδιαμόρφωση

Αν η επαναγγειοποίηση και η αποκατάσταση γίνουν σωστά, υπάρχει πιθανότητα η μηριαία κεφαλή να μπορέσει να διατηρήσει το σχήμα της. Παρ' όλα αυτά, πιέσεις σε περιοχές που είναι ευαίσθητες μπορούν να προκαλέσουν πεπλατυσμό ή θραύση, που είναι δυνατό να επηρεάσουν την ανάπτυξη του οστού (δυσπλασίες ή μη ανάπτυξη). Σπανίως η κεφαλή και η κοτύλη διατηρούν την φυσιολογική τους σφαιρικότητα. Συνήθως παρατηρείται διόγκωση της μηριαίας κεφαλής, που εκφεύγει από τα όρια της κοτύλης, ενώ άλλοτε παίρνει σχήμα ελλειψοειδές προς το οποίο αντιστοιχεί και ανάλογη παραμόρφωση της κοτύλης.

Παράλληλα με αυτές τις αλλοιώσεις της κοτύλης παρατηρούνται αλλοιώσεις στο μηριαίο αυχένα, που συνήθως συνίστανται σε διεύρυνση και βράχυνση. Η κοτύλη, εκτός από τις αλλοιώσεις που αντιστοιχούν στην παραμορφωμένη κεφαλή είναι

δυνατό να παρουσιάζει πυκνωτικές περιοχές που να εναλλάσσονται με αραιωτικές ζώνες.

#### 4.4.4 Κατάταξη των ασθενών

##### 4.4.4.1 Κατάταξη κατά Catterall (1971) [14], [16], [18]

Στην πρώτη ομάδα, παρατηρείται προσβολή μόνο του προσθίου τμήματος της επιφύσεως, δεν παρατηρείται καθίζηση και η επίφυση διατηρεί το ύψος της. Αλλοιώσεις της μεταφύσεως στην κατηγορία αυτή δεν παρατηρούνται. Η συνήθης εξέλιξη στις περιπτώσεις αυτές είναι η απορρόφηση της περιοχής που έχει προσβληθεί και η αποκατάσταση της βλάβης προοδευτικά από την περιφέρεια προς το κέντρο.



Σχ. 4.2α



Σχ. 4.2β



Σχ.4.2γ



Σχ.4.2δ

Πρώτη Ομάδα - Κατάταξη κατά Catterall: Ασθενής 4,5 ετών  
Σχ. 4.2α: Ακτινογραφία κατά την οποία φαίνεται ξεκάθαρα η μορφή της επίφυσης  
Σχ. 4.2β: Ακτινογραφία κατά την οποία φαίνεται ότι εμπλέκεται μόνο το άνω μέρος της επίφυσης, αλλά και το μέρος της μετάφυσης που πρόσκειται σε αυτό  
Σχ.4.2γ: 7 μήνες μετά τη θεραπεία  
Σχ.4.2δ: 19 μήνες μετά τη θεραπεία, πλήρης αποκατάσταση

Στη δεύτερη ομάδα, πάνω από το 50% της μηριαίας κεφαλής πάσχει από σκλήρυνση και κατακερματισμό. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι περιπτώσεις εκείνες στις οποίες είναι προσβεβλημένο μεγαλύτερο τμήμα του πρόσθιου τμήματος της επιφύσεως. Το τμήμα αυτό μετά τη φάση της απορροφήσεως παθαίνει καθίζηση, οπότε παρατηρείται μια μικρή καθιζήμενη περιοχή ή μια πυκνή ωοειδής μάζα ανάμεσα σε δυο βιώσιμα τμήματα σαν είδος απολύματος. Κατά τη φάση της καθιζήσεως τα πλάγια βιώσιμα τμήματα διατηρούν το ύψος τους. Μεταξύ του προσβεβλημένου τμήματος της επιφύσεως και του συζευκτικού χόνδρου παραμένει υγιές οστικό τμήμα, που φθάνει μέχρι το πρόσθιο άκρο (πλάγια ακτινογραφία). Αν υπάρχουν μεταφυσιακές αλλοιώσεις, συνίστανται στην εμφάνιση κυστικής αλλοιώσεως στο πρόσθιο τμήμα του αυχένα, που εξαφανίζεται κατά τη φάση της επουλώσεως της όλης βλάβης. Στην κατηγορία αυτή η αναγέννηση της επιφύσεως είναι ικανοποιητική χωρίς να παραμένει σημαντική απώλεια στο ύψος της.



Σχ.4.3α



Σχ.4.3β



Σχ.4.3γ



Σχ.4.3δ

Δεύτερη ομάδα - Κατάταξη κατά Catterall: Ασθενής 4,5 ετών  
Σχ.4.3α: Ακτινογραφία στην οποία είναι εμφανή τα θραύσματα  
Σχ.4.3β και 4.3γ: 11 μήνες αργότερα, το ύψος της επίφυσης έχει διατηρηθεί, μόνο το ήμισυ της κεφαλής έχει εμπλακεί  
Σχ.4.3δ: έξι χρόνια αργότερα, πλήρης αποκατάσταση



Στην τρίτη ομάδα, εμπλέκεται το μεγαλύτερο μέρος της κεφαλής και το φυσιολογικό οστό δεν επαρκεί για να στηρίξει την μηριαία κεφαλή, οπότε αυτή καταρρέει. Στην κατηγορία αυτή σχεδόν τα 3/4 της επιφύσεως είναι απολυματοποιημένα. Στα πρώιμα στάδια εμφανίζεται η εικόνα της "κεφαλής μέσα στην κεφαλή" ("head within a head"), ενώ στα προχωρημένα στάδια παρατηρείται καθιζημένο μεγάλο κεντρικό απόλυμα με πολύ μικρά κομμάτια φυσιολογικής οστικής υφής στα πλάγιά του. Στην πλάγια ακτινογραφία ένα μικρό μόνο κομμάτι από το πίσω μέρος της επιφύσεως παραμένει απρόσβλητο. Η βλάβη φτάνει μέχρι το συζευκτικό χόνδρο, ενώ η πορεία εξελίξεως στην κατηγορία αυτή είναι μακρότερη και το τελικό αποτέλεσμα πενιχρότερο.



Σχ.4.4α



Σχ.4.4β



Σχ.4.4γ



Σχ.4.4δ

Τρίτη Ομάδα - Κατάταξη κατά Catterall: Ασθενής 5,5 ετών

Σχ. 4.4α και 4.4β: Εμπλοκή σχεδόν ολόκληρης της επιφύσεως, οστεοπορωτική μορφή του οστού

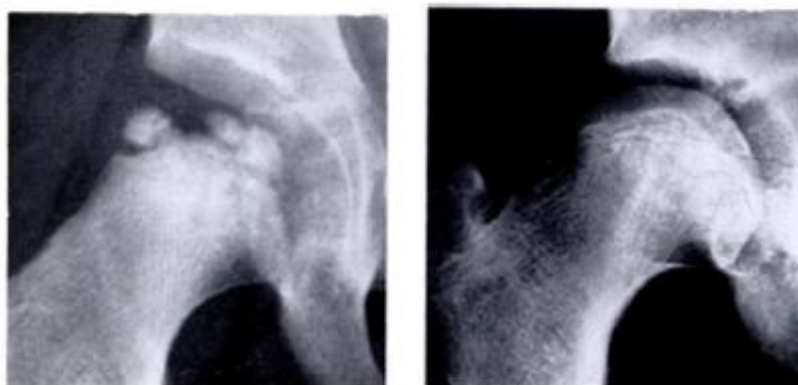
Σχ.4.4γ: δεκαπέντε μήνες αργότερα, πεπλατυσμένη κεφαλή η οποία αρχίζει να θεραπεύεται

Σχ.4.4δ: τέσσερα χρόνια αργότερα, μετά τη θεραπεία- μη αποκατάσταση- κακό αποτέλεσμα

Στην τέταρτη ομάδα, που είναι η δυσμενέστερη όλων, η κεφαλή εμπλέκεται εξ ολοκλήρου και η κατάρρευση συντελείται νωρίς με ταυτόχρονη σκλήρυνση και με έντονες αλλοιώσεις στη μετάφυση. Στην κατηγορία αυτή προσβάλλεται ολόκληρη η επίφυση. Η καθίζηση είναι μεγάλη και εμφανίζεται σχετικά γρήγορα. Η αποκατάσταση αργεί πολύ και πάντοτε τελικά καταλείπεται μεγάλη αποπλάτυνση της κεφαλής. Η επίφυση παίρνει σχήμα μανιταριού και παρατηρείται μετατόπιση αυτής όχι μόνο προς τα εμπρός αλλά και προς τα πίσω. Στην πλάγια ακτινογραφία δεν παρατηρείται κανένα βιώσιμο τμήμα της επιφύσεως προς τα πίσω.



Σχ.4.5α



Σχ.4.5β

Τέταρτη Ομάδα - Κατάταξη κατά Catterall: δύο διαφορετικοί ασθενείς

Σχ.4.5α: το αποτέλεσμα της θεραπείας είναι μέτριο

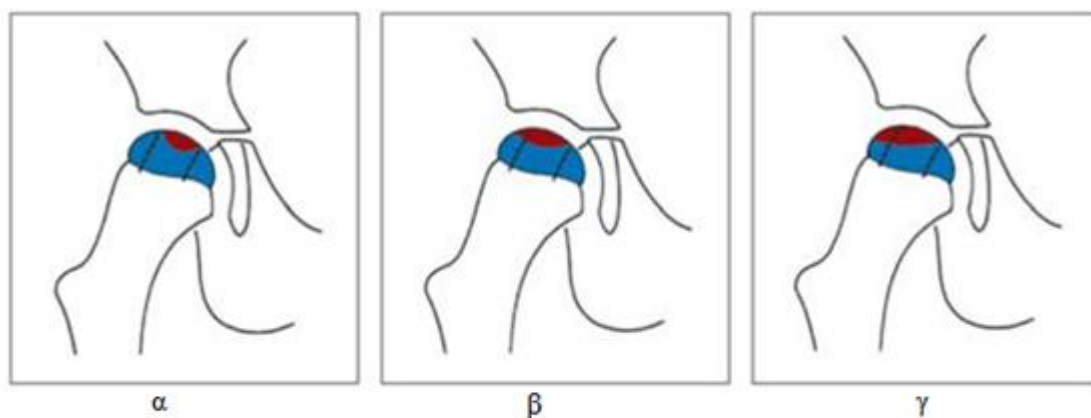
Σχ.4.5β: το αποτέλεσμα της θεραπείας είναι κακό

**Αξιολόγηση:** Η κατάταξη κατά Catterall έχει μικρή προγνωστική αξία και μειωμένη αξιοπιστία, διότι υπόκειται σε πολλά σφάλματα.

#### 4.4.4.2 Κατάταξη κατά Herring (1992) [15]

Αυτό το σύστημα βασίζεται στο ύψος του πλευρικού στρώματος της επίφυσης της μηριαίας κεφαλής κι είναι, επομένως, χρήσιμο για το στάδιο του κατακερματισμού και της κατάρρευσης. Υπάρχουν τριών ειδών ομάδες: η πρώτη ομάδα (A) δεν παρουσιάζει κατάρρευση της επίφυσης, η δεύτερη ομάδα (B) παρουσιάζει μια κατάρρευση έως και 50% και η τρίτη ομάδα (C) παρουσιάζει μια κατάρρευση άνω του 50%. Πρόσφατα ο Herring προσέθεσε μια ομάδα ακόμα, την B/C, διότι πολλοί ασθενείς βρίσκονταν σε ένα στάδιο ενδιάμεσο των δύο υπαρχουσών ομάδ.

**Αξιολόγηση:** Η κατάταξη κατά Herring είναι πιο αξιόπιστη κι έχει μεγαλύτερη προγνωστική αξία από την κατάταξη κατά Catterall, γεγονός που ενισχύεται ακόμα περισσότερο αν ληφθεί υπόψη και η μικρή ηλικία του ασθενούς κατά την εμφάνιση των συμπτωμάτων της ασθένειας.



Σχ.4.6: Κατάταξη κατά Herring

α: πρώτη ομάδα  
β: δεύτερη ομάδα  
γ: τρίτη ομάδα

#### 4.4.4.3 Κατάταξη κατά Salter-Thompson (1984) [15], [16]

Ένα πολύ πιο απλό σύστημα, το οποίο χωρίζει τους ασθενείς, από τα πρώτα στάδια της ασθένειας, σε δύο ομάδες είναι το σύστημα Salter-Thompson. Στην πρώτη ομάδα, το πλευρικό τμήμα της μηριαίας κεφαλής υφίσταται ακόμα και εμπλέκεται στην



ασθένεια λιγότερο από το 50% της κεφαλής, ενώ στην δεύτερη ομάδα, το πλευρικό τμήμα της μηριαίας κεφαλής δεν υφίσταται πλέον και έχει επηρεαστεί άνω του 50% της κεφαλής.

**Αξιολόγηση:** Το σύστημα αυτό κατατάσσει τους ασθενείς από τα πρώτα στάδια. Αυτό ακριβώς είναι και το μειονέκτημά του σε σχέση με τις υπόλοιπες κατατάξεις, αφού δεν είναι δυνατό να γίνεται η διάγνωση σε όλους τους ασθενείς στα αρχικά στάδια της εξέλιξης της ασθένειας.

#### **4.4.4.4 Κατάταξη κατά Stulberg [14]**

Αυτό το σύστημα κατηγοριοποιεί τους ασθενείς και τα συμπτώματά τους, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της ασθένειας κι επιχειρεί να προβλέψει πιθανές μακροπρόθεσμες εκβάσεις και επιπτώσεις σε σχέση πάντα με την πιθανότητα να συνεχίσει η οστεοαρθρίτιδα να αναπτύσσεται.

### **4.5 Ευρήματα στις Ιατρικές Απεικονίσεις**

Για τη διάγνωση και τη θεραπεία της οστεοχονδρίτιδας χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα είδη ιατρικής απεικόνισης:

- ακτινογραφία (radiography)
- υπολογιστική τομογραφία (computed tomography) [14]
- αρθρογραφία (arthrography) [19]
- μαγνητική τομογραφία (magnetic resonance imaging) [20], [21], [23]
- σπινθηρογραφία (bone scintigraphy) [21]
- υπέρηχοι (ultrasound) [22]

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει λόγος και θα ασχοληθούμε μόνο με την ακτινογραφία.

#### **4.5.1 Ακτινογραφία [5], [14], [16], [17]**

Η διάγνωση της Perthes' γίνεται πολύ συχνά με τη βοήθεια των ακτινογραφιών. Στα αρχικά στάδια, όπου έχει απλώς επέλθει η νέκρωση της κεφαλής, δεν είναι ορατό

κανένα εύρημα πάνω στην ακτινογραφία, αλλά με τη χρήση υπερήχων γίνεται ορατό. Στην ακτινογραφία μπορούν να παρατηρηθούν τα ακόλουθα σημεία:

i) Καθώς το οστόν της μηριαίας κεφαλής σταματά να αναπτύσσεται, αλλά ο χόνδρος συνεχίζει να τρέφεται και να «ζει», είναι δυνατό να παρατηρηθεί ένα μεγαλύτερο απ' ό,τι συνήθως διάστημα στην άρθρωση και ένα λανθάνον υπεξάρθρωμα. (Waldenstrom's sign)

ii) Καθώς η ασθένεια επεκτείνεται, είναι δυνατό να παρατηρηθεί ένα κάταγμα στην πλαγιομετωπική όψη της επίφυσης της μηριαίας κεφαλής. (Salter's or Caffey's sign)

iii) Η αύξηση της ροής του αίματος και η επαναγγειοποίηση, που οδηγεί σε ανάπλαση του οστού κι ίσως στον σχηματισμό μιας κύστης, προκαλούν ένα ελάττωμα σε σχήμα «V» στην άνω πλευρική όψη της μηριαίας κεφαλής. (Gage's sign)

iv) Ένα σύνηθες εύρημα είναι και το «sagging rope sign» (Apley and Weintroub 1981). Είναι ένα καμπυλόγραμμο ασβεστοποιημένο τμήμα που διασχίζει οριζόντια το μηριαίο αυχένα και σύμφωνα με μελέτες απεικονίζει τα όρια της μηριαίας κεφαλής.

Μπορούμε να συνοψίσουμε τα ακτινολογικά ευρήματα στα ακόλουθα:

- κανένα εύρημα πλην των φυσιολογικών, στα αρχικά στάδια
- διαπλάτυνση του διαστήματος της άρθρωσης και ένα ελαφρύ πλάγιο υπεξάρθρωμα
- σκλήρυνση
- κατακερματισμός
- απώλεια ύψους
- σχηματισμός κύστεων στην μετάφυση
- εμφάνιση Coxa Magna
- sagging rope sign
- ανάπλαση της κοτύλης

Επειδή είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς τις περιπτώσεις εκείνες που θα έχουν δυσμενές αποτέλεσμα, αναζητούνται ορισμένα ακτινολογικά σημεία, που χαρακτηρίζουν την κεφαλή σε κίνδυνο, δηλαδή προδίδουν μια δυσμενή εξέλιξη. Τα σημεία αυτά είναι τα εξής:

Ασβεστοποίηση προς τα έξω της επιφύσεως. Είναι δυνατόν κατά την περίοδο της καθιζήσεως να παρατηρηθεί ένα μικρό ή μεγάλο κομμάτι ασβεστοποίησης προς τα έξω της επιφύσεως. Εμφανίζεται όταν αρχίζει ο επανασχηματισμός της κεφαλής, ο οποίος κατ' αυτό τον τρόπο επεκτείνεται έξω από την κοτύλη. Η κεφαλή καταλήγει να είναι μεγάλη σε μέγεθος και ακάλυπτη σε μεγάλη έκταση.

Πλάγιο υπεξάρθρωμα. Αν παραμείνει χωρίς διόρθωση, το τελικό αποτέλεσμα θα είναι κακό, ανεξάρτητα από την έκταση της προσβολής της επιφύσεως.

Το επίπεδο του συζευκτικού χόνδρου. Όσο πιο οριζόντια είναι η γραμμή του συζευκτικού χόνδρου τόσο χειρότερη είναι η πρόγνωση, και τούτο γιατί με οριζόντιο το συζευκτικό χόνδρο ή προς τα έξω παρεκτόπιση της κεφαλής προοδευτικά αυξάνει.

## **4.6 Θεραπεία**

Η θεραπεία της ασθένειας βασίζεται κυρίως στην ανακούφιση του ασθενούς από τα συμπτώματα και στη διατήρηση του φυσιολογικού σχήματος της μηριαίας κεφαλής, με κύριο μακροπρόθεσμο στόχο να αποτραπεί η ανάπτυξη μιας πρόωρης οστεοαρθρίτιδας, να βελτιωθεί η κινητικότητα του ασθενούς, να μειωθεί η πίεση στο οστό και να διατηρηθεί το σχήμα, η σύσταση και η συνεκτικότητα της άρθρωσης.

### **4.6.1 Οξύ στάδιο θεραπείας [14]**

Η αρχική θεραπεία περιλαμβάνει ξεκούραση, κατάκλυση και χορήγηση μη-στεροειδών αντιφλεγμονώδων φαρμάκων μέχρι να υποχωρήσει ο ερεθισμός. Αυτή διαρκεί συνήθως περίπου 3 εβδομάδες. Μετά το οξύ στάδιο, κατά το οποίο ο ασθενής υπόκειται επιπλέον σε συνεχή δερματική έλξη μέχρι να λυθεί ο σπασμός των προσαγωγών και καμπτήρων μυών του ισχίου, προβάλλει το ερώτημα της θεραπείας που θα ακολουθήσει.

### **4.6.2 Μακροχρόνια Θεραπεία [5], [14]- [18]**

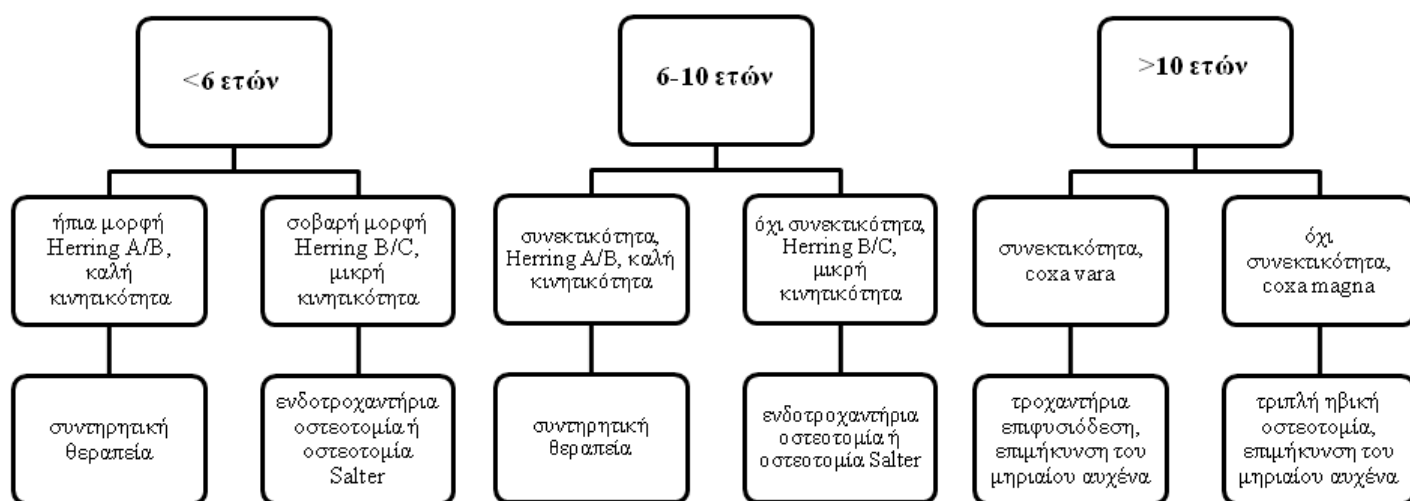
Αφού τα πρώτα οξεία συμπτώματα έχουν υποχωρήσει, ο ασθενής μπορεί να τελεί οποιαδήποτε δραστηριότητα κάτω από επίβλεψη, με σκοπό να μην μετακινηθεί η μηριαία κεφαλή και να διατηρηθεί στη θέση που βρίσκεται υπό φυσιολογικές

συνθήκες. Έπειτα, μπορεί να ακολουθήσει είτε επεμβατική (ηβική ή/και μηριαία οστεοτομία) είτε μη επεμβατική θεραπεία (χρήση βοηθημάτων, όπως ειδικοί νάρθηκες, κ.ά).

Από πρόσφατες μελέτες και δημοσιεύσεις φαίνεται ότι ασθενείς ηλικίας κάτω των 4 χρόνων έχουν σχεδόν πάντοτε καλή πρόγνωση χωρίς καμιά θεραπεία, αλλά απλώς με διαδοχική παρακολούθηση. Επίσης και ασθενής μεγαλύτερης ηλικίας, που ανήκουν σ' αυτές τις κατηγορίες και δεν παρουσιάζουν σημεία κεφαλής σε κίνδυνο είναι δυνατό ν' αντιμετωπισθούν με αυτό τον τρόπο. Αντίθετα, όλες οι περιπτώσεις με σημεία κεφαλής σε κίνδυνο πρέπει ν' αντιμετωπίζονται σύμφωνα με την αρχή της κεντροποίησης της κεφαλής μέσα στην κοτύλη. Η κεντροποίηση αυτή της κεφαλής είναι δυνατό να γίνει είτε συντηρητικά με ειδικούς λειτουργικούς νάρθηκες απαγωγής και εσωτερικής στροφής του ισχίου, είτε χειρουργικά με υποτροχαντήρια οστεοτομία στροφική και ραιβότητα.

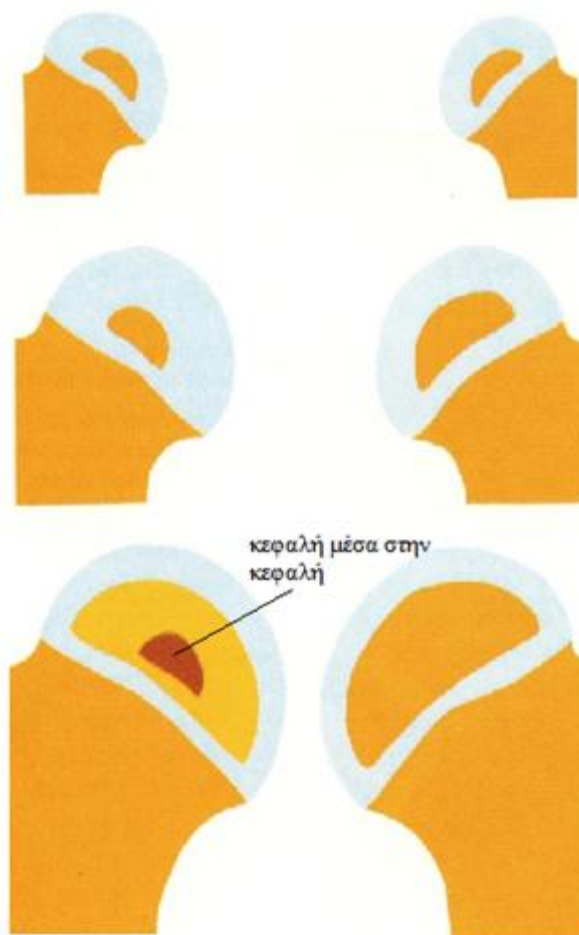
Είναι αξιοσημείωτο ότι παιδιά με αμφοτερόπλευρα συμπτώματα αντιμετωπίζουν την ασθένεια πιο δύσκολα, απ' ό,τι παιδιά με μονόπλευρα συμπτώματα και ότι οι ασθενείς αναρρώνουν με όμοιο τρόπο, ανεξαρτήτως φύλου.

#### 4.6.3 Αλγόριθμος θεραπείας της Perthes' με βάση την ηλικία και την κατάσταση του ασθενούς [15], [16]



Σχ. 4.7 Αλγόριθμος θεραπείας της Perthes'

Στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα, φαίνεται πως βαίνει μέσα σε ένα διάστημα τριών μηνών η ανάπτυξη δυο μηριαίων κεφαλών, όπου η μία (αριστερά) έχει προσβληθεί από την νόσο Perthes', ενώ η άλλη (δεξιά) είναι φυσιολογική.



Σχ.4.8 Διαφορά στην ανάπτυξη των δυο μηριαίων κεφαλών, όταν η Perthes' εμφανίζεται μονόπλευρα

#### 4.7 Εσφαλμένη διάγνωση [15]

Μερικές φορές, συγχέεται η διάγνωση της Perthes' με άλλες ασθένειες, όπως για παράδειγμα:

- Coxitis fugax
- Οστεομυελίτιδα
- Δυσπλασία του Meyer
- Δυσπλασία της επίφυσης

- Χονδροβλάστωμα
- Γενικότερες δυσπλασίες του ισχίου
- Νέκρωση της μηριαίας κεφαλής λόγω χρήσης κορτιζόνης

Άλλες ασθένειες που μοιάζουν με την Perthes' και περιλαμβάνουν στη συμπτωματολογία τους νέκρωση:

- Θαλασσαιμία
- Τρισωμία 21
- Τριχορινοφαλαγγιακό σύνδρομο
- Αχονδροπλασία
- Ασθένεια του Gaucher
- Αιμοφιλία
- Υποθυρεοειδισμός
- Σύνδρομο Klinefelter

#### **4.8 Συμπερασματικά**

Οι κύριοι παράγοντες για την πρόγνωση προκύπτει ότι είναι η ηλικία του ασθενή κατά την εμφάνιση της ασθένειας, ο βαθμός που περιορίζεται το εύρος των κινήσεων, η έκταση της επίφυσης που εμπλέκεται και οποιοδήποτε σημάδι καταδεικνύει κεφαλή σε κίνδυνο. Ανάλογα με τη σοβαρότητα της ασθένειας, οι εναλλακτικές θεραπείες είναι πολλές, αλλά πάντα έχουν έναν κοινό στόχο, την πλήρη αποκατάσταση του ασθενούς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΣΘΕΝΕΙΑ ΤΟΥ ΒΛΟΥΝΤ (TIBIA VARA ή ΡΑΙΒΟΓΩΝΙΑ)

#### 5.1 Εισαγωγή

Ο Erlacher ήταν αυτός ο οποίος ανέφερε την πρώτη περίπτωση της tibia vara το 1922, αλλά το 1937 ο W.P.Blount επανεξέτασε τις δεκαπέντε περιπτώσεις των προηγούμενων ετών και παρουσίασε δεκατρείς νέες υποθέσεις, επισημαίνοντας τις ομοιότητες μεταξύ παιδικής και εφηβικής μορφής της ασθένειας, αλλά κυρίως δίνοντας έμφαση στις διαφορές τους, όσον αφορά στην αιτιολογία τους. Έπειτα οι Langeskiold και Riska δημοσιοποίησαν μια σωρεία αιτιών της παιδικής tibia vara και εισήγαγαν ένα σχήμα για την κατηγοριοποίηση των ασθενών με τη χρήση έξι βαθμών που απεικονίζουν τις σταδιακές ακτινολογικές αλλαγές στους ασθενείς, ώστε να διαμορφώσουν τη μέθοδο διάγνωσης και θεραπείας. [24] Τα στάδια αυτά παρατίθενται αναλυτικά πιο κάτω.

#### 5.2 Επιδημιολογία

Αν και η συγκεκριμένη νόσος δεν έχει σαφή αιτιολογία, μπορούμε να πούμε ότι οφείλεται κυρίως σε κάποια διαταραχή κατά την ανάπτυξη του ανώτατου τμήματος του οστού της κνήμης. Τα νήπια ή τα παιδιά που είναι υπέρβαρα ή μεγαλόσωμα για την ηλικία τους, καθώς επίσης και αυτά που περπατούν νωρίτερα από ό,τι θα έπρεπε είναι αυτά τα οποία έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να νοσήσουν. Καθώς το παιδί βαδίζει, η αυξανόμενη καταπόνηση και πίεση που ασκείται στο οστό επιβραδύνει ή σταματά τελείως την ανάπτυξη του οστού. Όταν μόνο ένα από τα δύο άκρα πάσχει και σταματά να αναπτύσσεται, τότε προκαλούνται μη φυσιολογικές αλλαγές και στα υπόλοιπα οστά, πράγμα που οδηγεί σε γενικότερη κύρτωση του κάτω άκρου. Μπορεί να υπάρχουν και άλλες αιτίες που προκαλούν την νόσο του Blount, όπως για παράδειγμα μεταβολικές διαταραχές που προκαλούν έλλειψη βιταμίνης D. Στην περίπτωση της εφηβικής μορφής της ασθένειας, οι αιτίες είναι άλλες, όπως η παχυσαρκία ή ακόμα και μια λοίμωξη ή ένας τραυματισμός που διατάραξε την ανάπτυξη του οστού. [25]

Τα παιδιά που πάσχουν από τη νόσο του Blount, κατά τη γέννησή τους δεν εμφάνισαν κάποια ανωμαλία ή δυσπλασία και ήταν καθ' όλα υγιή ορθοπεδικά. Για άγνωστους λόγους, η πάθηση είναι πιο συνηθισμένη στην Αφρική, στις Δυτικές Ινδίες και στις Σκανδιναβικές χώρες. Στο μεγαλύτερο μέρος των περιπτώσεων είναι διμερής και επηρεάζει και τα δύο κάτω άκρα, καθώς επίσης τα επηρεάζει συμμετρικά, δηλαδή ο βαθμός παραμόρφωσης είναι ίδιος και στα δύο άκρα. [26] Συγκεκριμένα, η παιδική μορφή της νόσου κατά 80% είναι διμερής, δηλαδή αφορά και τα δύο κάτω άκρα, ενώ η εφηβική είναι κατά 90% μονομερής. [24] Η πιθανότητα ένα παιδί να έχει τη νόσο του Blount αυξάνεται, όταν συντρέχει κάποιος από τους ακόλουθους παράγοντες επικινδυνότητας: η ασθένεια είναι πιο συχνή σε κορίτσια από ό,τι σε αγόρια, στην αφροαμερικανική φυλή, σε υπέρβαρα και παχύσαρκα παιδιά, σε παιδιά που περπάτησα αρκετά νωρίτερα από το προβλεπόμενο, σε παιδιά με ιστορικό θετικό στην ασθένεια (9-34% αυξημένη πιθανότητα) και σε παιδιά που αποκτούν απότομα βάρος. Αν και οι παραπάνω παράγοντες θεωρούνται επιβαρυντικοί, η ασθένεια του Blount θεωρείται ιδιοπαθής, πράγμα που σημαίνει ότι η ακριβής αιτία που την προκαλεί δεν έχει βρεθεί. Ταυτόχρονα με τη Blount, τα παιδιά εμφανίζουν μια ραιβή παραμόρφωση και στα δάκτυλα των ποδιών, κατά την οποία αυτά στρέφονται προς τα έξω. Ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχει δείξει ότι η συχνότητα εμφάνισης της νόσου είναι υψηλότερη σε κάποιες οικογένειες, πράγμα που υποδηλώνει ότι κάποιος κληρονομικός, γενετικός παράγοντας παίζει μεγάλο ρόλο. Παρ' όλα αυτά, επειδή κανένα γονίδιο δεν έχει ταυτοποιηθεί ως υπεύθυνο για την ασθένεια, είναι πιο πιθανό να ευθύνεται ένας συνδυασμός γονιδίων. [26]

Σε πρόσφατες έρευνές τους, οι Sabarwal και Zhao, προσπάθησαν να οριοθετήσουν τις τιμές της γωνίας ισχίου-γονάτου-αστραγάλου και να βρουν μια σχέση μεταξύ αυτής και της μηροκνημιαίας γωνίας, μελετώντας ακτινογραφίες υγιών κάτω άκρων. Βρήκαν ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ αυτών των δύο γωνιών στα παιδιά, κι ενώ οι γωνίες αυτές αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, η μέση απόλυτη διαφορά τους παραμένει σχετικά σταθερή. Οι Scott et al διηξήγαγαν μια μελέτη σε 69 ασθενή παιδιά ηλικίας μεταξύ 2 και 4 ετών, προσπαθώντας να οριστικοποιήσουν αν η παχυσαρκία σχετίζεται με την παιδική μορφή της Blount. Σύμφωνα με τους ερευνητές, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του δείκτη μάζας σώματος (BMI), της μηροκνημιαίας γωνίας και της μεταφυσιοδιαφυσιακής γωνίας. Βασιζόμενοι στα δεδομένα, εξήγαγαν κάποια κριτήρια ικανά για να προβλεφτεί η Blount:



μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία  $10^0$  και άνω σε συνδυασμό με BMI 22 και άνω. Αυτά τα κριτήρια έχουν ευαισθησία 95% και προγνωστική αξία του 99% (θετικά 100%, αρνητικά 98%). [27]

### 5.3 Συμπτωματολογία

Μιας και η πλειονότητα των παιδιών που εμφανίζουν την Blount ξεκινούν το περπάτημα νωρίς, αυτό θεωρείται ένας παράγοντας που συμβάλλει αρκετά στην εμφάνιση της ασθένειας. Καθώς η κνήμη και η περόνη των παιδιών αρχίζουν, με βάση τη θεωρία των Salenius και Vankka, η οποία θα αναφερθεί πιο κάτω, να έχουν μικρότερη ραιβή απόκλιση και να ισιώνουν με την πάροδο του χρόνου, αν εφαρμοστεί στο πόδι μια τάση από το βάρος του σώματος, η επίφυση της άνω κεφαλής της κνήμης αρχίζει να υφίσταται αφύσικες αλλαγές στην κρίσιμη περίοδο της ανάπτυξης.

Ειδικότερα, η περιοχή ακριβώς κάτω από το εσωτερικό του γονάτου υφίσταται τέτοια πίεση που μειώνει την δυνατότητα να παράγονται νέα κύτταρα και να αναπτύσσεται το οστό. Ταυτόχρονα, η άνω κεφαλή της κνήμης αρχίζει να «λυγίζει» προς τα έσω κι αυτό αναγκάζει το πόδι να πάρει μια ραιβή κλίση, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μια τοξωτή μορφή. Αυτή η νέα στάση του ποδιού προκαλεί τη συσσώρευση επιπρόσθετου βάρους στο πόδι, πράγμα που επιβαρύνει κι άλλο την κατάσταση, η οποία με την καταπόνηση και την πάροδο του χρόνου θα χειροτερεύσει κι άλλο. Καθώς, σύμφωνα με μελέτες, τα αφροαμερικανικά παιδιά περπατούν νωρίτερα από τις άλλες φυλές και τα κορίτσια νωρίτερα από τα αγόρια, εξηγείται το γιατί αυτές οι δύο ομάδες του πληθυσμού είναι πιο ευπαθείς. Επίσης, όσον αφορά την ομάδα των υπέρβαρων παιδιών, είναι λογικό να είναι πιο ευπαθείς, καθώς προστίθεται βάρος στο άκρο κι επιβαρύνεται η κατάσταση. [26]

Ένα παιδί μπορεί να μην παρουσιάσει συμπτώματα, ενώ ένας έφηβος ασθενής, στον οποίο πάσχει μόνο το ένα άκρο του, συνήθως παραπονείται για πόνους στο κέντρο του γονάτου. Το πρώτο εμφανές σημάδι της ασθένειας είναι η τοξωτή μορφή του κάτω άκρου, καθώς επίσης και το ότι το παιδί μπορεί να δυσκολεύεται να περπατήσει ή να σκοντάφτει κατά το βάδισμα ή απλώς το βάδισμά του να μην είναι φυσιολογικό. [25]

Η Blount, λόγω των συμπτωμάτων της, πολλές φορές συγγέεται με άλλες ασθένειες, όπως για παράδειγμα: [26], [27]

- με τη φυσιολογική τοξωτή παραμόρφωση των άκρων. Για να τις ξεχωρίσουν οι γιατροί ακολουθούν των κάτωθι κανόνα: αν η μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία είναι μεγαλύτερη των  $11^{\circ}$  για κάποιους ερευνητές και  $20^{\circ}$  για άλλους, μόνο τότε πρόκειται για την Blount. Επίσης, στην περίπτωση μη παθολογικής κατάστασης, αποκτά τοξωτή μορφή τόσο η κνήμη όσο και το μηριαίο οστόν.
- με ραχίτιδα, η οποία ξεχωρίζει λόγω των βιοχημικών αλλοιώσεων που συμβαίνουν στον οργανισμό του ασθενούς.
- με την νόσο του Ollier, η οποία ξεχωρίζει λόγω της εμφάνισης ενχονδρωμάτων στις ακτινογραφίες.
- με κάποιον τραυματισμό
- με οστεομυελίτιδα
- με μεταφυσιακή χονδροδυσπλασία.

#### 5.4 Παθοφυσιολογία

Η αιτιολογία της παιδικής tibia vara δεν έχει συγκεκριμενοποιηθεί, αλλά είναι συναινετικό ότι καταπόνηση κατά την ανάπτυξη επιβαρύνουν την ασθένεια. Ο νόμος Heuter-Volkman της πίεσης και της τάσης που ασκείται στην επίφυση, ο οποίος ορίζει ότι η συμπίεση αναστέλλει την ανάπτυξη, ενώ η αποσυμπίεση την διεγείρει, αρμόζει σε αυτή την περίπτωση. Οι Arkin και Katz, ωστόσο, στήριξαν επιστημονικά τον παραπάνω νόμο, με πειράματα σε μικρά κουνέλια, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι όταν μια αναπτυσσόμενη επίφυση υποβάλλεται σε καταπόνηση, η ανάπτυξη και η κατεύθυνση προς την οποία αναπτύσσεται η εν λόγω επίφυση αλλοιώνονται λόγω της καταπόνησης αυτής, βασιζόμενοι στο νόμο του Delpech, που ουσιαστικά είναι ο αντίθετος του νόμου Heuter-Volkman, αφού υποστηρίζει ότι όταν ένα αναπτυσσόμενο οστόν παύει να καταπονείται, τότε αρχίζει να υπεραναπτύσσεται.

Ο Kessel ανέπτυξε μια διαφορετική θεωρία: ως συνέπεια της επιβράδυνσης της ανάπτυξης του μέσου τμήματος της κνημιαίας επίφυσης λόγω της πίεσης που ασκείται από το μηριαίο οστόν, η περόνη εξαναγκάζεται να αναπτυχθεί υπερβολικά.

Η θέση αυτού του οστού σε σχέση με αυτή της κνήμης προκαλεί ραιβή στροφή της κνήμης και δυσπλασία. Σύμφωνα με τους Bathfield και Beighton, καθώς και με τους Smith et al., δεν υπάρχει καμιά συσχέτιση της ασθένειας με τη χαλάρωση της άρθρωσης, την ηλικία έναρξης του παιδιού να περπατά και το σωματικό βάρος.

Αντιθέτως, ο Bateson ανέφερε δύο φυλετικούς παράγοντες που φάνηκε να είναι συνήθεις στην Τζαμάικα σε παιδιά με tibia vara. Ήταν πιο επιρρεπή στο να αποκτήσουν ραιβά γόνατα απ' ό,τι άλλα παιδιά, αφού περπάτησαν σε πολύ μικρότερη ηλικία. Περπατώντας νωρίτερα αποκτούσαν τοξωτά πόδια, που με τη σειρά τους προδιαθέτουν για την εμφάνιση της ασθένειας. Οι Golding και McNeil-Smith εξέφρασαν την άποψη ότι ο λόγος για την αυξημένη συχνότητα εμφάνισης της νόσου σε μαύρα παιδιά σε σχέση με τα λευκά είναι ότι τα πρώτα έχουν κατά κανόνα πιο χαλαρή άρθρωση των συνδέσμων του γόνατου και ότι περπατούν νωρίτερα. Ο Caffey ήταν αυτός που θέσπισε την ακτινογραφία ως την κατάλληλη για να αναγνωρίζονται οι παθολογικές καταστάσεις.

Ακτινογραφικά, το εύρημα που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το παιδί πάσχει από τη νόσο είναι μια απότομη γωνίωση του έσω τοιχώματος της κνημιαίας μετάφυσης, σε αντίθεση με το πλευρικό τοίχωμα που παραμένει ίσιο. Στην μη παθολογική κατάσταση και τα δύο τοιχώματα εμφανίζουν μια ελαφρά κλίση. Το πιο σημαντικό εύρημα, ωστόσο, είναι ο θρυμματισμός της μετάφυσης, που ουσιαστικά σημαίνει ασβεστοποίηση του οστού. Είναι αλήθεια ότι σε ορισμένες περιπτώσεις τα συμπτώματα της ασθένειας μπορεί να φαίνεται ότι υποχωρούν αυτόματα, πράγμα που δεν έχει ποτέ τεκμηριωθεί βιβλιογραφικά, αν και έχουν καταγραφεί επτά τέτοιες περιπτώσεις. [24]

### **5.5 Κατατάξεις Ασθενών**

Η κατηγοριοποίηση των ασθενών γίνεται με διάφορα κριτήρια. Οι πιο συνηθισμένες κατατάξεις είναι αυτές που παρατίθενται στις επόμενες υποενότητες.

### 5.5.1 Κατάταξη με βάση την ηλικία του ασθενούς

Η νόσος αυτή δεν εμφανίζεται κατά τη γέννηση, αλλά θεωρείται ότι ξεκινά κατά την ηλικία μεταξύ του ενός και των τριών ετών. Χρησιμοποιείται η κατάταξη με βάση την ηλικία του ασθενούς και προκύπτουν οι ακόλουθοι τρεις τύποι: [28]

1. νηπιακή (infantile), όταν ο ασθενής είναι μικρότερος των τριών ετών
2. παιδική (juvenile), όταν ο ασθενής είναι μεταξύ τεσσάρων και δέκα ετών
3. εφηβική (adolescent), όταν ο ασθενής είναι έντεκα ετών και άνω.

Σύμφωνα με μια απλούστερη κατάταξη, οι ασθενείς μέχρι οκτώ ετών ανήκουν στην κατηγορία της παιδικής μορφής της νόσου και οι ασθενείς που πρωτοεμφανίζονται αυτή την ασθένεια έπειτα από την ηλικία των οκτώ ετών, θεωρούνται ότι πάσχουν από την εφηβική μορφή της ασθένειας. [24] Στην παρούσα εργασία, υιοθετείται η δεύτερη κατάταξη προς χάριν ευκολίας.

### 5.5.2 Κατάταξη του Langeskiold

Είναι ιδιαίτερα συνηθισμένο, να χρησιμοποιείται η κατάταξη του Langeskiold, όπου όπως προαναφέρθηκε η κατηγοριοποίηση των ασθενών γίνεται με τη χρήση έξι σταδίων που απεικονίζουν τις σταδιακές ακτινολογικές αλλαγές στους ασθενείς, ώστε να διαμορφώσουν τη μέθοδο διάγνωσης και θεραπείας. Τα έξι αυτά στάδια αναπαριστούν τις μορφές της ασθένειας από την πιο ήπια στην πιο βαριά. Όσο υψηλότερο είναι το στάδιο, τόσο εμφανέστερη είναι η παραμόρφωση των οστών. [24] Τα στάδια αυτά, τα οποία καθορίζουν και το είδος της θεραπείας το οποίο θα ακολουθηθεί, είναι τα ακόλουθα: [28]

- Το Στάδιο I συντελείται μεταξύ 18 μηνών και τριών ετών και χαρακτηρίζεται από τη φθορά της μέσης περιοχής της μετάφυσης και από καθυστέρηση της ανάπτυξης της μέσης περιοχής της επίφυσης της κνήμης.
- Από το Στάδιο II ως το Στάδιο V έχουμε βαθμιαία αύξηση της σοβαρότητας της νόσου και η κατάσταση του οστού χειροτερεύει.
- Το Στάδιο VI παρατηρείται μεταξύ δέκα και δεκατριών ετών, αφορά την εφηβική μορφή της ασθένειας και κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου το οστό της κνήμης αυξάνεται κατά πλάτος και προς τα πλάγια.

Στο Σχ. 5.1 φαίνονται οι ακτινολογικές αλλαγές που υφίσταται το οστό στα διάφορα στάδια της Blount κατά τον Langeskiold.



Σχ.5.1 Κατάταξη κατά τον Langeskiold

### 5.5.3 Κατάταξη με βάση τη θεραπεία

Μια πιο πρόσφατη κατάταξη [24] επιχειρεί να συσχετίσει το βαθμό της παραμόρφωσης του άκρου με την ανάγκη για θεραπεία. Σύμφωνα με αυτή, είναι αναγκαία μια προσεκτική παρατήρηση του παιδιού, οι ακτινογραφίες του οποίου καταδεικνύουν πιθανή έκβαση της νόσου σε πρόωρη χειρουργική επέμβαση. Προφανώς, όσο εμφανίζεται μεγαλύτερη παραμόρφωση του οστού και του άκρου, τόσο δυσμενέστερη είναι η έκβαση του χειρουργείου.

- Στάδιο A – Πιθανή εμφάνιση της νόσου στο μέλλον

Οι ασθενείς σε αυτό το στάδιο εμφανίζουν τα ακόλουθα ευρήματα:

1. Ραιβογωνία της κνήμης όχι μεγαλύτερη από 15 μοίρες.
2. Ακτινολογικές αλλοιώσεις της μέσης περιοχής της κνημιαίας διάφυσης σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό από ότι στην ακραία περιοχή και της κνημιαίας μετάφυσης, όπου στις ακτινογραφίες παρατηρούνται φωτεινά στίγματα.

- Στάδιο Β – Ήπια μορφή της νόσου

Αυτό το στάδιο συμπεριλαμβάνει όλους τους ασθενείς στους οποίους η νόσος έχει διαγνωστεί, αλλά οι παθολογικές αλλοιώσεις είναι ήπιας μορφής. Ευρήματα:

1. Κάποιο ή όλα τα ευρήματα του σταδίου Α.
2. Μηροκνημιαία ραιβογωνία 15-30 μοιρών.
3. Θρυμματισμοί κοντά στην επίφυση ή στη μετάφυση.

- Στάδιο C – Προχωρημένη μορφή της νόσου

Αυτό το στάδιο αφορά μια πιο προχωρημένη μορφή της ασθένειας. Ευρήματα:

1. Κάποιο ή όλα τα ευρήματα των προηγούμενων σταδίων.
2. Θρυμματισμοί και παραμορφώσεις στην επίφυση, καθώς και στην φύση της κνήμης.

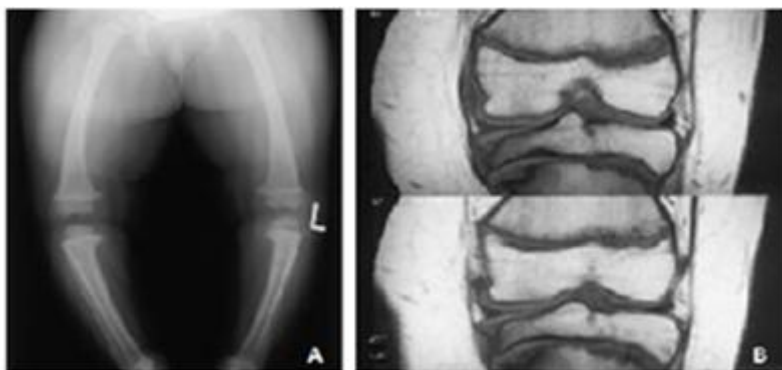
- Στάδιο D – Ρήξη της φύσης

Αυτό το στάδιο είναι το πιο προχωρημένο της νόσου. Ευρήματα:

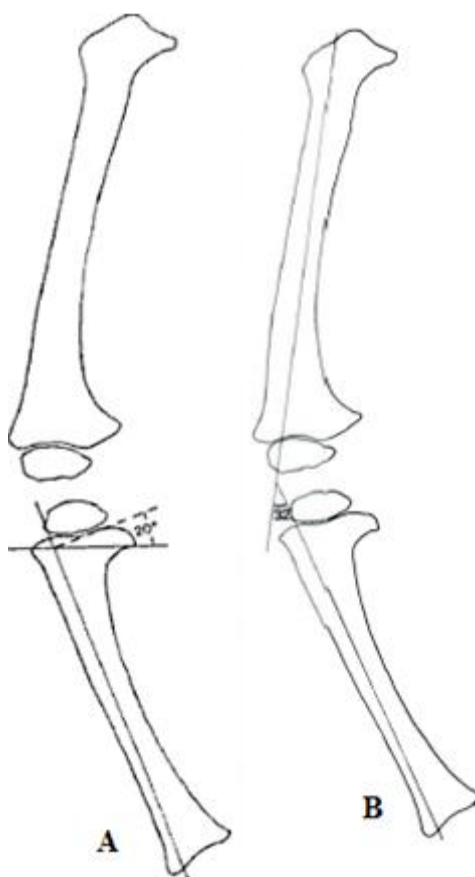
1. Κάποιο ή όλα τα ευρήματα των προηγούμενων σταδίων.
2. Ρήξη της μέσης περιοχής της κνημιαίας φύσης, ενώ στις ακτινογραφίες είναι εμφανής μια οστεΐνη «γέφυρα» μεταξύ της κνημιαίας μετάφυσης και της κνημιαίας επίφυσης.
3. Αλλοίωση του κνημιαίου plateau και της κνημιαίας επίφυσης.
4. Ταχέως αυξανόμενη απόκλιση με ραιβή στροφή του γονάτου.

## 5.6 Ευρήματα στις Ιατρικές Απεικονίσεις

Για τη διάγνωση της Blount χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος της ακτινογραφίας, επειδή οι ακτινογραφίες παρέχουν τις περισσότερες πληροφορίες, καθώς μπορούν να ληφθούν και με την όρθια στάση του ασθενούς και καλύπτουν όλη την περιοχή ενδιαφέροντος. Η μαγνητική τομογραφία (MRI) χρησιμοποιείται, αλλά σε αρκετά πιο περιορισμένο βαθμό, αφού δεν διαφαίνονται όλες οι λεπτομέρειες, όπως στην περίπτωση των ακτίνων Χ. Επίσης, η MRI δεν μπορεί να γίνει στην όρθια στάση του ασθενούς και, συν τοις άλλοις, είναι αρκετά πιο κοστοβόρα, καθώς ο ασθενής πρέπει να την επαναλάβει πολλές φορές, ούτως ώστε να φανούν όλες οι επιθυμητές λεπτομέρειες.



Σχ.5.2 Ιατρικές απεικονίσεις της Blount A: ακτινογραφία, B: MRI



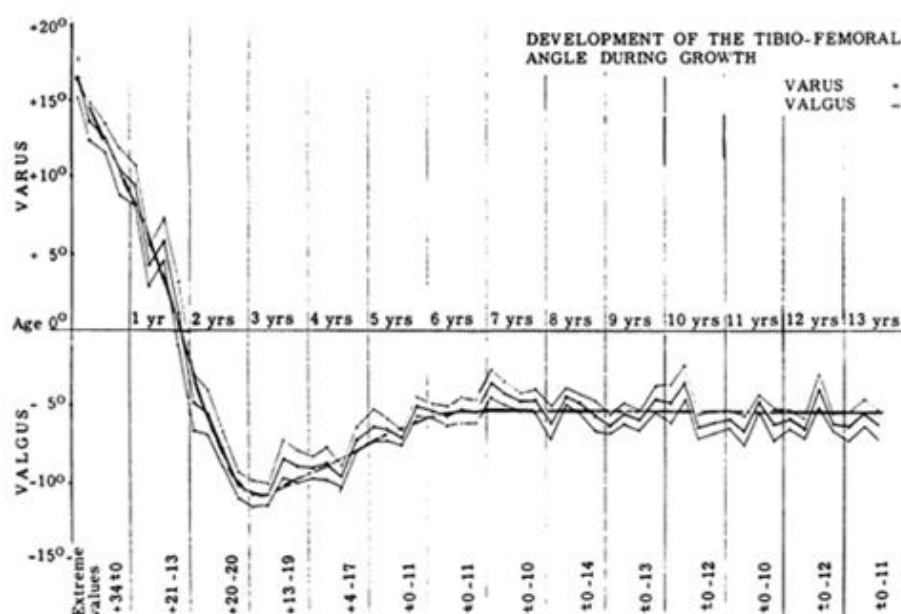
Σχ. 5.3 A: μεταφυσιδιαφυσιακή γωνία και B: μηροκνημιαία γωνία

Οι γωνίες που μετρώνται για την διάγνωση της Blount είναι αρκετές, αλλά έχουν επικρατήσει η μεταφυσιδιαφυσιακή γωνία και η μηροκνημιαία γωνία. Σε περιπτώσεις εφηβικής μορφής, μετράται επιπλέον και η μεταφυσιεπιφυσιακή γωνία. Όσον αφορά την μηροκνημιαία γωνία (η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των αξόνων του μηριαίου οστού και της κνήμης), η οποία συνεισφέρει στο να βρεθεί η ραιβογωνία του ποδιού, μπορεί να είναι παραπλανητική κάποιες φορές, αφού μπορεί το κάτω άκρο να έχει κάποια προυπάρχουσα απόκλιση από το φυσιολογικό χωρίς να

σημαίνει ότι το παιδί πάσχει από τη Blount. Η μεταφυσιοδιαφυσική γωνία παρέχει πιο ασφαλείς και συγκεκριμένες ενδείξεις για τον ασθενή και είναι η γωνία που σχηματίζεται από μια ευθεία που συνδέει τα άκρα της κνημιαίας μετάφυσης και την κάθετο στον κνημιαίο άξονα. [27]

### 5.6.1 Η μηροκνημιαία γωνία [29]

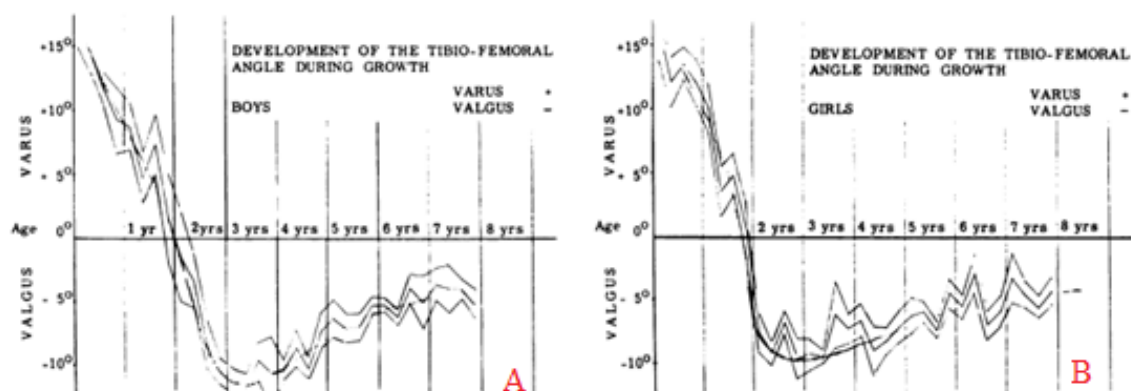
Ο τρόπος που αναπτύσσεται και διαφοροποιείται η μηροκνημιαία γωνία στα παιδιά ήταν ένα πολύ ενδιαφέρον ζήτημα για πολλούς ερευνητές, όμως αυτοί που έβγαλαν πρώτοι το 1975 κάποια πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα ήταν οι Pentti Salenius και Eila Vankka, από το Orthopedic Hospital of the Invalid Foundation στο Helsinki. Οι ορθοπεδικοί αυτοί συμπεριέλαβαν στην έρευνά τους 979 ασθενείς από την Παιδιατρική κλινική του Πανεπιστημίου του Ελσίνκι, οι οποίοι δεν έπασχαν από τη νόσο του Blount συγκεκριμένα, αλλά χρησιμοποιήθηκαν οι ακτινογραφίες της άρθρωσης του γονάτου τους στη μελέτη των Salenius και Vankka. Στη μελέτη αυτή συμπεριλήφθηκαν και 300 ασθενείς από το Orthopedic Hospital of the Invalid Foundation. Συνολικά, η μελέτη συμπεριλάμβανε 1480 ακτινογραφίες 1297 ασθενών, πάνω στις οποίες μετρήθηκε η μηροκνημιαία γωνία. Το υλικό διαχωρίστηκε με βάση την ηλικία (από τη γέννηση ως τα δεκαέξι, χωρισμένα ανά εξάμηνο) και το φύλο του ασθενούς. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχ. 5.4.



Σχ.5.4 Καμπύλη Salenius & Vankka: Μεταβολή της μηροκνημιαίας γωνίας κατά την ανάπτυξη (ηλικίες 0-13 έτη)



Και κατά φύλο διαμορφώνονται ως εξής:

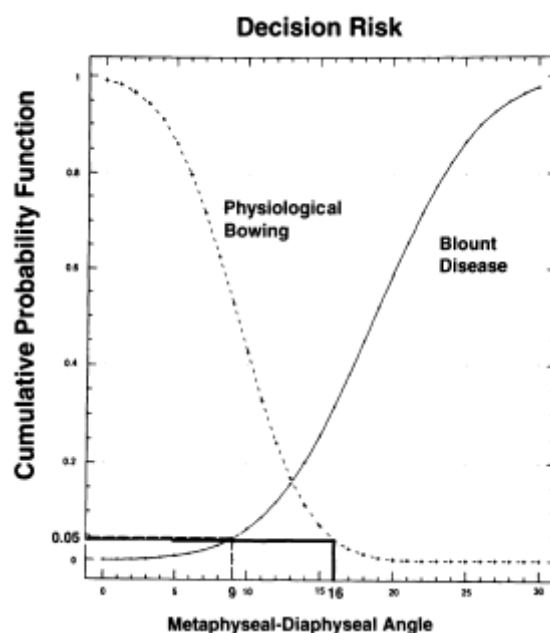


Σχ. 5.5 Καμπύλη Salenius&Vankka. A: για αγόρια και B: για κορίτσια

Με βάση τα ανωτέρω γραφήματα, οι Salenius και Vankka έβγαλαν τα ακόλουθα συμπεράσματα: Η φυσιολογική μηροκνημιαία γωνία στα νεογέννητα και μέχρι την ηλικία του ενός είναι ραιβή (προς τα έσω – varus), ενώ κατά την ανάπτυξη μικραίνει. Κοντά στην ηλικία του ενάμιση έτους τείνει να γίνει ευθεία κι έπειτα αρχίζουν τα άκρα να αναπτύσσονται με βλαισή γωνία (προς τα έξω – valgus), η οποία με την πάροδο των ετών θα διορθωθεί. Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια και για τα δύο φύλα, αλλά στα κορίτσια παρατηρείται μεγαλύτερη απόκλιση από ό,τι στα αγόρια. Τιμές που αποκλίνουν από τα παραπάνω γραφήματα συνεπάγονται παθολογικές καταστάσεις. Στην περίπτωση της Blount, η μηροκνημιαία γωνία συνεχίζει να είναι ραιβή, ακόμα και μετά το ενάμιση έτος και αντί να μικραίνει η απόκλιση αυτή, σε πολλές περιπτώσεις, αν όχι σε όλες, μεγαλώνει.

### 5.6.2 Η μεταφυσιολογική γωνία [30]

Η μέτρηση της μεταφυσιολογικής γωνίας για τη μελέτη της Blount προτάθηκε από τους Levine και Drennan, επειδή η μέτρηση της μηροκνημιαίας γωνίας ήταν λίγο δυσχερές, ούτως ώστε οι μετρήσεις να είναι πιο στοχευμένες. Αυτή η γωνία διευκολύνει την αναγνώριση μεταξύ φυσιολογικής τοξωτής μορφής των άκρων και παθολογικής tibia vara. Σύμφωνα με μελέτες, 29 από 30 άκρα τα οποία εμφάνιζαν μεταφυσιολογική γωνία μεγαλύτερη από  $11^{\circ}$ , εμφάνισαν στο μέλλον τη νόσο και μόνο 3 από 58 άκρα με μεταφυσιολογική γωνία μικρότερη των  $11^{\circ}$  την εμφάνισαν στο μέλλον. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι ενώ αυτή η γωνία παρέχει με έμμεσο τρόπο πληροφορίες για το οστό, μπορεί να παρέχει στους γιατρούς μια πρώιμη ένδειξη για αλλοιώσεις στην ανάπτυξή του.



Σχ.5.6 Πιθανότητα λάθους κατά τη διάγνωση (φυσιολογική τοξωτή μορφή κάτω άκρων – Blount), συναρτήσει της μεταφυσιοδιαφυσιικής γωνίας. Σύμφωνα με το διάγραμμα, υπάρχει μια πιθανότητα λάθους 5%, αν η γωνία είναι κάτω των 9 ή άνω των 16 μοιρών. [31]

## 5.7 Θεραπεία

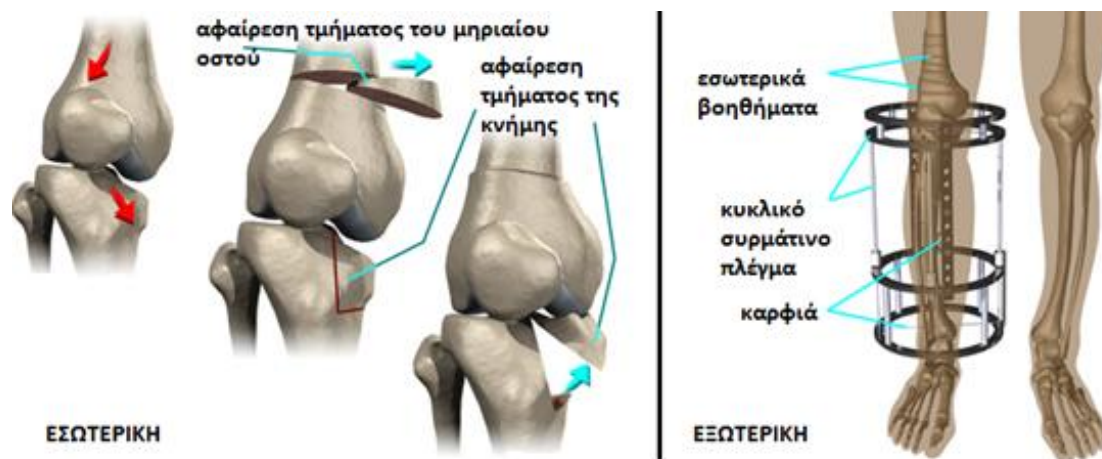
Ηλικιακά, ακολουθείται το εξής μοτίβο για τη θεραπεία: Εάν ο ασθενής είναι κάτω των δύο ή τριών ετών γίνεται μια προσπάθεια διόρθωσης της δυσπλασίας με κάποιο βοήθημα, όπως για παράδειγμα με το να φοράει το παιδί ένα νάρθηκα. Είναι αρκετά συνήθης η χρήση των τύπων νάρθηκα ΗΚΑΦΟ (hip-knee-ankle-foot) και ΚΑΦΟ (knee-ankle-foot). [25] Αυτοί οι νάρθηκες φορούνται από τον ασθενή για 23 ώρες τη μέρα και η κλίση του νάρθηκα αυξάνεται προς τα έξω κάθε δύο μήνες. Ταυτόχρονα, δίνονται οδηγίες στην οικογένεια για την παρακολούθηση του παιδιού κι ίσως χρησιμοποιείται κάποια συσκευή αποκατάστασης για το βάδισμα του. Μετά την ηλικία των τεσσάρων, αν το πρόβλημα δεν έχει διορθωθεί, εμφανίζεται η επιλογή του χειρουργείου (κνημιαία οστεοτομή), ενώ μετά την ηλικία των πέντε, απαιτούνται χειρουργικές επεμβάσεις πολύ ανώτερες της οστεοτομής.[28]

Η κατάλληλη θεραπεία για την εφηβική tibia vara είναι η διορθωτική οστεοτομή της κνήμης, με ταυτόχρονη οστεοτομή της περόνης. Η διόρθωση της παραμόρφωσης πρέπει να συνοδεύεται από την διόρθωση της περιστροφικής τάσης του οστού, καθώς το άκρο πρέπει να τοποθετηθεί σε μια γωνία προς τα έξω μεταξύ των 6 και 10

μοιρών. Σε ασθενείς όπου πάσχουν και τα δυο κάτω άκρα, αυτά θα πρέπει να διορθωθούν με συμμετρικό τρόπο. Κατά την διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης σε ένα ασθενή όπου και τα δύο κάτω άκρα πάσχουν από τη νόσο του Blount, τα γόνατα θα πρέπει να τοποθετούνται στην φυσιολογική προβλεπόμενη θέση, ενώ σε έναν ασθενή με μονομερή πάθηση το γόνατο πρέπει να τοποθετηθεί συμμετρικά με το άλλο άκρο. Μερικές από τις διαδικασίες που ακολουθούνται είναι οι εξής: ανύψωση του plateau του οστού, ημιεπιφυσιόδεση, επιφυσιόδεση του αντίθετου άκρου και φυσιοπλαστική που επιφυλάσσεται για ασθενείς σε ύστερο στάδιο ή για ασθενείς στους οποίους όλα τα άλλα έχουν αποτύχει. [24]

Κατά την οστεοτομία, ένα τμήμα σε σχήμα σφήνας του μηριαίου οστού αφαιρείται και τοποθετείται μέσα στην κνήμη για να αντικαταστάσει το θρυμματισμένο τμήμα του κνημιαίου οστού. Χρησιμοποιούνται βίδες και καρφιά για να το συγκρατήσουν. Αν η σταθεροποίηση γίνει εσωτερικά στο πόδι, τότε ονομάζεται εσωτερική οστεοτομή, αλλιώς εξωτερική. Κατά την εξωτερική οστεοτομή, χρησιμοποιείται ένα κυκλικό συρμάτινο πλέγμα εξωτερικά του ποδιού που στερεώνεται πάνω στο πόδι.

Στους εφήβους, επειδή το άκρο που νοσεί είναι συνήθως κοντότερο από το φυσιολογικό άκρο, οπότε ένα απλό χειρουργείο για να βελτιωθεί η γωνία υπό την οποιά φέρεται η κνήμη, δεν αρκεί. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται κάποιο εξωτερικό βοήθημα, το οποίο θα τραβάει το ασθενές άκρο, ώστε αυτό να μακρύνει, καθώς ταυτόχρονα οι γιατροί θα βελτιώνουν την απόκλιση της γωνίας. Αυτό αποκαλείται περιθλαστική οστεογένεση και το πλέγμα που χρησιμοποιείται ως βοήθημα – νάρθηκας δίνει στον έφηβο σταθερότητα κατά την κίνηση και του επιτρέπει να κινηθεί αμέσως μετά την επεμβατική διαδικασία. [25]



Σχ. 5.7 Τα δύο είδη της οστεοτομίας που χρησιμοποιούνται στη Blount

## **5.8 Συμπεράσματα**

Η νόσος του Blount ή Tibia Vara συνίσταται ουσιαστικά σε μια αφύσικα τοξωτή ραιβή μορφή της κνήμης του κάτω άκρου ή και των δύο κάτω άκρων, ως αποτέλεσμα ανωμαλιών και αλλοιώσεων που συμβαίνουν στην μετάφυση, φύση και επίφυση της κνήμης. Η παθολογία της ασθένειας δεν έχει συγκεκριμενοποιηθεί, αλλά δεν συγκαταλέγεται στην «οικογένεια» των οστεοαγγειακών νεκρώσεων. [24]

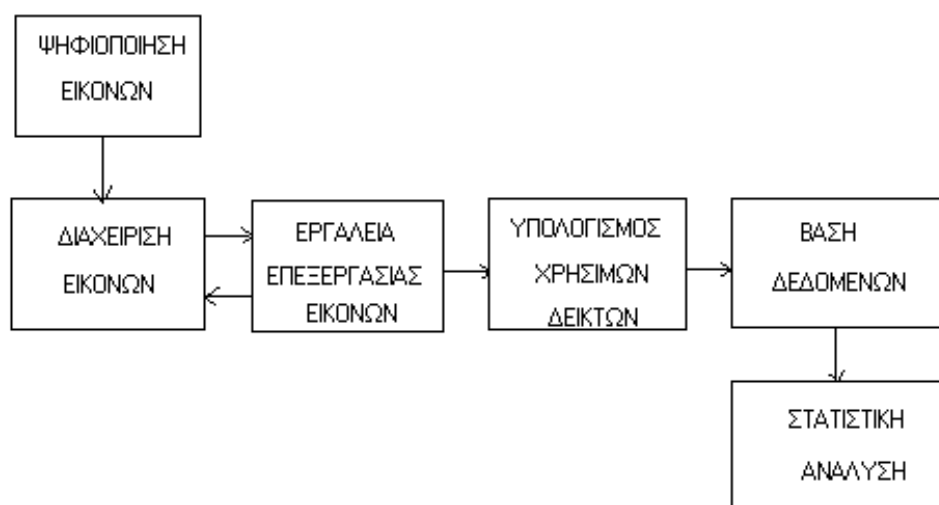
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Nikita2.exe

#### 6.1 Εισαγωγή

Σήμερα, η διάγνωση διάφορων παθήσεων γίνεται με τη βοήθεια των απεικονιστικών συστημάτων, όπως τα ακτινογραφικά μηχανήματα (X - rays), οι αξονικοί τομογράφοι (CT - Computed Tomography), οι Μαγνητικοί Τομογράφοι (MRI - Magnetic Resonance Imaging), PET (Positron Emission Tomography), SPECT (Single-Photon Emission Computed Tomography), υπέρηχοι (ultrasound) και άλλα. Η ανάπτυξη της πληροφορικής και του κλάδου της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας έχει βελτιώσει σημαντικά την απεικόνιση των δεδομένων και γι' αυτό το λόγο πολλές απεικονιστικές τεχνικές, όπως η υπολογιστική τομογραφία (CT) είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένες με τη χρήση υπολογιστή.

Στην παρούσα εργασία, η μέθοδος που αναπτύχθηκε υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Windows 7 βασισμένη σε προηγούμενη μέθοδο που υλοποιήθηκε στην διπλωματική εργασία του κ. Νικόλαου Μουραβλιάνσκι. Το λογισμικό που αναπτύχθηκε ακολουθεί τη λογική του ακόλουθου διαγράμματος και αποτελείται από δύο βασικά μέρη.



Σχ. 6.1 Λογικό διάγραμμα της δομής του αναπτυχθέντος λογισμικού

Το πρώτο μέρος αφορά στο γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με το χρήστη ενώ το δεύτερο μέρος αφορά στην υλοποίηση μαθηματικών εργαλείων και αλγορίθμων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων. Υλοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0, η οποία είναι κατάλληλη για τη δημιουργία φιλικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης (interaction) με το χρήστη, χρησιμοποιώντας Pull-Down Menus και "ποντίκι" (mouse).

Για την αποθήκευση και την περαιτέρω επεξεργασία των αποτελεσμάτων του λογισμικού δημιουργήθηκε κατάλληλη βάση δεδομένων (Microsoft Excel), έτσι ώστε να παρέχεται στο χρήστη επιπλέον η δυνατότητα άμεσης στατιστικής ανάλυσης και εξαγωγής διαγραμμάτων. Το λογισμικό αναπτύχθηκε με βάση την αντικειμενοστραφή (object oriented) λογική που απαιτείται για Multitasking προγραμματισμό και έχει τρεις βασικούς άξονες: Ο πρώτος άξονας αφορά στις διαδικασίες διαχείρισης των εικόνων όπως: ανάγνωση και παρουσίαση εικόνων, αποθήκευση μεταβολών, έξοδος από το πρόγραμμα. Όλες οι διαδικασίες αφορούν καθαρά προγραμματισμό σε Visual Basic και εκμεταλλεύονται την ευελιξία που προσφέρει η γλώσσα για ανάπτυξη διεργασιών τέτοιου είδους. Η ταχύτητα αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό του λογισμικού που αναπτύχθηκε και το καθιστά κατάλληλο για χρήση σε κλινικό περιβάλλον, ενώ η φιλικότητα προς το χρήστη εξασφαλίζει τη δυνατότητα χρησιμοποίησής του ακόμα και από μη-εξειδικευμένο προσωπικό.

Ο δεύτερος άξονας του λογισμικού περιλαμβάνει τα ειδικά εργαλεία επεξεργασίας εικόνας που αναπτύχθηκαν για την εξαγωγή της χρήσιμης πληροφορίας από κάθε ακτινογραφία. Οι ασθένειες που πραγματεύονται στην παρούσα εργασία απαιτούν κυρίως τη χρήση των ακτίνων X σε συνδυασμό με την ψηφιακή επεξεργασία των ακτινογραφιών και αποτελεί τη βασική μέθοδο για τη διάγνωση και παρακολούθηση της εξέλιξης των ασθενειών. Για την αξιολόγηση των ασθενειών μέσω ακτινογραφιών, με τη βοήθεια υπολογιστή, έχει αναπτυχθεί μια σειρά από διαφορετικούς δείκτες. Οι δείκτες αυτοί τελικώς ενσωματώνονται σε ένα κοινό συνολικό δείκτη που αποτελεί ένα μέτρο ανάλυσης του ολικού σχήματος της κεφαλής του μηριαίου. Όσο πιο υψηλές είναι οι τιμές όλων των δεικτών τόσο πιο ικανοποιητική είναι η εξέλιξη της ασθένειας του οστού. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μια νέα ημιαυτόματη μέθοδος για την ποσοτική ανάλυση των ακτινολογικών ευρημάτων στις ασθένειες Legg-Calve-Perthes, Επιφυσιολίσθηση και Blount, χρησιμοποιώντας τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας και συγκεκριμένα

μορφολογικών φίλτρων. Ειδικοί τελεστές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας εφαρμόζονται σε διάφορα στάδια της μελέτης με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμης πληροφορίας από ακτινογραφίες ισχίου. Οι βασικές αρχές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας με χρήση μορφολογικών τελεστών καθώς και οι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν για τον προσδιορισμό περιγραμμάτων και αξόνων στις ακτινογραφίες παρατίθενται στη συνέχεια. [32] - [36]

Ο τρίτος άξονας του λογισμικού τυποποιεί την ήδη υπάρχουσα διαδικασία που ακολουθεί ο ορθοπεδικός για τη διεξαγωγή μετρήσεων επί των ακτινογραφιών και υπολογίζει χρήσιμους δείκτες. Παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής διαφόρων σημείων ενδιαφέροντος με το "ποντίκι" και αυτόματου προσδιορισμού γωνιών και αποστάσεων μεταξύ αυτών των σημείων.

## 6.2 Αρχές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας

Μία ψηφιακή εικόνα μπορεί να θεωρηθεί μαθηματικά σαν μια απεικόνιση ενός διδιάστατου πεδίου ορισμού σε ένα μονοδιάστατο πεδίο τιμών. Δηλαδή:

$$I(x,y): A \times B \rightarrow C \quad (6.1)$$

όπου  $I(x,y)$  η τιμή της φωτεινότητας της εικόνας στο σημείο  $(x,y)$  και  $A, B, C \subset \mathbb{N}$ , με  $\mathbb{N}$  το σύνολο των φυσικών αριθμών.

Με βάση την (6.1), κάθε εικόνα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα διδιάστατο διακριτό σήμα το οποίο αντιστοιχεί σε μονοδιάστατο πεδίο τιμών. Ένα πρώτο βήμα για την εισαγωγή τεχνικών επεξεργασίας εικόνων είναι η επέκταση των τεχνικών επεξεργασίας μονοδιάστατων ψηφιακών σημάτων στις δύο διαστάσεις, δηλαδή τεχνικών ανάπτυξης φίλτρων στο πεδίο της συχνότητας.

Με την πρόοδο στον τομέα της επεξεργασίας εικόνας αποδείχθηκε ότι στις δύο διαστάσεις είναι πιο αποτελεσματική η χρήση τεχνικών ανάλυσης στο πεδίο του χώρου. Το αποτέλεσμα αυτής της διαπίστωσης είναι η ανάπτυξη μιας σειράς από φίλτρα που εφαρμόζονται άμεσα στο χωρικό πεδίο και καλούνται μορφολογικά φίλτρα.

### 6.3 Μορφολογικά φίλτρα

Η χρήση της Μαθηματικής Μορφολογίας είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας σημαντικής ομάδας από μη γραμμικά ψηφιακά φίλτρα επεξεργασίας εικόνων. Η προέλευσή της είναι η ανάλυση σχημάτων και το μαθηματικό της υπόβαθρο είναι η θεωρία των συνόλων. Αποτελεί ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση και περιγραφή γεωμετρικών μορφών. Μία δυαδική εικόνα  $I(x,y)$  και τα υποσύνολά της περιγράφονται σαν σύνολα. Οι εσωτερικές σχέσεις μεταξύ των υποσυνόλων περιγράφουν τη δομή των αντικειμένων που απεικονίζονται. Σύμφωνα με τις αρχές της Μαθηματικής Μορφολογίας, μια εικόνα περιέχει πληροφορία ορατή στον χρήστη. Αυτός είναι, που παρατηρεί το αντικείμενο και εξάγει πληροφορίες για τη δομική περιγραφή και ανάλυση των αντικειμένων. Η αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη - αντικειμένων επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός απλού συνόλου  $B$  που καλείται δομικό στοιχείο (structuring element). Η μορφή της αλληλεπίδρασης είναι ένας μορφολογικός μετασχηματισμός  $T(I(x,y))$ . Το αποτέλεσμά του μπορεί να είναι μια μετρική συνάρτηση που περιγράφει τη μορφή της δομής του αντικειμένου. Πληροφορία σχετικά με της διαστάσεις, τη μορφή, τον προσανατολισμό και τη συνεκτικότητα του αντικειμένου μπορούν να εξαχθούν με τη χρήση του κατάλληλου μορφολογικού φίλτρου. Οι βασικοί μορφολογικοί τελεστές είναι: συστολή (erosion) και διαστολή (dilation). Είναι δύο πολλοί απλοί και συγγόνως αποτελεσματικοί μετασχηματισμοί. Ο συνδυασμός τους οδηγεί σε πιο πολύπλοκους μορφολογικούς τελεστές όπως διάνοιξη (opening) και πλήρωση (closing).

#### 6.3.1 Μορφολογική δυαδική διαστολή (dilation)

Η διαστολή είναι ένας μορφολογικός μετασχηματισμός που συνδυάζει δύο σύνολα χρησιμοποιώντας διανυσματική άθροιση των στοιχείων των συνόλων. Έστω  $X$  ένα σύνολο  $N$ - διαστάσεων με στοιχεία  $\alpha = (a'_1, a'_2, \dots, a'_i)$  και  $B$  το δομικό στοιχείο (structuring element) με στοιχεία  $\beta = (\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_i)$ . Η διαστολή του  $X$  με το  $B$  ορίζεται σαν το σύνολο όλων των δυνατών διανυσματικών αθροισμάτων ζευγών στοιχείων που προέρχονται από τα σύνολα  $X$  και  $B$ .

$$X \oplus B = \{c = a' + \hat{a} \text{ για καποιο } a \in X \text{ και } \beta \in B\} \quad , \quad (6.2)$$

όπου το σύμβολο  $\oplus$  δείχνει τη διαδικασία της διαστολής.



Η διαστολή ως ένας τελεστής επεξεργασίας εικόνων για την εξαγωγή μορφών και την εκτίμηση προτύπων εικόνων ορίζεται επίσης με την ακόλουθη εξίσωση:

$$X \oplus B = \{x : B_x \cap X \neq \emptyset\} = \bigcup_{\hat{a} \in B} X_{\hat{a}} \quad (6.3)$$

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, η διαστολή μπορεί να οριστεί σαν ο γεωμετρικός τόπος των κέντρων  $x$ , του μετατοπιζόμενου επί της εικόνας  $X$  δομικού στοιχείου  $B_x$  εκεί όπου η υπέρθεση των  $X$  και  $B_x$  δεν είναι κενή.

Η δυαδική (binary) διαστολή ορίζεται με βάση την εξ. (6.3) με τον περιορισμό ότι η εικόνα στην οποία εφαρμόζεται είναι δυαδική, δηλαδή έχει μόνο δύο χρωματικά επίπεδα που ορίζονται πρακτικά σαν 0 και 1.

Το γεωμετρικό αποτέλεσμα της εφαρμογής της λειτουργίας της διαστολής είναι η επέκταση του αντικειμένου που απεικονίζεται ανάλογα με τη μορφή και το σχήμα του δομικού στοιχείου που χρησιμοποιείται.

### 6.3.2 Μορφολογική δυαδική συστολή (erosion)

Η συστολή είναι ο μορφολογικός δυαδικός τελεστής της διαστολής. Είναι ο μορφολογικός εκείνος μετασχηματισμός που συνδυάζει δύο σύνολα χρησιμοποιώντας τη διανυσματική αφαίρεση συνόλων. Έστω  $X$  ένα σύνολο στο  $N$ -διαστατο χώρο και  $B$  ένα δομικό στοιχείο. Η συστολή του  $X$  με το  $B$  είναι το σύνολο όλων των στοιχείων,  $x$ , για τα οποία το  $x+b \in X$  για κάθε  $b \in B$ . Αναλυτικά:

$$X \ominus B = \{x \in E^N \mid x + b \in X, \forall b \in B\} \quad (6.4)$$

όπου το σύμβολο  $\ominus$  συμβολίζει τον τελεστή της συστολής.

Όπως και για τον τελεστή διαστολής, έχει οριστεί η μορφολογική δυαδική συστολή σε μια πολύ διαφορετική μορφή από αυτή της εξ. (6.4) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$X \ominus B = \{x : B_x \subseteq X\} = \bigcap_{b \in B} X_b \quad (6.5)$$

Η συστολή ενός συνόλου  $X$  με δομικό στοιχείο το  $B$  μπορεί να οριστεί σαν το σύνολο των σημείων  $x$  όπου το μετατοπισμένο  $B_x$  είναι έτσι τοποθετημένο ώστε να περιλαμβάνεται ολόκληρο μέσα στο  $X$ . Το αποτέλεσμα της εφαρμογής της συστολή

αποδεικνύει ότι η συστολή μπορεί να θεωρηθεί σα μια λειτουργία που συρικνώνει το αρχικό σύνολο  $X$  ανάλογα με το δομικό στοιχείο που χρησιμοποιείται.

### 6.3.3 Οι μορφολογικοί τελεστές διάνοιξης (opening) και πλήρωσης (closing)

Η διάνοιξη μιας δυαδικής εικόνας  $X$  με ένα δομικό στοιχείο  $B$  συμβολίζεται σαν  $X \ominus B$  και ορίζεται:

$$X \ominus B = (X \oplus B) \oplus B = X_B \quad (6.6)$$

Η διάνοιξη μπορεί να εκφραστεί σαν μια συστολή ακολουθούμενη από μιά διαστολή χρησιμοποιώντας το ίδιο δομικό στοιχείο ή βάση της θεωρίας συνόλων το αποτέλεσμα όλων των μετατοπίσεων  $B_x$  του  $B$  που περιλαμβάνονται στο  $X$ . Η διάνοιξη είναι ένας τελεστής στρογγύλευσης που εξομαλύνει το περίγραμμα ενός αντικειμένου, αφαιρεί απομονωμένα κομμάτια και οξύνει κορυφές με μικρότερη διάσταση από το δομικό στοιχείο. Τέλος αποκόπτει κομμάτια της εικόνας μικρότερα από το δομικό στοιχείο.

Η δυαδική μορφολογική διαδικασία της διάνοιξης καλείται πλήρωση. Η πλήρωση του  $X$  με ένα δομικό στοιχείο  $B$  συμβολίζεται με  $\bullet$  και ορίζεται σαν:

$$X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B = X^B \quad (6.7)$$

Η πλήρωση μπορεί να εκφραστεί σαν μια διαστολή ακολουθούμενη από μια συστολή χρησιμοποιώντας το ίδιο δομικό στοιχείο ή με βάση τη θεωρία συνόλων σαν την υπέρθεση όλων των μετατοπίσεων  $B_x$  του  $B$  που περιλαμβάνουν το  $X$ . Το εποπτικό αποτέλεσμα της εφαρμογής του είναι η πλήρωση όλων των οπών των αντικειμένων και το κλείσιμο των λεπτών καναλιών ανάλογα με τη διάσταση του δομικού στοιχείου.

### 6.3.4 Μορφολογικό περίγραμμα (contour)

Το μορφολογικό περίγραμμα  $\partial X$  ενός συνόλου  $X$  ορίζεται σαν το σύνολο της διαφοράς ανάμεσα στο αρχικό σύνολο και στο σύνολο που προέρχεται με την συστολή του χρησιμοποιώντας ένα δυαδικό μικρό δομικό στοιχείο  $B$ :

$$\partial X = X / (X \ominus B) = X \cap (X \ominus B)^c \quad (6.8)$$

όπου το σύμβολο / σημαίνει διαφορά και το  $(X)^c$  συμβολίζει γενικά το συμπληρωματικό σύνολο του  $X$ .

Το μορφολογικό περίγραμμα μπορεί επίσης να ορισθεί και ως εξής:

$$\partial X = (X \oplus B) / X = X \cap (X \oplus B) \quad (6.9)$$

Το περίγραμμα που υπολογίζεται με βάση τον προηγούμενο ορισμό ονομάζεται εξωτερικό περίγραμμα.

#### **6.4 Αλγόριθμος εξαγωγής περιγράμματος, επιφανείας και κέντρου βάρους της κεφαλής του μηριαίου**

Το περίγραμμα της κεφαλής του μηριαίου οστού σε άτομα που πάσχουν από την ασθένεια LCPD δίνει πολύ σημαντικές πληροφορίες που μπορούν να αξιοποιηθούν στη διάγνωση, στην πρόγνωση και στην παρακολούθηση της ασθένειας.

Ο αρχικός σκοπός ήταν να υλοποιηθεί ένας εντελώς αυτόματος αλγόριθμος για την εξαγωγή περιγράμματος του οστού με μόνη είσοδο την περιοχή ενδιαφέροντος της μηριαίας κεφαλής. Εξαιτίας του υψηλού θορύβου που υπάρχει στις ακτινογραφίες και λόγω του ότι η περιοχή προς ανάλυση χαρακτηρίζεται από πολύ μικρές μεταβολές στα χρωματικά της χαρακτηριστικά, μια interactive μεθοδολογία προτιμήθηκε.

Ο αλγόριθμος για την αυτόματη εξαγωγή περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου οστού ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία:

Ανίχνευση ακμών στην εικόνα  $I(x,y)$  της περιοχής της κεφαλής χρησιμοποιώντας το φίλτρο Laplacian of a Gaussian (Marr-Hildreth operator) που ορίζεται από την εξίσωση:

$$C(x,y) = \nabla^2 [I(x,y) * G(x,y,\sigma)] \quad (6.10)$$

όπου  $I(x,y)$  είναι η αρχική μας εικόνα,  $G(x,y,\sigma)$  είναι η Gaussian συνάρτηση,  $\nabla^2$  είναι ο Λαπλασιανός Τελεστής, \* ο τελεστής της συνέλιξης και  $C(x,y)$  είναι ο πίνακας που προκύπτει από την εφαρμογή της συνέλιξης.

Οι ακμές της εικόνας εντοπίζονται πάνω στις περιοχές που αποτελούν τοπικά ελάχιστα του παραπάνω πίνακα (Zero Crossings). Βάση αυτού του πίνακα

σχηματίζεται η διαδική εικόνα  $E(x,y)$  με χρώμα άσπρο στα σημεία που εντοπίστηκαν ως ακμές.

Η Gaussian συνάρτηση για διδιάστατα σήματα ορίζεται ως εξής:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (6.11)$$

όπου  $\sigma^2$  η τυπική απόκλιση τη συνάρτησης.

Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά επιλέχθηκαν για το φίλτρο κατά την πρακτική του εφαρμογή:

α)  $\sigma^2 = 2$

β) Μέγεθος πλευράς συνελκτικού φίλτρου =15

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η κεφαλή του μηριαίου ήταν σχεδόν ενιαία με το υπόλοιπο οστό, ήταν αδύνατο να εξαχθεί το περίγραμμα της κεφαλής κατευθείαν με τη χρήση αυτού του φίλτρου.

Μια τεχνική ανάπτυξης περιοχών (Region Growing) χρησιμοποιείται για την αφαίρεση των ακμών της κεφαλής του μηριαίου που οφείλονται στην παρουσία του θορύβου. Συγκεκριμένα, κάθε συνεχής περιοχή της εικόνας έλαβε έναν δείκτη και στο τέλος αφαιρέθηκαν οι περιοχές με επιφάνεια μικρότερη από ένα συγκεκριμένο κατώφλι.

Στην εικόνα εφαρμόστηκε ο δυαδικός μορφολογικός τελεστής διάνοιξης για την τελική απομόνωση της κεφαλής του οστού σύμφωνα με τη σχέση:

$$E(x, y) = I(x, y) \circ B(x, y) \quad (6.12)$$

όπου  $B$  είναι το  $3 \times 3$  μοναδιαίο δομικό στοιχείο,  $I(x,y)$  η αρχική μας εικόνα και  $E(x,y)$  η τελική έξοδος του τελεστή.

Εφαρμόζοντας την τεχνική ανάπτυξης περιοχών με κατάλληλο κατώφλι απορρίπτεται η περιοχή της εικόνας που αντιστοιχεί στα οστά που περιβάλλουν την κεφαλή του μηριαίου και πληρώνεται με χρώμα η ίδια ώστε να καταστεί συμπαγής, με αποτέλεσμα την δημιουργία της εικόνα  $F(x,y)$ .

Το περίγραμμα της κεφαλής εξάγεται με την διαδικασία του μορφολογικού περιγράμματος σύμφωνα με τη σχέση:

$$\partial F = F / (F \ominus B) = F \cap [F \ominus F]^C \quad (6.13)$$

όπου η B το μοναδιαίο δομικό στοιχείο.

Εναλλακτικά χρησιμοποιήθηκε μια νέα, ημιαυτόματη μέθοδος για την εξαγωγή περιγράμματος:

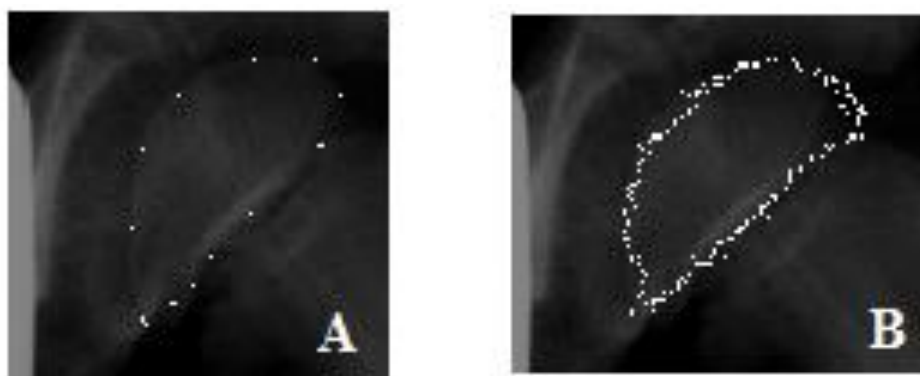
Ο χρήστης καλείται να εισάγει ένα επιλεγμένο κατά την κρίση του και ανάλογα με το μέγεθος της κεφαλής αριθμό σημείων πάνω στα όρια του περιγράμματός της. Τα σημεία αυτά αποτελούν οδηγούς για την εφαρμογή ενός τελεστή ανίχνευσης ακμών που θα μας δώσει το τελικό αποτέλεσμα.

Σε μια νοητή ευθεία που ενώνει δύο διαδοχικά σημεία σημειωμένα από το χρήστη εφαρμόζεται ο τελεστής ανίχνευσης ακμών και για μια ζώνη σημείων πλάτους  $5 \times 5$  που περιβάλλει τη νοητή ευθεία. Χρησιμοποιείται ως προκαθορισμένος τελεστής ανίχνευσης ακμών ένας απλός τελεστής Laplacian διαστάσεων  $3 \times 3$  που ορίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$L(x, y) = |4I(x, y) - I(x-1, y) - I(x, y-1) - I(x+1, y) - I(x, y+1)| \quad (6.14)$$

όπου  $L(x,y)$  η τιμή του πίνακα εξόδου στη θέση με συντεταγμένες  $(x,y)$ , και  $I(x,y)$  η τιμή της αρχικής εικόνας στην ίδια θέση.

Η ακμή τοποθετείται στο σημείο της ζώνης που ελαχιστοποιεί την τιμή του παραπάνω τελεστή (zero crossing), με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας εικόνας με άσπρα στοιχειώδη σημεία στις θέσεις που εντοπίζονται οι ακμές.



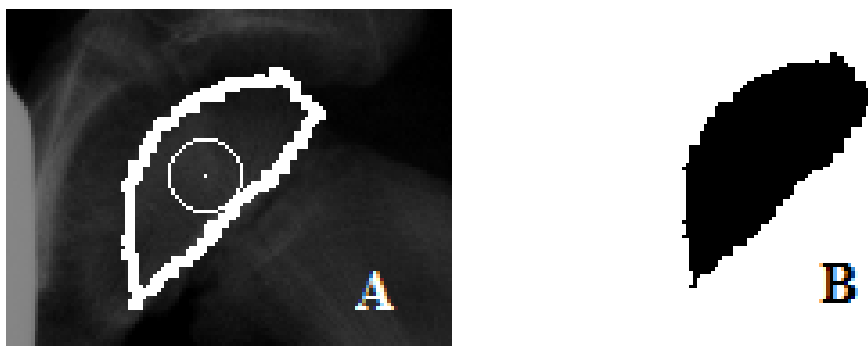
Σχ. 6.2 Ημιαυτόματη εξαγωγή περιγράμματος κεφαλής μηριαίου οστού, A: Εισαγωγή σημείων επί του περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου οστού, B: Εντοπισμός επί της ακμής με τη χρήση του λαπλασιανού τελεστή.

Επειδή το περίγραμμα που προκύπτει με την παραπάνω μέθοδο περιλαμβάνει διασπαρμένα μη συνεχή σημεία, εφαρμόζεται ο μορφολογικός τελεστής διαδικής διαστολής με δομικό στοιχείο τον μοναδιαίο  $3 \times 3$  πίνακα.

Η μέθοδος αυτή έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός συνεχούς περιγράμματος πάχους δύο και πλέον στοιχειωδών σημείων (pixels).

Απομονώνεται το περίγραμμα και συμπληρώνεται με pixels ώστε να γίνει συμπαγές.

Τέλος, η συμπαγής πια επιφάνεια της κεφαλής αποκαθίσταται στις αρχικές της διαστάσεις, που είχαν αυξηθεί κατά ένα pixel εφαρμόζοντας τη διαδική διαστολή με χρήση του μορφολογικού τελεστή συστολή με δομικό στοιχείο το μοναδιαίο πίνακα.



Σχ. 6.3 Απομόνωση της κεφαλής του μηριαίου οστού για περαιτέρω επεξεργασία, A: Συμπλήρωση του περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου ώστε να καταστεί συνεχής, B: Απομόνωση και πλήρωση της κεφαλής του μηριαίου ώστε να καταστεί συμπαγής.

Το λογισμικό στη συνέχεια πραγματοποιεί αυτόματα την εύρεση του εμβαδού της επιφανείας και των συντεταγμένων του κέντρου βάρους της κεφαλής σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$S = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M G(i, j) \quad (6.15)$$

$$C_x = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M iI(i, j) \quad (6.16)$$

$$C_y = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M jI(i, j) \quad (6.17)$$

όπου  $S$  η επιφάνεια της κεφαλής εκπεφρασμένη σε στοιχειώδη σημεία,  $C_x, C_y$  οι συντεταγμένες του κέντρου της κεφαλής του μηριαίου,  $M \times N$  οι διαστάσεις του παραθύρου που εμφανίζεται η απομονωμένη κεφαλή και  $I(i,j)$  η χρωματική πυκνότητα της εικόνας στην θέση  $(i,j)$ .

Επίσης η μέση χρωματική πυκνότητα των σημείων της κεφαλής υπολογίζεται αυτόματα λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική φωτεινότητα της εικόνας και εξάγοντας τη μέση τιμή της, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$F = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M G(i,j) \quad (6.18)$$

όπου  $F$  η μέση χρωματική πυκνότητα της εικόνας,  $G(i,j)$  η χρωματική πυκνότητα της εικόνας στη θέση  $(i,j)$ ,  $M \times N$  οι διαστάσεις της εικόνας.

### 6.5 Αλγόριθμος ημιαυτόματης εξαγωγής αξόνων

Η αρχική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον αυτόματο προσδιορισμό της κλίσης του αυχένα και της διάφυσης του μηριαίου οστού ήταν η μέθοδος των ροπών που υπολογίζει την κλίση σύμφωνα με τη σχέση:

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2 \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M xy I(x,y)}{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M x^2 I(x,y) - \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M y^2 I(x,y)} \quad (6.19)$$

όπου  $I(x,y)$  η εικόνα της περιοχής που θέλουμε να εξάγουμε τον άξονα διαστάσεων  $M \times N$  και  $\theta$  η κλίση που υπολογίζεται με τη μέθοδο των ροπών, εκφρασμένη σε ακτίνια (rad).

Ειδικά στον αυχένα, λόγω του περιορισμένου μήκους του, ήταν πολύ δύσκολη η εξαγωγή των αξόνων με την παραπάνω κλασσική μέθοδο εύρεσης κλίσεως αξόνων αντικειμένων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε μια ημιαυτόματη μέθοδος που σκοπό έχει τον καθορισμό του άξονα ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων που έχει σε σχέση με τις πλευρές ενός γεωμετρικού σχήματος.

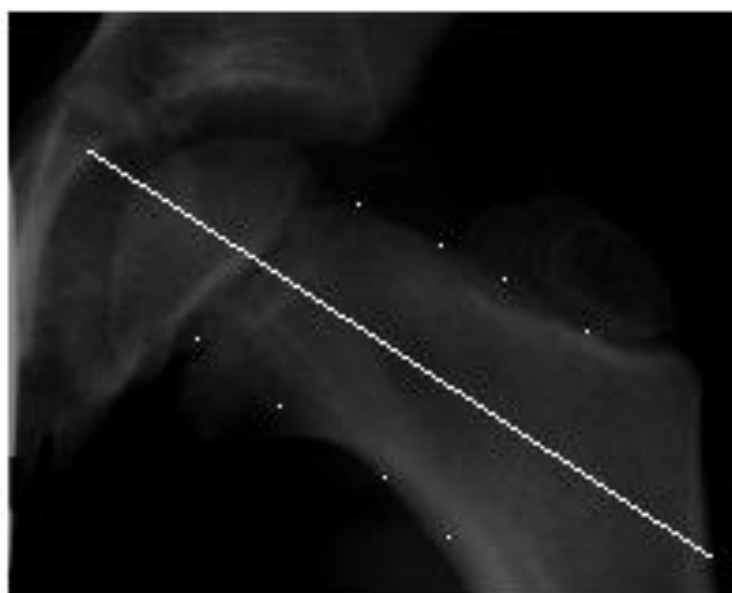
Συγκεκριμένα, σε οποιοδήποτε τραπεζοειδές σχήμα, ο άξονας ταυτίζεται με την ευθεία που περνάει από το κέντρο βάρους του σχήματος, και έχει ως κλίση μια γωνία ίση με τη γωνία της διχοτόμου που ορίζουν οι πλευρές του αν αυτές είχαν μεταφερθεί στο βαρύκεντρο.

Για το σκοπό αυτό ο χρήστης επιλέγει το πλήθος των οδηγών σημείων που θα εισαγάγει στη συνέχεια με τη βοήθεια του "ποντικιού" (mouse) στο έσω και στο έξω όριο του αυχένα (της διάφυσης).

Στη συνέχεια, οι ευθείες που αντιστοιχούν στο έσω και στο έξω όριο του αυχένα (της διάφυσης) υπολογίζονται, με εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων (Least Square Method). Η κλίση καθεμιάς από αυτές τις ευθείας εκφράζεται από τη σχέση:

$$\psi = \frac{N \sum_{i=1}^N x(i)y(i) - \sum_{i=1}^N x(i) \sum_{i=1}^N y(i)}{N \sum_{i=1}^N x(i)^2 - \left( \sum_{i=1}^N x(i) \right)^2} \quad (6.20)$$

όπου  $x(i)$ ,  $y(i)$  οι συντεταγμένες,  $N$  το πλήθος των οδηγών σημείων ανά πλευρά και  $\psi$  η κλίση της ευθείας. Γνωρίζοντας την κλίση του έσω και έξω ορίου του αυχένα (της διάφυσης) υπολογίζεται στη συνέχεια ο άξονας του αυχένα (της διάφυσης).



Σχ.6.4 Ημιαυτόματη εξαγωγή του άξονα του αυχένα του μηριαίου οστού με την καθοδήγηση σημείων εισαχθέντων από το χρήστη επί των ακμών του οστού



## **6.6 Ανάπτυξη ειδικών εργαλείων επεξεργασίας εικόνας**

### **6.6.1 Χάραξη γραμμών, παραλλήλων και κάθετων σε γραμμή, μέτρηση γωνιών και αποστάσεων και εύρεση συγκεκριμένου σημείου πάνω στην ακτινογραφία**

Χρησιμοποιώντας αυτά τα γενικά εργαλεία, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει μεγέθη προς παρατήρηση μελετώντας νέους ποσοτικούς δείκτες που σχετίζονται με την πορεία της ασθένειας.

### **6.6.2 Ημιαυτόματη εξαγωγή περιγράμματος, εμβαδού επιφανείας και κέντρου βάρους της κεφαλής μηριαίου**

Ο χρήστης εισάγει με το ποντίκι 10-50 σημεία που βρίσκονται επί του περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου και στη συνέχεια το λογισμικό εντοπίζει αυτόματα το περίγραμμα της κεφαλής του μηριαίου και υπολογίζει το εμβαδόν της επιφανείας του και τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους της.

### **6.6.3 Προσδιορισμός αξόνων αυχένα και διάφυσης μηριαίου**

Ο χρήστης εισάγει με τη χρήση του "ποντικιού" σημεία επί των ακμών του αυχένα και της διάφυσης του μηριαίου. Το λογισμικό, με βάση αυτά τα σημεία, υπολογίζει την κλίση των αξόνων του αυχένα και της διάφυσης του μηριαίου.

### **6.6.4 Ημιαυτόματη σχεδίαση κύκλων και ελλείψεων και προσδιορισμός χρήσιμων στοιχείων τους**

#### **6.6.4.1 Προσδιορισμός γεωμετρικών κέντρων και ακτίνων κεφαλής μηριαίου και κοτύλης**

Με τα εργαλεία αυτά προσομοιώνεται η διαδικασία που ακολουθεί χειρονακτικά ο ορθοπεδικός γιατρός για να προσδιορίσει τη θέση των κέντρων της κοτύλης και της κεφαλής του μηριαίου οστού επί της ακτινογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, ο ορθοπεδικός χρησιμοποιεί ένα ειδικό εργαλείο με κύκλους διαφόρων ακτίνων που του παρέχει τη δυνατότητα να προσεγγίζει περιοχές της ακτινογραφίας με τους κύκλους του εργαλείου και να ταυτίζει το κέντρο των περιοχών αυτών με το κέντρο του αντίστοιχου κύκλου. Ακολουθώντας την παραπάνω συλλογιστική, αναπτύχθηκε

ένα εργαλείο που επιτρέπει τον προσδιορισμό των κέντρων και των ακτίνων της κεφαλής του μηριαίου και της κοτύλης. Η διαδικασία που ακολουθείται συνοψίζεται στα παρακάτω βήματα:

- i. Εμφάνιση στην οθόνη κύκλου με μεταβλητό κέντρο και ακτίνα.
- ii. Έλεγχος της θέσης του κέντρου του με το "ποντίκι" και έλεγχος της ακτίνας του με πάτημα των πλήκτρων του "ποντικιού".
- iii. Έλεγχος της ελλειπτικότητας (Aspect Ratio) του κύκλου με πάτημα συνδιασμού των πλήκτρων του "ποντικιού" και του πληκτρολογίου.
- iv. Τοποθέτηση του κύκλου μόνιμα επί της ακτινογραφίας.

#### **6.6.4.2 Χάραξη έλλειψης προσέγγισης κεφαλής μηριαίου**

Το εργαλείο αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως συμπληρωματικό του εργαλείου που εντοπίζει το κέντρο βάρους της κεφαλής. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μορφή της κεφαλής του μηριαίου οστού παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την πορεία της νόσου LCP. Με το δείκτη αυτό προσδιορίζεται η απόκλιση του σχήματος της κεφαλής του μηριαίου από την τέλεια έλλειψη (κύκλο) προσεγγίζοντας την με μια έλλειψη που έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- i. Κλίση ίδια με την κλίση της κεφαλής του μηριαίου.
- ii. Μεγάλο άξονα ίσο με το πλάτος της κεφαλής.
- iii. Μικρό άξονα ίσο με το ύψος της κεφαλής.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια διαδική (ασπρόμαυρη) έλλειψη που προσεγγίζει καλύτερα τη μορφή της κεφαλής και στη συνέχεια υπολογίζεται η απόλυτη διαφορά τους. Τέλος για να πάρει ο δείκτης αυτός απόλυτη μορφή διαιρείται δια της συνολικής επιφάνεια της κεφαλής ώστε να κανονικοποιηθεί.

#### **6.6.5 Ημιαυτόματη εύρεση λόγου αποστάσεων**

Ο χρήστης εισάγει με το ποντίκι 3 σημεία που βρίσκονται επί μελετώμενης περιοχής και στη συνέχεια το λογισμικό εντοπίζει αυτόματα τις αποστάσεις μεταξύ των σημείων και τον λόγο των αποστάσεων αυτών. Αυτό το εργαλείο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη μελέτη της SCFE.

### **6.6.6 Ημιαυτόματη εύρεση λόγου εμβαδών επιφανειών**

Ο χρήστης εισάγει με το ποντίκι 2 επιφάνειες που βρίσκονται επί μελετώμενης περιοχής και στη συνέχεια το λογισμικό εντοπίζει αυτόματα τον λόγο αυτών. Αυτό το εργαλείο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη μελέτη της νόσου Blount.

## **6.7 Μέτρηση παραμέτρων για την SCFE**

### **6.7.1 Διαφορά ύψους μηριαίας κεφαλής και μείζονα τροχαντήρα**

Είναι η απόσταση των παραλλήλων που διέρχονται, η μία από την κορυφή της μηριαίας κεφαλής και η άλλη από την κορυφή του μείζονα τροχαντήρα.

### **6.7.2 Μήκος του άνω χείλους μηριαίου αυχένα**

Είναι η απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων σημείων του άνω χείλους του μηριαίου αυχένα.

### **6.7.3 Γωνία μεταξύ μηριαίας επίφυσης και επιμήκους άξονα μηριαίας διάφυσης**

Η γωνία αυτή σχηματίζεται από τη μεσοκάθετο επί της ευθείας, που συνδέει την άνω και την κάτω γωνία της επίφυσης και τον επιμήκη άξονα της μηριαίας διάφυσης.

### **6.7.4 Λόγος ολίσθησης μηριαίας κεφαλής**

Ο επιμήκης άξονας του μηριαίου αυχένα τέμνει την ευθεία που συνδέει την άνω και κάτω γωνία της επίφυσης σε δύο μέρη, το κάτω= $\beta$  και το άνω= $\alpha$ . Ο λόγος ολίσθησης δίνεται από το λόγο  $\beta/\alpha$ .

## **6.8 Μέτρηση παραμέτρων για την LCPD**

### **6.8.1 Η Η-γραμμή**

Πρόκειται για την ευθεία γραμμή που ενώνει τα όρια της κοτύλης στο υγιές και το πάσχον άκρο, η οποία χρησιμοποιείται ως ευθεία αναφοράς των μετρήσεων (οριζόντιος άξονας).

### **6.8.2 Η επιφάνεια της κεφαλής του μηριαίου (S)**

Υπολογίζεται αυτόματα με το εργαλείο εξαγωγής περιγράμματος της κεφαλής του μηριαίου και εκφράζει την επιφάνεια που περικλείεται από το περίγραμμα της κεφαλής του μηριαίου εκφρασμένη σε mm<sup>2</sup>.

### **6.8.3 Η κλίση της επιφάνειας φόρτισης WBS (WBS Inclination - WBSI)**

Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που ενώνει τα δύο άκρα της WBS και της H γραμμής, εκφρασμένη σε μοίρες (°). Τα δύο άκρα της WBS ορίζονται με τη χρήση του "ποντικιού".

### **6.8.4 Η προβολή της επιφάνειας φόρτισης WBS (WBS Projection - WBS P)**

Είναι το μήκος εκφρασμένο σε mm, της γραμμής που ενώνει τα δύο άκρα της WBS. Τα δύο άκρα της WBS ορίζονται με τη χρήση του "ποντικιού".

### **6.8.5 Ο δείκτης ελλειπτικότητας (EI)**

Είναι ο λόγος της επιφάνειας της κεφαλής προς την επιφάνεια της έλλειψης που έχει μεγάλο άξονα ίσο με το πλάτος της κεφαλής, μικρό ίσο με το ύψος της κεφαλής και κλίση ίδια με αυτή της κεφαλής. Ο χρήστης έχοντας σχεδιάσει τις παραπάνω επιφάνειες, βρίσκει με ημιαυτόματο τρόπο τα εμβαδά τους κι έπειτα το πρόγραμμα υπολογίζει το λόγο τους.

### **6.8.6 Η οριζόντια μετατόπιση (Horizontal Displacement - (HD))**

Εκφράζει την οριζόντια απόσταση (παράλληλα προς τη γραμμή H) μεταξύ των κέντρων της κεφαλής του μηριαίου (C1) και της κοτύλης (C2) εκφρασμένη σε mm. Το πρόσημο της οριζόντιας μετατόπισης θεωρείται θετικό όταν το κέντρο της κεφαλής του μηριαίου βρίσκεται προς τα έσω σε σχέση με το κέντρο της κοτύλης και αρνητικό στην αντίθετη περίπτωση.

### **6.8.7 Ο λόγος ύψος / πλάτος κεφαλής (R)**

Ο χρήστης με τη βοήθεια του "ποντικιού" βρίσκει το ύψος και το πλάτος της κεφαλής και ο λόγος βρίσκεται αυτόματα στη βάση δεδομένων μας.

### **6.8.8 Το υπεράνω κενό διάστημα (Sup Joint Space - SJS)**

Η μέγιστη απόσταση, εκφρασμένη σε mm μεταξύ της WBS της κοτύλης και της κεφαλής του μηριαίου. Υπολογίζεται με την εισαγωγή δυο σημείων από τον χρήστη με τη βοήθεια του "ποντικιού".

### **6.8.9 Η κλίση του άξονα του μηριαίου (AX)**

Είναι η τιμή της γωνίας σε μοίρες (°) που σχηματίζει ο άξονας της διάφυσης με τη βάση της κεφαλής που ορίζονται από τον χρήστη με την εισαγωγή σημείων με τη βοήθεια του "ποντικιού".

### **6.8.10 Η αυχενοδιαφυσιακή γωνία (Neck - Shaft Angle - NSA)**

Είναι η τιμή της γωνίας σε μοίρες (°) μεταξύ του άξονα του αυχένα και του άξονα της διάφυσης. Υπολογίζεται αυτόματα από το εργαλείο προσδιορισμού των αξόνων του αυχένα και της διάφυσης

### **6.8.11 Κέντρο (C1) και ακτίνα (R1) μηριαίας κεφαλής - Κέντρο (C2) και ακτίνα (R2) κοτύλης**

Τα μεγέθη αυτά προσδιορίζονται με τη χρήση του εργαλείου προσδιορισμού κέντρων κυκλικών και ελλειπτικών σχημάτων. Οι ακτίνες της κεφαλής (R1) και της κοτύλης (R2) μετρώνται σε mm ενώ οι συντεταγμένες των κέντρων τους C1, C2 στο σύστημα αναφοράς της οθόνης του υπολογιστή.

### **6.8.12 Η γωνία WBS-C1-C2**

Είναι η γωνία που σχηματίζουν η ευθεία που ορίζεται από τα κέντρα της κεφαλής C1 και της κοτύλης C2 και η ευθεία που διέρχεται από τα δύο άκρα της WBS. Εκφράζεται σε μοίρες (°).

## **6.9 Μέτρηση παραμέτρων για την νόσο Blount**

### **6.9.1 Η μηροκνημιαία γωνία**

Είναι η γωνία που σχηματίζουν ο μηριαίος άξονας και ο άξονας της κνήμης. Εκφράζεται σε μοίρες (°).

### **6.9.2 Η μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία**

Είναι η γωνία που σχηματίζουν η κάθετη ευθεία στον άξονα της κνήμης και η ευθεία που ενώνει τα άκρα της άνω κεφαλής της κνήμης. Εκφράζεται σε μοίρες (°).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

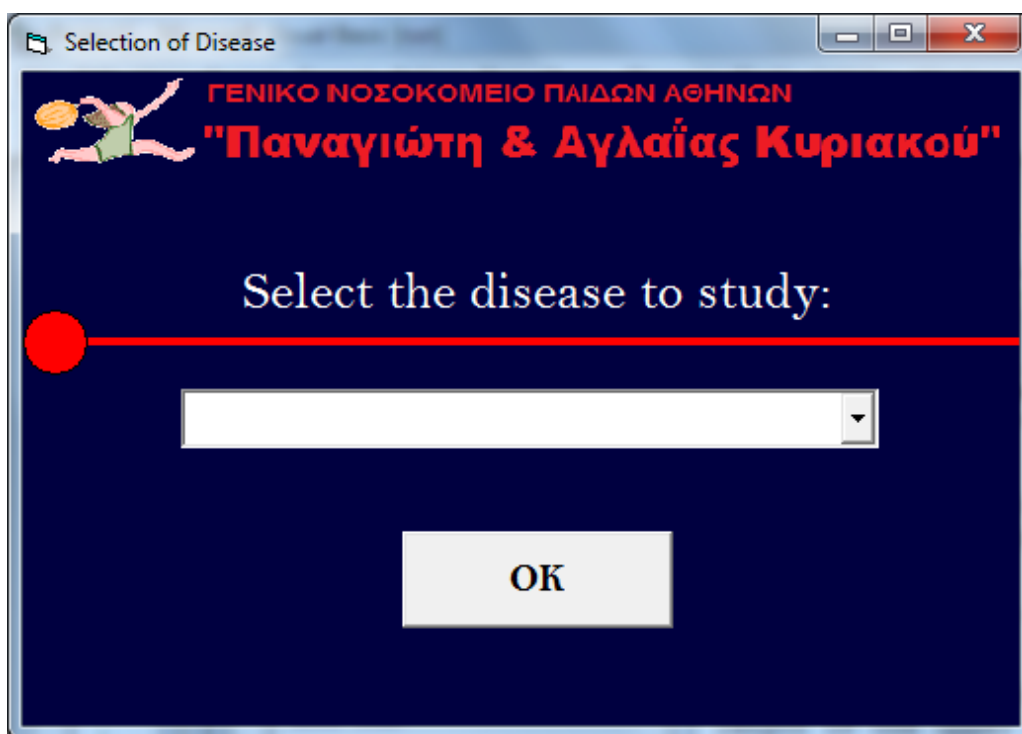
### ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Nikita2.exe

#### 7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα σύντομο εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος.

#### 7.2 Ανοίγοντας το πρόγραμμα

Ανοίγοντας το πρόγραμμα εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:

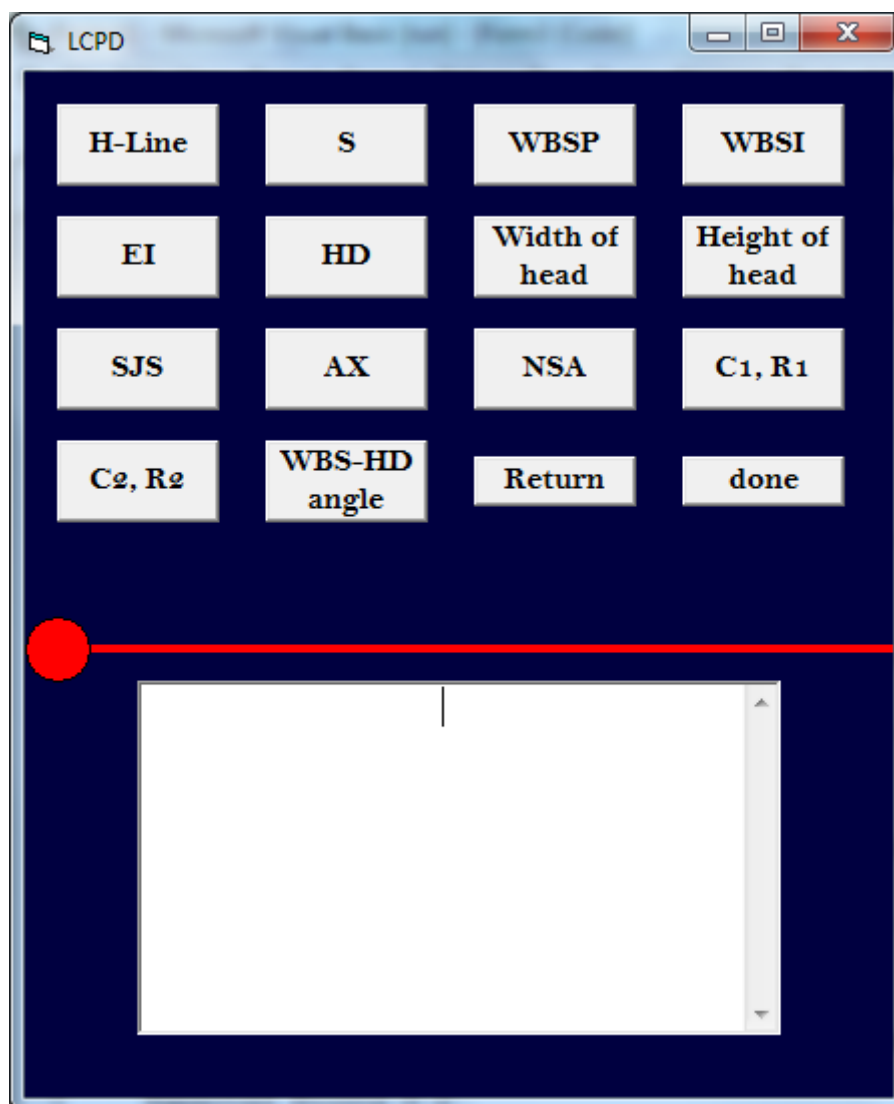


Σχ. 7.1 Αρχική φόρμα επιλογής ασθένειας

Από το drop-down menu επιλέγουμε την ασθένεια που θέλουμε να μελετήσουμε και πατάμε OK.

### 7.3 Για την Legg-Calve-Perthes

Εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:



The screenshot shows a software window titled "LCPD". The window contains a grid of buttons for data entry. The buttons are arranged in four rows and four columns:

H-Line	S	WBSP	WBSI
EI	HD	Width of head	Height of head
SJS	AX	NSA	C1, R1
C2, R2	WBS-HD angle	Return	done

Below the grid is a large white text box with a vertical cursor. A red circle is positioned on the left side of the text box, with a red horizontal line extending from it across the width of the text box.

Σχ.7.2 Φόρμα για τη μελέτη της LCPD

#### Επεξήγηση κουμπιών:

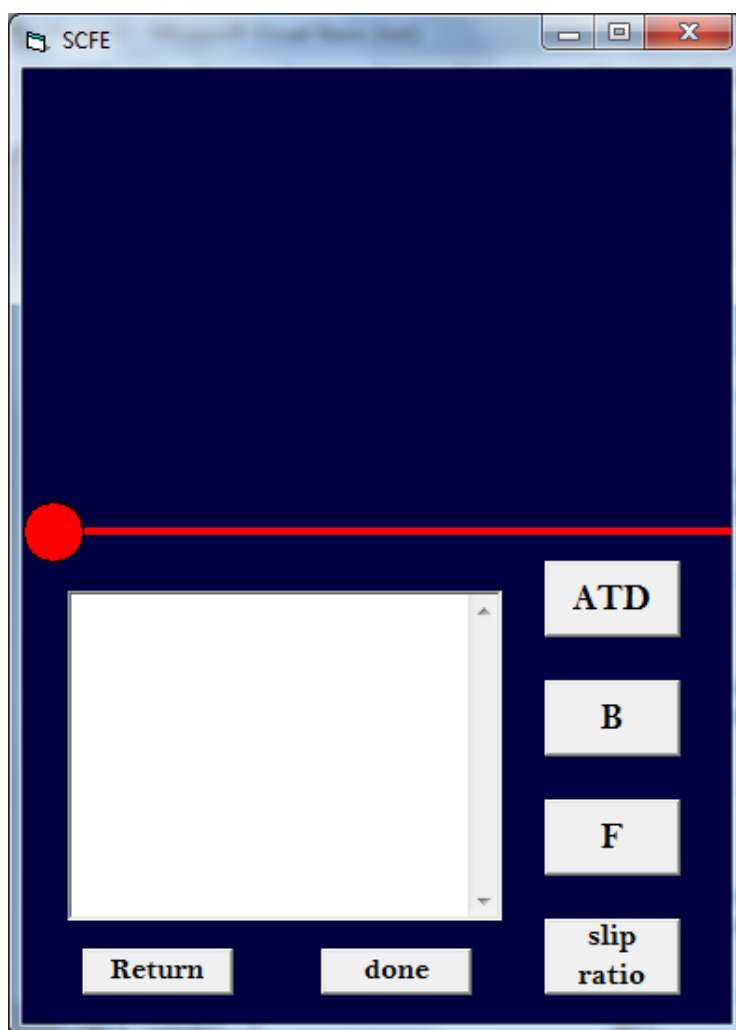
Όλα τα κουμπιά εκτός από το Return button εμφανίζουν εκτός από τη φόρμα που θα κάνουμε τις μετρήσεις μας και μια επεξήγηση στο Text Box για το πώς να κάνουμε τις μετρήσεις μας. Το Return button επιστέφει στην αρχική φόρμα σε περίπτωση που έχουμε κάνει λάθος στην επιλογή της ασθένειας ή θέλουμε να μελετήσουμε άλλη. Το κουμπί done είναι το κουμπί που θα πατήσουμε, αφού κάνουμε τις μετρήσεις μας για έναν ασθενή, ώστε να εισαγάγουμε τον αριθμό μητρώου του ασθενή, το φύλο του και



την ηλικία του. Με αυτό τον τρόπο εισάγονται όλα τα στοιχεία του ασθενή, καθώς και οι μετρήσεις που έγιναν.

#### 7.4 Για την Slipped Capital Femoral Head

Εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:



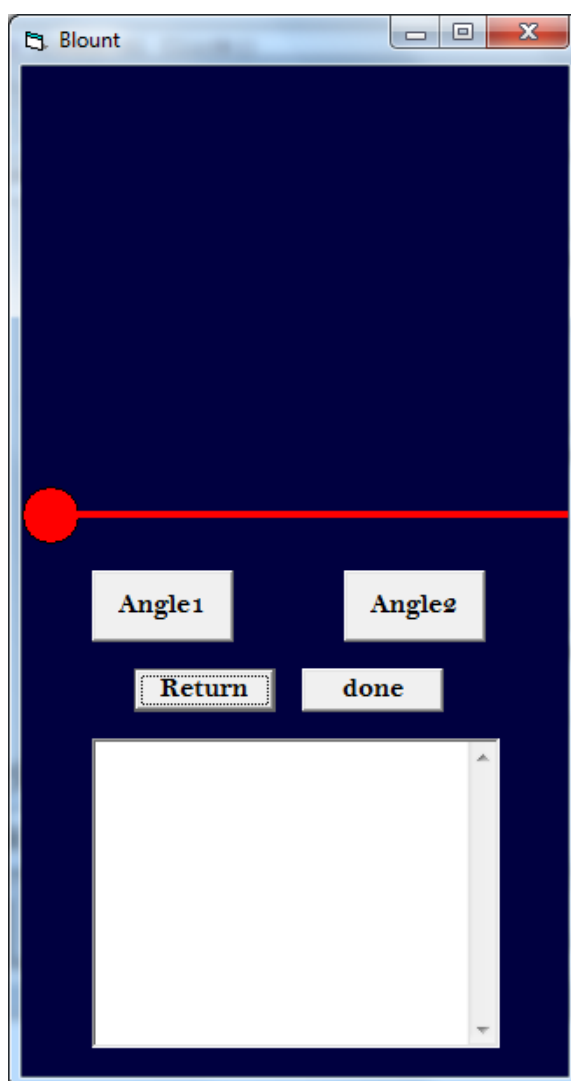
Σχ.7.3 Φόρμα για τη μελέτη της SCFE

#### Επεξήγηση κουμπιών:

Όλα τα κουμπιά εκτός από το Return button εμφανίζουν εκτός από τη φόρμα που θα κάνουμε τις μετρήσεις μας και μια επεξήγηση στο Text Box για το πώς να κάνουμε τις μετρήσεις μας. Εμφανίζεται επίσης μια εικόνα που δείχνει το πώς γίνεται η μέτρηση. Το Return button επιστέφει στην αρχική φόρμα σε περίπτωση που έχουμε

κάνει λάθος στην επιλογή της ασθένειας ή θέλουμε να μελετήσουμε άλλη. Το κουμπί done είναι το κουμπί που θα πατήσουμε, αφού κάνουμε τις μετρήσεις μας για έναν ασθενή, ώστε να εισαγάγουμε τον αριθμό μητρώου του ασθενή, το φύλο του και την ηλικία του. Με αυτό τον τρόπο εισάγονται όλα τα στοιχεία του ασθενή, καθώς και οι μετρήσεις που έγιναν.

### 7.5 Για την Blount disease



Σχ.7.4 Φόρμα για τη μελέτη της Blount

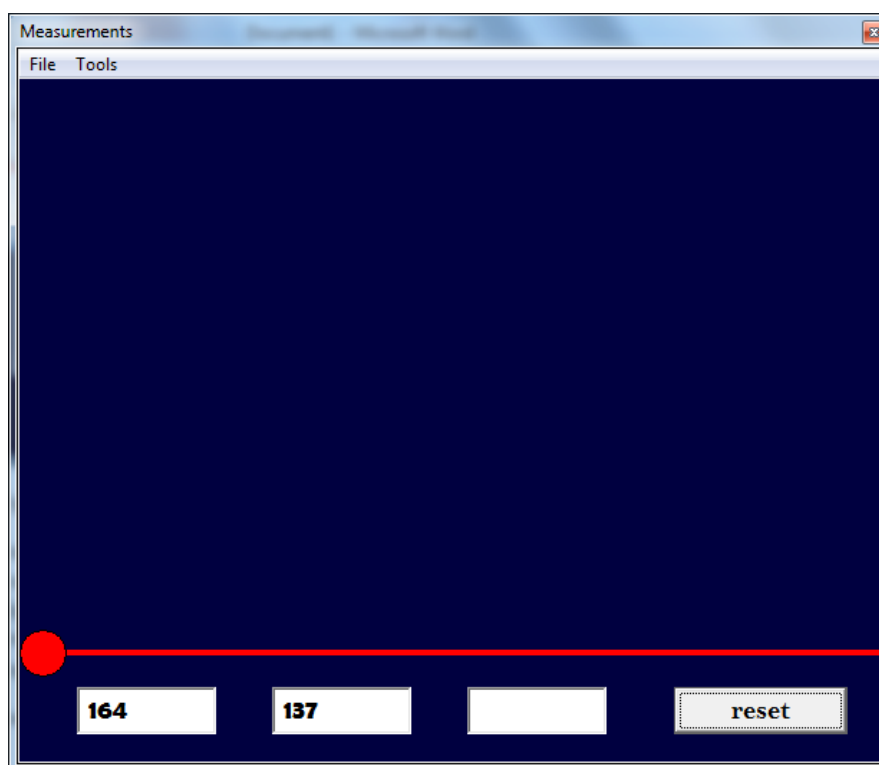
#### Επεξήγηση κουμπιών:

Όλα τα κουμπιά εκτός από το Return button εμφανίζονται εκτός από τη φόρμα που θα κάνουμε τις μετρήσεις μας και μια επεξήγηση στο Text Box για το πώς να κάνουμε

τις μετρήσεις μας. Εμφανίζεται επίσης μια εικόνα που δείχνει το πως γίνεται η μέτρηση. Το Return button επιστέφει στην αρχική φόρμα σε περίπτωση που έχουμε κάνει λάθος στην επιλογή της ασθένειας ή θέλουμε να μελετήσουμε άλλη. Το κουμπί done είναι το κουμπί που θα πατήσουμε, αφού κάνουμε τις μετρήσεις μας για έναν ασθενή, ώστε να εισαγάγουμε τον αριθμό μητρώου του ασθενή, το φύλο του και την ηλικία του. Με αυτό τον τρόπο εισάγονται όλα τα στοιχεία του ασθενή, καθώς και οι μετρήσεις που έγιναν.

## 7.6 Εμφάνιση της φόρμας μετρήσεων

Εμφανίζεται με το πάτημα οποιουδήποτε κουμπιού από τις αρχικές φόρμες των ασθενειών.



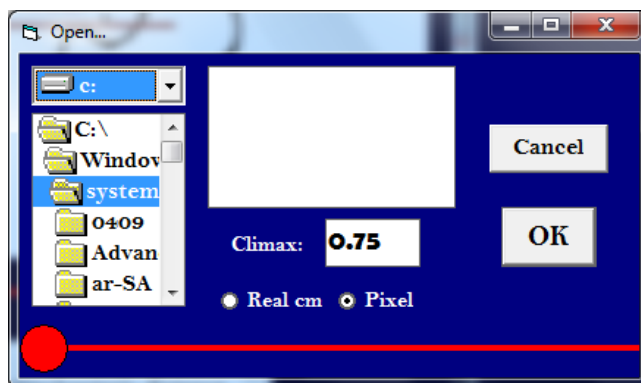
Σχ.7.5 Φόρμα μετρήσεων

Τα Text boxes εμφανίζουν το pixel όπου βρίσκεται το ποντίκι τη δεδομένη στιγμή.

Το Reset Button χρησιμοποιείται για να σβήσει ό,τι κάναμε στη φόρμα μας από την αρχή.

## 7.7 Για να ανοίξουμε ένα αρχείο

Πηγαίνουμε στο File κι έπειτα Open ή χρησιμοποιούμε την συντόμευση Ctrl+O. Εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



Σχ.7.6 Παράθυρο ανοίγματος εικόνας

Αριστερά στο Scroll Box επιλέγουμε το φάκελο όπου βρίσκεται το αρχείο μας. Τα αρχεία που υπάρχουν στο φάκελο εμφανίζονται στο λευκό Text Box στη μέση.

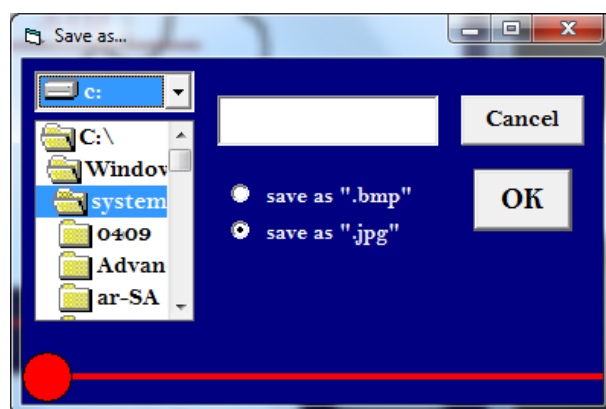
Το Climax μας δίνει την κλίμακα των μετρήσεων.

Τα check boxes αναφέρονται στο αν θέλουμε οι μετρήσεις μας να γίνονται σε πραγματικά εκατοστά ή σε pixel. Ακόμη και αν αφήσουμε την επιλογή pixel, το πρόγραμμα θα τα εμφανίσει σε συνηθισμένες μετρήσιμες μονάδες, που θα παρατεθούν παρακάτω.

Το Cancel Box προφανώς ακυρώνει την ενέργειά μας και το OK Box την επικυρώνει.

## 7.8 Για να σώσουμε ένα αρχείο με τις μετρήσεις που έχουν γίνει πάνω σε αυτό

Εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



Σχ.7.7 Παράθυρο αποθήκευσης μετρήσεων πάνω σε εικόνα

Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο όπως το Open.

Με τα Check Boxes “save as .bmp” ή “save as .jpg” επιλέγουμε τη μορφή που θέλουμε να αποθηκευτεί το αρχείο μας.

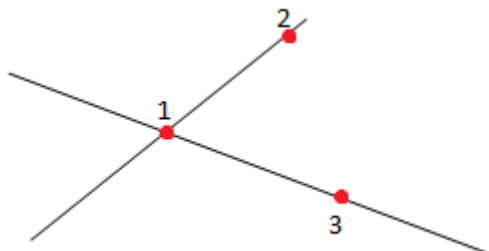
Για να αποθηκεύσουμε κάποια επιπλέον αλλαγή σε ένα αρχείο μας, δε χρειάζεται να κάνουμε πάλι αυτή τη διαδικασία. Στο μενού File υπάρχει επιλογή Save.

## 7.9 Ανάλυση της χρήσης των διάφορων εργαλείων του μενού Tools

Όλα τα εργαλεία που χρειαζόμαστε και θα χρησιμοποιήσουμε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων βρίσκονται σε αυτό το μενού.

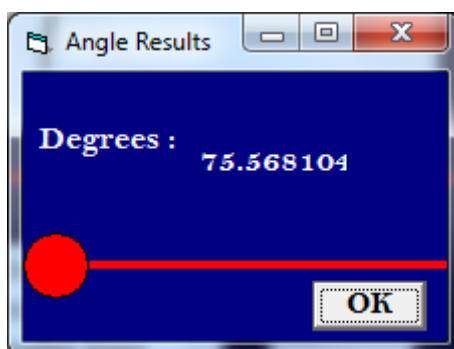
### 7.9.1 Εργαλείο Angle

Αυτό το εργαλείο το χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση γωνίας. Αφού έχουμε φτιάξει τη γωνία που θέλουμε να μετρήσουμε, πηγαίνουμε και κάνουμε κλικ με το ποντίκι πρώτα στην κορυφή της γωνίας και μετά στις δύο πλευρές, δηλαδή ως εξής:



Σχ.7.8 Τρόπος εκτέλεσης του εργαλείου Angle

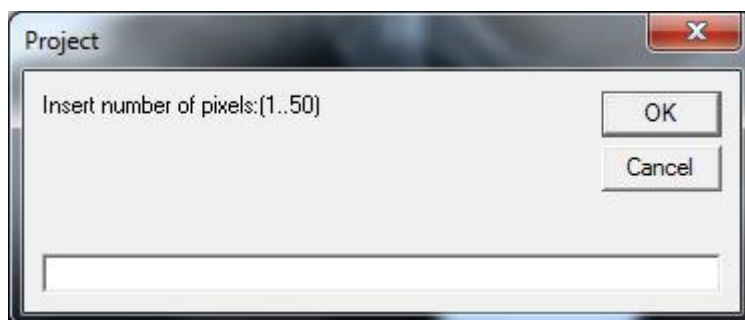
Εμφανίζεται ένα παράθυρο με την μέτρηση της γωνίας σε μοίρες:



Σχ.7.9 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Angle

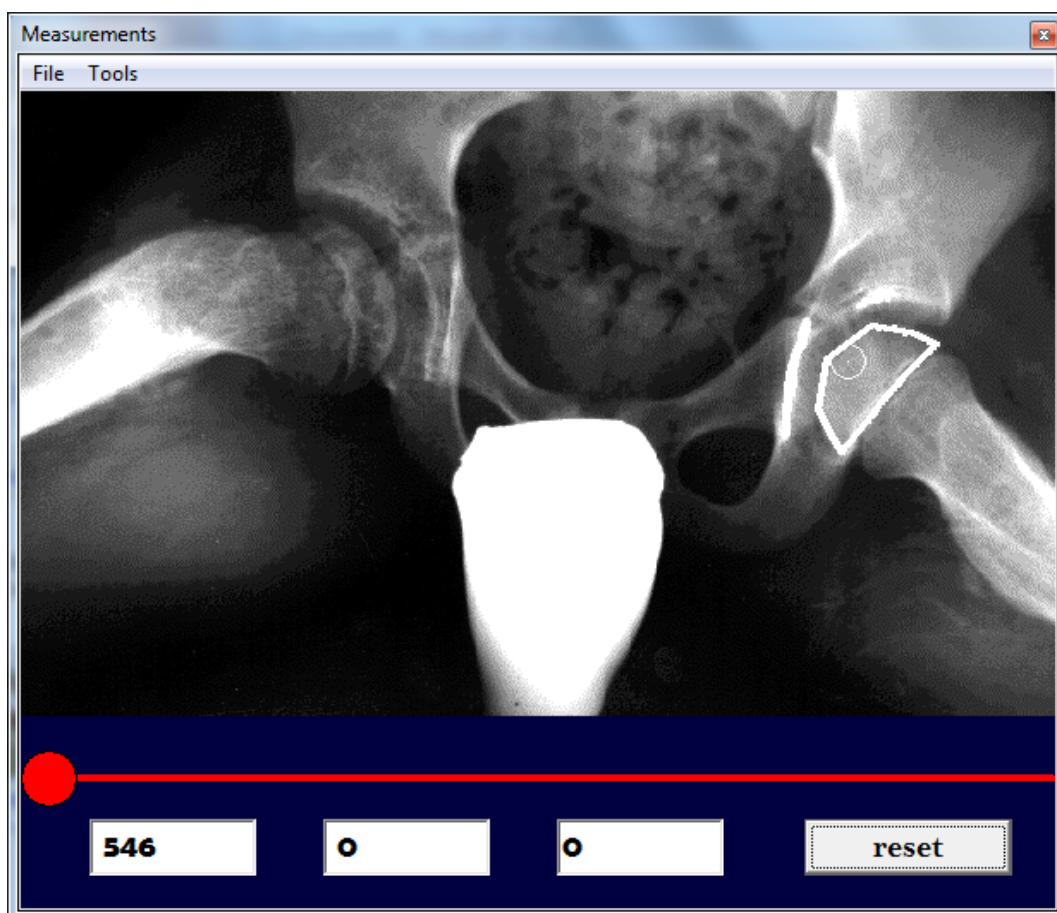
## 7.9.2 Εργαλείο Area

Αυτό το εργαλείο το χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση επιφάνειας. Εμφανίζεται ένα παράθυρο όπου μας ζητούνται πόσα σημεία από 1 ως 50 θέλουμε για να περιβάλλουμε την επιφάνειά μας:



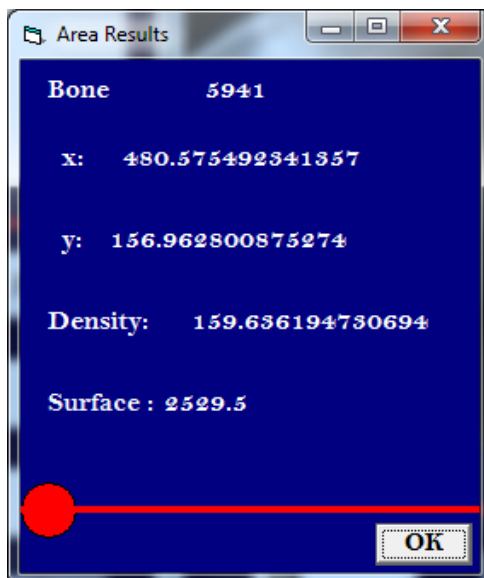
Σχ.7.10 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για τη χρήση του εργαλείου Area

Βάζουμε τον αριθμό των σημείων και πατάμε OK. Τοποθετούμε τα σημεία κι εμφανίζεται πάνω στη φόρμα των μετρήσεων το εξής:



Σχ.7.11 Φόρμα εμφάνισης της μελετούμενης περιοχής

κι ένα παράθυρο σαν το ακόλουθο, που περιλαμβάνει τις μετρήσεις που μας ενδιαφέρουν:

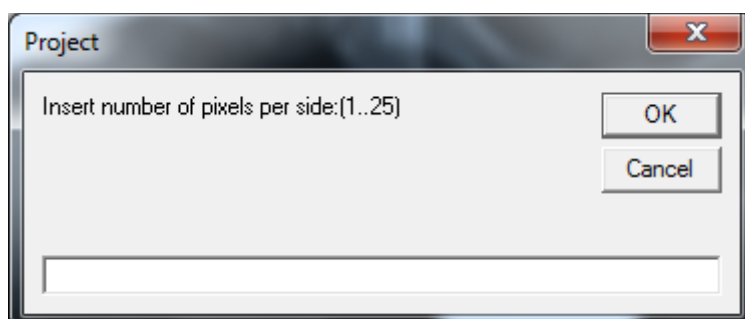


Σχ.7.12 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Area

όπου x, y η θέση του κέντρου βάρους της επιφάνειας, density η πυκνότητα του οστού και surface η επιφάνεια που θέλουμε να μετρήσουμε σε  $\text{cm}^2$ .

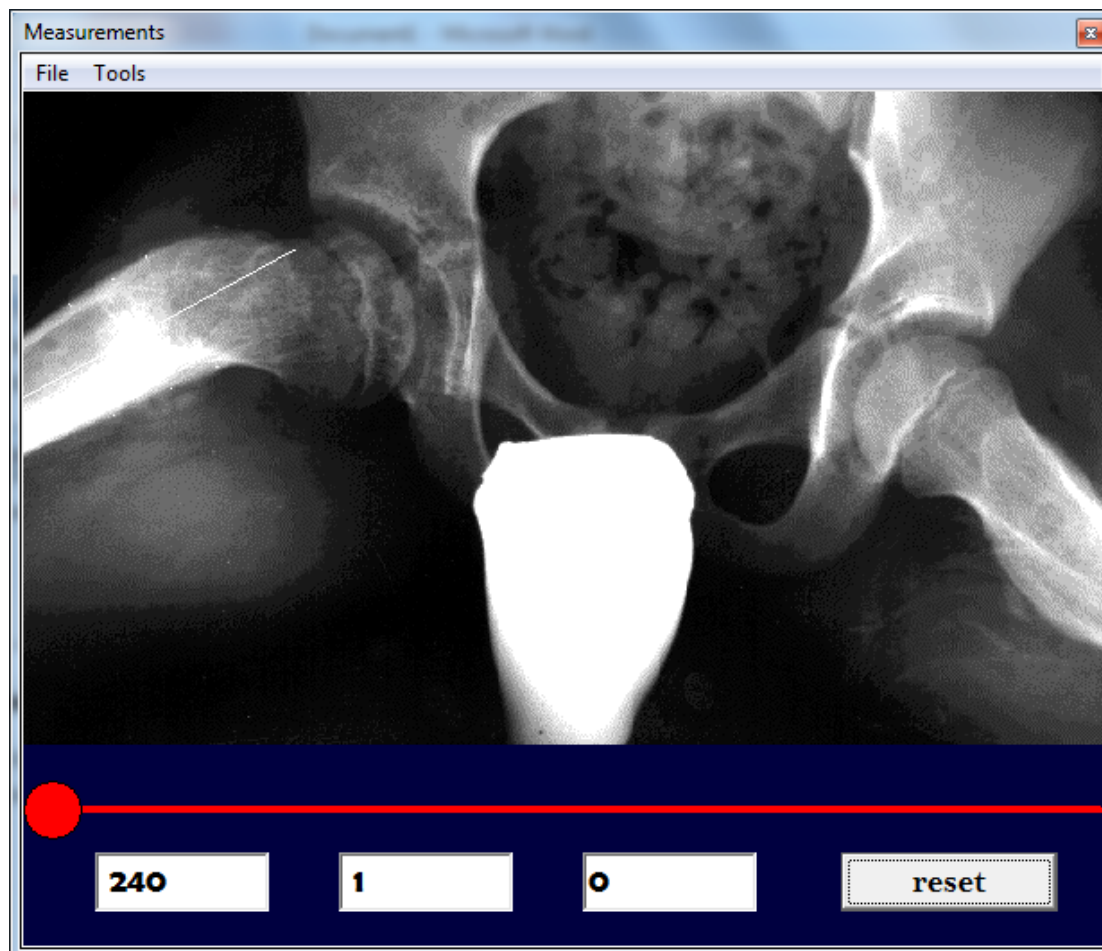
### 7.9.3 Εργαλείο Ax

Αυτό το εργαλείο το χρησιμοποιούμε για την ημιαυτόματη χάραξη ενός άξονα. Εμφανίζεται ένα παράθυρο όπου μας ζητούνται πόσα σημεία από 1 ως 25 θέλουμε να τοποθετήσουμε ανά πλευρά στο οστό, που μας ενδιαφέρει για τη χάραξη του άξονα:



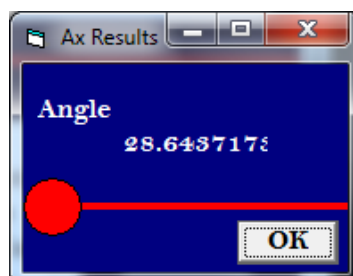
Σχ.7.13 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για τη χρήση του εργαλείου Ax

Βάζουμε τον αριθμό των σημείων και πατάμε OK. Τοποθετούμε τα σημεία ανά πλευρά κι εμφανίζεται πάνω στη φόρμα των μετρήσεων το εξής:



Σχ.7.14 Φόρμα εμφάνισης του άξονα

κι ένα παράθυρο σαν το ακόλουθο, που περιλαμβάνει τη μέτρηση της γωνίας του άξονα ως προς τον οριζόντιο άξονα ( $x'x$ ) σε μοίρες:



Σχ.7.15 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Ax



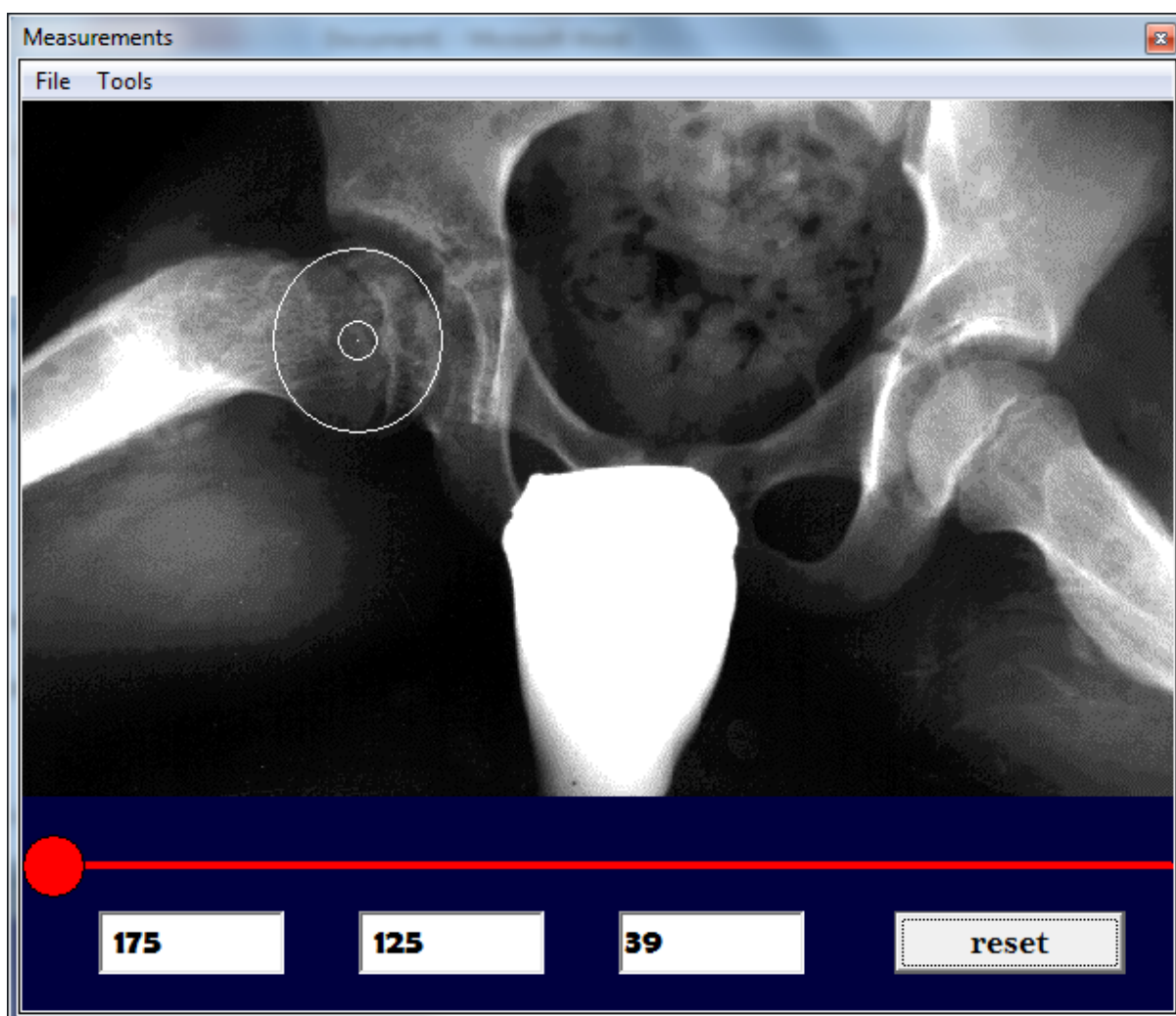
#### 7.9.4 Εργαλείο Circle

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για την χάραξη κύκλων και ελλείψεων. Εμφανίζεται ένας κύκλος, του οποίου μπορούμε να μεταβάλλουμε:

- την ακτίνα με τη χρήση του ποντικιού ως εξής: για να την αυξήσουμε αριστερό κλικ, για να την μειώσουμε δεξί κλικ.
- την ελλειπτικότητα με τη χρήση των ακόλουθων συνδυασμών: Ctrl+Shift+αριστερό κλικ για να την μειώσουμε και Ctrl+Shift+δεξί κλικ για να την αυξήσουμε.

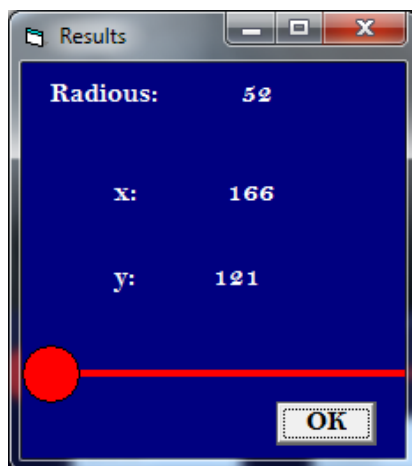
Για να τοποθετήσουμε τον κύκλο ή την έλλειψη: Shift+αριστερό κλικ

Εμφανίζεται στη φόρμα μετρήσεων το ακόλουθο:



Σχ.7.16 Φόρμα εμφάνισης του κύκλου

κι ένα επιπλέον παράθυρο με τις μετρήσεις για τον κύκλο:

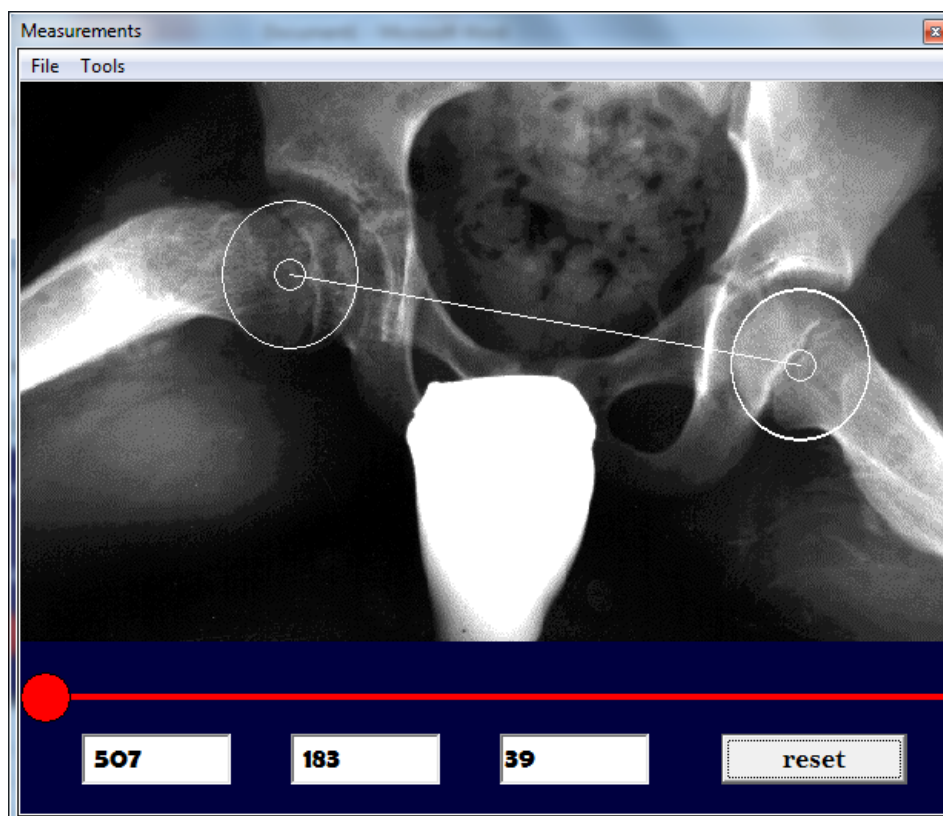


Σχ.7.17 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Circle

όπου Radius η ακτίνα σε mm και x,y το κέντρο του κύκλου.

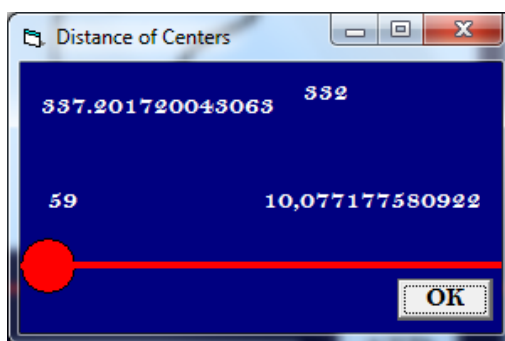
### 7.9.5 Εργαλείο Connect Centers

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για την ένωση κέντρων δύο κύκλων. Αφού φτιάξουμε τους επιθυμητούς κύκλους, απλά πατάμε το εργαλείο και εμφανίζεται το ακόλουθο στη φόρμα μετρήσεων:



Σχ.7.18 Φόρμα εμφάνισης της ένωσης των κέντρων δύο κύκλων

και ένα παράθυρο με τις μετρήσεις ως εξής:

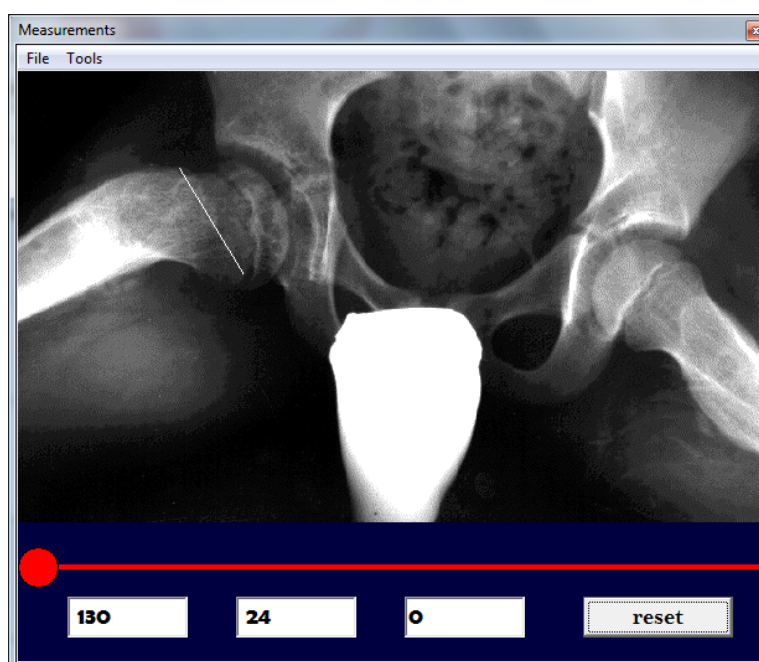


Σχ.7.19 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Connect Centers

Στο πάνω αριστερά κουτάκι εμφανίζεται η απόσταση μεταξύ των δύο κέντρων σε mm, στο πάνω δεξιά η διαφορά των κέντρων στον x άξονα, στο κάτω αριστερά η διαφορά των κέντρων στον y άξονα και στο κάτω δεξιά η γωνία της ευθείας που ενώνει τα δύο κέντρα ως προς τον οριζόντιο άξονα ( $x'x$ ) σε μοίρες.

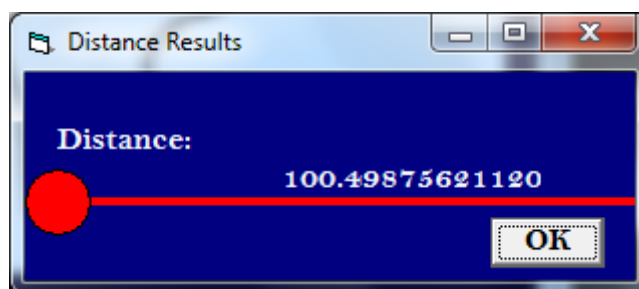
### 7.9.6 Εργαλείο Distance

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για την εύρεση της απόστασης μεταξύ δύο σημείων. Χρησιμοποιείται ως εξής: πατάμε αριστερό κλικ στο πρώτο σημείο και το κρατάμε πατημένο μέχρι να φτάσουμε στο άλλο σημείο, οπότε κι εμφανίζεται το ακόλουθο στη φόρμα μετρήσεων:



Σχ.7.20 Φόρμα εμφάνισης της μέτρησης απόστασης

κι ένα επιπλέον παράθυρο με τη μέτρηση της απόστασης σε mm:

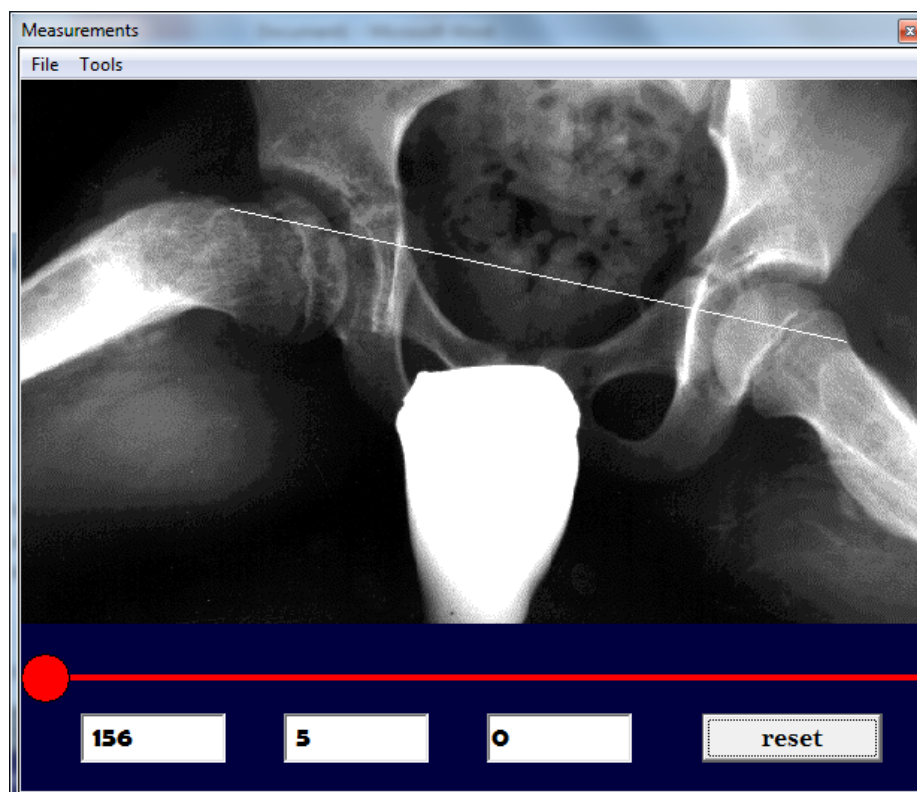


Σχ.7.21 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Distance

Προσοχή, κατά τη διάρκεια της χάραξης της απόστασης δεν εμφανίζεται γραμμή, παραμόνο όταν έχουμε αφήσει το αριστερό κλικ πάνω από το δεύτερο σημείο.

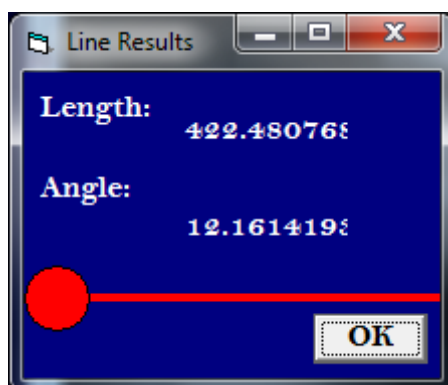
### 7.9.7 Εργαλείο Line

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για την χάραξη της γραμμής μεταξύ δύο σημείων. Χρησιμοποιείται ως εξής: πατάμε αριστερό κλικ στο πρώτο σημείο και το κρατάμε πατημένο μέχρι να φτάσουμε στο άλλο σημείο, οπότε κι εμφανίζεται το ακόλουθο στη φόρμα μετρήσεων:



Σχ.7.22 Φόρμα εμφάνισης της χάραξης γραμμής

κι ένα επιπλέον παράθυρο με τις μετρήσεις που μας ενδιαφέρουν:

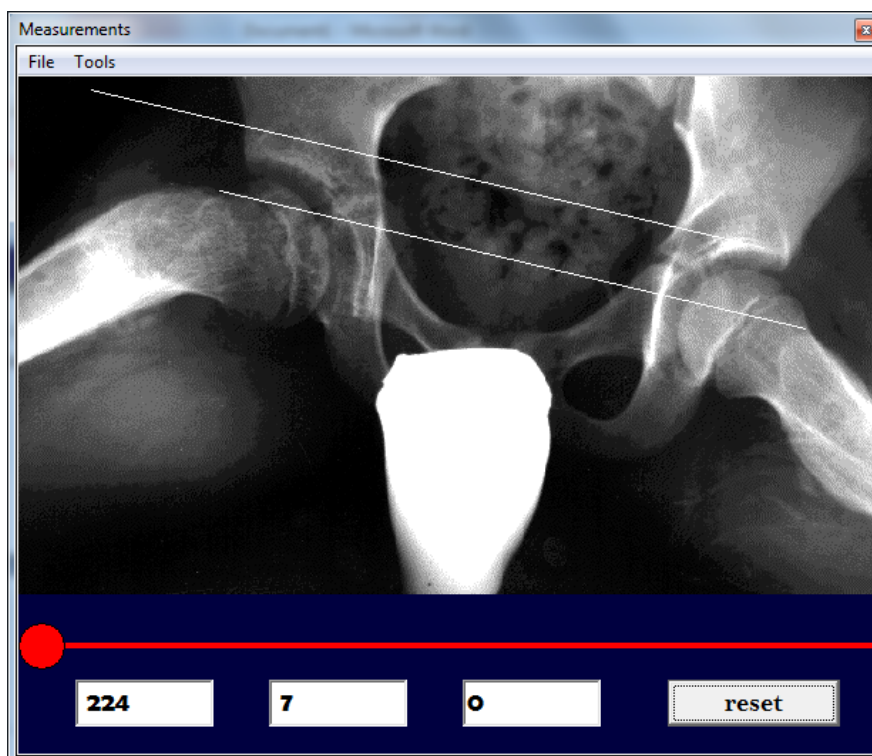


Σχ.7.23 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Line

όπου Length το μήκος της γραμμής σε mm και Angle η γωνία της ευθείας με τον οριζόντιο άξονα (x'x) σε μοίρες.

### 7.9.8 Εργαλείο Parallel

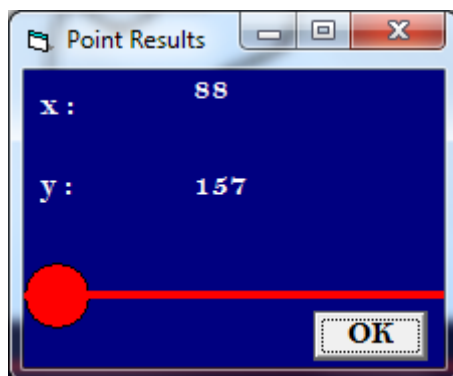
Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για να σχηματίσουμε την παράλληλη μιας ευθείας. Αφού έχουμε σχηματίσει την ευθεία μας, πηγαίνουμε στο σημείο όπου θέλουμε και απλά πατάμε αριστερό κλικ κι εμφανίζεται η παράλληλη ως εξής:



Σχ.7.24 Φόρμα εμφάνισης της χάραξης παράλληλων ευθειών

### 7.9.9 Εργαλείο Point

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για να βρούμε σε ποιο pixel αντιστοιχεί ένα σημείο. Απλά πατάμε αριστερό κλικ κι εμφανίζεται το ακόλουθο παραθυράκι:

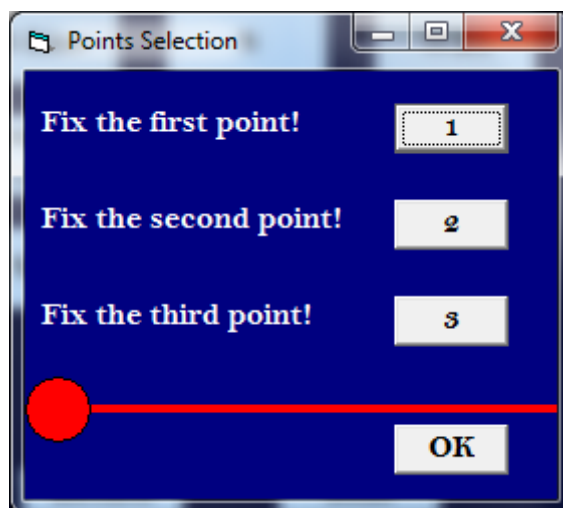


Σχ.7.25 Φόρμα εμφάνισης του εργαλείου Point

όπου x,y η θέση του σημείου σε pixel.

### 7.9.10 Εργαλείο Ratio

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για να βρούμε το λόγο δύο αποστάσεων στην ακτινογραφία μας (π.χ. για να βρούμε το slip ratio στην περίπτωση της SCFE). Επιλέγοντάς το από τη λίστα των Tools εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:

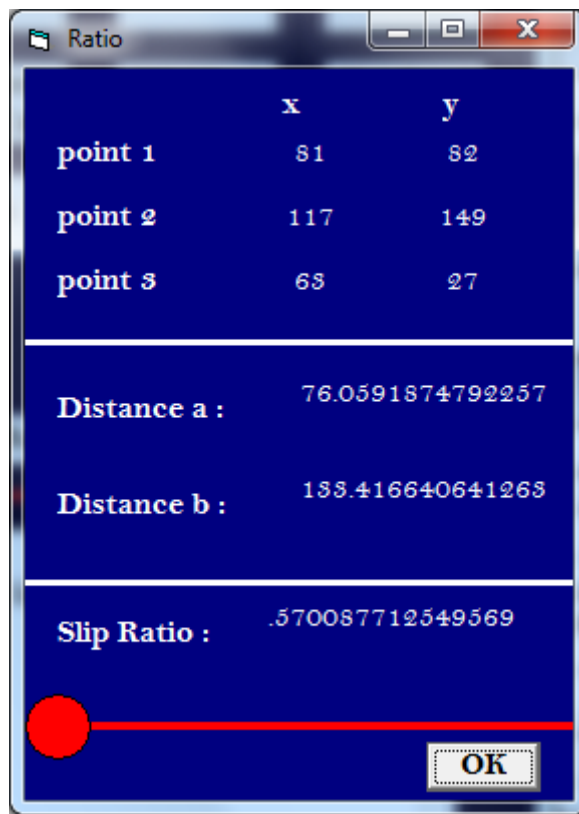


Σχ.7.26 Φόρμα επιλογής σημείων για την εύρεση λόγου αποστάσεων

Αρχικά πατάμε το κουμπί 1 κι έπειτα τοποθετούμε στη φόρμα των μετρήσεών μας το πρώτο σημείο. Για το δεύτερο σημείο, πατάμε πρώτα το κουμπί 2 κι έπειτα



τοποθετούμε το δεύτερο σημείο μας. Για το τρίτο, πατάμε πρώτα το κουμπί 3 και έπειτα τοποθετούμε το τρίτο σημείο μας. Εμφανίζεται μια δεύτερη φόρμα:

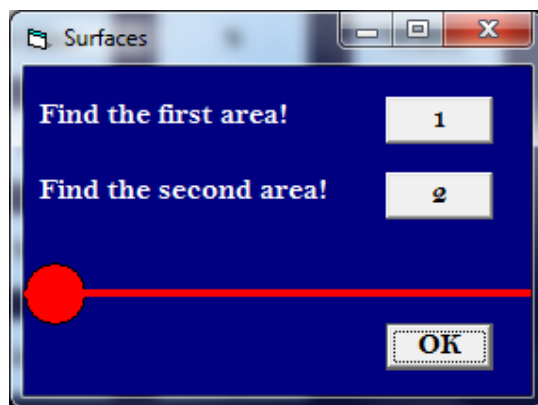


Σχ.7.27 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείου Ratio

Στις πρώτες τρεις γραμμές εμφανίζονται οι συντεταγμένες των σημείων που δόθηκαν. Στις επόμενες δύο γραμμές εμφανίζονται οι αποστάσεις a (μεταξύ σημείων 1 και 2) και b (μεταξύ σημείων 2 και 3). Στην τελευταία γραμμή εμφανίζεται ο λόγος a/b. Με τη χρήση του κουμπιού OK η φόρμα κλείνει και τα δεδομένα μεταφέρονται στη φόρμα δεδομένων. Έπειτα πατάμε το OK στη φόρμα "Points Selection" και αυτή κλείνει.

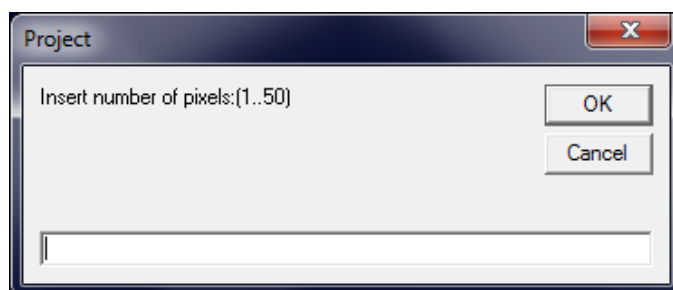
### 7.9.11 Εργαλείο Surface Ratio

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για να βρούμε το λόγο δύο επιφανειών στην ακτινογραφία μας (π.χ. για να βρούμε το δείκτη ελλειπτικότητας στην περίπτωση της LCPD). Αφού έχουμε σχεδιάσει τις δύο επιφάνειες μας (που επειδή συνήθως είναι κυκλικές ή ελλειπτικές σχεδιάζονται με το Circle Tool), επιλέγουμε το εργαλείο αυτό από τη λίστα των Tools κι εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:



Σχ.7.28 Φόρμα επιλογής των επιφανειών για την εύρεση του λόγου τους

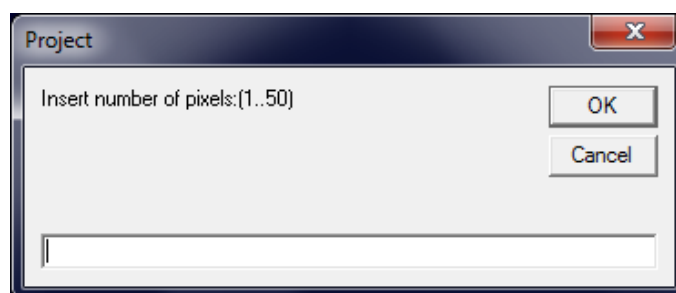
Αρχικά πατάμε το κουμπί 1 κι εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



Σχ.7.29 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για την εύρεση της πρώτης επιφάνειας

Από εδώ κι έπειτα δουλεύουμε όπως στην περίπτωση του εργαλείου Area.

Έπειτα πατάμε το κουμπί 2 στη φόρμα “Surfaces” κι εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:

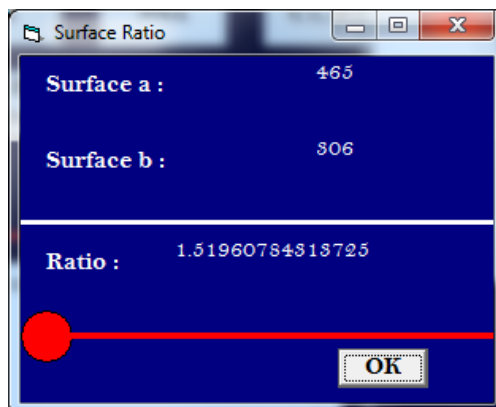


Σχ.7.30 Φόρμα εισαγωγής του αριθμού των σημείων για την εύρεση της δεύτερης επιφάνειας

Και πάλι δουλεύουμε όπως στην περίπτωση του εργαλείου Area.



Πατώντας το OK στη φόρμα “Surfaces”, αυτή κλείνει κι εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:

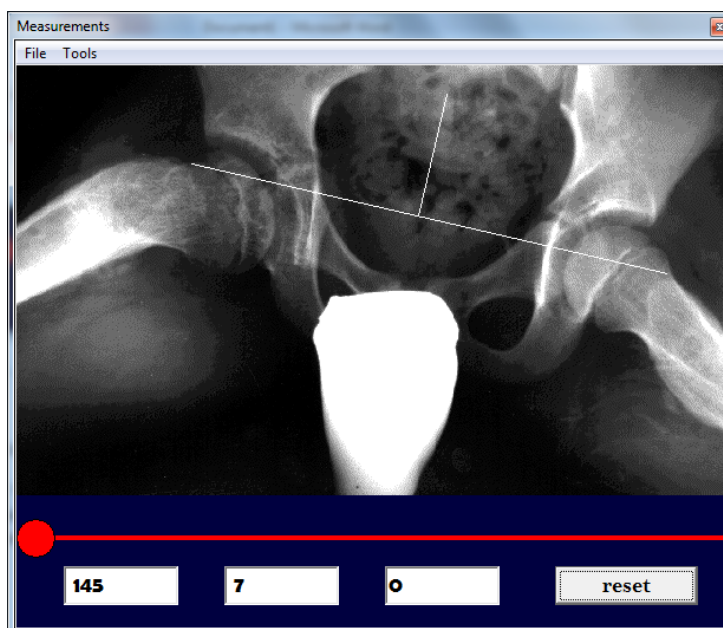


Σχ.7.31 Φόρμα αποτελεσμάτων του εργαλείων Surface Ratio

Στην πρώτη σειρά εμφανίζεται η πρώτη επιφάνεια, στη δεύτερη σειρά η δεύτερη επιφάνεια και στην τρίτη σειρά ο λόγος τους  $a/b$ . Με τη χρήση του κουμπιού OK η φόρμα κλείνει και τα δεδομένα μεταφέρονται στη φόρμα δεδομένων.

### 7.9.12 Εργαλείο Vertical

Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για να σχηματίσουμε την κάθετη μιας ευθείας. Αφού έχουμε σχηματίσει την ευθεία μας, πηγαίνουμε στο σημείο όπου θέλουμε και απλά πατάμε αριστερό κλικ κι εμφανίζεται η κάθετη ως εξής:

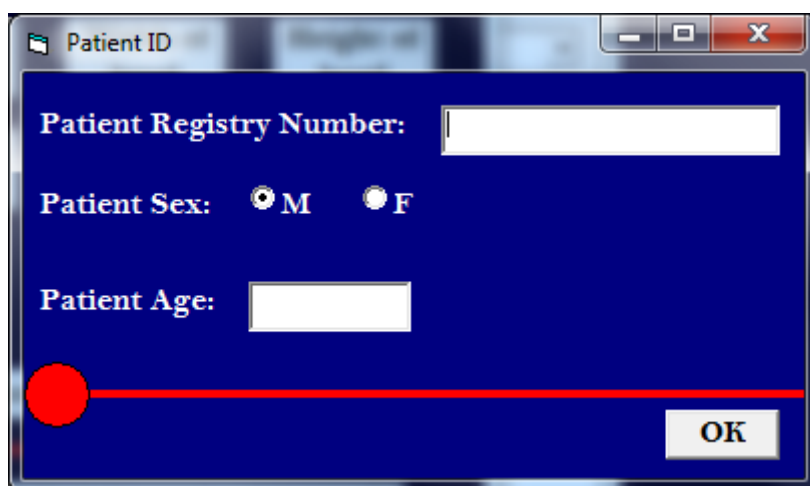


Σχ.7.32 Φόρμα εμφάνισης χάραξης κάθετης ευθείας

Με πάτημα του OK σε κάθε τελική φόρμα, τα δεδομένα των μετρήσεων αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων.

### 7.10 Καταχώρηση των στοιχείων του ασθενούς

Αυτό γίνεται από τις φόρμες LCPD, SCFE και Blount, όπου με το πάτημα του κουμπιού done, εμφανίζεται η ακόλουθη φόρμα:

A screenshot of a software window titled "Patient ID". The window has a dark blue background and a white border. It contains three input fields: "Patient Registry Number:" with a white text box, "Patient Sex:" with two radio buttons labeled "M" and "F", and "Patient Age:" with a white text box. A red circle is positioned on the left side of the window, and a red horizontal line runs across the bottom. An "OK" button is located in the bottom right corner.

Σχ.7.33 Φόρμα καταχώρησης στοιχείων του ασθενούς

Στο πρώτο Text Box, πληκτρολογούμε τον αριθμό μητρώου του ασθενούς. Έπειτα επιλέγουμε το φύλο του και στο δεύτερο Text Box, πληκτρολογούμε την ηλικία του. Με πάτημα του OK τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται στη βάση δεδομένων database.xls

### 7.11 Βάση δεδομένων database.xls

Η βάση δεδομένων πρέπει να παραμένει κλειστή, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Αφού έχουμε κάνει τις μετρήσεις μας, μπορούμε να ανοίξουμε αυτό το αρχείο Excel, όπου το πρώτο φύλλο μετρήσεων αφορά την SCFE, το δεύτερο την LCPD και το τρίτο την Blount.

Οι μετρήσεις εμφανίζονται ως εξής κατά περίπτωση:

Ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού και χρήση τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων για την ανάλυση απεικονιστικών ευρημάτων ορθοπεδικού ενδιαφέροντος

- Για την SCFE

	A	B	C	D	E	F	G
1	Patient No.	Sex	Age	ATD	B	F	slip ratio
2	1452779	F	9	111,5168	98,8888	116,8615	0,9184
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							

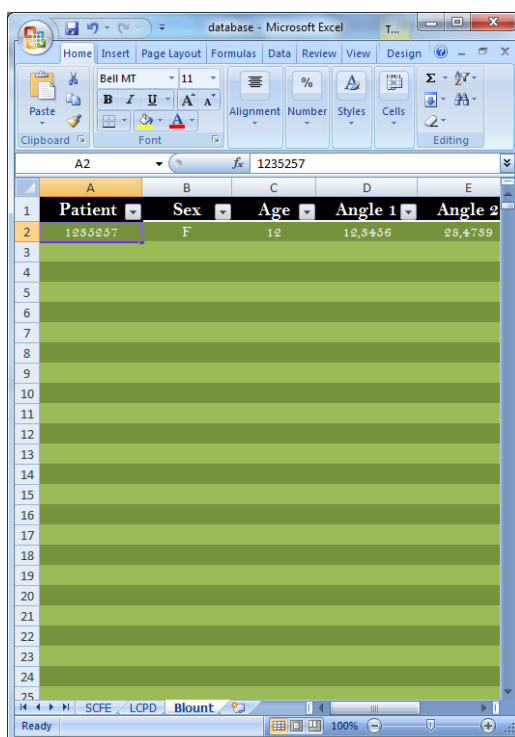
Σχ.7.34 Βάση δεδομένων για την SCFE

- Για την LCPD

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Patient No.	Sex	Age	H-Line Length	H-Line Angle	S	WBSP	WBSI	EI	HD
2	1573920900	F	28	207,6849	81,0120	856,0000	158,8824	89,6215		194,7434
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										

Σχ.7.35 Βάση δεδομένων για την LCPD

- Για την Blount

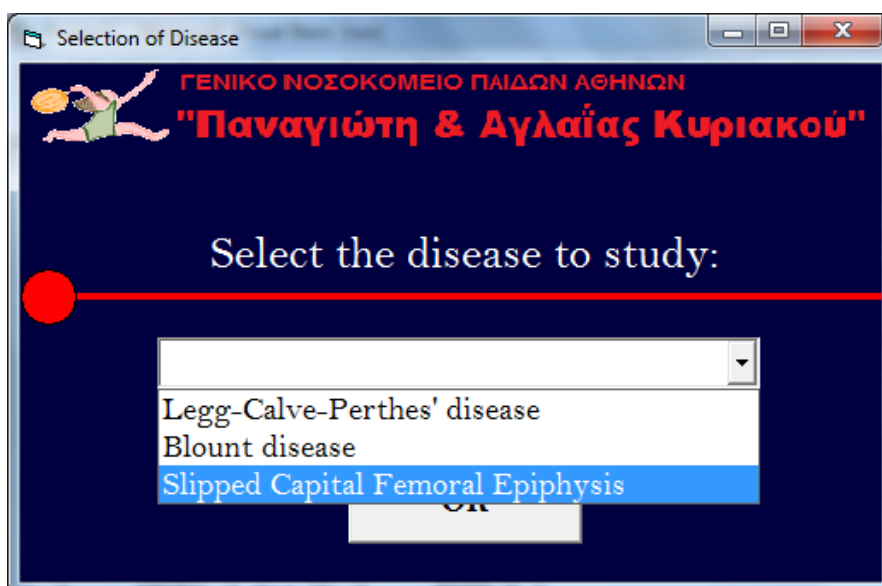


	A	B	C	D	E
1	Patient	Sex	Age	Angle 1	Angle 2
2	1255957	F	12	12,8456	25,4759
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Σχ.7.36 Βάση δεδομένων για την Blount

## 7.12 Παράδειγμα χρήσης του λογισμικού για την SCFE

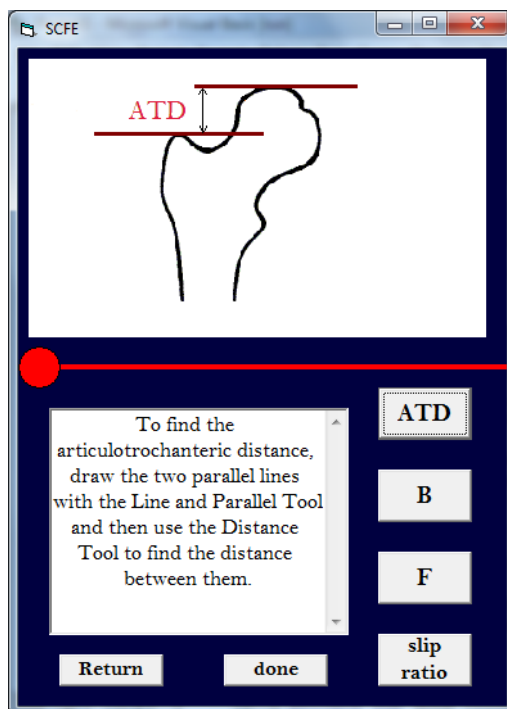
Ανοίγουμε το πρόγραμμα κι εμφανίζεται η αρχική φόρμα επιλογής της ασθένειας. Επιλέγουμε την Slipped Capital Femoral Epiphysis και πατάμε OK.



Σχ. 7.37 Φόρμα επιλογής της SCFE προς μελέτη

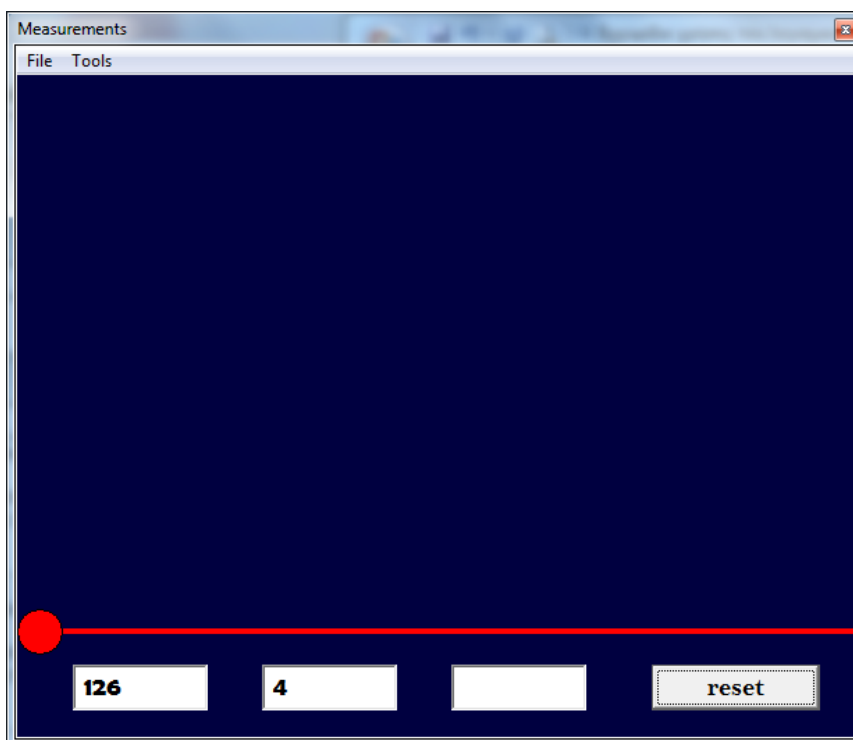
Εμφανίζεται η φόρμα της SCFE.

Αρχικά πατάμε το κουμπί ATD:



Σχ.7.38 Μέτρηση του δείκτη ATD

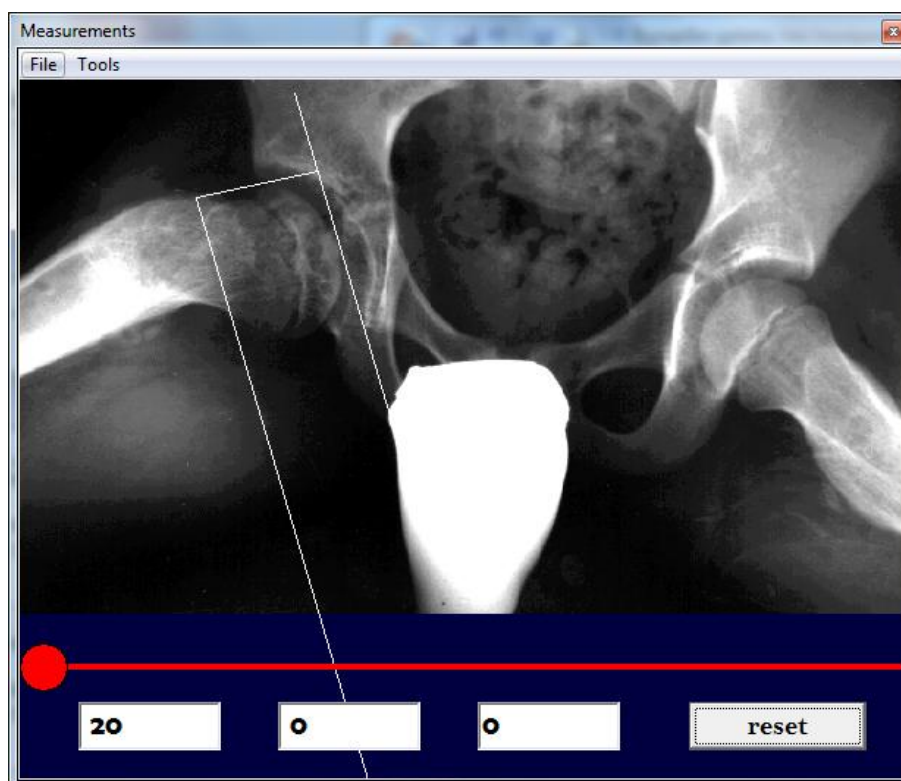
Παράλληλα εμφανίζεται η φόρμα των μετρήσεων:



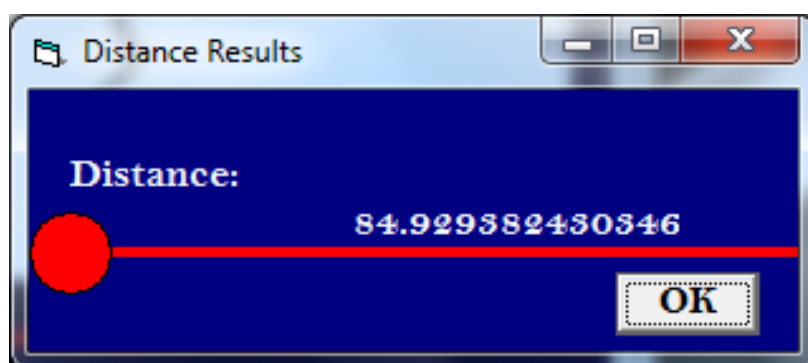
Σχ.7.39 Φόρμα μετρήσεων

Ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού και χρήση τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων για την ανάλυση απεικονιστικών ευρημάτων ορθοπεδικού ενδιαφέροντος

Ανοίγουμε ένα αρχείο, όπως περιγράφηκε παραπάνω κι αρχίζουμε να εκτελούμε τις μετρήσεις μας για το ATD, όπως περιγράφονται στο Text Box.



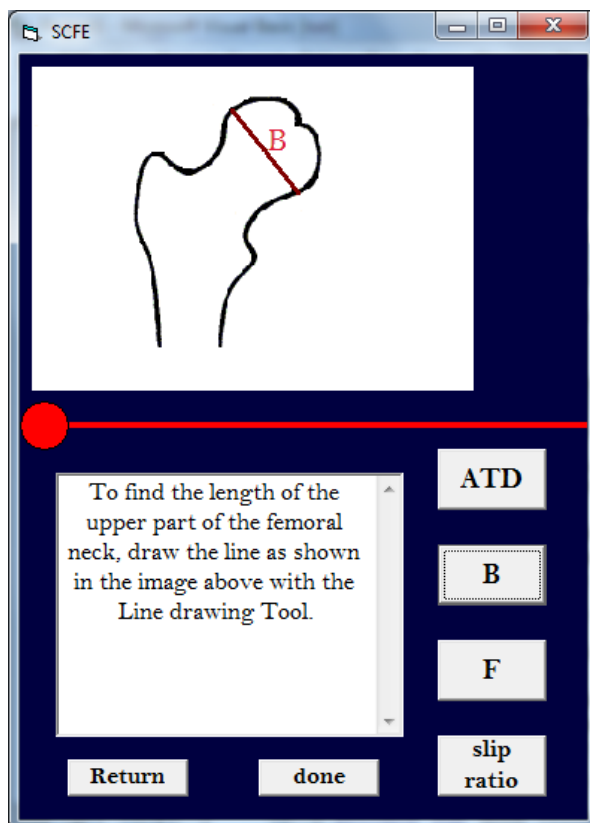
Σχ.7.40 Εκτέλεση μετρήσεων για το δείκτη ATD



Σχ.7.41 Αποτελέσματα για το δείκτη ATD

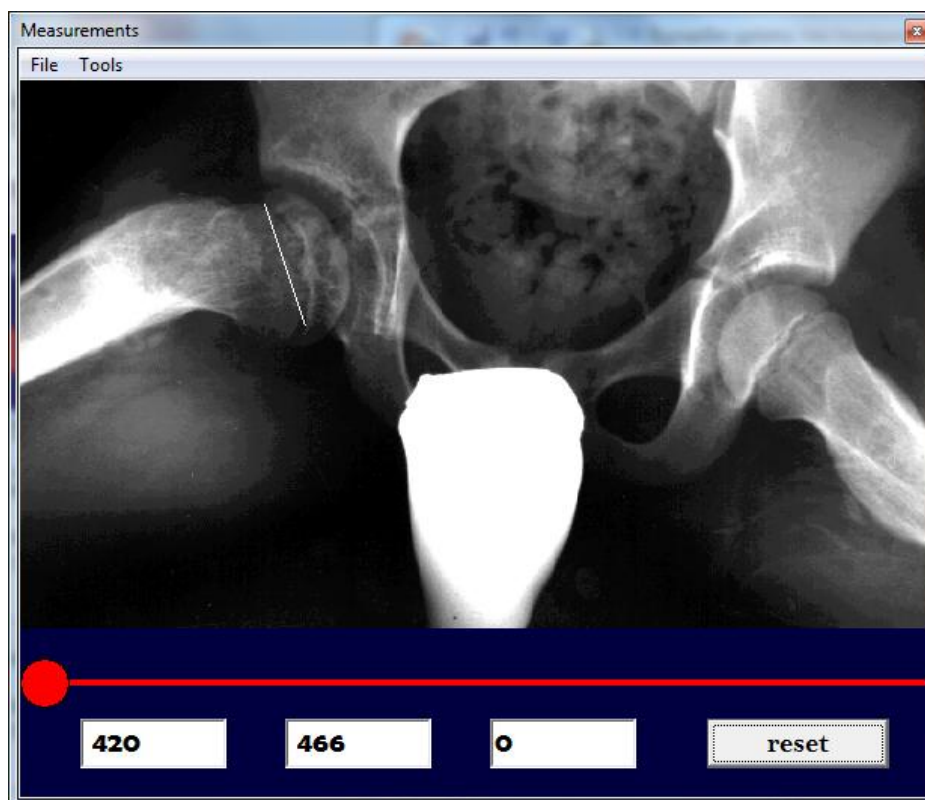
Πατάμε το OK και η μέτρηση εμφανίζεται στο database.

Συνεχίζουμε τις μετρήσεις μας για το B. Πατάμε το αντίστοιχο κουμπί στη φόρμα SCFE :

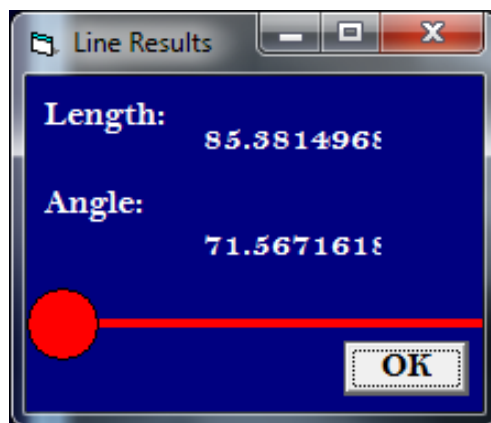


Σχ.7.42 Μέτρηση του δείκτη B

Ακολουθούμε τις οδηγίες στο Text Box και εκτελούμε τις μετρήσεις μας.



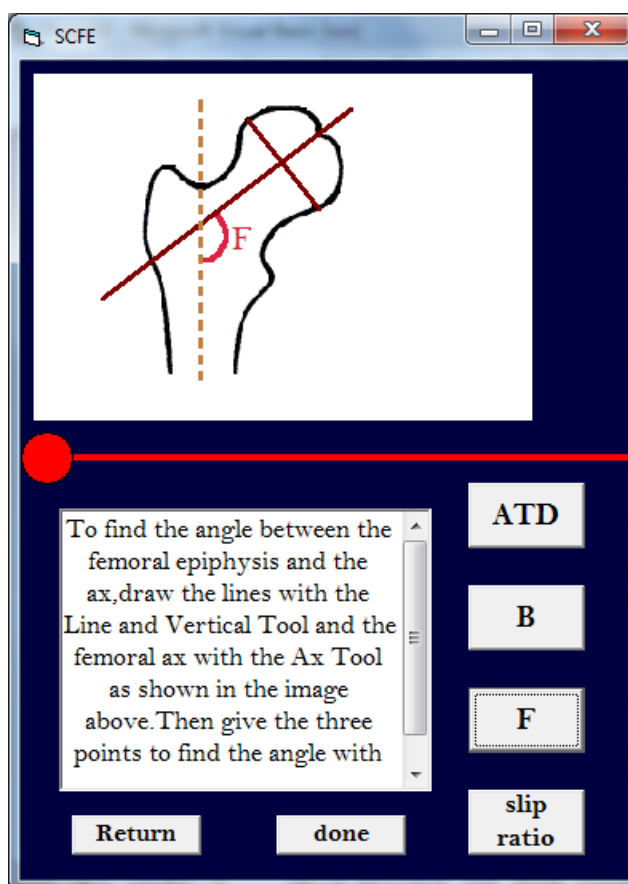
Σχ.7.43 Εκτέλεση μετρήσεων για το δείκτη B



Σχ.7.44 Αποτελέσματα για το δείκτη B

Πατάμε το OK και η μέτρηση εμφανίζεται στο database.

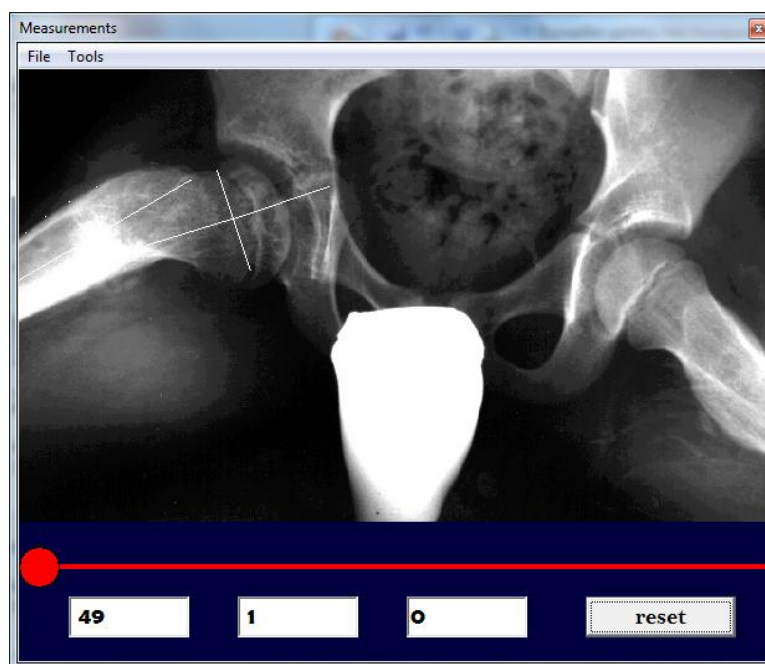
Συνεχίζουμε τις μετρήσεις μας για το F. Πατάμε το αντίστοιχο κουμπί στη φόρμα SCFE :



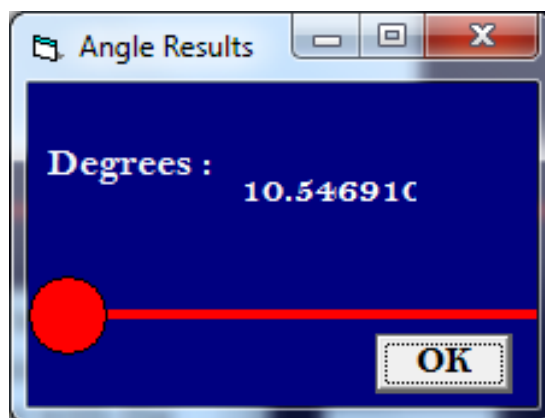
Σχ.7.45 Μέτρηση του δείκτη F



Ακολουθούμε τις οδηγίες στο Text Box και εκτελούμε τις μετρήσεις μας.



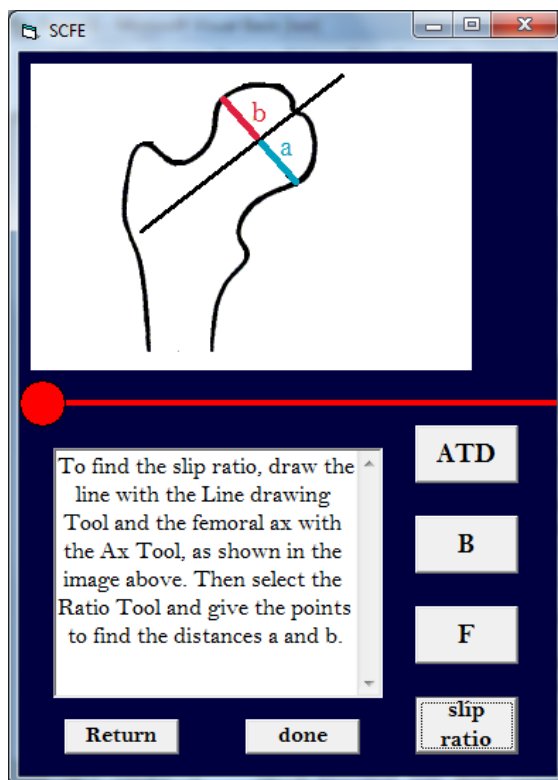
Σχ.7.46 Εκτέλεση μετρήσεων για το δείκτη F



Σχ.7.47 Αποτελέσματα για το δείκτη F

Πατάμε το OK και η μέτρηση εμφανίζεται στο database.

Συνεχίζουμε τις μετρήσεις μας για το slip ratio. Πατάμε το αντίστοιχο κουμπί στη φόρμα SCFE :

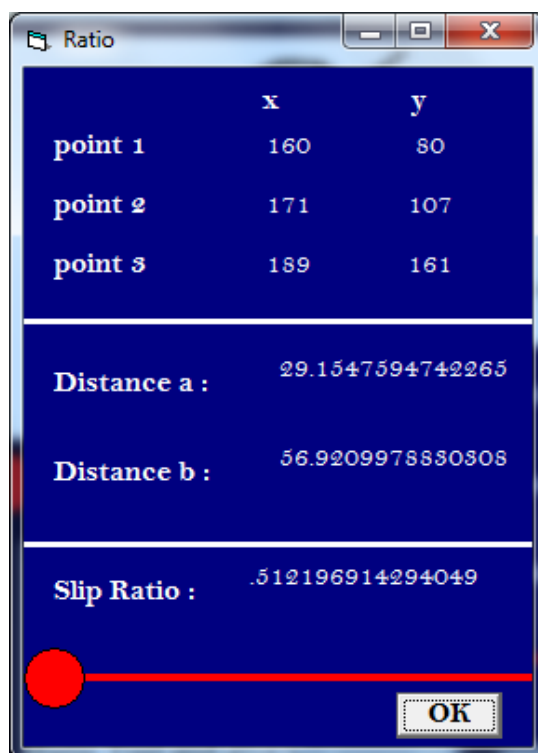


Σχ.7.48 Μέτρηση του slip ratio

Ακολουθούμε τις οδηγίες στο Text Box και εκτελούμε τις μετρήσεις μας.



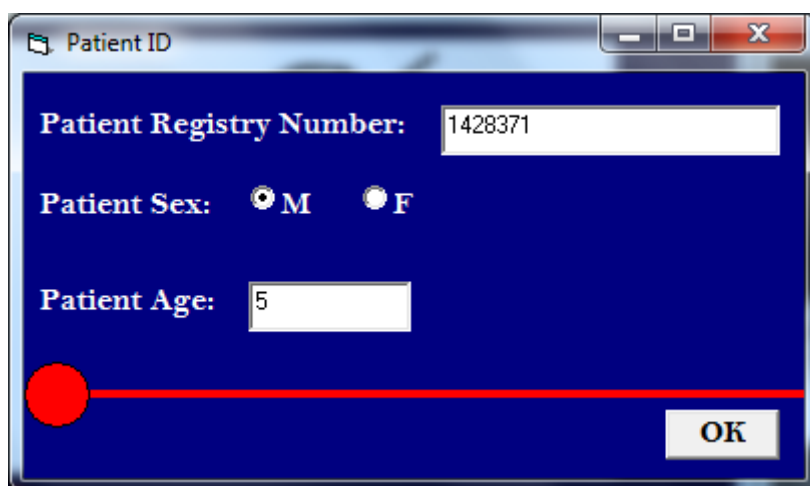
Σχ.7.49 Εκτέλεση μετρήσεων για το slip ratio



Σχ.7.50 Αποτελέσματα μέτρησης του slip ratio

Πατάμε το OK και η μέτρηση εμφανίζεται στο database.

Πατάμε το done στην φόρμα SCFE κι εμφανίζεται η φόρμα Patient ID, όπου πληκτρολογούμε τα στοιχεία του ασθενούς:

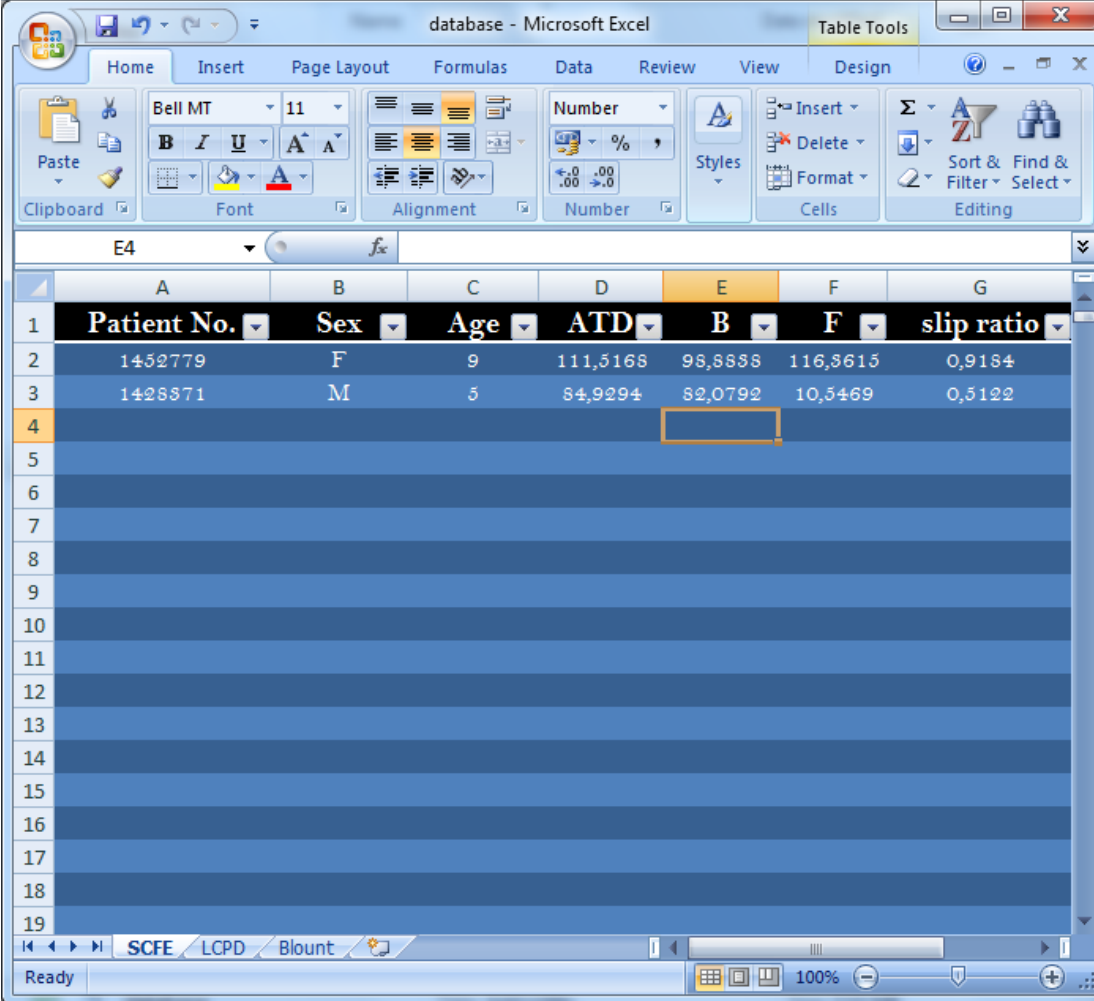


Σχ.7.51 Καταχώρηση στοιχείων του ασθενούς

Πατάμε OK και τα στοιχεία μεταφέρονται στο database.

Ανοίγουμε το database μας και βλέπουμε στο Φύλλο SCFE τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας:

Ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού και χρήση τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων για την ανάλυση απεικονιστικών ευρημάτων ορθοπεδικού ενδιαφέροντος



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "database - Microsoft Excel". The ribbon includes "Table Tools" and "Design". The spreadsheet contains a table with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Patient No.	Sex	Age	ATD	B	F	slip ratio
2	1452779	F	9	111,5168	98,8888	116,3615	0,9184
3	1428871	M	5	84,9294	82,0792	10,5469	0,5122
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							

Σχ.7.53 Καταχώρηση των μετρήσεων στην αντίστοιχη database

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ & ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 8.1 Εισαγωγή

Οι ακτινογραφίες που δόθηκαν από το νοσοκομείο Αγλαΐα Κυριακού αρχικά ψηφιοποιήθηκαν και στη συνέχεια επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 7.12 του προηγούμενου κεφαλαίου για την περίπτωση της επιφυσιολίσθησης. Με παρόμοιο τρόπο έγιναν οι μετρήσεις και για την περίπτωση της Legg-Calve-Perthes και της Blount.

#### 8.2 Επεξεργασία Μετρήσεων και Πειραματικά Αποτελέσματα για την επιφυσιολίσθηση

##### 8.2.1 Αποτελέσματα μετρήσεων για την επιφυσιολίσθηση

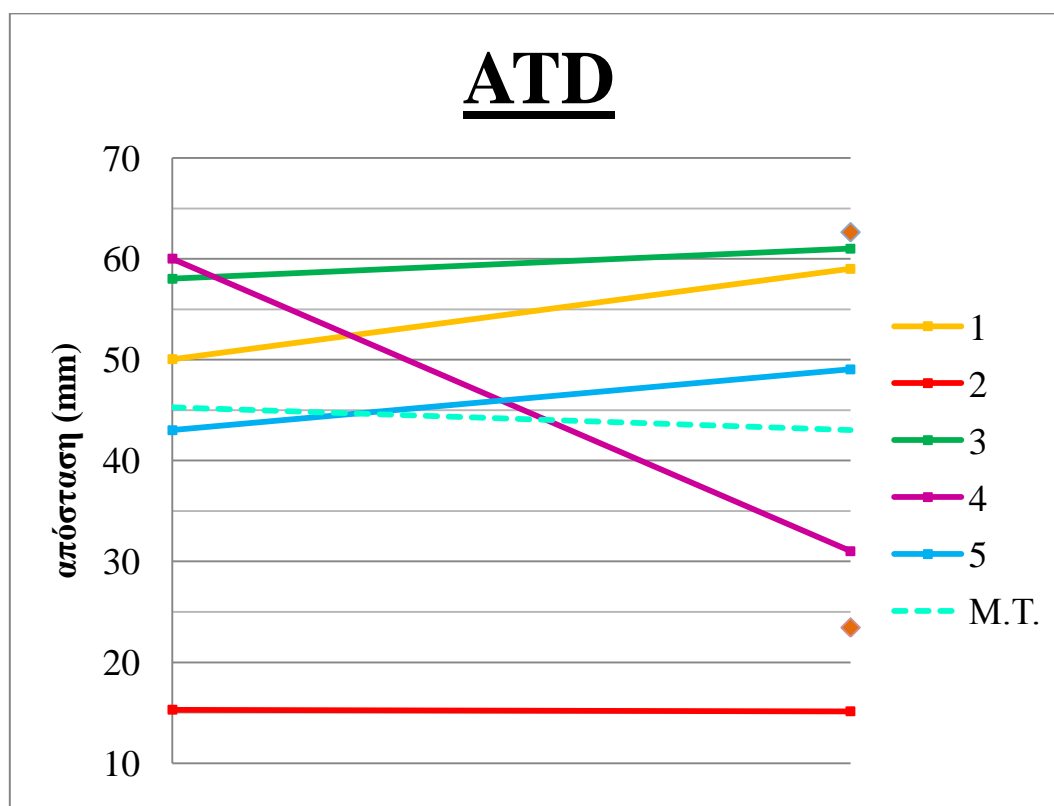
Τα ευρήματα των ακτινογραφιών, με τη μορφή ποσοτικοποιημένων παραμέτρων, καταχωρήθηκαν αυτόματα στη βάση δεδομένων και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αντιστοιχών δεικτών. Συνολικά εξετάστηκαν πέντε (5) ασθενείς, εκ των οποίων τρία (3) κορίτσια 8, 10 και 11 ετών και δύο (2) αγόρια 9 και 12 ετών, μία φορά προεγχειρητικά και μία φορά μετεγχειρητικά. Στο Σχ. 8.1 φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Στοιχεία Ασθενούς			Μελετώμενοι Δείκτες			
Ασθενής	Φύλο	Ηλικία	ATD	B	F	slip ratio
1A	F	8	50,0400	83,2346	141,7347	1,4787
1B	F	8	59,0085	100,2564	147,7515	1,2615
2A	F	11	15,2971	68,6804	142,3513	1,6327
2B	F	11	15,1327	71,4213	123,7514	1,3125
3A	F	10	58,0345	90,9175	147,4462	1,4370
3B	F	10	61,0082	104,2353	152,3990	1,2903
4A	M	12	60,0083	86,3308	139,1050	1,1795
4B	M	12	31,0161	83,4086	132,2938	1,3063
5A	M	9	43,0116	88,4590	140,7050	1,3058
5B	M	9	49,0408	96,4261	129,9402	1,4424

Σχ. 8.1 Αποτελέσματα μετρήσεων από την εκτέλεση του λογισμικού για ασθενείς που πάσχουν από επιφυσιολίσθηση

## 8.2.2 Στατιστική μελέτη των δεικτών της επιφυσιολίσθησης

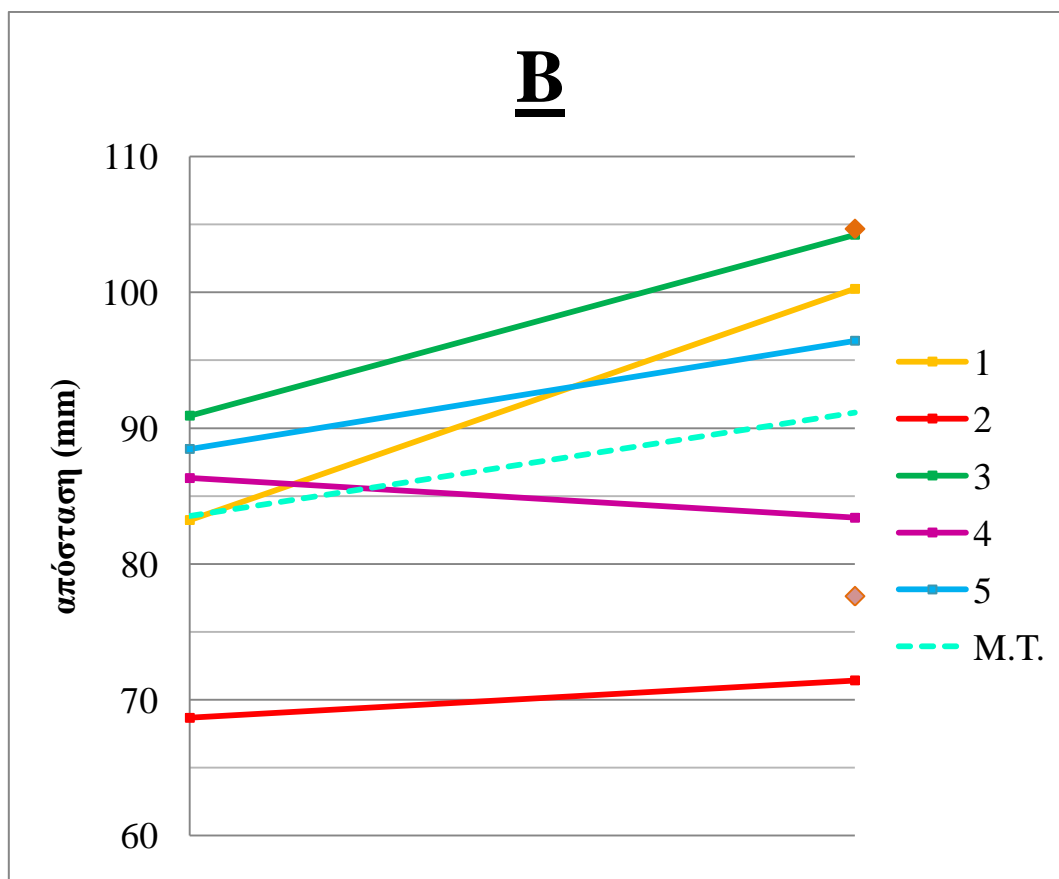
### 8.2.2.1 Για τον δείκτη ATD (διαφορά ύψους μηριαίας κεφαλής και μείζονα τροχαντήρα)



Σχ. 8.2 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του δείκτη ATD και της μέσης τιμής τους.

Τα συμπεράσματα που μπορούμε να βγάλουμε από το άνωθεν διάγραμμα, είναι ότι για μεγαλύτερους ασθενείς (2: 11 ετών και 4:12 ετών) η τιμή του δείκτη μετεγχειρητικά βρίσκεται πολύ χαμηλά. Αντιθέτως, σε μικρότερους ασθενείς η τιμή του κυμαίνεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα. Αυτή η τάση είναι κατά πρώτο λόγο μια ένδειξη για τις παραμορφώσεις που υφίσταται η κεφαλή κατά την εξέλιξη της νόσου. Κατά την αποκατάσταση η αύξηση των παραμορφώσεων σε μεγαλύτερες ηλικίες είναι ακόμα πιο έντονη, διακιολογώντας τα αποτελέσματα στο διάγραμμα.

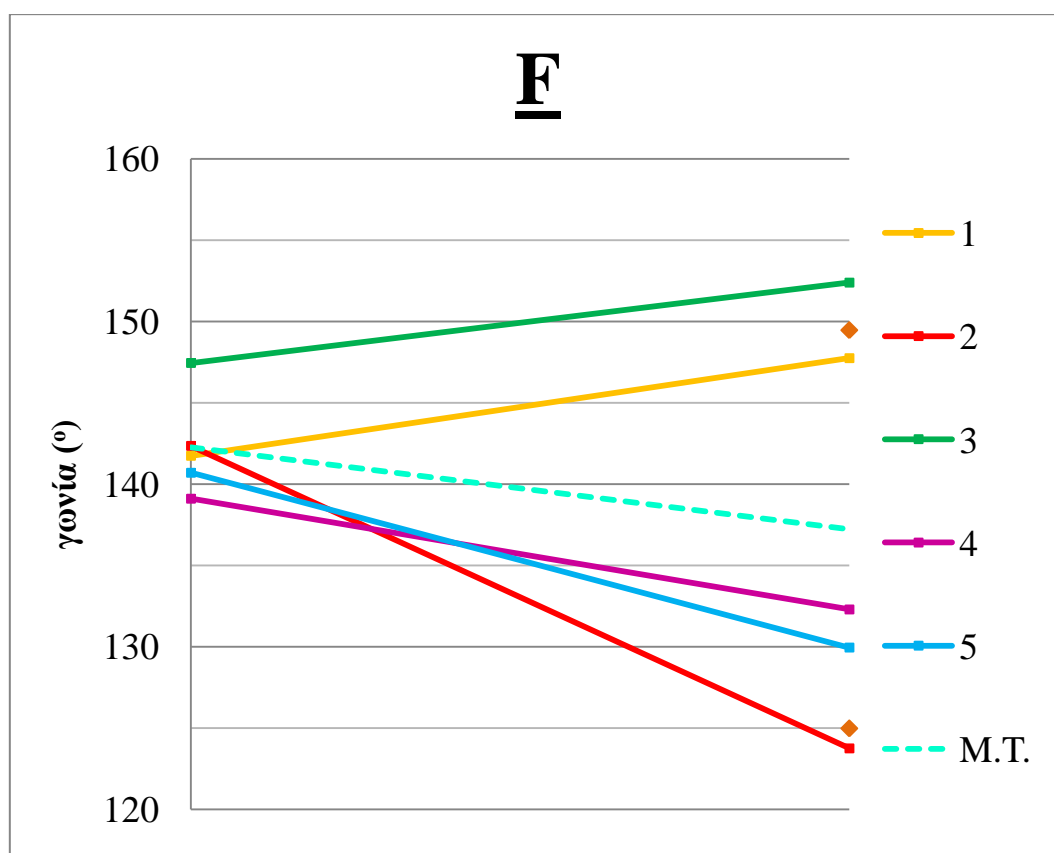
### 8.2.2.2 Για τον δείκτη B (μήκος του άνω χείλους μηριαίου αυχένα)



Σχ. 8.3 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του δείκτη B και της μέσης τιμής τους.

Τα συμπεράσματα που μπορούμε να βγάλουμε από το άνωθεν διάγραμμα, είναι ότι για μεγαλύτερους ασθενείς (2: 11 ετών και 4:12 ετών) η τιμή του δείκτη μετεγχειρητικά βρίσκεται πολύ χαμηλά. Αντιθέτως, σε μικρότερους ασθενείς η τιμή του κυμαίνεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα. Αυτή η τάση είναι κατά πρώτο λόγο μια ένδειξη για τις παραμορφώσεις που υφίσταται η κεφαλή κατά την εξέλιξη της νόσου. Κατά την αποκατάσταση η αύξηση των παραμορφώσεων σε μεγαλύτερες ηλικίες είναι ακόμα πιο έντονη, διακιολογώντας τα αποτελέσματα στο διάγραμμα.

### 8.2.2.3 Για τον δείκτη F (γωνία μεταξύ μηριαίας επίφυσης και επιμήκους άξονα μηριαίας διάφυσης)

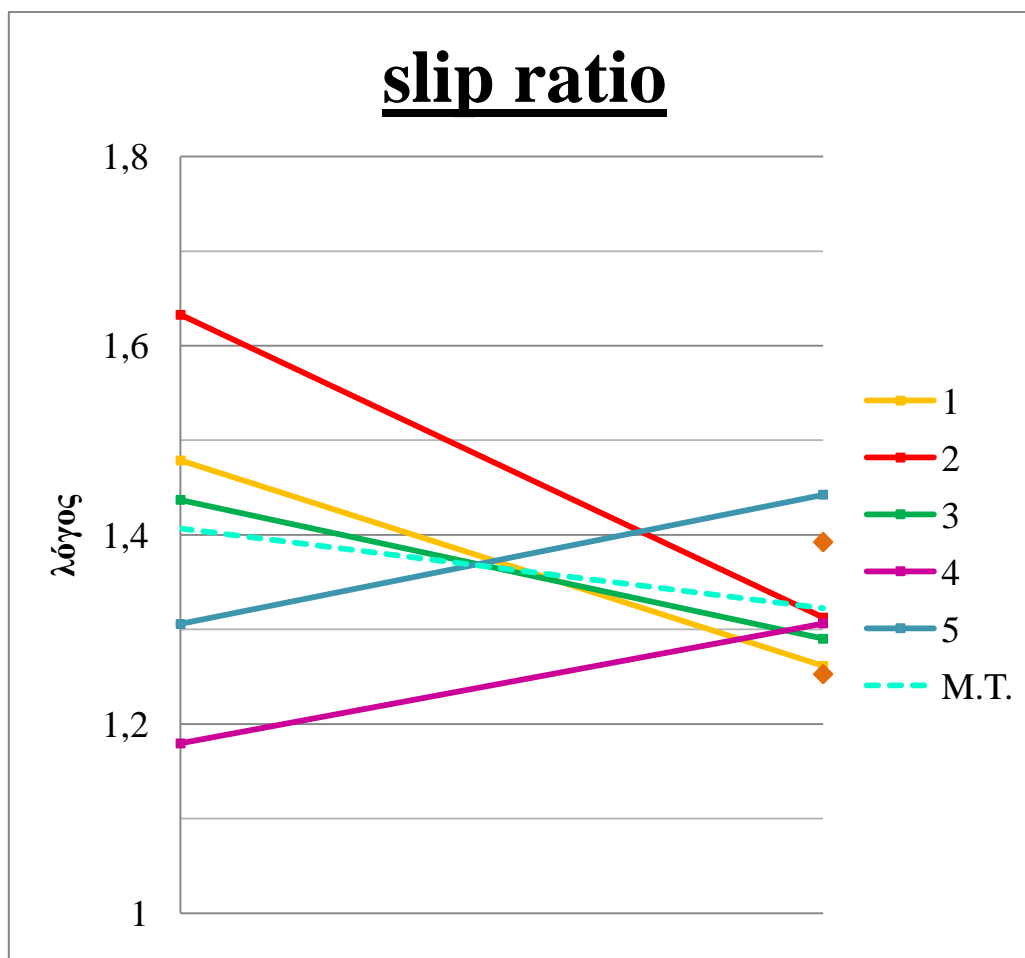


Σχ. 8.4 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του δείκτη F και της μέσης τιμής τους.

Ο δείκτης αυτός έχει επανηλειμμένα χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της εξέλιξης της νόσου. Παρόλα αυτά στο συνολικό δείγμα που εξετάστηκε δεν κατέστη δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συσχέτισή της με την πορεία της νόσου. Θεωρείται πάντως ότι υπάρχει μια τάση η γωνία αυτή να έχει μικρότερη τιμή στην πάσχουσα άρθρωση από ό,τι στην υγιή. Εξετάζοντας τέλος τον παραπάνω πίνακα των μετρήσεων πιστοποιείται μια τάση η γωνία αυτή να έχει μια τιμή γύρω στις 135-140 μοίρες για το υγιές οστό και μικρότερη για το ασθενές.



#### 8.2.2.4 Για τον δείκτη slip ratio (λόγος ολίσθησης μηριαίας κεφαλής)



Σχ. 8.5 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του slip ratio και της μέσης τιμής τους.

Ο δείκτης του λόγου ολίσθησης μηριαίας κεφαλής, από ό,τι μπορούμε να συμπεράνουμε από το παραπάνω διάγραμμα, τείνει να πάρει μετεγχειρητικά τιμές πολύ κοντά στο 1,3.

### 8.3 Επεξεργασία Μετρήσεων και Πειραματικά Αποτελέσματα για την Legg-Calve-Perthes

#### 8.3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων για την Legg-Calve-Perthes

Τα ευρήματα των ακτινογραφιών, με τη μορφή ποσοτικοποιημένων παραμέτρων, καταχωρήθηκαν αυτόματα στη βάση δεδομένων και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αντιστοίχων δεικτών. Συνολικά εξετάστηκαν τέσσερις (4) ασθενείς, εκ των οποίων τρία (3) αγόρια 6,9 και 10 ετών και ένα (1) κορίτσι 5 ετών, μία φορά προεγχειρητικά και μία φορά μετεγχειρητικά. Στο Σχ.8.6 φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

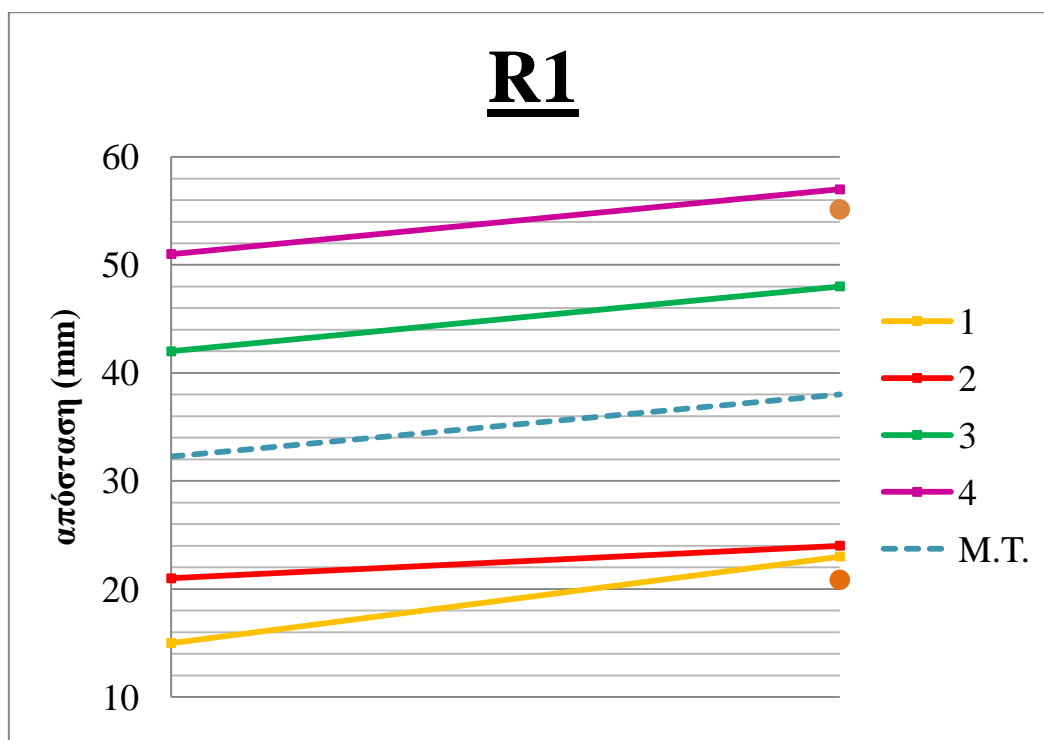
Στοιχεία Ασθενούς			Μελετώμενοι Δείκτες					
Ασθενής	Φύλο	Ηλικία	R1	R2	R	EI	HD	S
1A	M	6	15	24	0,2888	0,6310	19,6469	230,6511
1B	M	6	23	33	0,4347	0,6987	3,4870	309,7650
2A	F	5	21	28	0,2183	0,5902	21,5933	207,9026
2B	F	5	24	31	0,3673	0,7602	7,3422	311,0004
3A	M	9	42	55	0,2133	0,2881	2,5331	319,5774
3B	M	9	48	57	0,3116	0,6774	0,2876	482,8589
4A	M	10	51	57	0,2849	0,4265	5,6721	364,4571
4B	M	10	57	62	0,4075	0,5899	0,9811	591,7788

Στοιχεία Ασθενούς	Μελετώμενοι Δείκτες					
	SJS	Ax Angle	NSA	WBSP	WBSI	WBS-C1C2
1A	9,0278	55,1673	63,9185	29,6488	22,1670	68,4832
1B	6,7891	63,5322	107,9560	34,3886	19,7561	102,5449
2A	12,0119	62,2648	85,9018	24,2159	17,0234	78,3220
2B	8,6633	63,4671	132,2639	28,7201	16,5048	100,9658
3A	7,1231	47,3242	151,0201	24,9981	18,4125	88,4419
3B	6,8444	59,9476	127,7983	27,8173	12,7094	101,0055
4A	9,7682	50,0102	138,2838	22,4113	20,0012	38,5276
4B	7,3019	54,2009	129,7149	33,0078	16,9789	99,4448

Σχ.8.6 Αποτελέσματα μετρήσεων από την εκτέλεση του λογισμικού για ασθενείς που πάσχουν από Perthes'

### 8.3.2 Στατιστική μελέτη των δεικτών της Legg-Calve-Perthes'

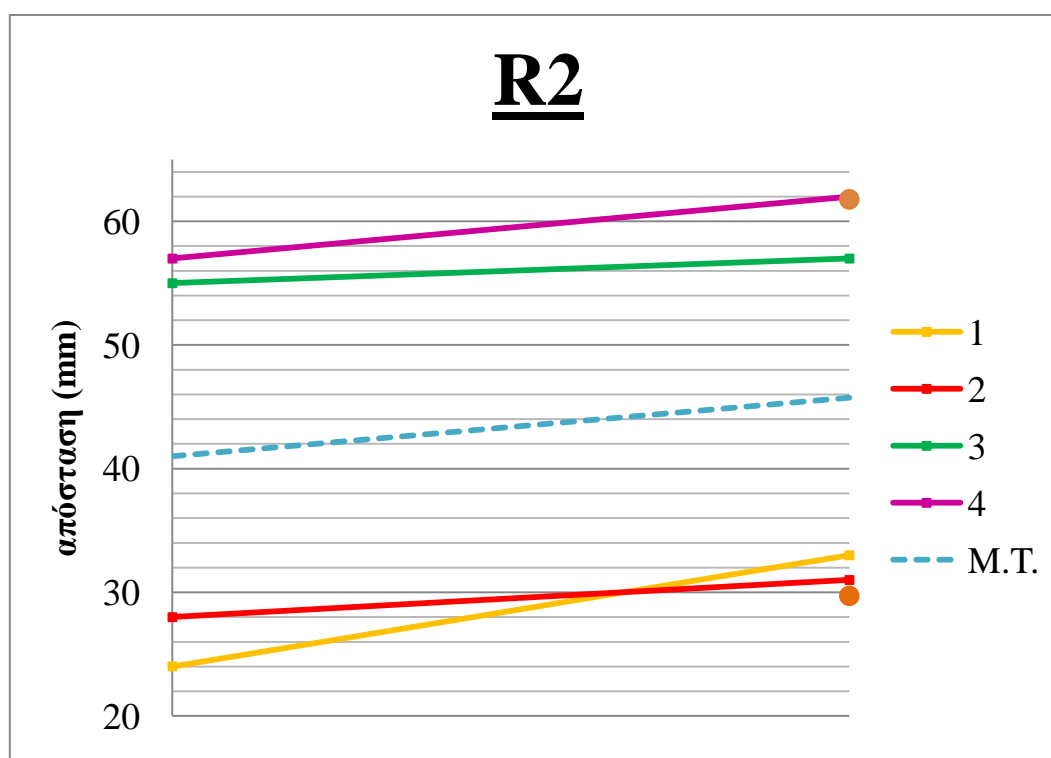
#### 8.3.2.1 Για τον δείκτη R1 (ακτίνα της μηριαίας κεφαλής)



Σχ. 8.7 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του R1 και της μέσης τιμής τους.

Η ακτίνα της μηριαίας κεφαλής παρουσιάζει μια συνεχώς αυξητική τάση κατά την εξέλιξη της νόσου. Αυτή η τάση είναι κατά πρώτο λόγο μια ένδειξη για τις παραμορφώσεις που υφίσταται η κεφαλή κατά την εξέλιξη της νόσου. Ακόμα και κατά το στάδιο της φθοράς της κεφαλής, η μορφή που παίρνει είναι συνήθως τέτοια που οδηγεί την αύξηση της ακτίνας του κύκλου που προσεγγίζει καλύτερα στο περίγραμμά της. Κατά την αποκατάσταση η αύξηση αυτή είναι ακόμα πιο έντονη. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.

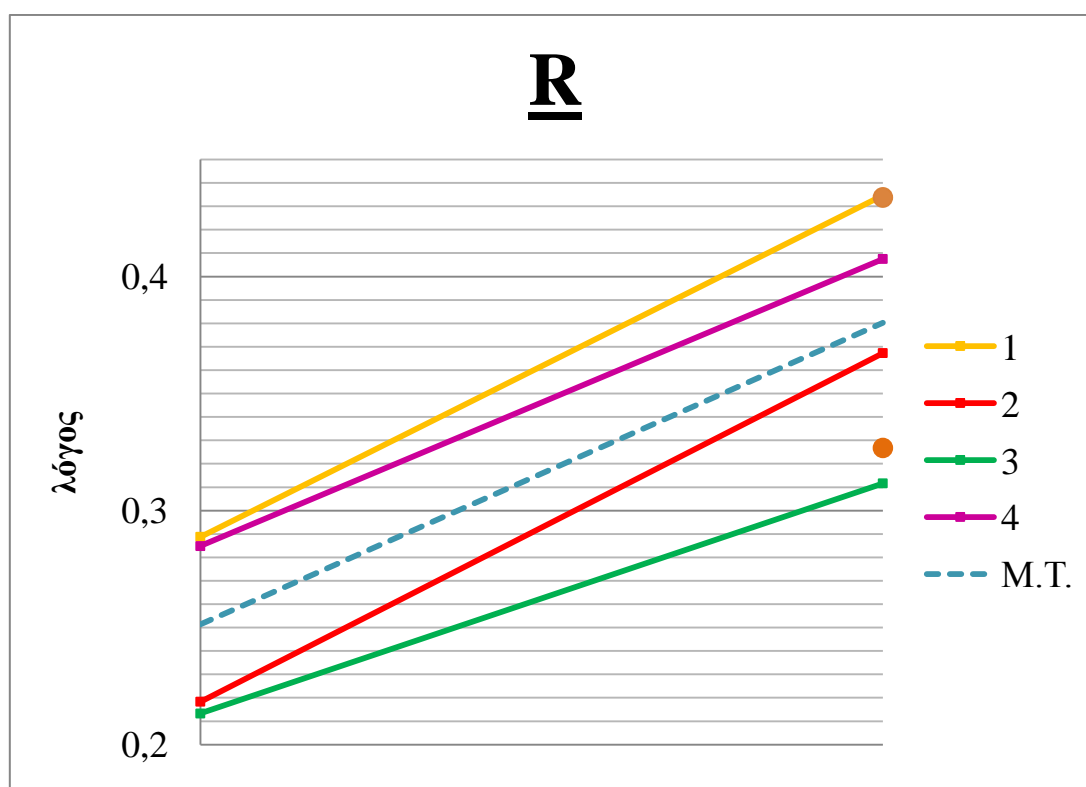
### 8.3.2.2 Για τον δείκτη R2 (ακτίνα της κοτύλης)



Σχ. 8.8 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του R2 και της μέσης τιμής τους.

Η ακτίνα της κοτύλης παρουσιάζει μια συνεχώς αυξητική τάση κατά την εξέλιξη της νόσου. Αυτή η τάση είναι κατά πρώτο λόγο μια ένδειξη για τις παραμορφώσεις που υφίσταται η κεφαλή κατά την εξέλιξη της νόσου. Ακόμα και κατά το στάδιο της φθοράς της κεφαλής, η μορφή που παίρνει είναι συνήθως τέτοια που οδηγεί την αύξηση της ακτίνας του κύκλου που προσεγγίζει καλύτερα στο περίγραμμά της. Κατά την αποκατάσταση η αύξηση αυτή είναι ακόμα πιο έντονη. Η ακτίνα της κοτύλης ακολουθεί την αύξηση της ακτίνας της κεφαλής χάνοντας όμως τη συμμετρία και την καλή επαφή με αυτή. Το γεγονός αυτό συσχετίζεται και με την οριζόντια μετατόπιση των κέντρων που μπορεί να ερμηνευτεί ως δείκτης της καλής επαφής της κοτύλης με την κεφαλή.κακού που έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή στην κατανομή των φορτίσεων και τη μεγαλύτερη καταπόνηση της κεφαλής. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.

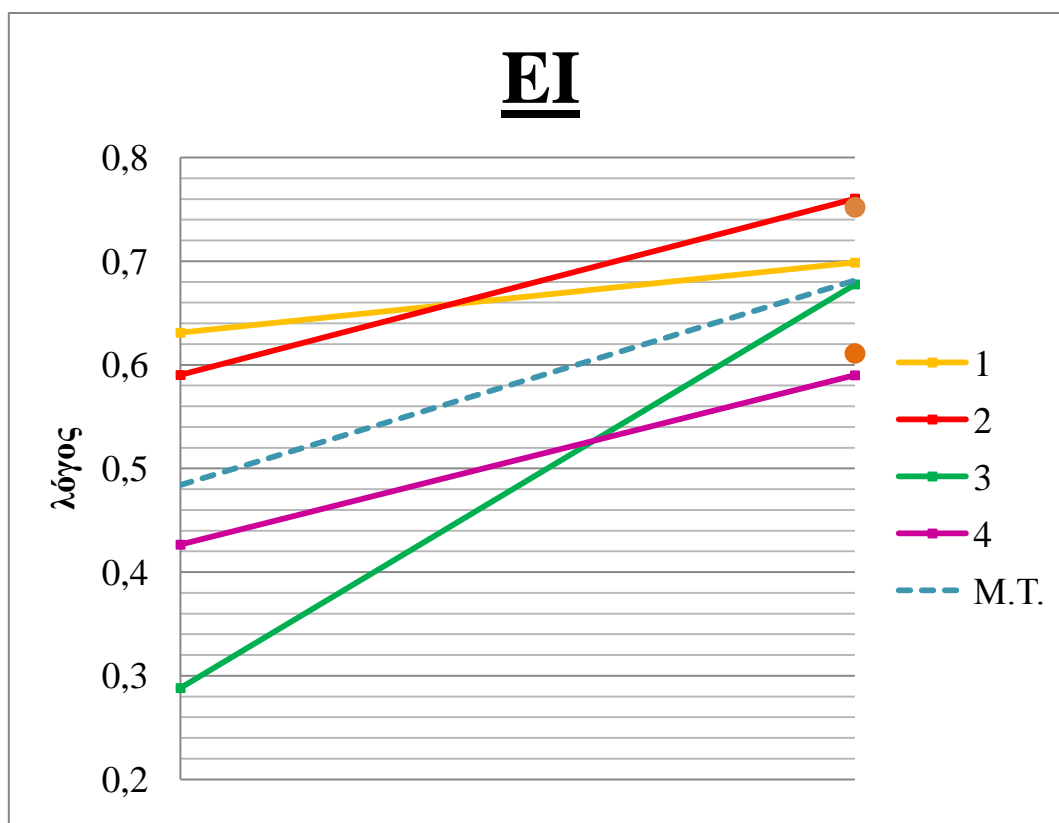
### 8.3.2.3 Για τον δείκτη R (λόγος του ύψους προς το πλάτος της μηριαίας κεφαλής)



Σχ. 8.9 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του R και της μέσης τιμής τους.

Αυτός ο δείκτης αποτελεί ένα κριτήριο για το πόσο πεπλατυσμένη έχει καταστεί η ελλειπτική μορφή της κεφαλής. Κατά τα αρχικά στάδια της εξέλιξης της ασθένειας ο δείκτης αυτός ελατώνεται καθώς η κεφαλή φθείρεται συνήθως από την πάνω επιφάνεια και σε βάθος. Με την αποκατάσταση σταθεροποιείται συνήθως σε μια τιμή μικρότερη από την τιμή του φυσιολογικού γεγονός που περιγράφει την ημισεληνική μορφή της κεφαλής. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.

### 8.3.2.4 Για τον δείκτη EI (δείκτης ελλειπτικότητας)



Σχ. 8.10 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του EI και της μέσης τιμής τους.

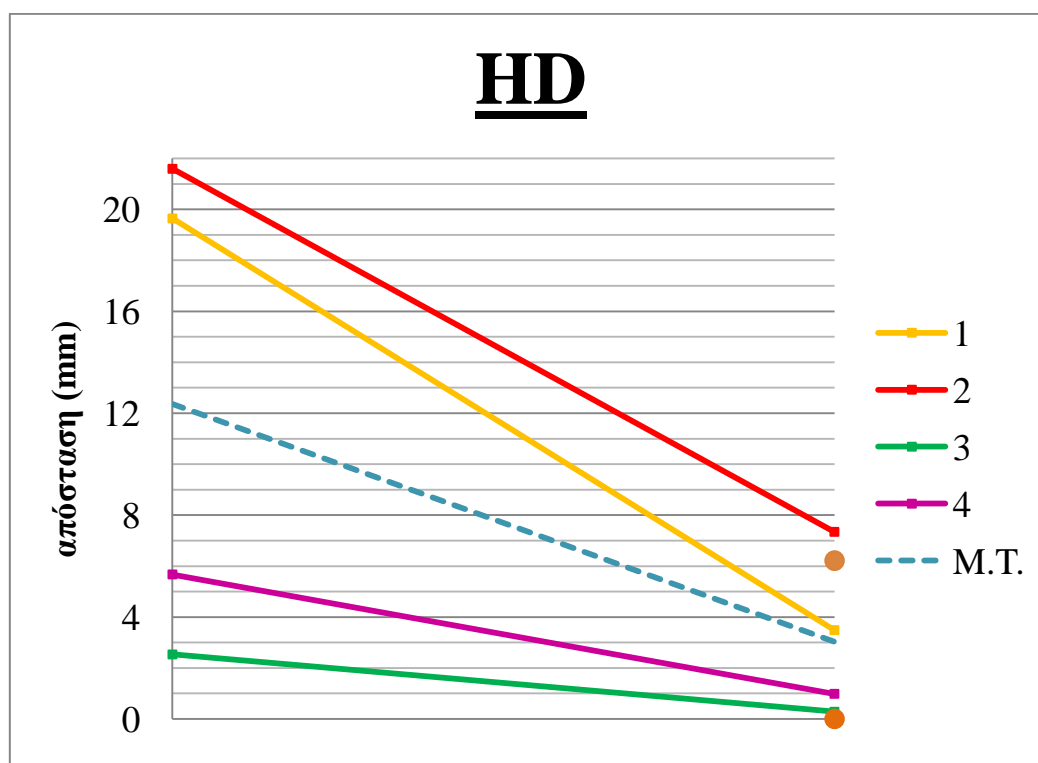
Από το δείκτη αυτό συνήγαμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Στην αρχή της νόσου ο δείκτης της πάσχουσας άρθρωσης του ισχίου είναι ελαφρά αυξημένος σε σχέση με αυτόν της υγιούς. Αυτό ίσως να οφείλεται σε μια ανεπαίσθητη αρχική ανωμαλία που υπάρχει στη βάση της κεφαλής του οστού που πρόκειται στη συνέχεια να εκδηλώσει την ασθένεια. Η βάση δεν είναι τελείως ευθεία αλλά σχηματίζει μια μικρή εγκοπή που ίσως να αποτελεί μια ένδειξη για προδιάθεση εκδήλωσης της νόσου.

Με την εκδήλωση της νόσου, ο δείκτης ανάλογα με τις αλλοιώσεις στις οποίες υπόκειται το οστό χειροτερεύει (μεγαλώνει) λιγότερο ή περισσότερο. Μπορεί βέβαια μερικές φορές η εξέλιξη να είναι τέτοια ώστε η κεφαλή να φθείρεται παραμένοντας σχετικά ελλειπτική (συνήθως γίνεται στενόμακρη). Τότε ο δείκτης έχει σημασία μόνο αν συναξιολογηθεί και με άλλους όπως το δείκτη της επιφάνειας της κεφαλής ή το λόγο ύψους / πλάτος κεφαλής. Με την αποκατάσταση της κεφαλής, όταν αυτή αρχίζει να παίρνει τη μορφή του μανιταριού (μισοφέγγαρου), ο δείκτης αρχίζει να μεγαλώνει υπερβολικά πράγμα που εκφράζει τη διαφορά της πλήρους από την κοίλη έλλειψη.

Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.

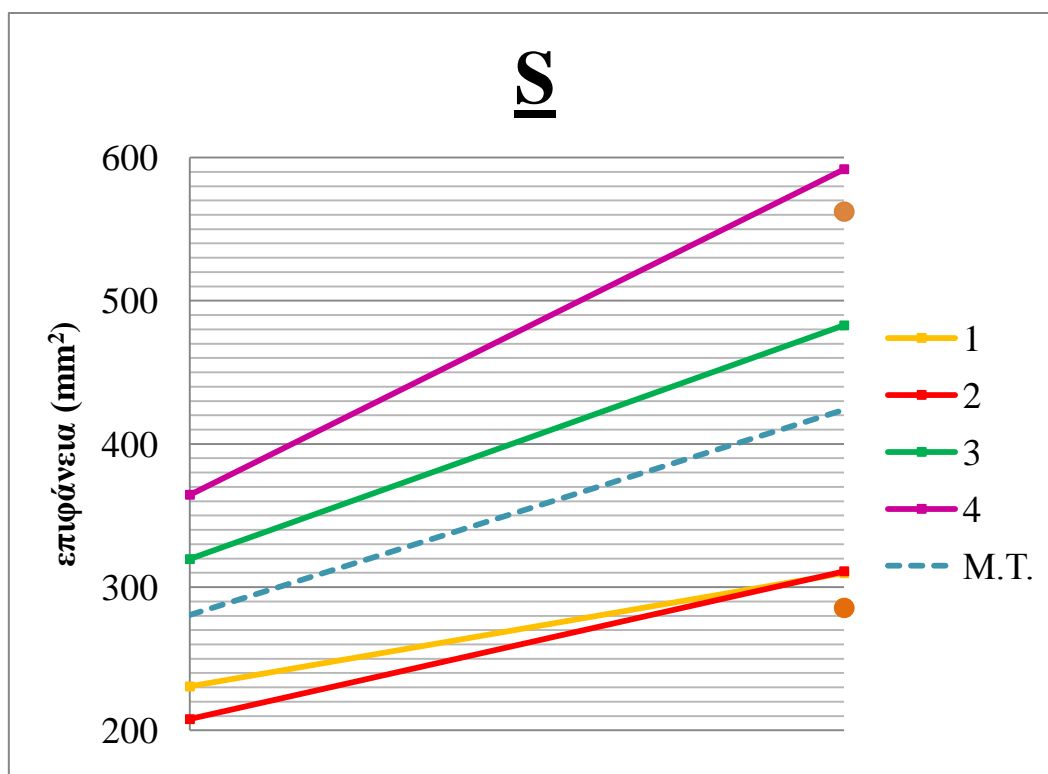
### 8.3.2.5 Για τον δείκτη HD (οριζόντια μετατόπιση)



Σχ. 8.11 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του HD και της μέσης τιμής τους.

Ίσως να αποτελεί την πιο ενδεικτική παράμετρο που παρουσιάζει την εξέλιξη της πορείας της νόσου. Τόσο στην υγιή πλευρά όσο και στην προσβεβλημένη, κατά την αρχή της εκδήλωσης της νόσου, το κέντρο της κεφαλής βρίσκεται στην ίδια ευθεία με το κέντρο της κοτύλης ή μετατοπισμένο λίγο προς το εσωτερικό. Η ευθεία που ενώνει τα δύο αυτά κέντρα διέρχεται πάντα μέσα από την επιφάνεια WBS και την τέμνει σχεδόν κάθετα. Με την εξέλιξη της νόσου παρατηρείται σταδιακά μια ολίσθηση του κέντρου της κεφαλής προς τα έξω ενώ με την έναρξη της θεραπείας παρατηρείται επαναφορά του κέντρου προς την αρχική του θέση. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται πτωτική τάση του δείκτη.

### 8.3.2.6 Για το δείκτη S (επιφάνεια της κεφαλής του μηριαίου)



Σχ. 8.12 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του S και της μέσης τιμής τους.

Κατά την έναρξη της νόσου, η επιφάνεια της κεφαλής του μηριαίου οστού αποτελεί μια ένδειξη για την μάζα της κεφαλής αφού η πυκνότητα των οστών είναι σχεδόν ίδια. Με την έναρξη της νόσου η αναλογία της επιφάνειας του ασθενούς οστού ως προς την επιφάνεια του υγιούς μειώνεται πράγμα που φανερώνει τη φθορά που παθαίνει η κεφαλή με την εξέλιξη της νόσου. Στη συνέχεια, η δημιουργία του χόνδρου για την αποκατάσταση της κεφαλής έχει ως αποτέλεσμα την πλάτυνση της κεφαλής του ασθενούς σε σχέση με την κεφαλή του υγιούς χωρίς αυτό να είναι ένδειξη για τη σχέση των μαζών τους μιας και η πυκνότητα του ασθενούς οστού είναι πολύ μειωμένη. Τέλος κατά την αποκατάσταση, το ασθενές οστό έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από το υγιές αφού καταλήγει σε μια τελική πεπλατυσμένη μορφή σχήματος ημισελήνου. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.



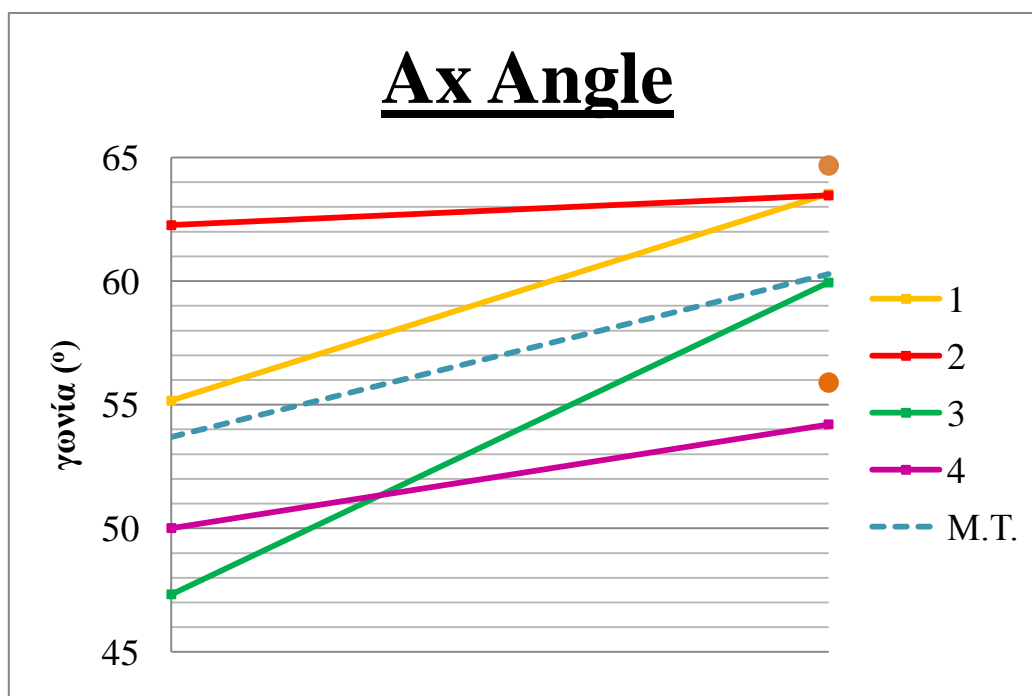
### 8.3.2.7 Για το δείκτη SJS (υπεράνω κενό διάστημα)



Σχ. 8.13 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του SJS και της μέσης τιμής τους.

Στην υγιή και την πάσχουσα άρθρωση, κατά την αρχή της πορείας της νόσου, το SJS έχει την ελάχιστη τιμή του. Με τη συνδυασμένη παρουσία της φθοράς της κεφαλής και της μετατόπισης από την αρχική της θέση, ο δείκτης παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή. Με την έναρξη της αποκατάστασης και την αναπλήρωση της αρχικά κατεστραμμένης οστέινης μάζας από χόνδρο ο δείκτης αρχίζει να ελλατώνεται μέχρι τελικής σταθεροποίησης. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται πτωτική τάση του δείκτη.

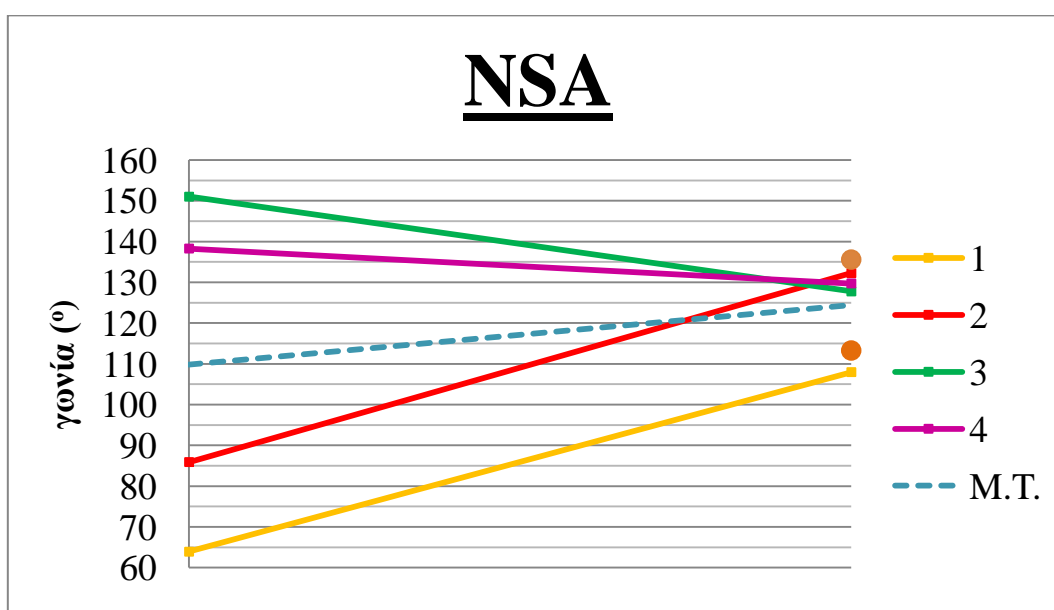
### 8.3.2.8 Για το δείκτη Ax Angle (κλίση του άξονα του μηριαίου)



Σχ. 8.14 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του Ax Angle και της μέσης τιμής τους.

Δεν παρατηρήθηκε κάποια κανονικότητα στην εξέλιξη της αλλά παρουσιάζει μια γενική τάση να είναι στο υγιές οστό πιο μεγάλη από ότι στο προσβεβλημένο. Επίσης μπορούμε να πούμε ότι σε όλους τους ασθενείς υπάρχει αυξητική τάση του δείκτη.

### 8.3.2.9 Για το δείκτη NSA (αυχνοδιαφυσιακή γωνία)



Σχ. 8.15 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του NSA και της μέσης τιμής τους.

Ο δείκτης αυτός έχει επανηλειμμένα χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της εξέλιξης της νόσου. Παρόλα αυτά στο συνολικό δείγμα που εξετάστηκε δεν κατέστη δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συσχέτισή της με την πορεία της νόσου. Θεωρείται πάντως ότι υπάρχει μια τάση η γωνία αυτή να έχει μικρότερη τιμή στην πάσχουσα άρθρωση από ό,τι στην υγιή. Εξετάζοντας τέλος τον παραπάνω πίνακα των μετρήσεων πιστοποιείται μια τάση η γωνία αυτή να έχει μια τιμή γύρω στις 140 μοίρες για το υγιές οστό και μικρότερη για το ασθενές.

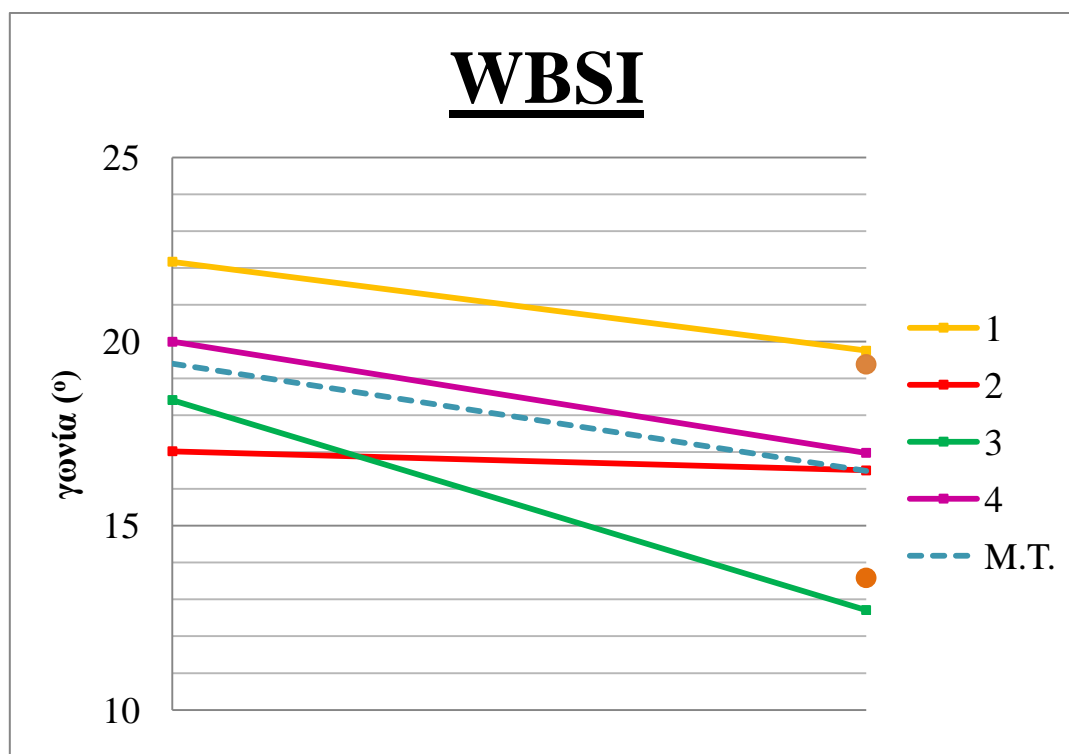
### 8.3.2.10 Για το δείκτη WBSP (προβολή της επιφάνειας φόρτισης)



Σχ. 8.16 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του WBSP και της μέσης τιμής τους.

Το μήκος αυτό μπορεί να εκλειφθεί ως μια ένδειξη για το εμβαδόν της συνολικής επιφάνειας. Η επιφάνεια καθορίζει τη φόρτιση στο άνω μέρος της κεφαλής, και όσο μικρότερο το εμβαδό της, τόσο μεγαλύτερη η τιμή της πίεσης με συνέπεια την υπέρβαση των ορίων της αντοχής της οστέινης μάζας της κεφαλής και την έναρξη της φθοράς της. Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.

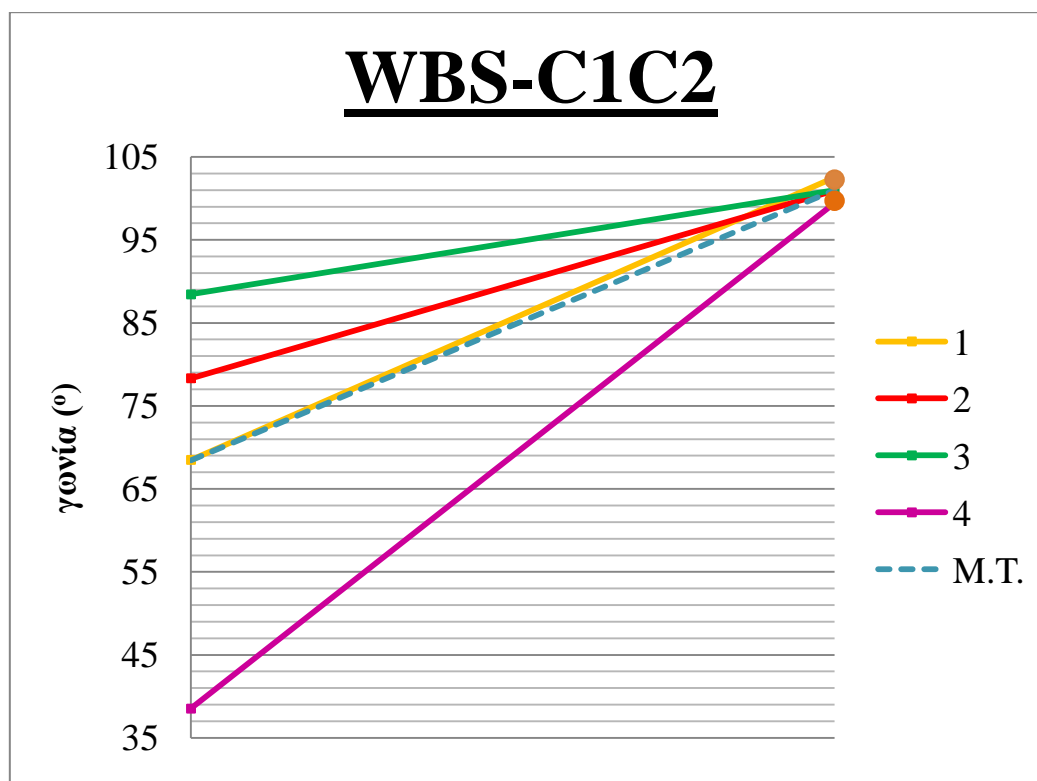
### 8.3.2.11 Για το δείκτη WBSI (κλίση της επιφάνειας φόρτισης)



Σχ. 8.17 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του WBSI και της μέσης τιμής τους.

Ένα εξίσου σημαντικό μέγεθος που σχετίζεται με την εξέλιξη της ασθένειας. Στα πρώτα στάδια της νόσου το εσω άκρο της WBS κλίνει ελαφρά προς τα κάτω και στις δύο πλευρές. Με την κορύφωση της ασθένειας η κλίση αυτή αυξάνεται απότομα, στη συνέχεια παραμένει σταθερά αυξημένη και με την έναρξη της αποκατάστασης αρχίζει να μειώνεται μέχρι τελικής σταθεροποίησής της. Τα παραπάνω επαληθεύονται από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται πτωτική τάση του δείκτη.

### 8.3.2.12 Για το δείκτη WBS-C1C2 (γωνία ευθείας κέντρων κοτύλης και κεφαλής και ευθείας της επιφάνειας φόρτισης)



Σχ. 8.18 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης του WBS-C1C2 και της μέσης τιμής τους.

Η γωνία αυτή συσχετίζει την WBSI με την HD με την ακόλουθη λογική: Όσο περισσότερο αυξάνεται η εξωτερική μετατόπιση του γεωμετρικού κέντρου (C1) της κεφαλής του μηριαίου σε σχέση με το κέντρο της κοτύλης (C2) ή όσο το έσω άκρο της WBS αποκλίνει προς τα κάτω, τόσο η γωνία WBS-C1-C2 γίνεται οξύτερη. Συνεπώς, στη φυσιολογική άρθρωση η ευθεία που ενώνει τα δύο κέντρα C1-C2 τέμνει τη WBS κάθετα, περίπου στο μέσον της. Όταν το έσω άκρο της WBS κλίνει προς τα άνω η γωνία WBS-C1-C2 γίνεται αμβλεία χωρίς να έχει ιδιαίτερα σοβαρή επίδραση στην κατάσταση της κεφαλής. Όταν γίνεται οξεία και ξεπεράσει ένα όριο, περίπου  $70^\circ$ , η αντίστοιχη κλινική εικόνα δείχνει επιδείνωση της κατάστασης της κεφαλής. Με την έναρξη της αποκατάστασης η γωνία WBS-C1-C2 αμβλύνεται και πάλι μέχρις ότου επανέρθει περίπου στις  $90^\circ$ . Τα παραπάνω επαληθεύονται χωρίς βλάβη της γενικότητας από το άνωθεν διάγραμμα, καθώς σε όλους τους ασθενείς του δείγματος παρουσιάζεται αυξητική τάση του δείκτη.

## 8.4 Επεξεργασία Μετρήσεων και Πειραματικά Αποτελέσματα για την Blount

### 8.4.1 Αποτελέσματα μετρήσεων για την Blount

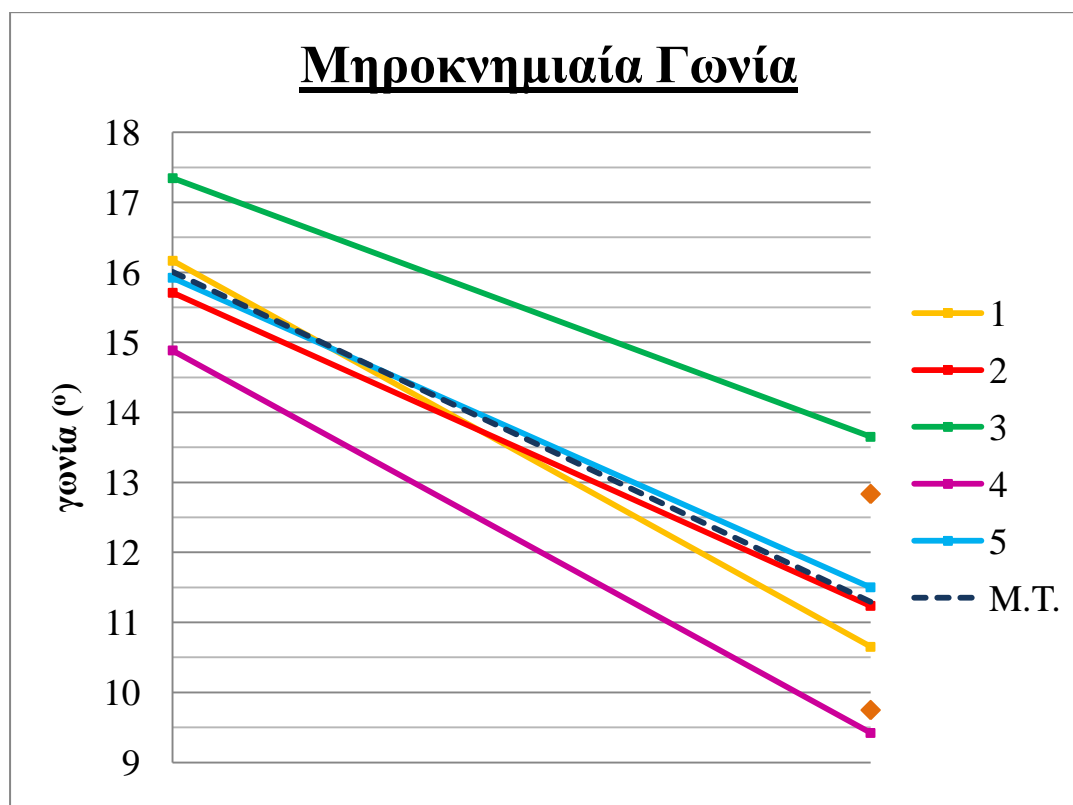
Τα ευρήματα των ακτινογραφιών, με τη μορφή ποσοτικοποιημένων παραμέτρων, καταχωρήθηκαν αυτόματα στη βάση δεδομένων και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αντιστοίχων δεικτών. Συνολικά εξετάστηκαν πέντε (5) ασθενείς, εκ των οποίων τρία (3) κορίτσια 6,7 και 13 ετών και δύο (2) αγόρια 10 και 12 ετών, μία φορά προεγχειρητικά και μία φορά μετεγχειρητικά. Στο Σχ.8.19 φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Στοιχεία Ασθενούς			Μελετώμενοι Δείκτες	
Ασθενής	Φύλο	Ηλικία	Μηροκνημιαία γωνία	Μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία
1A	F	6	16,1673	15,179
1B	F	6	10,6519	9,6273
2A	M	10	15,7085	16,146
2B	M	10	11,2356	12,5421
3A	M	12	17,3459	16,2592
3B	M	12	13,652	11,7739
4A	F	7	14,8852	13,6204
4B	F	7	9,4211	10,6555
5A	F	13	15,9225	14,1479
5B	F	13	11,4992	10,1138

Σχ.8.19 Αποτελέσματα μετρήσεων από την εκτέλεση του λογισμικού για ασθενείς που πάσχουν από Blount

## 8.4.2 Στατιστική μελέτη των δεικτών της Blount

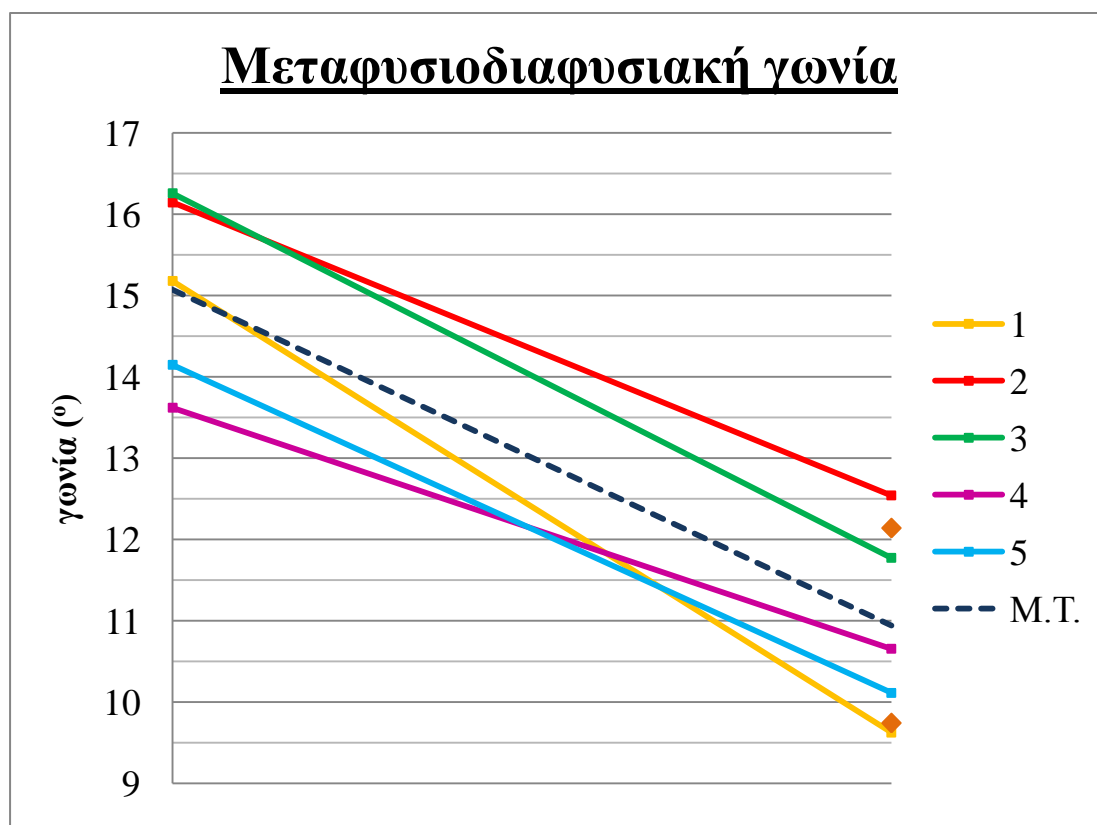
### 8.4.2.1 Για τη μηροκνημιαία γωνία



Σχ. 8.20 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης μηροκνημιαίας γωνίας και της μέσης τιμής τους.

Η μέτρηση της μηροκνημιαίας γωνίας αποτελεί τον ένα από τους δύο σημαντικότερους δείκτες για την μελέτη της ασθένειας του Blount. Με βάση τις καμπύλες των Salenius & Vankka η γωνία αυτή πρέπει να είναι ελάχιστη. Όπως φαίνεται και από το άνωθεν διάγραμμα, υπάρχει η τάση μετεγχειρητικά η γωνία να μειώνεται όσο το δυνατό περισσότερο. Γενικά, το φυσιολογικό είναι να κυμαίνεται μεταξύ 5-10° βλαισά (προς τα έξω).

#### 8.4.2.2 Για τη μεταφυσιοδιαφυσιακή γωνία



Σχ.8.21 Διάγραμμα αποτελεσμάτων της μέτρησης μεταφυσιοδιαφυσιακής γωνίας και μέσης τιμής τους.

Η μέτρηση της μεταφυσιοδιαφυσιακής γωνίας αποτελεί τον ένα από τους δύο σημαντικότερους δείκτες για την μελέτη της ασθένειας του Blount. Με βάση τις μετρήσεις των Levine και Drennan η γωνία αυτή πρέπει να είναι κοντά στις 11°. Όπως φαίνεται και από το άνωθεν διάγραμμα, υπάρχει η τάση μετεγχειρητικά η γωνία να μειώνεται όσο το δυνατόν περισσότερο τείνοντας στην φυσιολογική τιμή.

#### 8.5 Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τις φυσιολογικές τιμές που πρέπει να έχουν οι δείκτες στην εκάστοτε ασθένεια, παρατηρούμε ότι στην πλειονότητα των διαγραμμάτων, η ζητούμενη φυσιολογική τιμή συμπίπτει ή είναι πολύ κοντά στη μέση τιμή των μετρήσεών μας. Με βάση τα παραπάνω και παρατηρώντας και την τυπική απόκλιση του δείγματος (που απεικονίζεται με πορτοκαλί σημεία), μπορούμε να θεωρήσουμε ότι μετεγχειρητικά οι τιμές των δεικτών ήταν μέσα στα ζητούμενα όρια ή έστω πολύ κοντά και να χαρακτηρίσουμε την επεμβατική μέθοδο της κάθε ασθένειας επιτυχή.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΝΙΚΙΤΑ2.EXE

#### 1. ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΦΟΡΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ (Form1)

```
Private Sub Label1_Click()
End Sub
Private Sub Combo1_Change()
End Sub
Private Sub Command1_Click()
If (sel_disease.ListIndex = 2) Then
Me.Hide
Form2.Show
End If
If (sel_disease.ListIndex = 1) Then
Me.Hide
Form4.Show
End If
If (sel_disease.ListIndex = 0) Then
Me.Hide
Form3.Show
End If
End Sub
```

#### 2. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΥΣΙΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (Form2)

```
Private Sub atd_Click()
epiphys = 1
pct.Picture = LoadPicture(CurDir() & "\ATD1.bmp")
txt.Text = "To find the articulothrochanteric distance, draw the two parallel lines with the Line and Parallel Tool and then use the Distance Tool to find the distance between them."
measurements.Show
End Sub
Private Sub commB_Click()
epiphys = 2
pct.Picture = LoadPicture(CurDir() & "\B1.bmp")
txt.Text = "To find the length of the upper part of the femoral neck, draw the line as shown in the image above with the Line drawing Tool."
measurements.Show
End Sub
Private Sub commF_Click()
epiphys = 3
pct.Picture = LoadPicture(CurDir() & "\F1.bmp")
txt.Text = "To find the angle between the femoral epiphysis and the ax, draw the lines with the Line and Vertical Tool and the femoral ax with the Ax Tool as shown in the image above. Then give the three points to find the angle with the Angle Tool."
measurements.Show
End Sub
Private Sub done_Click()
patient.Show
measurements.Hide
End Sub
Private Sub rat_sl_Click()
epiphys = 4
pct.Picture = LoadPicture(CurDir() & "\ratio1.bmp")
```

```
txt.Text = "To find the slip ratio, draw the line with the Line drawing Tool and the femoral ax with the Ax Tool, as shown in the image above. Then select the Ratio Tool and give the points to find the distances a and b."
```

```
measurements.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub return_Click()
```

```
Me.Hide
```

```
Form2.Hide
```

```
measurements.Hide
```

```
Form1.Show
```

```
End Sub
```

### 3. ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΜΑ ΤΗΣ PERTHES (Form3)

```
Private Sub ax_angle_Click()
```

```
per = 1
```

```
txt.Text = "To find the angle between the femoral ax and the femoral head base line, use the Angle Tool, after the Ax is drawn with the Ax Tool ."
```

```
measurements.Show
```

```
Expected_Points = 10
```

```
End Sub
```

```
Private Sub circ1_Click()
```

```
per = 10
```

```
txt.Text = "To find the center and the radius of the femoral head use the Circle Tool."
```

```
measurements.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub circ2_Click()
```

```
per = 11
```

```
txt.Text = "To find the center and the radius of the acetabulum use the Circle Tool."
```

```
measurements.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub done_Click()
```

```
patient.Show
```

```
measurements.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ei_Click()
```

```
per = 13
```

```
txt.Text = "To find the EI use the Surface Ratio Tool."
```

```
measurements.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub fem_area_Click()
```

```
per = 3
```

```
txt.Text = "To find the area of the femoral head (S) use the Area Tool."
```

```
measurements.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub hd_Click()
```

```
per = 2
```

```
txt.Text = "To find the HD line use the Connect Centers Tool."
```

```
measurements.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub height_Click()
```

```
per = 4
```

```
txt.Text = "To find the height of the femoral head use the Distance Tool."
```

```
measurements.Show
```

```
Expected_Points = 2
```

```
End Sub
Private Sub hline_Click()
per = 5
txt.Text = "The H-Line is the line that passes through the limits of both the acetabula. Use the
Line drawing Tool."
measurements.Show
Expected_Points = 2
End Sub
Private Sub nsa_Click()
per = 6
txt.Text = "To find the Neck-Shaft Angle, use the Ax Tool, once the femoral ax is found, to
find the diaphysis ax, and then use the Angle Tool."
measurements.Show
Expected_Points = 10
End Sub
Private Sub return_Click()
Me.Hide
Form3.Hide
measurements.Hide
Form1.Show
End Sub
Private Sub sup_space_Click()
per = 7
txt.Text = "To find the Sup Joint Space, first use the Line drawing Tool to draw the WBS line
of the acetabulum. Then use the Distance Tool to find the maximum distance between the
WBS line and the femoral head."
measurements.Show
Expected_Points = 4
End Sub
Private Sub wbscangl_Click()
per = 12
txt.Text = "To find the angle between the WBS line and the HD use the Angle Tool."
measurements.Show
End Sub
Private Sub wbsi_Click()
per = 14
txt.Text = "To find the angle between the WBS line and the H-line use the Angle Tool."
measurements.Show
End Sub
Private Sub wbsp_Click()
per = 8
txt.Text = "This tool will show the WBSP (the projection of the WBS). Find the WBS by
using the Area Tool. Then, use the Line drawing Tool."
measurements.Show
Expected_Points = 2
End Sub
Private Sub width_Click()
per = 9
txt.Text = "To find the width of the femoral head use the Distance Tool."
measurements.Show
Expected_Points = 2
End Sub
```

#### 4. ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΜΑ ΤΗΣ BLOUNT (Form4)

```
Private Sub butt1_Click()
blou = 1
pct2.Picture = LoadPicture(CurDir() & "\blount1.bmp")
txt.Text = "After having found the femoral ax and the tibia's ax, use the Angle Tool to find
this angle."
measurements.Show
End Sub
Private Sub butt2_Click()
blou = 2
pct2.Picture = LoadPicture(CurDir() & "\blount2.bmp")
txt.Text = "Use the Angle Tool to find this angle."
measurements.Show
End Sub
Private Sub done_Click()
patient.Show
measurements.Hide
End Sub
Private Sub return_Click()
Me.Hide
Form4.Hide
measurements.Hide
Form1.Show
End Sub
```

#### 5. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ (Imen)

```
Private Sub Command1_Click()
On Error GoTo fileerror3
If (Right$(Dir1.Path, 1) = "\") Then
filename$ = Dir1.Path + File1.filename
Else
filename$ = Dir1.Path + "\" + File1.filename
End If
measurements.Picture = LoadPicture(filename$)
If Option1 = True Then
climax = Val(Text1.Text)
Else: climax = 1
End If
Imen.Hide
Exit Sub
fileerror3:
MsgBox Error(Err), 16, "Fatal error!!"
Exit Sub
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Imen.Hide
End Sub
Private Sub Dir1_Change()
File1.Path = Dir1.Path
End Sub
Private Sub Drive1_Change()
Dir1.Path = Drive1.Drive
End Sub
Private Sub File1_Db1Click()
On Error GoTo fileerror4
```

```
If (Right$(Dir1.Path, 1) = "\") Then
filename$ = Dir1.Path + File1.filename
Else
filename$ = Dir1.Path + "\" + File1.filename
End If
measurements.Picture = LoadPicture(filename$)
If Option1 = True Then
climax = Text1.Text
Else: climax = 1
End If
lmen.Hide
Exit Sub
fileerror4:
MsgBox Error(Err), 16, "Fatal error!!"
Exit Sub
End Sub
Private Sub Form_Load()
Text1.Text = "0.75"
climax = 37.8 * Val(Text1.Text)
End Sub
Private Sub Option1_Click()
climax = 37.8 * Val(Text1.Text)
If climax <= 0 Then
MsgBox "Not accepted climax", 16, "Fatal error!!!"
lmen.Show
End If
End Sub
Private Sub Option2_Click()
climax = 1
End Sub
```

#### 6. ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ (saving)

```
Private Sub Drive1_Change()
Dir1.Path = Drive1.Drive
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Me.Hide
End Sub
Private Sub Command1_Click()
If Option1 = True Then
If (Right$(Dir1.Path, 1) = "\") Then
filename$ = Dir1.Path + savtxt.Text & ".bmp"
Else: filename$ = Dir1.Path + "\" + savtxt.Text & ".bmp"
End If
Else
If (Right$(Dir1.Path, 1) = "\") Then
filename$ = Dir1.Path + savtxt.Text & ".jpg"
Else: filename$ = Dir1.Path + "\" + savtxt.Text & ".jpg"
End If
End If
SavePicture measurements.Image, filename$
Me.Hide
Exit Sub
End Sub
```

## 7. ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (measurements)

```
Public RRAcc As Double
Public RRH As Double
Public XRAcc As Double
Public XRH As Double
Public YRAcc As Double
Public YRH As Double
Public RLAcc As Double
Public RLH As Double
Public XLAcc As Double
Public XLH As Double
Public YLAcc As Double
Public YLH As Double
Private Function area(x1 As Long, y1 As Long, x2 As Long, y2 As Long, x0 As Long, y0 As
Long) As Double
b = (x2 - x1)
a = y1 - y2
C = (y2 - y1) * x1 - (x2 - x1) * y1
d = Abs((a * x0 + b * y0 + C) / Sqr(a * a + b * b))
R = Sqr((y2 - y1) * (y2 - y1) + (x2 - x1) * (x2 - x1))
area = R * d / 2
End Function
Private Function distance(x1 As Long, y1 As Long, x2 As Long, y2 As Long, x0 As Long, y0
As Long) As Long
b = (x2 - x1)
a = y1 - y2
C = (y2 - y1) * x1 - (x2 - x1) * y1
distance = Abs((a * x0 + b * y0 + C) / Sqr(a * a + b * b))
End Function
Private Sub Ax_Click()
AutoRedraw = True
num = Val(InputBox$("Insert number of pixels per side:(1..25)"))
mind = 2
mcount = 1
End Sub
Private Sub Cirk1_Click()
mind = 4
ncount = 39
AutoRedraw = False
rad = 50
circx = 200
circy = 200
Ration = 1

End Sub
Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As
Single)
Text1.Text = ncount
If mcount > 50 Then
MsgBox "Subscript out of range!", 16, "Warning!"
mind = 100
End If
If (mind = 3) Then
```

```
If Button = 1 Then
measurements.AutoRedraw = False
anchorx = x
anchory = y
measurements.CurrentX = x
measurements.CurrentY = y
End If
End If
If (mind = 7) Then
If Button = 1 Then
measurements.AutoRedraw = False
anchorx = x
anchory = y
measurements.CurrentX = x
measurements.CurrentY = y
Text4.Text = Str$(x)
Text5.Text = Str$(y)
End If
End If
If (mind = 13) Then
If Button = 1 Then
measurements.AutoRedraw = False
anchorx = x
anchory = y
measurements.CurrentX = x
measurements.CurrentY = y
res9.Label8.Caption = Str$(x)
res9.Label9.Caption = Str$(y)
End If
End If
If (mind = 14) Then
If Button = 1 Then
measurements.AutoRedraw = False
anchorx = x
anchory = y
measurements.CurrentX = x
measurements.CurrentY = y
res9.Label10.Caption = Str$(x)
res9.Label11.Caption = Str$(y)
Dim bla1 As Integer
Dim bla2 As Integer
Dim bla3 As Integer
Dim bla4 As Integer
Dim bla5 As Double
bla1 = Val(res9.Label8.Caption)
bla2 = Val(res9.Label9.Caption)
bla3 = Val(res9.Label10.Caption)
bla4 = Val(res9.Label11.Caption)
bla5 = Sqr((bla1 - bla3) * (bla1 - bla3) + (bla2 - bla4) * (bla2 - bla4))
res9.Label14.Caption = Str$(bla5)
End If
End If
If (mind = 15) Then
If Button = 1 Then
```

```
measurements.AutoRedraw = False
anchorx = x
anchory = y
measurements.CurrentX = x
measurements.CurrentY = y
res9.Label12.Caption = Str$(x)
res9.Label13.Caption = Str$(y)
Dim bla6 As Integer
Dim bla7 As Integer
Dim bla8 As Integer
Dim bla9 As Integer
Dim bla10 As Double
Dim bla11 As Double
Dim rat As Double
bla6 = Val(res9.Label10.Caption)
bla7 = Val(res9.Label11.Caption)
bla8 = Val(res9.Label12.Caption)
bla9 = Val(res9.Label13.Caption)
bla11 = Val(res9.Label14.Caption)
bla10 = Sqr((bla6 - bla8) * (bla6 - bla8) + (bla7 - bla9) * (bla7 - bla9))
res9.Label15.Caption = Str$(bla10)
rat = bla11 / bla10
res9.Label17.Caption = Str$(rat)
res9.Show
End If
End If
If (mind = 5) Then
If Button = 1 Then
If anglecount = 0 Then
AutoRedraw = False
firstx = x
firsty = y
anglecount = anglecount + 1
ElseIf anglecount = 1 Then
secondx = x
secondy = y
anglecount = anglecount + 1
ElseIf anglecount = 2 Then
anglecount = 0
thirdx = x
thirdy = y
If secondx = firstx Then
angle1 = 90
Else
angle1 = (Atn((secondy - firsty) / (secondx - firstx)) * 180) / 3.1415
End If
If thirdx = firstx Then
angle2 = 90
Else
angle2 = (Atn((thirdy - firsty) / (thirdx - firstx)) * 180) / 3.1415
End If
If (secondx - firstx) * (thirdx - firstx) < 0 Then
angle = 180 - Abs(angle2 - angle1)
Else
```



```
angle = Abs(angle2 - angle1)
End If
res5.Label1.Caption = Str$(angle)
res5.Show
End If
End If
End If
If (mind = 6) Then
If Button = 1 Then
b = lastx - anchorx
a = anchory - lasty
C = (lasty - anchory) * anchorx + (anchorx - lastx) * anchory
d = (a * x + b * y + C) / Sqr(a * a + b * b)
If lastx = anchorx Then
t = 0
ElseIf lasty = anchory Then
t = 3.1415 / 2
Else
t = Atn((lastx - anchorx) / (anchory - lasty))
End If
If (lastx - anchorx) * (lasty - anchory) < 0 And lastx > anchorx Then d = -d
End If
Line (x, y)-(x + d * Cos(t), y + d * Sin(t)), QBColor(15)
End If
If (mind = 11) Then
If Button = 1 Then
b = lastx - anchorx
a = anchory - lasty
C = (lasty - anchory) * anchorx + (anchorx - lastx) * anchory
d = (a * x + b * y + C) / Sqr(a * a + b * b)
If lastx = anchorx Then
t = 3.1415 / 2
ElseIf lasty = anchory Then
t = 0
Else
t1 = Atn((lastx - anchorx) / (anchory - lasty))
t = t1 + 2 * Atn(1)
End If
If (lastx - anchorx) * (lasty - anchory) < 0 And lastx > anchorx Then d = -d
End If
Line (x, y)-(x + 10 * d * Cos(t), y + 10 * d * Sin(t)), QBColor(15)
End If
If (mind = 12) Then
If Button = 1 Then
measurements.AutoRedraw = False
anchorx = x
anchory = y
measurements.CurrentX = x
measurements.CurrentY = y
End If
End If
If mind = 2 Then
If Button = 1 Then
bc(mcount) = measurements.Point(x, y)
```

```
measurements.PSet (x, y), QBColor(15)
xc(mcount) = x
yc(mcount) = y
mcount = mcount + 1
If mcount = (2 * num + 1) Then
mx1 = 0
my1 = 0
sx1 = 0
r1 = 0
For i = 1 To num
mx1 = mx1 + xc(i)
my1 = my1 + yc(i)
sx1 = sx1 + xc(i) * xc(i)
r1 = r1 + xc(i) * yc(i)
Next i
mx2 = 0
my2 = 0
sx2 = 0
r2 = 0
For i = (num + 1) To 2 * num
mx2 = mx2 + xc(i)
my2 = my2 + yc(i)
sx2 = sx2 + xc(i) * xc(i)
r2 = r2 + xc(i) * yc(i)
Next i
x0 = (mx1 + mx2) / (2 * num)
y0 = (my1 + my2) / (2 * num)
If ((num * sx1 - mx1 * mx1) = 0) And ((num * sx2 - mx2 * mx2) = 0) Then
f = 3.1415 / 2
ElseIf (num * sx1 - mx1 * mx1) = 0 Then
A2 = (num * r2 - mx2 * my2) / (num * sx2 - mx2 * mx2)
If A2 > 0 Then
f = 3.1415 / 2 - (((3.1415 / 2) - Atn(A2)) / 2)
Else
f = 3.1415 - (((3.1415 / 2) + Atn(A2)) / 2) + Atn(A2)
End If
ElseIf (num * sx2 - mx2 * mx2) = 0 Then
A1 = (num * r1 - mx1 * my1) / (num * sx1 - mx1 * mx1)
If A1 > 0 Then
f = 3.1415 / 2 - (((3.1415 / 2) - Atn(A1)) / 2)
Else
f = 3.1415 - (((3.1415 / 2) + Atn(A1)) / 2) + Atn(A1)
End If
Else
A1 = (num * r1 - mx1 * my1) / (num * sx1 - mx1 * mx1)
A2 = (num * r2 - mx2 * my2) / (num * sx2 - mx2 * mx2)
If A1 * A2 >= 0 Then
f = ((Atn(A2)) - (Atn(A1))) / 2 + (Atn(A1))
ElseIf A1 < 0 Then
f = 3.1415 - ((3.1415 - Atn(A2) + Atn(A1)) / 2) + Atn(A1)
ElseIf A2 < 0 Then
f = 3.1415 - ((3.1415 - Atn(A1) + Atn(A2)) / 2) + Atn(A2)
End If
End If
```

```
measurements.Line (x0, y0)-(x0 + 100 * Cos(f), y0 + 100 * Sin(f)), QBColor(15)
measurements.Line (x0, y0)-(x0 - 100 * Cos(f), y0 - 100 * Sin(f)), QBColor(15)
res2.Label2.Caption = Str$(Abs(f * 180 / 3.1415))
res2.Show
End If
End If
End If
If mind = 9 And ncount >= 39 Then
If Button = 1 And Shift <> 3 And Shift <> 1 Then
Call MyDraw
rad = rad + 3
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
If Button = 2 And Shift <> 3 Then
Call MyDraw
rad = rad - 3
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
If Button = 1 And Shift = 1 And alt <> 1 Then
Text4.Text = ncount
newx(ncount) = x
newy(ncount) = y
ncount = ncount + 1
Call MyDraw
End If
End If
If (mind = 4) Then
AutoRedraw = False
If Button = 1 And Shift <> 3 And Shift <> 1 Then
Refresh
rad = rad + 1
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
If Button = 2 And Shift <> 3 And Shift <> 1 Then
Refresh
rad = rad - 1
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
If Button = 1 And Shift = 1 And alt <> 1 Then
measurements.AutoRedraw = True
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
Circle (x, y), 10, QBColor(15)
PSet (x, y), QBColor(15)
If ncount - 1 = 40 Then
measurements.Line (newx(39), newy(39))-(newx(40), newy(40)), QBColor(15)
lh = distance(newx(1), newy(1), newx(2), newy(2), newx(40), newy(40))
nang = Atn((newx(2) - newx(1)) / (newy(1) - newy(2)))
If newy(2) > newy(1) Then
measurements.Line (newx(40), newy(40))-(newx(40) + lh * Cos(nang), newy(40) + lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k3x = newx(40) + lh * Cos(nang)
k3y = newy(40) + lh * Sin(nang)
Else
```

```
measurements.Line (newx(40), newy(40))-(newx(40) - lh * Cos(nang), newy(40) - lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k3x = newx(40) - lh * Cos(nang)
k3y = newy(40) - lh * Sin(nang)
End If
measurements.Line (newx(1), newy(1))-(newx(40), newy(40)), QBColor(15)
End If
If ncount - 1 = 42 Then
measurements.Line (newx(41), newy(41))-(newx(42), newy(42)), QBColor(15)
lh = distance(newx(1), newy(1), newx(2), newy(2), newx(42), newy(42))
nang = Atn((newx(2) - newx(1)) / (newy(1) - newy(2)))
If newy(2) > newy(1) Then
measurements.Line (newx(42), newy(42))-(newx(42) + lh * Cos(nang), newy(42) + lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k4x = newx(42) + lh * Cos(nang)
k4y = newy(42) + lh * Sin(nang)
Else
measurements.Line (newx(42), newy(42))-(newx(42) - lh * Cos(nang), newy(42) - lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k4x = newx(42) - lh * Cos(nang)
k4y = newx(42) - lh * Sin(nang)
End If
measurements.Line (newx(2), newy(2))-(newx(42), newy(42)), QBColor(15)
results.Show
End If
res4.Label4.Caption = Str$(rad)
res4.Label5.Caption = Str$(x)
res4.Label6.Caption = Str$(y)
circ_count = circ_count + 1
If circ_count = 1 Then
RLAcc = rad
XLAcc = x
YLAcc = y
End If
If circ_count = 2 Then
RLH = rad
XLH = x
YLH = y
End If
If circ_count = 3 Then
RRAcc = rad
XRAcc = x
YRAcc = y
End If
If circ_count = 4 Then
RRH = rad
XRH = x
YRH = y
circ_count = 0
End If
measurements.AutoRedraw = False
res4.Show
If centbool = 0 Then
centx1 = x
```

```
centy1 = y
centbool = 1
Else
Konnekt.Enabled = True
centx2 = x
centy2 = y
centbool = 0
End If
End If
If Button = 1 And Shift = 3 Then
Refresh
Ration = Ration + 0.1
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
If Button = 2 And Shift = 3 Then
Refresh
Ration = Ration - 0.1
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
End If
If mind = 9 Then
If Button = 1 Then
If ncount <= 38 Then
If Expected_Points > 0 Then
measurements.PSet (x, y), QBColor(15)
newx(ncount) = x
newy(ncount) = y
ncount = ncount + 1
Expected_Points = Expected_Points - 1
Call MyDraw
End If
End If
End If
If Button = 2 And Shift <> 1 Then
If ncount - 1 = 3 Then
nr = nr + 2
Call MyDraw
ElseIf ncount - 1 = 4 Then
nr = nr + 2
Call MyDraw
End If
ElseIf Button = 2 And Shift = 1 Then
If ncount - 1 = 3 Then
nr = nr - 2
Call MyDraw
ElseIf ncount - 1 = 4 Then
nr = nr - 2
Call MyDraw
End If
End If
End If
If mind = 19 Then
If Button = 1 Then
bc(mcount) = measurements.Point(x, y)
```

```
measurements.PSet (x, y), QBColor(15)
pixcol = measurements.Point(x, y)
xc(mcount) = x
yc(mcount) = y
mcount = mcount + 1
If mcount = num + 1 Then
h1 = 0
h2 = 0
For i = 1 To num
If i < num Then
measurements.Line (xc(i), yc(i))-(xc(i + 1), yc(i + 1)), QBColor(15)
Else
measurements.Line (xc(num), yc(num))-(xc(1), yc(1)), QBColor(15)
End If
h1 = h1 + xc(i)
h2 = h2 + yc(i)
Next i
x0 = h1 / num
y0 = h2 / num
hx = 0
hy = 0
lsum = 0
Sum = 0
For i3 = 1 To num
If i3 < num Then
Sum = Sum + area(xc(i3), yc(i3), (xc(i3 + 1)), (yc(i3 + 1)), (h1 / num), (h2 / num))
Else
Sum = Sum + area(xc(num), yc(num), xc(1), yc(1), h1 / num, h2 / num)
End If
Next i3
res10.Label15.Caption = Str$(Sum / (climax * climax))
For i1 = 1 To num - 1
w = 1
If Abs(xc(i1) - xc(i1 + 1)) > Abs(yc(i1) - yc(i1 + 1)) Then
If xc(i1) < xc(i1 + 1) Then
a = (yc(i1) - yc(i1 + 1)) / (xc(i1) - xc(i1 + 1))
For j = xc(i1) To xc(i1 + 1)
yh = j * a - xc(i1) * a + yc(i1)
lh = 0
fy = j
For k = yh - w To yh + w
If Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1))
fy = k
End If
Next k
measurements.PSet (j, fy), QBColor(15)
Next j
Else
a = (yc(i1) - yc(i1 + 1)) / (xc(i1) - xc(i1 + 1))
For j = xc(i1 + 1) To xc(i1)
yh = j * a - xc(i1) * a + yc(i1)
lh = 0
fy = j
```

```
For k = yh - w To yh + w
If Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1))
fy = k
End If
Next k
measurements.PSet (j, fy), QBColor(15)
Next j
End If
Else
If yc(i1) < yc(i1 + 1) Then
a = (xc(i1) - xc(i1 + 1)) / (yc(i1) - yc(i1 + 1))
For j = yc(i1) To yc(i1 + 1)
xh = j * a - yc(i1) * a + xc(i1)
lh = 0
fx = j
For k = xh - w To xh + w
If Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j))
fx = k
End If
Next k
measurements.PSet (fx, j), QBColor(15)
Next j
Else
a = (xc(i1) - xc(i1 + 1)) / (yc(i1) - yc(i1 + 1))
For j = yc(i1 + 1) To yc(i1)
xh = j * a - yc(i1) * a + xc(i1)
lh = 0
fx = j
For k = xh - w To xh + w
If Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(k - 1, j) - measurements.Point(k - 1, j))
fx = k
End If
Next k
measurements.PSet (fx, j), QBColor(15)
Next j
End If
End If
Next i1
For myy2 = -50 To 50
For myx2 = -50 To 50
im(myx2, myy2) = measurements.Point(myx2 + x0, y0 + myy2)
Next myx2
Next myy2
For myy2 = -50 To 50
For myx2 = -50 To 50
If im(myx2, myy2) = pixcol Then
measurements.PSet (myx2 + x0, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, y0 + myy2), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0, myy2 + y0 - 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
```

```
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, y0 + myy2 - 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0 - 1), QBColor(15)
End If
Next myx2
Next myy2
density = 0
cx = 0
cy = 0
cs = 0
For myy2 = 0 To 100
For myx2 = 0 To 100
If measurements.Point(myx2, myy2) = QBColor(0) Then
cx = cx + myx2
cy = cy + myy2
cs = cs + 1
density = density + (measurements.Point(x0 - 50 + myx2, y0 - 50 + myy2) / 255) / 255
End If
Next myx2
Next myy2
measurements.Circle (x0 - 50 + cx / cs, y0 - 50 + cy / cs), 10, QBColor(15)
measurements.PSet (x0 - 50 + cx / cs, y0 - 50 + cy / cs), QBColor(15)
If centbool = 0 Then
centx1 = x0 - 50 + cx / cs
centy1 = y0 - 50 + cy / cs
centbool = 1
Else
centx2 = x0 - 50 + cx / cs
centy2 = y0 - 50 + cy / cs
centbool = 0
measurements.Konnekt.Enabled = True
End If
Connector = Connector + 1
res10.Label1.Caption = Str$(Val(res10.Label14.Caption) / Val(res10.Label15.Caption))
End If
End If
End If
If mind = 18 Then
If Button = 1 Then
bc(mcount) = measurements.Point(x, y)
measurements.PSet (x, y), QBColor(15)
pixcol = measurements.Point(x, y)
xc(mcount) = x
yc(mcount) = y
mcount = mcount + 1
If mcount = num + 1 Then
h1 = 0
h2 = 0
For i = 1 To num
If i < num Then
measurements.Line (xc(i), yc(i))-(xc(i + 1), yc(i + 1)), QBColor(15)
Else
measurements.Line (xc(num), yc(num))-(xc(1), yc(1)), QBColor(15)
End If
End If
```



```
h1 = h1 + xc(i)
h2 = h2 + yc(i)
Next i
x0 = h1 / num
y0 = h2 / num
hx = 0
hy = 0
lsum = 0
Sum = 0
For i3 = 1 To num
If i3 < num Then
Sum = Sum + area(xc(i3), yc(i3), (xc(i3 + 1)), (yc(i3 + 1)), (h1 / num), (h2 / num))
Else
Sum = Sum + area(xc(num), yc(num), xc(1), yc(1), h1 / num, h2 / num)
End If
Next i3
res10.Label14.Caption = Str$(Sum / (climax * climax))
For i1 = 1 To num - 1
w = 1
If Abs(xc(i1) - xc(i1 + 1)) > Abs(yc(i1) - yc(i1 + 1)) Then
If xc(i1) < xc(i1 + 1) Then
a = (yc(i1) - yc(i1 + 1)) / (xc(i1) - xc(i1 + 1))
For j = xc(i1) To xc(i1 + 1)
yh = j * a - xc(i1) * a + yc(i1)
lh = 0
fy = j
For k = yh - w To yh + w
If Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1))
fy = k
End If
Next k
measurements.PSet (j, fy), QBColor(15)
Next j
Else
a = (yc(i1) - yc(i1 + 1)) / (xc(i1) - xc(i1 + 1))
For j = xc(i1 + 1) To xc(i1)
yh = j * a - xc(i1) * a + yc(i1)
lh = 0
fy = j
For k = yh - w To yh + w
If Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1))
fy = k
End If
Next k
measurements.PSet (j, fy), QBColor(15)
Next j
End If
Else
If yc(i1) < yc(i1 + 1) Then
a = (xc(i1) - xc(i1 + 1)) / (yc(i1) - yc(i1 + 1))
For j = yc(i1) To yc(i1 + 1)
xh = j * a - yc(i1) * a + xc(i1)
```

```
lh = 0
fx = j
For k = xh - w To xh + w
If Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j))
fx = k
End If
Next k
measurements.PSet (fx, j), QBColor(15)
Next j
Else
a = (xc(i1) - xc(i1 + 1)) / (yc(i1) - yc(i1 + 1))
For j = yc(i1 + 1) To yc(i1)
xh = j * a - yc(i1) * a + xc(i1)
lh = 0
fx = j
For k = xh - w To xh + w
If Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(k - 1, j) - measurements.Point(k - 1, j))
fx = k
End If
Next k
measurements.PSet (fx, j), QBColor(15)
Next j
End If
End If
Next i1
For myy2 = -50 To 50
For myx2 = -50 To 50
im(myx2, myy2) = measurements.Point(myx2 + x0, y0 + myy2)
Next myx2
Next myy2
For myy2 = -50 To 50
For myx2 = -50 To 50
If im(myx2, myy2) = pixcol Then
measurements.PSet (myx2 + x0, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, y0 + myy2), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0, myy2 + y0 - 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, y0 + myy2 - 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0 - 1), QBColor(15)
End If
Next myx2
Next myy2
density = 0
cx = 0
cy = 0
cs = 0
For myy2 = 0 To 100
For myx2 = 0 To 100
If measurements.Point(myx2, myy2) = QBColor(0) Then
cx = cx + myx2
```



```
Next i3
res1.surf.Text = Str$(Sum / (climax * climax))
For i1 = 1 To num - 1
w = 1
If Abs(xc(i1) - xc(i1 + 1)) > Abs(yc(i1) - yc(i1 + 1)) Then
If xc(i1) < xc(i1 + 1) Then
a = (yc(i1) - yc(i1 + 1)) / (xc(i1) - xc(i1 + 1))
For j = xc(i1) To xc(i1 + 1)
yh = j * a - xc(i1) * a + yc(i1)
lh = 0
fy = j
For k = yh - w To yh + w
If Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1))
fy = k
End If
Next k
measurements.PSet (j, fy), QBColor(15)
Next j
Else
a = (yc(i1) - yc(i1 + 1)) / (xc(i1) - xc(i1 + 1))
For j = xc(i1 + 1) To xc(i1)
yh = j * a - xc(i1) * a + yc(i1)
lh = 0
fy = j
For k = yh - w To yh + w
If Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(j, k) - measurements.Point(j, k - 1))
fy = k
End If
Next k
measurements.PSet (j, fy), QBColor(15)
Next j
End If
Else
If yc(i1) < yc(i1 + 1) Then
a = (xc(i1) - xc(i1 + 1)) / (yc(i1) - yc(i1 + 1))
For j = yc(i1) To yc(i1 + 1)
xh = j * a - yc(i1) * a + xc(i1)
lh = 0
fx = j
For k = xh - w To xh + w
If Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j))
fx = k
End If
Next k
measurements.PSet (fx, j), QBColor(15)
Next j
Else
a = (xc(i1) - xc(i1 + 1)) / (yc(i1) - yc(i1 + 1))
For j = yc(i1 + 1) To yc(i1)
xh = j * a - yc(i1) * a + xc(i1)
lh = 0
```

```
fx = j
For k = xh - w To xh + w
If Abs(measurements.Point(k, j) - measurements.Point(k - 1, j)) > lh Then
lh = Abs(measurements.Point(k - 1, j) - measurements.Point(k - 1, j))
fx = k
End If
Next k
measurements.PSet (fx, j), QBColor(15)
Next j
End If
End If
Next i1
For myy2 = -50 To 50
For myx2 = -50 To 50
im(myx2, myy2) = measurements.Point(myx2 + x0, y0 + myy2)
Next myx2
Next myy2
For myy2 = -50 To 50
For myx2 = -50 To 50
If im(myx2, myy2) = pixcol Then
measurements.PSet (myx2 + x0, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, y0 + myy2), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0, myy2 + y0 - 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 + 1, y0 + myy2 - 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0 + 1), QBColor(15)
measurements.PSet (myx2 + x0 - 1, myy2 + y0 - 1), QBColor(15)
End If
Next myx2
Next myy2
density = 0
cx = 0
cy = 0
cs = 0
For myy2 = 0 To 100
For myx2 = 0 To 100
If measurements.Point(myx2, myy2) = QBColor(0) Then
cx = cx + myx2
cy = cy + myy2
cs = cs + 1
density = density + (measurements.Point(x0 - 50 + myx2, y0 - 50 + myy2) / 255) / 255
End If
Next myx2
Next myy2
measurements.Circle (x0 - 50 + cx / cs, y0 - 50 + cy / cs), 10, QBColor(15)
measurements.PSet (x0 - 50 + cx / cs, y0 - 50 + cy / cs), QBColor(15)
res1.Label4.Caption = Str$(cs)
res1.Label5.Caption = Str$(x0 - 50 + cx / cs)
res1.Label6.Caption = Str$(y0 - 50 + cy / cs)
res1.Label8.Caption = Str$(density / cs)
If centbool = 0 Then
centx1 = x0 - 50 + cx / cs
centy1 = y0 - 50 + cy / cs
```

```
centbool = 1
Else
centx2 = x0 - 50 + cx / cs
centy2 = y0 - 50 + cy / cs
centbool = 0
measurements.Konnekt.Enabled = True
End If
Connector = Connector + 1
res1.Show
End If
End If
End If
End Sub
Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
Text4.Text = Str$(x)
Text5.Text = Str$(y)
If mind = 3 Then
If Button = 1 Then
Refresh
measurements.Line (anchorx, anchory)-(x, y), QBColor(15)
Text4.Text = Str$(Sqr((x - anchorx) * (x - anchorx) + (y - anchory) * (y - anchory)) / climax)
If x = anchorx Then
Text5.Text = "90"
Else: Text5.Text = Str$(Abs(Atn((y - anchory) / (x - anchorx))) * 180 / 3.1415)
End If
End If
End If
If (mind = 4) Then
AutoRedraw = False
Refresh
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
If ((mind = 9) And (ncount >= 39) And (newcount <= 32)) And (ncount <= 42) And
Expected_Points <> 0 Then
AutoRedraw = False
Call MyDraw
Circle (x, y), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
End If
End Sub
Private Sub Form_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
If mind = 3 Then
If Button = 1 Then
lastx = x
lasty = y
measurements.AutoRedraw = True
measurements.Line (anchorx, anchory)-(x, y), QBColor(15)
res3.Label3.Caption = Str$(Sqr((x - anchorx) * (x - anchorx) + (y - anchory) * (y - anchory)) /
climax)
If x = anchorx Then
res3.Label4.Caption = "90"
Else: res3.Label4.Caption = Str$(Abs(Atn((y - anchory) / (x - anchorx))) * 180 / 3.1415)
res3.Show
End If
End If
```

```
End If
If mind = 7 Then
If Button = 1 Then
measurements.AutoRedraw = True
measurements.Line (x, y)-(x, y), QBColor(15)
res8.Label3.Caption = Str$(x)
res8.Label4.Caption = Str$(y)
res8.Show
End If
End If
If mind = 12 Then
If Button = 1 Then
lastx = x
lasty = y
measurements.Line (anchorx, anchory)-(x, y), QBColor(15)
res7.Label3.Caption = Str$(Sqr((x - anchorx) * (x - anchorx) + (y - anchory) * (y - anchory)) /
climax)
res7.Show
End If
End If
End Sub
Private Sub Konnekt_Click()
AutoRedraw = True
Line (centx1, centy1)-(centx2, centy2), QBColor(15)
res6.Label1.Caption = Str$(Sqr((centx2 - centx1) * (centx2 - centx1) + (centy2 - centy1) *
(centy2 - centy1)))
res6.Label2.Caption = Abs(centx2 - centx1)
res6.Label3.Caption = Abs(centy2 - centy1)
If centx2 - centx1 <> 0 Then
res6.Label4.Caption = Atn((centy2 - centy1) / (centx2 - centx1)) * 180 / 3.1415
Else: res6.Label4.Caption = "90"
End If
res6.Show
AutoRedraw = False
End Sub
Private Sub Line_Click()
AutoRedraw = True
mind = 3
End Sub
Private Sub Open_Click()
mind = 0
Imen.Show
End Sub
Private Sub Point_Click()
mind = 7
End Sub
Private Sub Ratio_Click()
AutoRedraw = True
threepoint.Show
End Sub
Private Sub Save_as_Click()
saving.Show
Exit Sub
End Sub
```

```
Private Sub Save_Click()
On Error GoTo fileerror2
SavePicture measurements.Image, filename$
Exit Sub
fileerror2:
MsgBox Error(Err), 16, "Fatal error!!"
Exit Sub
End Sub
Private Sub Surface_Click()
AutoRedraw = True
num = Val(InputBox$("Insert number of pixels:(1..50)"))
mcount = 1
mind = 1
End Sub
Private Sub Exit_Click()
End
End Sub
Private Sub degr_Click()
mind = 5
measurements.AutoRedraw = False
anglecount = 0
End Sub
Private Sub Surfratio_Click()
per = 13
twosurf.Show
End Sub
Private Sub Vertical_Click()
mind = 6
End Sub
Private Sub Parallel_Click()
mind = 11
End Sub
Private Sub Distans_Click()
AutoRedraw = True
mind = 12
End Sub
Private Sub reset_Click()
measurements.Cls
AutoRedraw = False
mind = 9
For i = 1 To 42
newx(i) = -1
newy(i) = -1
Next i
Refresh
End Sub
Private Sub export_Click()
results.Show
End Sub
Private Sub Form_Load()
centbool = 0
End Sub
Private Function lent(x1 As Long, y1 As Long, x2 As Long, y2 As Long) As Long
lent = Sqr((x1 - x2) * (x1 - x2) + (y1 - y2) * (y1 - y2))
```



```
End Function
Private Function nangle1(x1 As Long, y1 As Long, x2 As Long, y2 As Long, x3 As Long, y3
As Long, x4 As Long, y4 As Long) As Long
angle1 = Abs(Atn((y1 - y2) / (x1 - x2)) - Atn((y3 - y4) / (x3 - x4)))
End Function
Private Function nangle2(x1 As Long, y1 As Long, x2 As Long, y2 As Long, x3 As Long, y3
As Long, x4 As Long, y4 As Long) As Long
angle2 = Abs(Atn((y1 - y2) / (x1 - x2)) + Atn((y3 - y4) / (x3 - x4)))
End Function
Private Sub nmen2_Click()
mind = 9
nr = 10
ncount = 1
circ_count = 0
rad = 50
circx = 50
circy = 50
Ration = 1
AutoRedraw = True
guide.Label1.Caption = "Insert two points defining the H line"
guide.Show
End Sub
Private Sub nmen3_Click()
ncount = ncount - 1
Text1.Text = ncount
End Sub
Private Sub MyDraw()
Refresh
For i = 1 To 42
If (newx(i) <> -1 And newy(i) <> -1) Then
measurements.PSet (newx(i), newy(i)), RGB(255, 255, 255)
End If
Next i
If newx(1) <> -1 And newx(2) <> -1 And newy(1) <> -1 And newy(2) <> -1 Then
measurements.Line (newx(1), newy(1))-(newx(2), newy(2)), QBColor(15)
End If
If newx(1) <> -1 And newx(3) <> -1 And newy(1) <> -1 And newy(3) <> -1 Then
measurements.Line (newx(1), newy(1))-(newx(3), newy(3)), QBColor(15)
nang = Atn((newx(3) - newx(1)) / (newy(1) - newy(3)))
measurements.Line ((newx(1) + newx(3)) / 2, (newy(1) + newy(3)) / 2)-((newx(1) + newx(3))
/ 2 + nr * Cos(nang), (newy(1) + newy(3)) / 2 + nr * Sin(nang)), QBColor(15)
nang = Atn((newx(3) - newx(1)) / (newy(1) - newy(3)))
measurements.Line ((newx(1) + newx(3)) / 2, (newy(1) + newy(3)) / 2)-((newx(1) + newx(3))
/ 2 + nr * Cos(nang), (newy(1) + newy(3)) / 2 + nr * Sin(nang)), QBColor(15)
nang = Atn((newx(3) - newx(1)) / (newy(1) - newy(3)))
measurements.Line ((newx(1) + newx(3)) / 2, (newy(1) + newy(3)) / 2)-((newx(1) + newx(3))
/ 2 + nr * Cos(nang), (newy(1) + newy(3)) / 2 + nr * Sin(nang)), QBColor(15)
End If
If newx(2) <> -1 And newx(4) <> -1 And newy(2) <> -1 And newy(4) <> -1 Then
measurements.Line (newx(2), newy(2))-(newx(4), newy(4)), QBColor(15)
nang = Atn((newx(4) - newx(2)) / (newy(2) - newy(4)))
measurements.Line ((newx(2) + newx(4)) / 2, (newy(2) + newy(4)) / 2)-((newx(2) + newx(4))
/ 2 - nr * Cos(nang), (newy(2) + newy(4)) / 2 - nr * Sin(nang)), QBColor(15)
nang = Atn((newx(4) - newx(2)) / (newy(2) - newy(4)))
```

```
measurements.Line ((newx(2) + newx(4)) / 2, (newy(2) + newy(4)) / 2)-((newx(2) + newx(4)) / 2 - nr * Cos(nang), (newy(2) + newy(4)) / 2 - nr * Sin(nang)), QBColor(15)
End If
If newx(5) <> -1 And newx(6) <> -1 And newy(5) <> -1 And newy(6) <> -1 Then
measurements.Line (newx(5), newy(5))-(newx(6), newy(6)), QBColor(15)
End If
If newx(7) <> -1 And newx(8) <> -1 And newy(7) <> -1 And newy(8) <> -1 Then
measurements.Line (newx(7), newy(7))-(newx(8), newy(8)), QBColor(15)
End If
If newx(5) <> -1 And newx(6) <> -1 And newx(7) <> -1 And newx(8) <> -1 And newy(5) <> -1 And newy(6) <> -1 And newy(7) <> -1 And newy(8) <> -1 Then
measurements.Line ((newx(5) + newx(6)) / 2, (newy(5) + newy(6)) / 2)-((newx(7) + newx(8)) / 2, (newy(7) + newy(8)) / 2), QBColor(15)
End If
If newx(9) <> -1 And newx(10) <> -1 And newy(9) <> -1 And newy(10) <> -1 Then
measurements.Line (newx(9), newy(9))-(newx(10), newy(10)), QBColor(15)
End If
If newx(11) <> -1 And newx(12) <> -1 And newy(11) <> -1 And newy(12) <> -1 Then
measurements.Line (newx(11), newy(11))-(newx(12), newy(12)), QBColor(15)
End If
If newx(9) <> -1 And newx(10) <> -1 And newx(11) <> -1 And newx(12) <> -1 And newy(9) <> -1 And newy(10) <> -1 And newy(11) <> -1 And newy(12) <> -1 Then
measurements.Line ((newx(9) + newx(10)) / 2, (newy(9) + newy(10)) / 2)-((newx(11) + newx(12)) / 2, (newy(11) + newy(12)) / 2), QBColor(15)
End If
If newx(13) <> -1 And newx(14) <> -1 And newy(13) <> -1 And newy(14) <> -1 Then
measurements.Line (newx(13), newy(13))-(newx(14), newy(14)), QBColor(15)
End If
If newx(15) <> -1 And newx(16) <> -1 And newy(15) <> -1 And newy(16) <> -1 Then
measurements.Line (newx(15), newy(15))-(newx(16), newy(16)), QBColor(15)
End If
If newx(13) <> -1 And newx(14) <> -1 And newx(15) <> -1 And newx(16) <> -1 And newy(13) <> -1 And newy(14) <> -1 And newy(15) <> -1 And newy(16) <> -1 Then
measurements.Line ((newx(13) + newx(14)) / 2, (newy(13) + newy(14)) / 2)-((newx(15) + newx(16)) / 2, (newy(15) + newy(16)) / 2), QBColor(15)
End If
If newx(17) <> -1 And newx(18) <> -1 And newy(17) <> -1 And newy(18) <> -1 Then
measurements.Line (newx(17), newy(17))-(newx(18), newy(18)), QBColor(15)
End If
If newx(19) <> -1 And newx(20) <> -1 And newy(19) <> -1 And newy(20) <> -1 Then
measurements.Line (newx(19), newy(19))-(newx(20), newy(20)), QBColor(15)
End If
If newx(17) <> -1 And newx(18) <> -1 And newx(19) <> -1 And newx(20) <> -1 And newy(17) <> -1 And newy(18) <> -1 And newy(19) <> -1 And newy(20) <> -1 Then
measurements.Line ((newx(17) + newx(18)) / 2, (newy(17) + newy(18)) / 2)-((newx(19) + newx(20)) / 2, (newy(19) + newy(20)) / 2), QBColor(15)
End If
If newx(5) <> -1 And newx(21) <> -1 And newy(5) <> -1 And newy(21) <> -1 Then
measurements.Line (newx(5), newy(5))-(newx(21), newy(21)), QBColor(15)
End If
If newx(10) <> -1 And newx(22) <> -1 And newy(10) <> -1 And newy(22) <> -1 Then
measurements.Line (newx(10), newy(10))-(newx(22), newy(22)), QBColor(15)
End If
```

```
If newx(1) <> -1 And newx(2) <> -1 And newx(23) <> -1 And newy(1) <> -1 And newy(2)
And newy(23) <> -1 Then
lh = distance(newx(1), newy(1), newx(2), newy(2), newx(23), newy(23))
k5 = lh
nang = Atn((newx(2) - newx(1)) / (newy(1) - newy(2)))
If newy(2) > newy(1) Then
  measurements.Line (newx(23), newy(23))-(newx(23) + lh * Cos(nang), newy(23) + lh *
  Sin(nang)), QBColor(15)
Else
  measurements.Line (newx(23), newy(23))-(newx(23) - lh * Cos(nang), newy(23) - lh *
  Sin(nang)), QBColor(15)
End If
End If
If newx(1) <> -1 And newx(2) <> -1 And newx(24) <> -1 And newy(1) <> -1 And newy(2)
And newy(24) <> -1 Then
lh = distance(newx(1), newy(1), newx(2), newy(2), newx(24), newy(24))
k6 = lh
nang = Atn((newx(2) - newx(1)) / (newy(1) - newy(2)))
If newy(2) > newy(1) Then
  measurements.Line (newx(24), newy(24))-(newx(24) + lh * Cos(nang), newy(24) + lh *
  Sin(nang)), QBColor(15)
Else
  measurements.Line (newx(24), newy(24))-(newx(24) - lh * Cos(nang), newy(24) - lh *
  Sin(nang)), QBColor(15)
End If
End If
If newx(25) <> -1 And newx(26) <> -1 And newy(25) <> -1 And newy(26) Then
measurements.Line (newx(25), newy(25))-(newx(26), newy(26)), QBColor(15)
End If
If newx(27) <> -1 And newx(28) <> -1 And newy(27) <> -1 And newy(28) Then
measurements.Line (newx(27), newy(27))-(newx(28), newy(28)), QBColor(15)
End If
If newx(29) <> -1 And newx(3) <> -1 And newy(29) <> -1 And newy(3) Then
measurements.Line (newx(29), newy(29))-(newx(3), newy(3)), QBColor(15)
End If
If newx(30) <> -1 And newx(4) <> -1 And newy(30) <> -1 And newy(4) Then
measurements.Line (newx(30), newy(30))-(newx(4), newy(4)), QBColor(15)
End If
If newx(32) <> -1 And newx(31) <> -1 And newy(32) <> -1 And newy(31) Then
measurements.Line (newx(32), newy(32))-(newx(31), newy(31)), QBColor(15)
End If
If newx(33) <> -1 And newx(34) <> -1 And newy(33) <> -1 And newy(34) Then
measurements.Line (newx(33), newy(33))-(newx(34), newy(34)), QBColor(15)
End If
If newx(35) <> -1 And newx(36) <> -1 And newy(35) <> -1 And newy(36) Then
measurements.Line (newx(35), newy(35))-(newx(36), newy(36)), QBColor(15)
End If
If newx(37) <> -1 And newx(37) <> -1 And newy(38) <> -1 And newy(38) Then
measurements.Line (newx(37), newy(37))-(newx(38), newy(38)), QBColor(15)
End If
If newx(39) <> -1 And newy(39) <> -1 Then
Circle (newx(39), newy(39)), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
Circle (newx(39), newy(39)), 10, QBColor(15)
PSet (newx(39), newy(39)), QBColor(15)
```

```
End If
If newx(40) <> -1 And newy(40) <> -1 Then
Circle (newx(40), newy(40)), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
Circle (newx(40), newy(40)), 10, QBColor(15)
PSet (newx(40), newy(40)), QBColor(15)
End If
If newx(41) <> -1 And newy(41) <> -1 Then
Circle (newx(41), newy(41)), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
Circle (newx(41), newy(41)), 10, QBColor(15)
PSet (newx(41), newy(41)), QBColor(15)
End If
If newx(42) <> -1 And newy(42) <> -1 Then
Circle (newx(42), newy(42)), rad, QBColor(15), 0, 2 * Pi, Ration
Circle (newx(42), newy(42)), 10, QBColor(15)
PSet (newx(42), newy(42)), QBColor(15)
End If
If newx(39) <> -1 And newy(39) <> -1 And newx(40) <> -1 And newy(40) <> -1 Then
measurements.Line (newx(39), newy(39))-(newx(40), newy(40)), QBColor(15)
End If
If newx(1) <> -1 And newy(1) <> -1 And newx(40) <> -1 And newy(40) <> -1 And newx(2)
<> -1 And newy(2) <> -1 Then
lh = distance(newx(1), newy(1), newx(2), newy(2), newx(40), newy(40))
nang = Atn((newx(2) - newx(1)) / (newy(1) - newy(2)))
If newy(2) > newy(1) Then
measurements.Line (newx(40), newy(40))-(newx(40) + lh * Cos(nang), newy(40) + lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k3x = newx(40) + lh * Cos(nang)
k3y = newy(40) + lh * Sin(nang)
Else
measurements.Line (newx(40), newy(40))-(newx(40) - lh * Cos(nang), newy(40) - lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k3x = newx(40) - lh * Cos(nang)
k3y = newy(40) - lh * Sin(nang)
End If
measurements.Line (newx(1), newy(1))-(newx(40), newy(40)), QBColor(15)
End If
If newx(41) <> -1 And newy(41) <> -1 And newx(42) <> -1 And newy(42) <> -1 Then
measurements.Line (newx(41), newy(41))-(newx(42), newy(42)), QBColor(15)
End If
If newx(1) <> -1 And newy(1) <> -1 And newx(42) <> -1 And newy(42) <> -1 And newx(2)
<> -1 And newy(2) <> -1 Then
lh = distance(newx(1), newy(1), newx(2), newy(2), newx(42), newy(42))
nang = Atn((newx(2) - newx(1)) / (newy(1) - newy(2)))
If newy(2) > newy(1) Then
measurements.Line (newx(42), newy(42))-(newx(42) + lh * Cos(nang), newy(42) + lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k4x = newx(42) + lh * Cos(nang)
k4y = newy(42) + lh * Sin(nang)
Else
measurements.Line (newx(42), newy(42))-(newx(42) - lh * Cos(nang), newy(42) - lh *
Sin(nang)), QBColor(15)
k4x = newx(42) - lh * Cos(nang)
k4y = newy(42) - lh * Sin(nang)
End If
```

```
End If
If newx(42) <> -1 And newy(42) <> -1 And newx(2) <> -1 And newy(2) <> -1 Then
measurements.Line (newx(2), newy(2))-(newx(42), newy(42)), QBColor(15)
End If
End Sub
Sub HL(com As CommandButton)
Command1.BackColor = &H8000000F
Command2.BackColor = &H8000000F
Command3.BackColor = &H8000000F
Command4.BackColor = &H8000000F
Command5.BackColor = &H8000000F
Command6.BackColor = &H8000000F
Command7.BackColor = &H8000000F
Command8.BackColor = &H8000000F
Command9.BackColor = &H8000000F
Command10.BackColor = &H8000000F
Command11.BackColor = &H8000000F
Command12.BackColor = &H8000000F
com.BackColor = RGB(0, 0, 255)
End Sub
```

#### 8. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ AREA (res1)

```
Private Sub exp_Click()
If per = 3 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Dim CurrentCell As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("F2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res1.surf.Text
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
Me.Hide
End Sub
```

#### 9. ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ SURFACE (res10)

```
Private Sub exp_Click()
If per = 13 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Dim CurrentCell As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("I2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res10.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
```

```
Me.Hide  
End Sub
```

#### 10. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ AX (res2)

```
Private Sub exp_Click()  
Me.Hide  
End Sub
```

#### 11. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ LINE (res3)

```
Private Sub exp_Click()  
If epiphys = 2 Then  
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")  
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")  
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)  
Dim CurrentCell As Excel.Range  
Set CurrentCell = oSheet.Range("E2")  
Do Until (CurrentCell.Value = "")  
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)  
Loop  
CurrentCell.Value = res3.Label3.Caption  
oBook.Save  
oExcel.Quit  
End If  
If per = 5 Then  
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")  
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")  
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)  
Dim CurrentCellb As Excel.Range  
Set CurrentCell = oSheet.Range("D2")  
Do Until (CurrentCell.Value = "")  
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)  
Loop  
Set CurrentCellb = oSheet.Range("E2")  
Do Until (CurrentCellb.Value = "")  
Set CurrentCellb = CurrentCellb.Offset(1, 0)  
Loop  
CurrentCell.Value = res3.Label3.Caption  
CurrentCellb.Value = res3.Label4.Caption  
oBook.Save  
oExcel.Quit  
End If  
If per = 8 Then  
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")  
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")  
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)  
Set CurrentCell = oSheet.Range("G2")  
Do Until (CurrentCell.Value = "")  
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)  
Loop  
CurrentCell.Value = res3.Label3.Caption  
oBook.Save  
oExcel.Quit  
End If  
Me.Hide
```

End Sub

## 12. ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ CIRCLE (res4)

```
Private Sub exp_Click()
If per = 10 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Dim CurrentCellb As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("R2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
Set CurrentCellb = oSheet.Range("S2")
Do Until (CurrentCellb.Value = "")
Set CurrentCellb = CurrentCellb.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res4.Label5.Caption + "/" + res4.Label6.Caption
CurrentCellb.Value = res4.Label4.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 11 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("T2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
Set CurrentCellb = oSheet.Range("U2")
Do Until (CurrentCellb.Value = "")
Set CurrentCellb = CurrentCellb.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res4.Label5.Caption + "/" + res4.Label6.Caption
CurrentCellb.Value = res4.Label4.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
Me.Hide
End Sub
```

## 13. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ANGLE (res5)

```
Private Sub exp_Click()
If epiphys = 3 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)
Dim CurrentCell As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("F2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
```

```
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 1 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("P2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 14 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("H2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 6 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("Q2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 12 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("V2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If blou = 1 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\\database.xlsx")
```



```
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(3)
Set CurrentCell = oSheet.Range("D2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If blou = 2 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(3)
Set CurrentCell = oSheet.Range("E2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res5.Label1.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
Me.Hide
End Sub
```

#### 14. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ DISTANCE OF CENTERS (res6)

```
Private Sub exp_Click()
If per = 2 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Dim CurrentCell As Excel.Range
Dim CurrentCellb As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("J2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
Set CurrentCellb = oSheet.Range("K2")
Do Until (CurrentCellb.Value = "")
Set CurrentCellb = CurrentCellb.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res6.Label1.Caption
CurrentCellb.Value = res6.Label4.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
Me.Hide
End Sub
```

#### 15. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ DISTANCE RESULTS (res7)

```
Private Sub exp_Click()
If epiphys = 1 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
```

```
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)
Dim CurrentCell As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("D2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res7.Label3.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 9 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("L2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res7.Label3.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 4 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("M2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res7.Label3.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If per = 7 Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Set CurrentCell = oSheet.Range("O2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = res7.Label3.Caption
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
Me.Hide
End Sub
```

#### **16. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ POINT RESULTS (res8)**

```
Private Sub exp_Click()
Me.Hide
End Sub
```

**17. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ RATIO (res9)**

```
Private Sub exp_Click()  
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")  
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")  
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)  
If epiphys = 4 Then  
Dim CurrentCell As Excel.Range  
Set CurrentCell = oSheet.Range("G2")  
Do Until (CurrentCell.Value = "")  
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)  
Loop  
CurrentCell.Value = res9.Label17.Caption  
oBook.Save  
oExcel.Quit  
End If  
Me.Hide  
End Sub
```

**18. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ DISTANCE RATIO (threepoint)**

```
Private Sub Command1_Click()  
Me.Hide  
End Sub  
Private Sub exp_Click()  
mind = 13  
End Sub  
Private Sub exp2_Click()  
mind = 14  
End Sub  
Private Sub exp3_Click()  
mind = 15  
End Sub
```

**19. ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ (twosurf)**

```
Private Sub Command1_Click()  
Me.Hide  
res10.Show  
End Sub  
Private Sub exp_Click()  
AutoRedraw = True  
num = Val(InputBox$("Insert number of pixels:(1..50)"))  
mcount = 1  
mind = 18  
End Sub  
Private Sub exp2_Click()  
AutoRedraw = True  
num = Val(InputBox$("Insert number of pixels:(1..50)"))  
mcount = 1  
mind = 19  
End Sub
```

**20. ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ (patient)**

```
Private Sub exp_Click()  
If (Form1.sel_disease.ListIndex = 0) Then
```

```
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(2)
Dim CurrentCell As Excel.Range
Dim CurrentCell2 As Excel.Range
Dim CurrentCell3 As Excel.Range
Set CurrentCell = oSheet.Range("A2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = patient.regnum.Text
Set CurrentCell3 = oSheet.Range("C2")
Do Until (CurrentCell3.Value = "")
Set CurrentCell3 = CurrentCell3.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell3.Value = patient.patage.Text
Set CurrentCell2 = oSheet.Range("B2")
Do Until (CurrentCell2.Value = "")
Set CurrentCell2 = CurrentCell2.Offset(1, 0)
Loop
If male.Value = True Then
CurrentCell2.Value = "M"
Else: CurrentCell2.Value = "F"
End If
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If (Form1.sel_disease.ListIndex = 1) Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(3)
Set CurrentCell = oSheet.Range("A2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = patient.regnum.Text
Set CurrentCell3 = oSheet.Range("C2")
Do Until (CurrentCell3.Value = "")
Set CurrentCell3 = CurrentCell3.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell3.Value = patient.patage.Text
Set CurrentCell2 = oSheet.Range("B2")
Do Until (CurrentCell2.Value = "")
Set CurrentCell2 = CurrentCell2.Offset(1, 0)
Loop
If male.Value = True Then
CurrentCell2.Value = "M"
Else: CurrentCell2.Value = "F"
End If
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
If (Form1.sel_disease.ListIndex = 2) Then
Set oExcel = CreateObject("Excel.Application")
```

```
Set oBook = oExcel.Workbooks.Open(CurDir() & "\database.xlsx")
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)
Set CurrentCell = oSheet.Range("A2")
Do Until (CurrentCell.Value = "")
Set CurrentCell = CurrentCell.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell.Value = patient.regnum.Text
Set CurrentCell3 = oSheet.Range("C2")
Do Until (CurrentCell3.Value = "")
Set CurrentCell3 = CurrentCell3.Offset(1, 0)
Loop
CurrentCell3.Value = patient.patage.Text
Set CurrentCell2 = oSheet.Range("B2")
Do Until (CurrentCell2.Value = "")
Set CurrentCell2 = CurrentCell2.Offset(1, 0)
Loop
If male.Value = True Then
CurrentCell2.Value = "M"
Else: CurrentCell2.Value = "F"
End If
oBook.Save
oExcel.Quit
End If
Me.Hide
End Sub
```

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αλέξανδρου Π. Σάββα : «ΕΠΙΤΟΜΗ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΚΑΙ ΑΤΛΑΣ», ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ ΑΦΩΝ ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ – ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, σελ. 81-97, 126-131, 136-146
- [2] H. Ellis : «ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ», ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΡ. ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΣ – ΑΘΗΝΑ, σελ. 273-276, 284-287
- [3] R. A. Denham: «HIP MECHANICS» - Lately Senior Registrar, Rowley Bristow Orthopedic Hospital, Pyrford, and St Peter's Hospital, Chertsey, August 1959 Portsmouth, England
- [4] Andrew Edward Anderson: «COMPUTATIONAL MODELING OF HIP JOINT MECHANICS» - dissertation submitted to the faculty of the University of Utah in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Bioengineering, April 2007, σελ. 35-42
- [5] Ν. Μουραβλιάνσκι: «ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΟΣΤΕΟΧΟΝΔΡΙΤΙΔΑ ΤΟΥ ΙΣΧΙΟΥ» - σελ. 10-16, ΑΘΗΝΑ 1996
- [6] Nihat Ozkaya, Margareta Nordin, Dawn Leger: «FUNDAMENTALS OF BIOMECHANICS: EQUILIBRIUM, MOTION AND DEFORMATION» - Springer Science&Business Media Inc., 1999
- [7] Otto C. Brantigan, Allen F. Voshell: «MECHANICS OF THE LIGAMENT AND MENISCI OF THE KNEE JOINT» - J Bone Joint Surg Am 1941; 23: 44-66
- [8] John J. Callaghan: «THE ADULT KNEE» - chapter 9: Biomechanics of the Knee by Allan F. Tencer, pg.123-128, ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2003
- [9] Bernhard J. Tins and Victor N. Cassar-Pullicino: «IMAGING OF THE HIP AND BONY PELVIS - chapter 12: SLIPPED UPPER FEMORAL EPIPHYSIS» - SPRINGER EDITIONS, σελ. 173-193 (2006)
- [10] AH Crawford: «SLIPPED CAPITAL FEMORAL EPIPHYSIS»- J Bone Joint Surg Am. 1988; 70:1422-1427

[11] DW Boyer, MR Mickelson and IV Ponseti: «SLIPPED CAPITAL FEMORAL EPIPHYSIS. LONG-TERM FOLLOW-UP STUDY OF ONE HUNDRED AND TWENTY-ONE PATIENTS» - J Bone Joint Surg Am. 1981; 63:85-95.

[12] ET O'Brien and JJ Fahey: «REMODELING OF THE FEMORAL NECK AFTER IN SITU PINNING FOR SLIPPED CAPITAL FEMORAL EPIPHYSIS» - J Bone Joint Surg Am. 1977; 59:62-68.

[13] C. B. Schofield, J. G. Smibert: «TROCHANTERIC GROWTH DISTURBANCE AFTER UPPER FEMORAL OSTEOTOMY FOR CONGENITAL DISLOCATION OF THE HIP» - From Queen Mary's Hospital for Children, Carshalton, 1989, British Editorial Society of Bone and Joint Surgery

[14] Neville B. Wright: «IMAGING OF THE HIP AND BONY PELVIS - chapter 11: PERTHES' DISEASE» - SPRINGER EDITIONS, σελ. 158-170 (2006)

[15] Manfred Nelitz, Sabine Lippacher, Rüdiger Krauspe, Heiko Reichel: «REVIEW ARTICLE: PERTHES DISEASE - CURRENT PRINCIPLES OF DIAGNOSIS AND TREATMENT» Deutsches Ärzteblatt International 2009; 106(31–32): 517–23

[16] George H. Thompson, Robert B. Salter: «LEGG - CALVE - PERTHES DISEASE» - Clinical Symposia CIBA, Volume 38, Number 1, 1986

[17] E.W. Somerville: «PERTHES' DISEASE OF THE HIP» - VOL. 53 B, NO. 4, NOVEMBER 1971, OXFORD, ENGLAND

[18] A. Catterall: «THE NATURAL HISTORY OF PERTHES' DISEASE» - VOL.53 B, NO.1, 1971

[19] D.H. Gershuni, A. Axer and D. Hendel: «ARTHROGRAPHIC FINDINGS IN LEGG-CALVE-PERTHES DISEASE AND TRANSIENT SYNOVITIS OF THE HIP» J Bone Joint Surg Am. 1978; 60:457-464

[20] Niels Egund Hans Wingstrand: «LEGG-CALVE- PERTHES' DISEASE: IMAGING WITH MRI»- Department of Radiology and the Department of Orthopedics, Odense, Denmark and University Hospital, Lund, Sweden 1989

[21] Cees F. A. Bos, Johan L. Bloem, Rolf M. Bloem: «SEQUENTIAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN PERTHES' DISEASE» - From the University Hospital, Leiden 1991 British Editorial Society of Bone and Joint Surgery

[22] Tohru Futami, Yoshitaka Kasahara, Shigeo Suzuki, Shigeo Ushikubo, Takayuki Tsuchiya: «ULTRASONOGRAPHY IN TRANSIENT SYNOVITIS AND EARLY PERTHES' DISEASE»- From the Medical Centre for Children, Shiga, Japan, 1991 British Editorial Society of Bone and Joint Surgery

[23] PV Scoles, YS Yoon, JT Makley and A Kalamchi: «NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN LEGG-CALVE-PERTHES DISEASE» - J Bone Joint Surg Am. 1984; 66:1357-1363

[24] C.F.Smith: «TIBIA VARA (BLOUNT'S DISEASE)» - J Bone Joint Surg Am 1982; 64: 630-632

[25] eOrthopod: «BLOUNT DISEASE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS» - Medical Multimedia Group ([www.eorthopod.com](http://www.eorthopod.com))

[26] W.B. Greene: «INFANTILE TIBIA VARA» - J Bone Joint Surg Am 1993; 75: 130-143

[27] Jugesh Cheema, H. Theodore Harcke: «BLOUNT DISEASE» - Web MD, Medscape's Continually Updated Clinical Reference

[28] Jan S. Tecklin: «PEDIATRIC PHYSICAL THERAPY» - Lippincott Williams & Wilkins, 4<sup>th</sup> Edition (2008), Walters Kluwer Health business, ed. The Point, USA, pg.442-444

[29] Pentti Salenius, Eila Vankka: «THE DEVELOPMENT OF TIBIOFEMORAL ANGLE IN CHILDREN» - J Bone Joint Surg Am 1975; 57: 259-261

[30] Frederic Shapiro: «PEDIATRIC ORTHOPEDIC DEFORMITIES: BASIC SCIENCE, DIAGNOSIS AND TREATMENT» - ed.2001, Academic Press, pg. 482-489



[31] M.D. Feldman, P.L. Schoenecker: «USE OF THE METAPHYSEAL-DIAPHYSEAL ANGLE IN THE EVALUATION OF BOWED LEGS» - J Bone Joint Surg Am 1993; 75: 1602-1609

[32] Serra J. P.: «IMAGE ANALYSIS AND MATHEMATICAL MORPHOLOGY» - Academic Press, London, 1982.

[33] Haralick R. Zhuang X., Sternberg S.: «IMAGE ANALYSIS USING MATHEMATICAL MORPHOLOGY» - IEEE trans. on Acoustic, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-37, n0 12, pp. 2067-2089, December 1989.

[34] Giardina R.G., Dougherty E. R.: «MORPHOLOGICAL METHODS IN IMAGE ANALYSIS AND SIGNAL PROCESSING» - Prentice Hall, Englemood Cliffs, New Jersey, 1988.

[35] Maragos P., Schafer R. W.: «MORPHOLOGICAL METHODS FOR MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING» - Proceedings of the IEEE, vol. 78, n0 4, pp.690-710, april 1990.

[36] Sternberg S. R., Serra J. P.: «SPECIAL SECTION ON MATHEMATICAL MORPHOLOGY» - Computer Vision, Graphics and Image Processing, vol. 35, no. 3, pp. 279-305, September 1986.