



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΑΤΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΕΓΓΥΣ ΜΗΡΙΑΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΥΛΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ
ΕΝΔΟΜΥΕΛΙΚΩΝ ΗΛΩΝ**

ΙΩΣΗΦ ΔΟΥΡΟΥΝΤΑΚΗΣ

ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2016



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΑΤΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΕΓΓΥΣ ΜΗΡΙΑΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΥΛΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ
ΕΝΔΟΜΥΕΛΙΚΩΝ ΗΛΩΝ**

**ΙΩΣΗΦ ΔΟΥΡΟΥΝΤΑΚΗΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2016

«Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος)».

Ημερομηνία αίτησης του κ. Ιωσήφ Δουρουντάκη: 15-6-2007

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 612^α/12-7-2007

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων

Ξενάκης Θεόδωρος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη

Μέγας Παναγιώτης Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Πατρών

Ρήγας Κωνσταντίνος Επίκουρος Καθηγητής Ιατρικής Φυσικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 26-5-2008

«Μελέτη συσχέτισης των γεωμετρικών και ανατομικών παραμέτρων του εγγύς μηριαίου για τον προσδιορισμό της πύλης εισόδου ενδομυελικών ήλων»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 781^α/29-9-2015

| | |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Γεωργούλης Αναστάσιος | Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. |
| Κορομπίλιας Αναστάσιος | Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. |
| Μέγας Παναγιώτης | Καθηγητής Ορθοπαιδικής και Τραυματολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Πατρών. |
| Ξενάκης Θεόδωρος | Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. |
| Τζαφλίδου Μαργαρίτα | Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. |
| Γελαλής Ιωάννης | Επίκουρος Καθηγητής Οροπαιδικής με έμφαση στη Χειρουργική Σπονδυλικής Στήλης και Επανορθωτική Χειρουργική Ενηλίκων του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων |
| Ρήγα Κωνσταντίνο | Επίκουρο Καθηγητή Ιατρικής Φυσικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. |

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις **15-12-2015**

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Μηνάς Πασχόπουλος

Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας

Η Γραμματέας του Τμήματος

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΙΤΟΠΟΥΛΟΥ



Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στον κ. Γ.Αναστόπουλο, Διευθυντή Α'Ορθοπαιδικής κλινικής του νοσοκομείου «Γ. Γεννηματάς», εκφράζω τις βαθύτατες ευχαριστίες μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή του σε όλα τα στάδια αυτής της προσπάθειας, από τη σύλληψη της ιδέας μέχρι και τη συγγραφή του τελικού κειμένου.

Στον κ. Ε.Α.Μαγνήσαλη, εμπιομηχανικό, εκφράζω βαθιά ευγνωμοσύνη για την διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της εργασίας, την στατιστική ανάλυση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Στον κ. Θ.Ξενάκη, καθηγητή Ορθοπαιδικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, ευχαριστώ θερμά για την ανάθεση της παρούσας διατριβής και για την επεξεργασία του τελικού κειμένου.

Τους αγαπητούς συναδέλφους και φίλους ορθοπαιδικούς κ.Δ.Χισσα και κ.Π.Νταγιόπουλο, ευχαριστώ για την ουσιαστική βοήθεια και συμβολή τους στη δημοσίευση της πειραματικής αυτής εργασίας.

Περιεχόμενα

| | | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Κεφάλαιο 1. | Στοιχεία ανατομικής του εγγύς μηριαίου | 5 |
| Κεφάλαιο 2. | Ιστορία των ηλώσεων | 11 |
| Κεφάλαιο 3. | Εμβιομηχανική της ενδομυελικής ήλωσης..... | 15 |
| Κεφάλαιο 4. | Ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση καταγμάτων μηριαίου | 21 |
| Κεφάλαιο 5. | Ενδομυελική ήλωση σε ανοικτά κατάγματα μηριαίου..... | 35 |
| Κεφάλαιο 6. | Ενδομυελική ήλωση στον πολυτραυματία | 37 |
| Κεφάλαιο 7. | Διάσταση απόψεων στην βιβλιογραφία σχετικά με το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση | 39 |
| Κεφάλαιο 8. | Ειδικό μέρος | 51 |
| | Υλικό και μέθοδος..... | 53 |
| Κεφάλαιο 9. | Αποτελέσματα | 63 |
| Κεφάλαιο 10. | Συζήτηση-συμπεράσματα..... | 73 |
| Περίληψη | | 79 |
| Summary | | 81 |
| Βιβλιογραφία | | 83 |

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1^ο

Στοιχεία ανατομικής του εγγύς μηριαίου

Πριν την αναλυτική παρουσίαση του γενικού και ειδικού μέρους είναι απαραίτητη η συνοπτική αναφορά ορισμένων στοιχείων ανατομικής του ισχίου και του εγγύς μηριαίου^{1,2,4-6}.

Οστά

Ο πυελικός δακτύλιος σχηματίζεται από τα δύο ανώνυμα οστά, τα οποία αρθρώνονται με το ιερό οστόν. Κάθε ανώνυμο οστόν αποτελείται από τρία συνοστεωμένα οστά: το λαγόνιο, το ισχιακό και το ηβικό οστόν. Το λαγόνιο οστό έχει δύο σημαντικές πρόσθιες προβολές: την πρόσθια άνω και την πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα. Η πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα είναι ψηλαφητή στο έξω άκρο του βουβωνικού συνδέσμου και από αυτήν εκφύονται ο ραπτικός, ο εγκάρσιος κοιλιακός και ο έσω λοξός κοιλιακός μυς. Η πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα προέχει λιγότερο και αποτελεί τη θέση έκφυσης της ευθείας κεφαλής του ορθού μηριαίου και του λαγονομηριαίου συνδέσμου του ισχίου (συνδεσμος Υ του Bigelow). Το φύμα της λαγονοκτενιαίας γραμμής προέχει προς τα εμπρός και αποτελεί το σημείο συνοστεώσης του λαγονίου με το ηβικό οστόν. Ο τένοντας του λαγονοψοϊτή μυός διέρχεται μέσω μιας αύλακας η οποία σχηματίζεται μεταξύ του φύματος της λαγονοκτενιαίας γραμμής και της πρόσθιας-κάτω λαγόνιας άκανθας. Η κοτύλη παρουσιάζει πρόσθια απόκλιση 15^ο και πλάγια κλίση 45^ο. Το άνω άκρο του μηριαίου αποτελείται από την μηριαία κεφαλή, τον αυχένα, τον μείζονα και τον ελάσσονα τροχαντήρα. Ο αυχένας του μηριαίου παρουσιάζει πρόσθια απόκλιση (anteversion) περίπου 14^ο με το επίπεδο των μηριαίων κονδύλων. Η αυχενομηριαία γωνία είναι φυσιολογικά στον ενήλικα κατά μέσο όρο 127^ο και στα βρέφη 150^ο. Όταν η γωνία αυτή είναι μικρότερη περίπου από 120^ο το ισχίο είναι ραιβό (coxa vara) και όταν είναι μεγαλύτερη περίπου από 130^ο το ισχίο είναι βλαισό (coxa valga)^{1,2}.

Ο μείζων τροχαντήρας δεν έχει χαρακτηριστική κορυφή και είναι τραπεζοειδούς μορφής¹³¹. Το οπίσθιο άνω όριο της πλάγιας επιφάνειάς του είναι ελαφρώς υψηλότερα από το πρόσθιο άνω όριό του. Ο μείζων γλουτιαίος φέρει ρομβοειδή κατάφυση στο πλάγιο τμήμα του τροχαντήρα, με κατεύθυνση από άνω οπισθία προς κάτω πρόσθια. Ο αποιεϊδής

μυς βρίσκεται σε στενή σχέση με το οπίσθιο όριο του μείζονος γλουτιαίου. Ο τένοντας του έσω θυροειδούς μυός βρίσκεται σε γωνία περίπου 90° σε σχέση με τον άξονα του μηριαίου και εφάπτεται με τον τένοντα του απιοειδούς στο πρόσθιο τμήμα του κεντρικού μηριαίου⁴³. Το βοθρίο του απιοειδούς (piriformis fossa) είναι ένα εξωθυλακικό αβαθές εντύπωμα στην κορυφή του μείζονος τροχαντήρα και αποτελεί το σημείο κατάφυσης του αντιστοίχου μυός. Πρόσφατη μελέτη σε πτωματικά μηριαία ορίζει την θέση του, περίπου 2 cm από το εγγύτερο πρόσθιο όριο του μείζονος τροχαντήρα⁴³. Αντίστοιχα το βοθρίο του τροχαντήρα (trochanteric fossa) αποτελεί εξωαρθρικό βαθύ εντύπωμα στη κεντρική και οπίσθια επιφάνεια του μείζονος τροχαντήρα στο σημείο εισόδου του έξω θυροειδούς³. Συνιστά εύκολα αναγνωρίσιμο ψηλαφητό ανατομικό σημείο που ονομάζεται και digital fossa (Εικόνα 1).

Αρθρώσεις - Σύνδεσμοι

Η άρθρωση του ισχίου είναι σφαιροειδής διάρθρωση που ενώνει την κοτύλη με την μηριαία κεφαλή. Η αρθρική κοιλότητα της κοτύλης γίνεται βαθύτερη με τον επιχείλιο χόνδρο της κοτύλης. Ο αρθρικός θύλακος στην πρόσθια επιφάνεια εκτείνεται κατά μήκος του αυχένα του μηριαίου μέχρι την πρόσθια μεσοτροχαντήρια γραμμή. Στην οπίσθια επιφάνεια ο αρθρικός θυλακός εκτείνεται μόνο μερικώς αφήνοντας εξωθυλακικά την βασηοαυχενική και τη διατροχαντήρια χώρα. Στην πρόσθια επιφάνεια ο αρθρικός θυλακός ενισχύεται από 3 συνδέσμους. Ο λαγονομηριαίος είναι ο ισχυρότερος σύνδεσμος του σώματος και συνδέει την πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα με την πρόσθια μεσοτροχαντήρια γραμμή σχηματίζοντας ανεστραμμένο «Υ» και περιορίζει την έκταση και την έξω στροφή. Ο ισχιομηριαίος και ο ηβομηριαίος είναι ασθενέστεροι αλλά προσδίδουν επιπλέον σταθερότητα. Εντός της άρθρωσης προσφύεται στην κορυφή της κοτυλιαίας εντομής και στο βοθρίο της μηριαίας κεφαλής ο στρογγύλος σύνδεσμος της μηριαίας κεφαλής, ο οποίος είναι τριγωνική επίπεδη δέσμη. Μέσω αυτού πορεύεται ο αρτηριακός κλάδος του οπισθίου κλάδου της θυροειδούς αρτηρίας που είναι λιγότερο σημαντικός στους ενήλικες. Η ιερολαγόνια άρθρωση αποτελεί ολισθαίνουσα άρθρωση που σταθεροποιείται από τρεις ομάδες συνδέσμων: τον οπίσθιο, τον πρόσθιο και το μεσόστεο ιερολαγόνιο σύνδεσμο. Η ηβική σύμφυση συνδέει τις δύο ημιπύελους στον πρόσθιο πυελικό δακτύλιο και περιλαμβάνει τον άνω και κάτω ηβικό σύνδεσμο και ένα ινοχόνδρινο δισκο^{1,2,4}.

Άλλοι σημαντικοί σύνδεσμοι είναι ο μείζων και ο έλασσον ισχιοϊερός σύνδεσμος, οι οποίοι οριοθετούν το μείζον και το έλασσον ισχιακό τρήμα. Ο έλασσον ισχιοϊερός σύνδεσμος (πρόσθια επιφάνεια του ιερού οστού και έλασσων ισχιακή εντομή) αποτελεί το

κάτω όριο του μείζονος ισχιακού τμήματος και το άνω όριο του ελάσσονος ισχιακού τμήματος. Το κάτω όριο του ελάσσονος ισχιακού τμήματος οριοθετείται απο τον μείζον ισchioϊερό σύνδεσμο (πρόσθια επιφάνεια ιερού οστού και ισχιακό κύρτωμα). Από το μείζον ισχιακό τμήμα διέρχονται ο αποιοειδής μυς, το ισχιακό νεύρο και άλλες σημαντικές ανατομικές δομές που εξέρχονται απο την πύελο. Οι βραχείς έξω στροφείς μύες του ισχίου εξέρχονται από το έλασσον ισχιακό τμήμα της πυέλου^{1,2}.

Μύες

Οι κύριοι καμπτήρες μύες του ισχίου είναι ο λαγονοψοϊτης, ο ορθός μηριαίος και ο ραπτικός μυς. Οι κύριοι εκτεινόντες μύες του ισχίου είναι ο μείζον γλουτιαίος, ο ημιτενοντώδης, ο ημιϋμενώδης και η μακρά κεφαλή του δικεφάλου μηριαίου μυός. Η απαγωγή του ισχίου γίνεται απο τον μέσο και τον ελάσσονα γλουτιαίο μυ. Όταν το ισχίο βρίσκεται σε κάμψη ο τείνων την πλατιά περιτονία μυς συμμετέχει επικουρικά. Η προσαγωγή του ισχίου γίνεται κυρίως με την ενέργεια του κτενίτη, του ισχνού, του βραχέος, του μακρού και του μείζονος προσαγωγού μυός. Η έξω στροφή του ισχίου γίνεται με την ενέργεια του έσω και έξω θυρεοειδούς, του άνω και του κάτω διδύμου, του τετράγωνου μηριαίου και του αποιοειδούς μυός. Η έσω στροφή γίνεται με την δευτερογενή ενέργεια των προσθίων μυϊκών ινών του μέσου και του ελάσσονος γλουτιαίου, του τείνοντος την πλατιά περιτονία, του ημιϋμενώδους, του ημιτενοντώδους, του κτενίτη και των οπισθίων ινών του μείζονος προσαγωγού^{1,3,5,6} (Εικόνα 3,4).

Νεύρα

Το οσφυοϊερό πλέγμα σχηματίζεται απο τους πρωτεύοντες κλάδους των Θ12 ως Ι3 νωτιαίων νεύρων πίσω από τον ψοϊτη μυ. Το ισχιακό νεύρο (Ο4-Ι3) αποτελείται από την κνημιαία μοίρα (πρόσθια και έσω) και την περνιαία μοίρα (έξω). Αυτή η διάταξη του στο χώρο το κάνει πλέον ευάλωτο σε πιθανές ιατρογενείς κακώσεις όπως πχ σε ολική αρθροπλαστική ισχίου².

Ανατομικές σχέσεις στο χώρο

Το αιδοιομηριαίο νεύρο διαπερνά και στη συνέχεια πορεύεται στην πρόσθια-έσω επιφάνεια του ψοϊτη μυός. Το μηριαίο νεύρο πορεύεται μεταξύ του λαγονίου και ψοϊτη μυός. Όλα τα σημαντικά νεύρα του ισχίου εξέρχονται απο την πύελο δια του μείζονος ισχιακού τμήματος. Το σημείο αναφοράς του ισχιακού νεύρου και όλων των σχετιζόμενων ανατομικών δομών στην περιοχή του ισχίου είναι ο αποιοειδής μυς. Το άνω γλουτιαίο

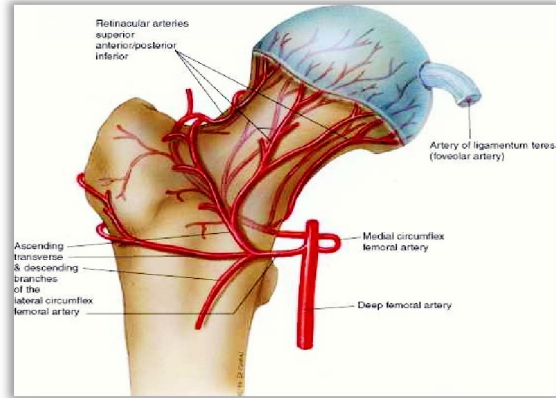
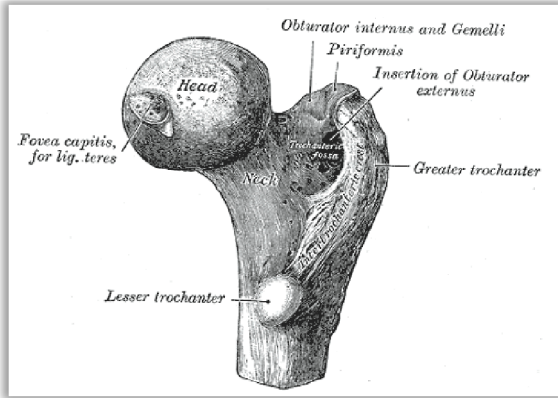
νεύρο και η αρτηρία εξέρχονται πάνω από τον απιοειδή μυ, ενώ όλα τα υπόλοιπα νεύρα του οσφυοϊερού πλέγματος εξέρχονται κάτω από τον απιοειδή μυ (από έξω προς τα έσω: αιδιοϊκό, νεύρο του έσω θυρεοειδούς, οπίσθιο μηροδερματικό, ισχιακό, κάτω γλουτιαίο και νεύρο για τον τετράγωνο μηριαίο μυ). Τα μεγάλα αγγεία και νεύρα εισέρχονται στον μηρό (στο μηριαίο τρίγωνο) κάτω από τον βουβωνικό σύνδεσμο. Τα όρια του μηριαίου τριγώνου είναι επί τα εκτός ο ραπτικός, επί τα εντός ο κτενίτης, και προς τα άνω ο βουβωνικός σύνδεσμος. Εντός του τριγώνου πορεύονται από έξω προς τα έσω, το μηριαίο νεύρο, η αρτηρία και η φλέβα και το έδαφος του αποτελούν από έσω προς τα έξω ο λαγόνιος, ο ψοίτης, ο κτενίτης και ο μακρός προσαγωγός. Το μηριαίο νεύρο πορεύεται μεταξύ του λαγονίου και του ψοίτη και χορηγεί κλάδους στους μυς, στο υπερκείμενο δέρμα και στην άρθρωση του ισχίου. Το θυρεοειδές νεύρο εξέρχεται από την πύελο δια του θυρεοειδούς τρήματος, μέσα στο οποίο διαιρείται σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο. Ο πρόσθιος κλάδος συνεχίζει προς τα εμπρός στον έξω θυροειδή και προς τα πίσω στον κτενίτη νευρώνοντας το μακρό, τον βραχύ και τον ισχνό προσαγωγό. Ο οπίσθιος κλάδος διανέμεται στον έξω θυροειδή, τον βραχύ και μείζονα προσαγωγό και χορηγεί κλάδους στην άρθρωση του γόνατος¹.

Αγγεία

Η κοιλιακή αορτή χωρίζεται στις κοινές λαγόνιες αρτηρίες στο ύψος του Ο4 σπονδύλου. Τα κοινά λαγόνια αγγεία διχάζονται σε έσω και έξω στο ύψος του ΙΙ σπονδύλου. Σημαντικοί κλάδοι της έσω λαγόνιας είναι η θυροειδής αρτηρία (ο οπίσθιος κλάδος της οποίας αιματώνει δια του εγκαρσίου συνδέσμου την μηριαία κεφαλή), η άνω γλουτιαία αρτηρία, η κάτω γλουτιαία αρτηρία (αιματώνει τον μείζονα γλουτιαίο και τους βραχείς έξω στροφείς του ισχίου) και η έσω αιδιοϊκή αρτηρία (η οποία επανεισέρχεται στην πύελο δια του ελάσσονος ισχιακού τρήματος). Η έξω λαγόνια πορεύεται κάτω από τον βουβωνικό σύνδεσμο όπου μεταπίπτει στη μηριαία αρτηρία. Η μηριαία αρτηρία πορεύεται εντός του μηριαίου τριγώνου όπου χορηγεί την εν τω βάθει μηριαία αρτηρία (παρέχει αιμάτωση στην πρόσθια-έσω επιφάνεια του μηρού) και τις διατιτρώσες αρτηρίες. Οι διατιτρώσες αρτηρίες διαπερνούν το έξω μεσομύιο διάφραγμα και αιματώνουν τον έξω πλατύ μηριαίο μυ. Επιπλέον η εν τω βάθει μηριαία αρτηρία έχει άλλους δύο σημαντικούς κλάδους: την έσω και την έξω περισπωμένη μηριαία αρτηρία^{1,2,6}.

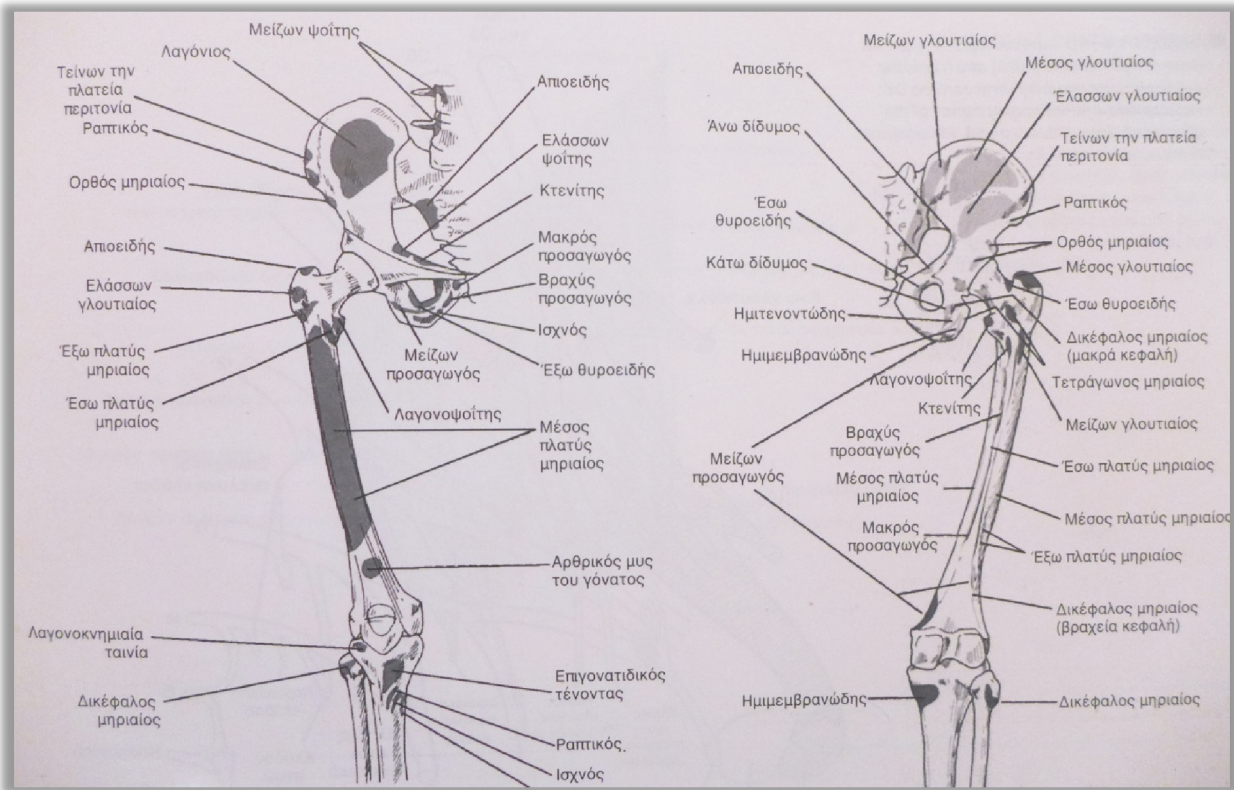
Η έξω περισπωμένη μηριαία αρτηρία πορεύεται λοξά και εν τω βάθει του ραπτικού και του ορθού μηριαίου μυός και χορηγεί έναν ανιόντα και ένα κατιόντα κλάδο. Η έσω

περισπωμένη αρτηρία παρέχει το μεγαλύτερο μέρος της αιμάτωσης της μηριαίας κεφαλής και πορεύεται μεταξύ του μείζονος και βραχέου προσαγωγού μυός. Η σταυροειδής αναστόμωση σχηματίζεται στο κάτω όριο του τετραγώνου μηριαίου μυός από την συμβολή του ανιόντα κλάδου της πρώτης διατιτρώσας αρτηρίας, τον κατιόντα κλάδο της κάτω γλουτιαίας αρτηρίας και των εγκάρσιων κλάδων της έσω και έξω περισπωμένης αρτηρίας^{2,4,6} (Εικόνα 2).



Εικόνα 1:Εγγύς μηριαίο. Ανατομικές θέσεις (αριστερά) (Gray’s Anatomy 40th Ed)

Εικόνα 2:Αιμάτωση μηριαίας κεφαλής (δεξιά) (Netter’s Atlas of Human Anatomy 5thEd)



Εικόνα 3.Εκφύσεις και καταφύσεις των μυών της πρόσθιας (αριστερά) και της οπίσθιας (δεξιά) επιφάνειας του μηρού (Miller’s Orthopedic Review 5thEd)

| Μύες | Έκφυση | Κατάφυση | Νεύρωση | Νευροτόμιο |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|
| Καμπτήρες | | | | |
| Λαγόνιος | Λαγόνιος βόθρος | Έλασσων τροχαντήρας | Μηριαίο | O2-O4 (οπίσθιες) |
| Ψοίτης | Εγκάρσιες αποφύσεις O1-O5 | Έλασσων τροχαντήρας | Μηριαίο | O2-O4 (οπίσθιες) |
| Κτενίτης | Κτενιαία ακρολοφία ηβικού οστού | Κτενιαία γραμμή μηριαίου οστού | Μηριαίο | O2-O4 (οπίσθιες) |
| Ορθός μηριαίος | Πρόσθια-κάτω λαγόνια άκανθα, οφρύς της κοτύλης | Επιγονατίδα και κνημιαίο κύρτωμα | Μηριαίο | O2-O4 (οπίσθιες) |
| Ραπτικός | Πρόσθια-άνω λαγόνια άκανθα | Άνω-έσω επιφάνεια κνήμης (χήνιους πους) | Μηριαίο | O2-O4 (οπίσθιες) |
| Προσαγωγοί | | | | |
| Μείζων προσαγωγός | Κάτω επιφάνεια ηβικού κλάδου και ισχιακό κύρτωμα | Τραχεία γραμμή και φύμα του μείζονος απαγωγού μυός | Θυροειδές (οπίσθιος κλάδος) και ισχιακό (κνημιαίο) | O2-O4 (πρόσθιες) |
| Βραχύς προσαγωγός | Κάτω επιφάνεια ηβικού κλάδου | Τραχεία γραμμή και κτενιαία γραμμή | Θυροειδές (οπίσθιος κλάδος) | O2-O4 (πρόσθιες) |
| Μακρός προσαγωγός | Πρόσθια επιφάνεια ηβικού κλάδου | Τραχεία γραμμή | Θυροειδές (πρόσθιος κλάδος) | O2-O4 (πρόσθιες) |
| Ισχνός | Κάτω επιφάνεια ηβικής σύμφυσης | Άνω-έσω επιφάνεια της κνήμης (χήνιους πους) | Θυροειδές (πρόσθιος κλάδος) | O2-O4 (πρόσθιες) |
| Έξω στροφείς | | | | |
| Μείζων γλουτιαίος | Λαγόνιο, οπίσθια γλουτιαία γραμμή | Λαγονοκνημιαία ταινία, γλουτιαίο φύμα (μηριαίο οστού) | Κάτω γλουτιαίο | O5-I2 (οπίσθιες) |
| Απιοειδής | Πρόσθια επιφάνεια ιερού οστού και ισχιακή εντομή | Απιοειδές βοθρίο | Νεύρο του απιοειδούς | I1-I2 (οπίσθιες) |
| Έξω θυροειδής | Ηβοισχιακός κλάδος, θυροειδής υμένιας | Μείζων τροχαντήρας | Θυροειδές | O2-O4 (πρόσθιες) |
| Έσω θυροειδής | Ηβοισχιακός κλάδος, θυροειδής υμένιας | Έσω επιφάνεια του μείζονα τροχαντήρα | Νεύρο του έσω θυροειδούς | O5-I2 (πρόσθιες) |
| Άνω δίδυμος | Έξω επιφάνεια ισχιακής άκανθας | Έσω επιφάνεια του μείζονα τροχαντήρα | Νεύρο του έσω θυροειδούς | O5-I2 (πρόσθιες) |
| Κάτω δίδυμος | Ισχιακό κύρτωμα | Έσω επιφάνεια του μείζονα τροχαντήρα | Νεύρο του τετράγωνου μηριαίου | O4-I1 (πρόσθιες) |
| Τετράγωνος μηριαίος | Ισχιακό κύρτωμα | Οπίσθια μεσοτροχαντήρια γραμμή | Νεύρο του τετράγωνου μηριαίου | O4-I1 (πρόσθιες) |
| Απαγωγοί | | | | |
| Μέσος γλουτιαίος | Λαγόνιο οστό, μεταξύ οπίσθιας και πρόσθιας γλουτιαίας γραμμής | Μείζων τροχαντήρας | Άνω γλουτιαίο | O4-I1 (οπίσθιες) |
| Ελάσσων γλουτιαίος | Λαγόνιο οστό, μεταξύ οπίσθιας και πρόσθιας γλουτιαίας γραμμής | Πρόσθια επιφάνεια του μείζονα τροχαντήρα | Άνω γλουτιαίο | O4-I1 (οπίσθιες) |
| Τείνων την πλατεία | Πρόσθιο άκρο λαγόνιας ακρολο- | Λαγονοκνημιαία ταινία | Άνω γλουτιαίο | O4-I1 (οπίσθιες) |

Εικόνα 4: Μύες ισχίου και εγγύς μηριαίου (Miller's Orthopedic Review 5thEd)

Κεφάλαιο 2^ο

Ιστορία Ηλώσεων

Η ενδομυελική ήλωση έχει μακρά ιστορία στη θεραπευτική αντιμετώπιση καταγμάτων και ψευδαρθρώσεων των μακρών οστών. Αντιμετωπίστηκε με μεγάλο σκεπτικισμό τόσο στην Ευρώπη όσο και στη Βόρειο Αμερική στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα. Στα επόμενα χρόνια όμως, η ενδομυελική ήλωση των καταγμάτων των μακρών οστών έφερε επανάσταση στην αντιμετώπιση κυρίως του πολυτραυματία για να αποτελεί σήμερα τον κανόνα στην θεραπευτική αντιμετώπιση των περισσότερων διαφυσιακών καταγμάτων των κάτω άκρων.

Ως πρώτη αναφορά χρήσης ενδομυελικής ήλωσης θεωρείται η καταγραφή από τον Bernardino de Sahagun, ανθρωπολόγο του 16ου αιώνα ο οποίος ταξίδεψε στο Μεξικό με συνοδεία του Hernando Cortes, όπου παρακολούθησε Αζτέκους γιατρούς να τοποθετούν ξύλινες ράβδους στον αυλό ασθενών με ψευδάρθρωση μακρών οστών⁷.

Από τα μέσα του 18ου αιώνα μέχρι την πρώτη δεκαετία του 1900 οι περισσότερες αναφορές στην ενδομυελική ήλωση των ψευδαρθρώσεων φαίνεται να περιστρέφονται γύρω από τη χρήση ελεφαντοστού (ivory pegs), καθώς όπως καταγράφεται στη Γερμανική βιβλιογραφία είχε παρατηρηθεί ότι σε σύγκριση με μεταλλικά εμφυτεύματα τα οποία καλύπτονται από ινώδη ιστό το ελεφαντοστόν απορροφάται στο ανθρώπινο σώμα⁸. Στη δεκαετία του 1890 καταγράφεται από τον Gluck η πρώτη περιγραφή μιας ασφαλιζόμενης ενδομυελικής ήλωσης, που αποτελείται από ενδομυελικό ήλο από ελεφαντοστόν με οπές στα άκρα, δια των οποίων μπορούσαν να περάσουν βελόνες από ελεφαντοστόν⁹.

Περίπου την ίδια χρονική περίοδο, ο Nikolaysen στη Νορβηγία αναλύει τις εμβιομηχανικές αρχές της ενδομυελικής ήλωσης στη θεραπεία των καταγμάτων του εγγύς μηριαίου, θεωρώντας ότι το μήκος των ενδομυελικών εμφυτευμάτων θα πρέπει να μεγιστοποιηθεί για καλύτερα εμβιομηχανικά πλεονεκτήματα¹⁰.

Το 1917 ο Hoglund από τις ΗΠΑ αναφέρει τη χρήση αυτογενούς οστού ως ενδομυελικό υλικό και περιγράφει μια τεχνική κατά την οποία αφαιρεί επίμηκες τεμάχιο οστικού φλοιού το οποίο στη συνέχεια θα τοποθετηθεί στη μυελική κοιλότητα στην περιοχή του κατάγματος¹¹.

Στο Βέλγιο το 1907 ο Lambotte οστεοσυνθέτει κάταγμα κλείδας με μεταλλικό ήλο, αργότερα παρουσιάζει για πρώτη φορά στη Société Belge de Chirurgie τη χρήση επιμήκων

ανοξειδωτων ήλων για την αντιμετώπιση παρεκτοπισμένων καταγμάτων και στα επόμενα χρόνια προχωρεί σε οστεοσυνθέσεις καταγμάτων βραχιονίου, αντιβραχίου, μετακαρπίων και φαλαγγών όπως επίσης και υποτροχαντηρίων χρησιμοποιώντας ήλο μήκους 13cm¹².

Το 1931 όταν ο Smith-Petersen αναφέρει την επιτυχή εφαρμογή ήλων από ανοξειδωτο χάλυβα (stainless steel) για τη αντιμετώπιση καταγμάτων του μηριαίου αυχένα και έκτοτε η χρήση μεταλλικών ενδομυελικών εμφυτευμάτων αρχίζει να εφαρμόζεται ευρέως¹³.

Παράλληλα, στις ΗΠΑ οι Rush και Rush το 1937 και 1939 περιγράφουν τη χρήση βελονών Steinman ενδομυελικά για τη θεραπεία καταγμάτων του εγγύς πέρατος της ωλένης και του μηριαίου¹⁴, ενώ στην Αγγλία το 1940 ο Λαμπρινούδης παρουσιάζει τη χρήση Kirschner wires για την αντιμετώπιση καταγμάτων μηριαίου και αντιβραχίου η οποία ωστόσο δεν γίνεται αποδεκτή¹⁵.

Την περίοδο αυτή εμφανίζεται ο Gerhard Küntscher (1900-1972), ο οποίος είναι αδιαμφισβήτητα ο θεμελιωτής της ενδομυελικής ήλωσης στη σύγχρονη μορφή της. Το μεγάλο ενδιαφέρον του για την ενδομυελική τεχνική φαίνεται από τις εργασίες του με τον ήλο Smith-Petersen στην αντιμετώπιση των καταγμάτων του αυχένα του μηριαίου. Ο Küntscher πιστεύει ότι οι ίδιες βασικές επιστημονικές αρχές μπορούν επίσης να εφαρμοσθούν στην αντιμετώπιση των διαφυσσιακών καταγμάτων. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του “marrow nail” πραγματοποιεί μελέτες σε πτώματα και ζώα. Ο πρωτότυπος ενδομυελικός ήλος που κατασκευάζει είναι ευθύς και ορθόδρομος από ανοξειδωτο χάλυβα^{16,17}. Ο Küntscher το 1940 στον 64ο τόμο του περιοδικού Deutsche Gesellschaft für Chirurgie περιγράφει πρώτος τη χρήση ήλου σχήματος V με τη σκέψη πως ο ήλος θα λειτουργήσει σαν εσωτερικός νάρθηκας δημιουργώντας ελαστική ένωση με το εσωτερικό της μυελικής κοιλότητας. Από τα πρώτα στάδια της εξέλιξης αυτής της τεχνικής πρότεινε την εισαγωγή του ήλου εξ' αποστάσεως από την εστία του κατάγματος, έτσι ώστε να αποφεύγεται κάθε επέμβαση στην περιοχή της κάκωσης. Για την ανάταξη διεγχειρητικά χρησιμοποιεί αρκετούς επιδέσμους, ενώ για την απεικόνιση του οστού χρησιμοποιεί ακτινοσκόπηση. Ο Küntscher θεωρεί ότι η ορθή εισαγωγή του ήλου του θα επιτρέψει την άμεση λειτουργική κινητοποίηση του ασθενούς^{16,17}.

Ωστόσο η αρχική μελέτη του Küntscher δεν έγινε αποδεκτή στη Γερμανία και στις αρχές του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου στάλθηκε στη Φινλανδία. Εκεί δημοσίευσε το 1947 τα αποτελέσματα της χρήσης ήλου σχήματος V σε 105 ασθενείς με κατάγματα και ψευδαρθρώσεις σε συνεργασία με Φινλανδούς χειρουργούς¹⁸. Από τα τέλη της δεκαετίας

του 40 όμως ο Küntscher εγκατέληψε τη χρήση του ήλου σχήματος V και σχεδίασε τον αυλοφόρο τριφυλλοειδούς διατομής ήλο με οπίσθια επιμήκη εντομή (cloverleaf nail). Η λογική του σχεδιασμού αυτού στηριζόταν στο ότι ο αυλοφόρος ήλος παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στην κάμψη σε σχέση με τον συμπαγή και ότι στην αντοχή αυτή συμβάλλουν και το τριφυλλοειδές σχήμα με την οπίσθια εντομή.

Κατά τη διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου στις ΗΠΑ η μέθοδος ήταν ουσιαστικά άγνωστη. Η χρήση του ήλου Küntscher περιγράφεται για πρώτη φορά σε άρθρο του περιοδικού Time τον Μάρτιο του 1945 με τίτλο "Amazing Thighbone", όπου αναφέρεται η δυσπιστία που επέδειξαν οι Αμερικανοί χειρουργοί όταν ανακάλυψαν μεταλλικούς ήλους εμφυτευμένους σε Αμερικανούς στρατιώτες από Γερμανούς γιατρούς. Στη δεκαετία του 40, είχαν εμφανισθεί διάφοροι σχεδιασμοί ενδομυελικών ήλων και υπάρχουν αναφορές για τη χρήση ήλων σχήματος U και V^{19,20}. Παράδειγμα τέτοιου σχεδίου ήταν ο ήλος Hansen-Street που παρουσιάστηκε στις ΗΠΑ το 1947. Ήταν συμπαγής ήλος σχήματος διαμαντιού, σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να προβάλλει αντίσταση στη στροφή του κατάγματος δια της συμπιεστικής προσαρμογής με το σπογγώδες οστό. Η αρχική τοποθέτηση των ήλων αυτών γινόταν με την κλειστή μέθοδο με σκοπό την αποφυγή του υψηλού ποσοστού λοίμωξης. Ωστόσο, με τη χρήση της πενικιλίνης, ο Street τη μετέτρεψε σε ανοικτή ανάστροφη ενδομυελική ήλωση για να περιορίσει την έκθεση σε ακτινοβολία²¹.

Το 1950 εμφανίστηκαν και εξελίχτηκαν δύο σημαντικές αλλαγές τεχνικής, ο γλυφανισμός και οι βίδες ασφάλισης. Από το 1942 ο Fisher είχε αναφέρει τη χρήση ενδομυελικών γλυφάνων για αύξηση της επιφάνειας επαφής μεταξύ ήλου και οστού με σκοπό την αύξηση της σταθερότητας του κατάγματος και κατ' επεκταση την ευόδωση της πόρωσης. Ωστόσο, χρειάστηκε μια ακόμη δεκαετία με την εισαγωγή των εύκαμπτων γλυφάνων από τον Küntscher για την επικράτηση της τεχνικής. Ο Fisher θεωρούσε επίσης ότι ο γλυφανισμός σε συνδυασμό με μεγαλύτερης διαμέτρου ήλο θα ενίσχυε τη σταθερότητα των καταγμάτων αυξάνοντας την επιφάνεια επαφής και πως παρά το γεγονός ότι αυτή η τεχνική θα διетάρασε την ενδομυελική αγγειακή παροχή, το περισσότερο με τους περιβάλλοντες ιστούς θα προήγαγαν επαρκή παραγωγή οστού για την πόρωση²². Περίπου 30 χρόνια μετά, το 1973, οι Rhinelanders και Nelson απέδειξαν ότι η βλάβη στην ενδομυελική αγγείωση είναι παροδική²³.

Οι βίδες ασφάλισης πρωτοεμφανίστηκαν στη δεκαετία του 50 για ενίσχυση της σταθερότητας. Το 1953 οι Modny και Bambara εφήυραν τον ενδομυελικό ήλο transfixion,

ο οποίος ήταν χιαστού σχήματος, με πολλαπλές οπές κατά μήκος του ήλου ο οποίος και επέτρεπε την τοποθέτηση των βιδών σε 90° μεταξύ τους²⁴. Σε μεταγενέστερη μελέτη το 1986 οι Modny και Lewert ανέφεραν εξαιρετικά αποτελέσματα με τον ήλο αυτό σε πλήθος 261 καταγμάτων μηριαίου²⁵.

Στη δεκαετία του 60 πρωτοεμφανίζονται οι κεφαλομυελικοί (cephalomedullary) ήλοι, με αποκορύφωμα τον ήλο Zickel το 1967. Ο ήλος Zickel έφερε οπή στο κεντρικό τμήμα του έτσι ώστε ένας δεύτερος ήλος να δύναται να τοποθετηθεί από τον έξω φλοιό στο κεντρικό μηριαίο μέσα στον αυχένα και την κεφαλή. Ακολούθως ο χειρουργός εισήγαγε μια βίδα ασφάλισης, η οποία εξακολουθεί να υπάρχει και στους σύγχρονους ήλους, από το κεντρικό τμήμα του ήλου για στροφική σταθερότητα του αυχένα και της κεφαλής²⁶.

Το 1964 ο Küntscher σχεδιάζει τον Y-nail. Η ανάπτυξη της ακτινοσκόπησης που μείωσε τους κινδύνους τόσο για τον ασθενή όσο και τον χειρουργό, αύξησε το ενδιαφέρον των χειρουργών για τις κλειστές τεχνικές. Ο γλυφανισμός αποκτούσε όλο και περισσότερο ενδιαφέρον στις ηλώσεις κλειστών καταγμάτων, ενώ ηλώσεις χωρίς γλυφανισμό πραγματοποιούνταν μόνο στα ανοικτά κατάγματα. Ο τύπος του ήλου που επικράτησε σ' αυτήν την περίοδο (AO και Grosse-Kempf), ήταν ο ασφαλιζόμενος αυλοφόρος ήλος τριφυλλοειδούς διατομής με οπίσθια επιμήκη σχισμή και καμπύλος (δηλ. ανατομικός) για το μηριαίο²⁷.

Στις τελευταίες δεκαετίες συνεχίζεται η πρόοδος αλλά και ο προβληματισμός ως προς το υλικό κατασκευής και το σχεδιασμό και κυρίως αφ' ενός στους νέους ήλους από τιτάνιο, το Gamma-nail και τους ανάστροφους ήλους για τα υπερκονδύλια κατάγματα μηριαίου, και αφ' ετέρου στους εκπτυσσόμενους ήλους. Η σημαντικότερη πρόοδος αφορά την επέκταση των χειρουργικών ενδείξεων του γλυφανισμού καθώς και την χρήση της ενδομυελικής ήλωσης σε περιαρθρικά και ακόμη και ενδαρθρικά κατάγματα^{28,29}.

Χαρακτηριστικό ενδιαφέρον παραμένει σε σχέση με τα σκόπευτρα περιφερικής στόχευσης που σκοπό έχουν να μειώσουν και τον χειρουργικό χρόνο, αλλά κυρίως την επιβάρυνση της χειρουργικής ομάδας από την ακτινοβολία, όπως επίσης και με τα διαφορετικά βιοϋλικά και βιολογικούς παράγοντες που θα προάγουν την πόρωση.

Κεφάλαιο 3^ο

Εμβιομηχανική της ενδομυελικής ήλωσης

Για να γίνει κατανοητή η αποτελεσματικότητα των ήλων στην αντιμετώπιση των καταγμάτων του μηριαίου είναι σημαντικό να περιγραφούν οι ιδιότητες τους και οι παράγοντες που τους επηρεάζουν³⁰.

Δυσκαμψία (Stiffness):

Ο βαθμός αντίστασης στην απόκλιση από τον άξονα του υλικού.

Ελαστικότητα (Elasticity):

Ελαστικότητα είναι η δυνατότητα ενός υλικού να επανέλθει στο αρχικό του σχήμα μετά την διακοπή της φόρτισης που έχει εφαρμοστεί και είναι το αντίθετο της δυσκαμψίας.

Πλαστικότητα (Plasticity):

Είναι η ιδιότητα ενός υλικού να προσλαμβάνει νέο σχήμα χωρίς να οδηγείται σε θραύση και να διατηρεί αυτό το σχήμα και μετά την διακοπή της φόρτισης.

Ευθραυστότητα (Brittleness):

Είναι το αντίθετο της πλαστικότητας. Όταν ένα υλικό έχει μεγάλη ευθραυστότητα τότε υπό δεδομένη φόρτιση υφίσταται θραύση έχοντας υποστεί μικρή ή και καθόλου πλαστική παραμόρφωση.

Δυσκαμψία άξονος (Shaft Stiffness):

Ένα αντικείμενο που δέχεται στροφικές φορτίσεις (στρέψη) δρα σαν άξονας. Η στροφική δυσκαμψία ενός άξονα εξαρτάται από το είδος του υλικού (π.χ. χάλυβας ή τιτάνιο) και εκφράζεται:

1. Από την απόλυτη διατμητική ελαστικότητα (Shear modulus of elasticity) του υλικού,
2. Από το σχήμα του άξονος που περιγράφεται από τη πολική ροπή αδρανείας (Polar moment of inertia) της διατομής του και
3. Από το μήκος του.

Απόλυτη διατμητική ελαστικότητα (Shear modulus of elasticity):

Αναφέρεται στο υλικό και χαρακτηρίζει την ελαστικότητά του όταν ασκείται διατμητική δύναμη.

Θραύση υλικού:

Ένα υλικό μπορεί να υποστεί θραύση με δύο τρόπους:

1. Μετά από εφαρμογή φόρτισης μίας φοράς. Καθορίζεται από την αντοχή (Strength) του αντικειμένου που βρίσκεται σε φόρτιση και που υπόκειται σε πλαστική παραμόρφωση χωρίς όμως να οδηγηθεί σε θραύση.
2. Μετά από καταπόνηση, δηλαδή μετά από την εφαρμογή μίας φόρτισης (μικρότερης από τη φόρτιση θραύσεως) κατ'επανάληψη και αυτό καθορίζεται από την αντοχή σε καταπόνηση (Fatigue Strength) του υλικού.

Εμβιομηχανική:

Η **στροφική δυσκαμψία** του ήλου εξαρτάται από:

1. Το υλικό κατασκευής (ο χάλυβας πιο δύσκαμπτος από το τιτάνιο).
2. Τη διάμετρο του ήλου. Αυξανόμενη της διαμέτρου αυξάνει η δυσκαμψία του ήλου.
3. Το πάχος του τοιχώματος του ήλου. Όταν αυξάνεται το πάχος αυξάνει η δυσκαμψία του ήλου.
4. Την εγκάρσια διατομή. Οι συμπαγείς ήλοι είναι πιο δύσκαμπτοι από τους αυλοφόρους, και μεταξύ των αυλοφόρων ήλων, οι ήλοι κλειστής διατομής είναι πιο δύσκαμπτοι από τους ήλους ανοικτής διατομής. Η διαφορά στη στροφική δυσκαμψία μεταξύ ήλου ανοικτής και ήλου κλειστής διατομής, με την προϋπόθεση ότι οι άλλες παράμετροι είναι ίδιες, είναι σημαντική. Συγκεκριμένα για τους ήλους του μηριαίου η σχέση αυτή είναι 1/30. Ο ήλος είναι πιο ισχυρός από τις πλάκες, με δυνατότητα να φέρει μεγάλα φορτία μέχρι και 3.5 φορές το βάρος του σώματος. Επειδή ο ήλος τοποθετείται ενδοαυλικά, ο επιμήκης άξονας του ήλου και ο άξονας που δέχεται το βάρος σχεδόν συμπίπτουν, οπότε ο μοχλοβραχίονας είναι σχεδόν μηδενικός³⁰. Οι ενδομυελικοί ήλοι δρούν ως κεντρικοί διανομείς και διαμοιράζουν και κατανέμουν αρμονικά τα φορτία κατά μήκος όλου του οστού.

Οι **μηχανικές ιδιότητες** των ήλων εξαρτώνται από:

1. Διάμετρο. Μεγαλύτερη διάμετρος σημαίνει μεγαλύτερη αντοχή και δυσκαμψία
2. Πάχος τοιχώματος.
Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή.
3. Εγκάρσια διατομή. Το σχήμα της εγκάρσιας διατομής θα επηρεάσει την επιφάνεια επαφής. Η ανοιχτή διατομή προσδίδει στον ήλο μεγαλύτερη ελαστικότητα, μικρότερη αντοχή και στροφική παραμόρφωση ενώ η κλειστή διατομή κάνει τον ήλο πιο δύσκαμπο και λιγότερο ελαστικό.

Υλικό κατασκευής:

Υπάρχουν τριών ειδών υλικά κατασκευής:

A) Ήλοι κράματος τιτανίου (Titanium alloy)

B) Ήλοι από ανοξείδωτο χάλυβα (Stainless steel) και

Γ) Ήλοι από κράμα χρωμίου-κοβαλτίου (Cobalt-Chrome alloys).

Το τιτάνιο έχει την μισή ελαστικότητα από τον ανοξείδωτο χάλυβα (316L-Stainless Steel), και για τον λόγο αυτό η ελαστικότητα του τιτανίου προσομοιώνει καλύτερα αυτή του οστού. Το τιτάνιο επίσης υπερτερεί σε αντοχή καταπόνησης (fatigue strength) όπως και στον τομέα της βιοιστοσυμβατότητας αλλά μειονεκτεί σε στροφική ακαμψία. Οι απόλυτες αντοχές μεταξύ των ήλων από χάλυβα και τιτάνιο, είναι παρεμφερείς. Τέλος, οι ήλοι από τιτάνιο έχουν μεγαλύτερο κόστος συγκριτικά με τους ήλους από χάλυβα³¹.

Κλινική πράξη:

Οι ενδομυελικοί ήλοι παρέχουν σχετική σταθερότητα. Στην εστία του κατάγματος παρατηρείται μικροκίνηση, και ακόμη και στην στατική ήλωση, υφίσταται ελεγχόμενη κίνηση, κατ'επέκταση με την ενδομυελική ήλωση δεν επιτυγχάνεται πρωτογενής αλλά δευτερογενής πόρωση του κατάγματος.

Επίσης σημαντική παραμετρος στην τελική θεραπεία με ενδομυελική ήλωση αποτελεί το λειτουργικό μήκος (working length) του ήλου. Ως λειτουργικό μήκος στην ασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση ορίζεται ο λόγος του μήκους του ήλου μεταξύ του περιφερικού και κεντρικού κλειδώματος (κόκκινη αγκύλη) προς το μήκος της οστικής βλάβης (κίτρινη αγκύλη). Όσο μεγαλύτερη η συντριβή τόσο μεγαλύτερο το μήκος της οστικής βλάβης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος του λειτουργικού μήκους (working length), (κόκκινη αγκύλη) προς την περιοχή συντριβής (κίτρινη αγκύλη) τόσο πιο σταθερή είναι η οστεοσύνθεση και τόσο περισσότερες οι πιθανότητες πόρωσης του κατάγματος (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Λειτουργικό μήκος στην κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση

Οι τύποι της ήλωσης είναι:

Δυναμική ήλωση κατά την οποία πραγματοποιείται ασφάλιση του ενός μόνο άκρου (κεντρικού ή περιφερικού). Η δυναμοποίηση του ήλου περιλαμβάνει την αφαίρεση του κλειδούμενου κοχλία που βρίσκεται μακρύτερα από την περιοχή του κατάγματος^{33,34}. Έτσι παρατηρείται αύξηση των φορτίων στην καταγματική εστία κατά τη φόρτιση, συνεπώς ταχύτερη πώρωση, όμως υπάρχει στροφική αστάθεια και πιθανότητα βράχυνσης³².

Στατική ήλωση (ασφαλιζόμενη) κατά την οποία πραγματοποιείται όταν εκτελείται τόσο κεντρική, όσο και περιφερική ασφάλιση. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται μέγιστη σταθερότητα και καλύπτονται όλοι οι τύποι καταγμάτων ακόμα και των παθολογικών. Σε ενδεχόμενη καθυστερημένη πώρωση, η στατική ήλωση μετατρέπεται σε δυναμική^{32, 33,34}.

Οι ενδομυελικοί ήλοι επιτυγχάνουν πώρωση τις περισσότερες φορές αλλά όχι πάντα. Ο ήλος μπορεί να αποτύχει (θραύση υλικού) όταν η πώρωση καθυστερεί ή όταν αναπτύσσεται ψευδάρθρωση. Οι μη ασφαλιζόμενοι ήλοι αποτυγχάνουν είτε στην περιοχή του κατάγματος είτε στις οπές εισαγωγής των βιδών. Οι ασφαλιζόμενοι ήλοι μπορούν να υποστούν κάταγμα στις περιοχές των βιδών και μάλιστα συχνότερα στην κεντρική βίδα της περιφερικής ασφάλισης. Επιπλέον μπορεί να προκύψει θραύση των βιδών χωρίς θραύση του ήλου.

Συμπερασματικά, ο ιδανικός κλειδούμενος ενδομυελικός ήλος θα πρέπει να έχει αρκετή αντοχή ώστε να επιτρέπει την πλήρη ανεμπόδιστη επαφή με το μηριαίο κατά την πώρωση του κατάγματος εμποδίζοντας έτσι σημαντική μείωση του μήκους του και γωνιακή ή στροφική παραμόρφωση των καταγματικών τεμαχίων. Πρέπει να είναι τόσο άκαμπτος ώστε να αποτρέπεται υπερβολική μικροκίνηση στη περιοχή του κατάγματος, που μπορεί να εμποδίσει την πώρωση, αρκετά εύκαμπτος όμως ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο υποκλοπής φορτίων με το να επιτρέπει την ανάλογη μεταφορά φορτίου στο οστό. Οι ενδομυελικοί ήλοι που χρησιμοποιούνται στο μηριαίο λειτουργούν με μεταφορά φορτίων. Κάθε ήλος έχει υλικές και δομικές ιδιότητες, οι οποίες καθορίζουν την ευκολία τοποθέτησης, την αντοχή όπως και την κόπωσή του. Διάφορες μελέτες διαπιστώνουν αποδεδειγμένα ποσοστά πώρωσης 95% και με συγκεκριμένους ήλους ακόμα περισσότερο^{34,42}. Είναι σημαντικό ο χειρουργός να καταλάβει τις ιδιαιτερότητες (αντοχή, ακαμψία, καμπυλότητα) του χρησιμοποιούμενου ήλου. Περισσότερο άκαμπτοι ήλοι απαιτούν καλύτερη επιλογή σημείου εισόδου και περισσότερο γλυφανισμό ώστε να αποφευχθεί η συντριβή (bursting) του κεντρικού μηριαίου κατά την είσοδό τους. Η

καμπυλότητα του ήλου επηρεάζει το σημείο εισόδου ώστε να αποφευχθεί η συντριβή του αυλού του μηριαίου⁴³.

Οι ήλοι τιτανίου έχουν ελαστικότητα πλησιέστερα σε αυτή του φυσιολογικού φλοιού του οστού σε σχέση με τους ήλους από χάλυβα αλλά είναι πιο ευαίσθητοι σε σχηματισμό εγκοπών (notching), οι οποίες μπορεί να αυξήσουν την κόπωση του εμφυτεύματος⁴¹. Οι αυλοφόροι ήλοι είναι σημαντικά πιο άκαμπτοι σε στροφικές παραμορφώσεις σε σχέση με τους μη αυλοφόρους. Γενικά, η αντοχή του ήλου προδιαγράφει την διάρκεια ζωής του, ενώ η ακαμψία του δηλώνει την δύναμη που χρειάζεται για να τοποθετηθεί και το βαθμό μικροκίνησης του στην εστία του κατάγματος με φυσιολογικά φορτία⁴¹. Η αντοχή είναι ανάλογη της τρίτης δύναμης της διαμέτρου και η ακαμψία ανάλογη της τετάρτης δύναμης της διαμέτρου⁴¹. Οι σημερινοί κλειστής περιμέτρου (unslotted) ήλοι έχουν περίπου 75% της ευκαμψίας και 50 % της στροφικής ικανότητας ενός μηριαίου ενώ η αξονική τους αντοχή μέχρι την αποτυχία τους από 100% έως και 400% για έναν ενήλικα 70 kg⁴⁴.

Κεφάλαιο 4^ο

Ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση καταγμάτων μηριαίου

Τα κατάγματα του μακρύτερου και ισχυρότερου ανθρώπινου οστού αποτελούν πεδίο ενδιαφέροντος και πρόκλησης στη θεραπεία για τον χειρουργό τραύματος. Η επιδημιολογία και το ενδιαφέρον όσον αφορά στη θεραπεία τους επικεντρώνεται σε ασθενείς με μεμονωμένα κατάγματα μηριαίου, σε κατάγματα υψηλής βίας σε πολυτραυματίες που συνοδεύονται και από άλλες κακώσεις, και στα περιπροθετικά κατάγματα γύρω από αρθροπλαστική ισχίου και γόνατος.

Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη ταξινόμηση Winqvist αφορά σε 5 τύπους καταγμάτων ανάλογα με τη διάμετρο της συντριβής σχετιζόμενη με τη διάμετρο του αυλού. Στον τύπο I και II το κάταγμα διατηρεί φλοιώδη επαφή του περιφερικού και κεντρικού τεμαχίου περισσότερο από 50% επιτρέποντας έτσι έλεγχο του μήκους και της περιστροφής. Κατάγματα με συντριβή τύπου III έχουν φλοιώδη επαφή λιγότερο από 50% αλλά με αρκετό τμήμα άθικτου φλοιού ώστε να συντηρείται το μήκος του κατάγματος κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης χωρίς όμως ωστόσο να μπορεί να εξασφαλιστεί η διατήρηση της πιθανής στροφής ή παρεκτόπισης του. Αν συμβούν τα ανωτέρω μπορεί να χαθεί η φλοιώδης επαφή και να προκληθεί βράχυνση του μηριαίου. Ο σοβαρότερος τύπος κατάγματος IV αποκλείει κάθε είδους φλοιώδους επαφής του κεντρικού και περιφερικού καταγματικού τεμαχίου ώστε να μην μπορεί να αποφευχθεί η βράχυνση και η στροφική παραμόρφωση του μηριαίου³³.

Η αρχική και η τελική θεραπεία των καταγμάτων μηριαίου είναι η **κλειστή ορθόδρομη στατικά κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση με γλυφανισμό** και αποτελεί επέμβαση ρουτίνας στα μεγάλα ορθοπεδικά κέντρα^{34,35}. Η **ανάστροφη ήλωση μηριαίου** είναι μέθοδος αντιμετώπισης που ενδεικτικά εφαρμόζεται για διάφορους (κυρίως τεχνικούς) λόγους σε πολυτραυματίες, παχύσαρκους, εγγύους, με κάταγμα σύστοιχης κνήμης (floating knee) και στις περιπτώσεις ύπαρξης κατάγματος ή αποτυχίας υλικού στο ισχίο. Η **εξωτερική οστεοσύνθεση** αποτελεί προσωρινή μέθοδο ακινητοποίησης καταγμάτων μηριαίου σε πολυτραυματίες, σε περιπτώσεις αγγειακών κακώσεων και σοβαρών λοιμώξεων που θα πρέπει να μετατραπεί σε ενδομυελική ήλωση εντός πέντε ημερών έως δύο εβδομάδων για τη μείωση του κινδύνου λοίμωξης (pin-track infection). Επίσης η **ανοικτή ανάταξη και εσωτερική οστεοσύνθεση με πλάκα και βίδες** σε δύο

επίπεδα εφαρμόζεται σε περιπτώσεις περιπροθετικών καταγμάτων ισχίου Vancouver C, υπερκονδύλιων περιπροθετικών καταγμάτων όπου είναι αδύνατη η ενδομυελική ήλωση και στις σπάνιες (3% των καταγμάτων μηριαίου) περιπτώσεις με συνοδό κάταγμα του ισχίου^{33,36,37}.

Η αρχική αντιμετώπιση στο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών ενός νοσοκομείου περιλαμβάνει την προσωρινή σταθεροποίηση του κατάγματος με την εφαρμογή δερματικής έλξης 3-5 kg, σε περίπτωση άμεσης (εντός 24 ωρών από τον τραυματισμό) ενδομυελικής ήλωσης εφόσον η γενική κατάσταση της υγείας του ασθενούς το επιτρέπει (Total Early Care) και ταυτόχρονα τη θεραπεία σύμφωνα με τους κανόνες του ATLS, δηλ. τη γρήγορη ενδοφλέβια χορήγηση υγρών/κολλοειδών και αίματος για την αντιμετώπιση της επαπειλούμενης υποογκαιμικής καταπληξίας^{38,39}. Αν δεν δύναται να ακινητοποιηθεί το κάταγμα με δερματική έλξη είναι προτιμότερη η εφαρμογή εξωτερικής οστεοσύνθεσης. Αν επιλεγεί η προσωρινή ακινητοποίηση με σκελετική έλξη η τοποθέτηση των βελονών Steinmann πρέπει να γίνεται από το κνημιαίο κύρτωμα και όχι από τους μηριαίους κονδύλους λόγω του κινδύνου επέκτασης μιας πιθανής φλεγμονής εντός της άρθρωσης, επειδή η λανθασμένη αυτή τοποθέτηση θα παρεμποδίζει σημαντικά την εισαγωγή και το ακόλουθο περιφερικό κλείδωμα του ήλου. Στην περίπτωση της άμεσης ενδομυελικής ήλωσης, κατόπιν της εφαρμογής της δερματικής έλξης, είναι απαραίτητη η χορήγηση προφυλακτικής αντιμικροβιακής και αντιπηκτικής αγωγής όπως και αναλγητικών φαρμάκων σύμφωνα με τις υπάρχουσες περιεγχειρητικές οδηγίες⁴⁰.

Θέση του ασθενούς

Η θέση του ασθενούς επαφύεται στην ευχέρεια και την εξοικείωση του κάθε χειρουργού. Η ύπτια θέση που είναι και πλέον δημοφιλής επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση στον ασθενή από τον χειρουργό και τον αναισθησιολόγο, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό ειδικά σε ασθενείς με συνοδές θωρακικές ή κοιλιακές παθήσεις, κάκωση της σπονδυλικής στήλης, κατάγματα πυελικού δακτυλίου ή πολλαπλών καταγμάτων των άνω και κάτω άκρων. Στροφικές και γωνιακές παραμορφώσεις μπορούν ευκολότερα να διαπιστωθούν και να αποφευχθούν στην ύπτια θέση σε σχέση με την πλάγια. Το κύριο μειονέκτημα της ύπτιας θέσης είναι η αναγνώριση του ιδανικού σημείου εισόδου, επειδή οι γλουτιαίοι μύες και οι συνοδοί ιστοί στον κεντρική περιοχή του μηρού δυσχερύνουν την ψηλάφηση του μείζονος τροχαντήρα. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με προσαγωγή του ισχίου. Η πλάγια θέση, που αρχικά περιγράφηκε αναλυτικά από τον Küntscher, επιτρέπει εύκολη πρόσβαση στο

σημείο εισόδου του ήλου, αλλά μειονεκτεί στη δυσχερέστερη ακτινολογική απεικόνιση του εγγύς μηριαίου, στο δυσκολότερο χειρισμό του περιφερικού άκρου που μπορεί να βρίσκεται σε βλαισή θέση (η οποία μπορεί να αποτραπεί με σκελετική έλξη ή τοποθέτηση κάποιου στηρίγματος), στην πραγματοποίηση του περιφερικού κλειδώματος του ήλου και δύναται να προκαλέσει αναπνευστική δυσχέρεια λόγω πίεσης του ετερόπλευρου πνεύμονα όπως και σε εξαιρετικές περιπτώσεις σύνδρομο διαμερίσματος στο ετερόπλευρο κάτω άκρο^{45,46,47}.

Το πρώτο βήμα μετά την εισαγωγή σε γενική αναισθησία είναι η επιβεβαίωση της εύκολης και ικανοποιητικής πρόσβασης του ακτινολογικού μηχανήματος με τον ενισχυτή εικόνας σε όλα τα στάδια της επέμβασης. Για την εφαρμογή της συνεχούς διεγχειρητικής έλξης του κάτω άκρου προτιμάται η έλξη με περίδεση του άκρου ποδός σε μεταλλικό υπόδημα. Αποφεύγεται η υπερβολική έλξη για την αποφυγή κάκωσης του ισχιακού νεύρου. Το σύστοιχο ισχίο τοποθετείται στην πλαϊνή άκρη του τραπέζιου, ο κορμός κάμπτεται πλάγια προς την αντίθετη πλευρά και ο σύστοιχος βραχίονας ασφαρίζεται πάνω από το στήθος του ασθενή. Η λεκάνη του ασθενή τοποθετείται σε έκκεντρη θέση, ώστε ο στυλεός αντέλξεως να εφάπτεται με το αντίθετο ισχιακό κύρτωμα για να μειωθεί ο κίνδυνος πάρεσης του αιδουϊκού πλέγματος^{45,48}.

Ανάταξη του κατάγματος.

Προϋπόθεση για την έναρξη της κλειστής ενδομυελικής ήλωσης καταγμάτων μηριαίου είναι η επίτευξη ανάταξης. Πρέπει να εξαντληθεί κάθε προσπάθεια ανάταξης και να πραγματοποιηθεί έλεγχος της προσαγωγής και απαγωγής του μηριαίου ανάλογα με το επίπεδο του κατάγματος, έλεγχος της ουδέτερης στροφής με την ακτινολογική εμφάνιση του ελάσσονος τροχαντήρα και τη σύγκρισή του με τον ετερόπλευρο, με τη θέση της επιγονατίδας, και με την ίση διάμετρο του αυλού των δυο καταγματικών τεμαχίων, καθώς και αποφυγή υπερβολικής έλξης ως τον μοναδικό τρόπο ανάταξης υπερβολικά παρεκτοπισμένων καταγμάτων. Επίσης η κλειστή ανάταξη είναι σαφώς ευκολότερη αν πραγματοποιηθεί την ημέρα εισαγωγής του ασθενούς, παρά να επιλεγεί η επέμβαση σε μεταγενέστερο χρόνο μέχρι να υποχωρήσει το οίδημα των μαλακών μορίων και το αιμάτωμα, οπότε οι μύες της περιοχής θα έχουν ατροφήσει^{34,49,50-52}.

Όσο περιφερικότερα είναι ο εντοπισμός του κατάγματος η ανάταξη διευκολύνεται με προσαγωγή του κάτω άκρου επειδή ο λαγονογοϊτής τείνει να παρεκτοπίζει το κεντρικό

κάταγμα, και αντίστροφα, όσο κεντρικότερα βρίσκεται το κάταγμα, τόσο η συνηθέστερη θέση ανάταξης είναι με το άκρο σε ουδέτερη θέση^{34,49,50-52}.

Για την κλειστή ανάταξη μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέσα που περιλαμβάνουν απο βακτηρίες μέχρι επιθέματα και μηριαίους διατατήρες ανάλογα με την στροφική και γωνιακή παρεκτόπιση του κατάγματος. Επίσης η χρήση ενός ενδομυελικού οδηγού (Joy Stick) που τοποθετείται στο κεντρικό καταγματικό τεμάχιο διευκολύνει τον χειρισμό του σε διάφορες κατευθύνσεις εξασφαλίζοντας έτσι την ευκολότερη διέλευση του ενδομυελικού οδηγού^{33,34,53}. Έχει επίσης αναφερθεί και η χρήση «half pins» (βελόνες) που τοποθετούνται σε ένα φλοιό (κεντρικά ή πρόσθια), οι οποίες χειρίζονται με ειδικές λαβές τύπου T σε όλα τα επίπεδα αποτρέποντας έτσι τις τάσεις γωνίωσης και στροφής του κατάγματος⁵⁴. Ο χειρουργός μπορεί να προχωρήσει μετέπειτα σε ανοικτή ανάταξη αν αποτύχουν οι προαναφερθέντες χειρισμοί.

Το θέμα της επιλογής της πύλης εισόδου και η σχετική δάσταση απόψεων που υπάρχει στην βιβλιογραφία θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Χειρουργική τεχνική

Η χειρουργική τομή πραγματοποιείται αρχίζοντας περιπου 2cm κεντρικά του μείζονος τροχαντήρα και επεκτείνεται κεντρικότερα ανάλογα με το μέγεθος του ασθενούς. Κάμπτοντας την τομή λίγο οπίσθια σε αναλογία με την πρόσθια καμπυλότητα του μηριαίου βελτιώνεται η πρόσβαση σε ένα πιο ενδεδειγμένο σημείο εισόδου στο μηριαίο. Ο μείζων γλουτιαίος χωρίζεται παράλληλα με την δερματική τομή και διανοίγεται αμβλέως μέχρι να ψηλαφηθεί ο μείζων τροχαντήρας και κατ'επέκταση το φύμα του απιοειδούς⁵, επιτρέποντας έτσι την τοποθέτηση ενός οδηγού ή μίας βελόνας «Steinmann» ή ενός σουβλίου (awl) ανάλογα με την εξοικειωση του χειρουργού, για τη διεύρυνση του εγγύς μηριαίου. Στην συνέχεια εισάγεται ένα ελαφρά κυρτωμένο με ελαία σύρμα-οδηγός από το διευρυμένο εγγύς μηριαίο και διαμέσου του αναταγμένου κατάγματος προς το περιφερικό άκρο. Είναι απαραίτητη η κλινική και ακτινολογική επιβεβαίωση της θέσης του άκρου του οδηγού ακριβώς στο κέντρο των μηριαίων κονδύλων ώστε σε αντίθετη περίπτωση αυτό να επιτευχθεί με στροφή του οδηγού.

Ακολουθεί η εισαγωγή του μικρότερης διαμέτρου αυλοφόρου γλυφάνου (συνήθως 9mm) και η προώθησή του σε όλο το μήκος του μηριαίου γύρω από το σύρμα, διατηρώντας τον οδηγό-σύρμα στη θέση του και με ήπιες κινήσεις ο χειρουργός αυξάνει το μέγεθος του γλυφάνου (κατά 0,5cm) έως το σημείο που η ελαία του οδηγού τον

σταματά. Σε σημεία μεγάλης συντριβής ελαττώνεται η ταχύτητα περιστροφής του γλυφάνου και το τελευταίο προωθείται με ελεγχόμενη και την ελάχιστη απαιτούμενη δύναμη κατά μήκος του μηριαίου προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφική επιπλοκή της επέκτασης και «έκρηξης» του κατάγματος. Οι περισσότεροι κατασκευαστές ήλων συνιστούν (1-2)mm γλυφανισμό μεγαλύτερο από την διάμετρο του επιθυμητού ήλου ώστε να περιορίζεται η δύναμη που χρειάζεται για να εισαχθεί ο ήλος. Ο βαθμός του υπεργλυφανισμού καθορίζεται από την σχετική ακαμψία του ήλου. Πολλοί χειρουργοί επιλέγουν να μη γλυφανίζουν αρκετά και να εισάγουν κλειδούμενους, λεπτούς ήλους ώστε να αποφεύγονται πιθανές επιπλοκές από υπεργλυφανισμό προκειμένου να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερης διαμέτρου ισχυρός ήλος.

Οι πιθανές αρνητικές συνέπειες του γλυφανισμού περιλαμβάνουν την αυξημένη ενδοαυλική πίεση, την αυξημένη πίεση των πνευμονικών φλεβών, αυξημένη πιθανότητα λιπώδους εμβολής και πνευμονικής δυσλειτουργίας. Τα πιθανά πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την δυνατότητα τοποθέτησης μεγαλύτερου ήλου, την αυξημένη πιθανότητα πόρωσης του κατάγματος και μειωμένη πιθανότητα κόπωσης και καταστροφής του ήλου. Η αυξημένη ικανότητα πόρωσης πιστεύεται ότι οφείλεται τόσο στα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά του μεγαλύτερου ήλου όσο και στο βελτιωμένο εμβιομηχανικό περιβάλλον που δημιουργείται λόγω γλυφανισμού. Ο γλυφανισμός αυξάνει την περιοστική αιμάτωση και την τοποθέτηση οστεοεπαγωγών παραγόντων στην περιοχή του κατάγματος, επιτρέποντας έτσι την γρηγορότερη πόρωσή του^{55,56}. Οι Giannoudis et al σε μια αναδρομική μελέτη 147 ασθενών με κατάγματα μηριαίου παρατήρησαν την ταχύτερη πόρωση σε εκείνους που προτιμήθηκε ο γλυφανισμός που ήταν 20,5 εβδ. συγκρινόμενη με τις 26,9 εβδ σε εκείνους που δεν έγινε επιλογή του γλυφανισμού. Ωστόσο ο χειρουργικός χρόνος χωρίς γλυφανισμό ήταν μικρότερος χωρίς αυξημένο κίνδυνο επιπλοκών, όπως λοιμώξεις, γωνιακές παραμορφώσεις ή ανισοσκελία⁵⁷. Ανάλογες μελέτες από Reynders and Broos έδειξαν ανάλογα αποτελέσματα, ώστε αρχικά να πιστεύεται ότι σε κλειστά κατάγματα μηριαίου είναι προτιμότερο να μην επιλέγεται ο γλυφανισμός⁵⁸. Οι Tornetta and Tiburzi σε μεταγενέστερες έρευνες διαπίστωσαν στατιστικά ανάλογους χειρουργικούς χρόνους με ή χωρίς γλυφανισμό, ταχύτερη πόρωση και λιγότερες διεγχειρητικές επιπλοκές με χρήση γλυφάνου, το οποίο επιβεβαιώθηκε αργότερα από τον Clatworthy et al^{59,60}. Επίσης από μετα-αναλύσεις που διεξήχθησαν από Bhandari et al σχετικά με τις επιπλοκές του γλυφανισμού (λοιμώξη, σύνδρομο διαμερίσματος, πνευμονική εμβολή, πόρωση σε πλημμελή θέση) διαπιστώθηκε ότι ο γλυφανισμός μειώνει σημαντικά

την εμφάνιση της καθυστερημένης πώρωσης όπως και της αποτυχίας του ήλου⁶¹. Λόγω των προαναφερθέντων η ενδομυελική ήλωση μηριαίου πρέπει να γίνεται πάντα με γλυφανισμό.

Εισαγωγή του ήλου

Η εισαγωγή και προώθηση του ήλου γίνεται με άσκηση ελεγχόμενης δύναμης κατά μήκος του μηριαίου και ήπιας περιστροφής του. Πρέπει να αποφεύγονται χτυπήματα, μεγάλες στροφές, κινήσεις μοχλού ή βίαιη προώθησή του που ενδέχεται να προκαλέσουν ιατρογενή κατάγματα. Μικρές παρεκτοπίσεις των κατεαγόντων άκρων (εκτός από στροφική παραμόρφωση) μπορούν να διορθωθούν κατά την εισαγωγή του ήλου, ειδικά σε περιπτώσεις καταγμάτων μεσότητας διάφυσης. Αντιθέτως, σε περιπτώσεις συντριπτικών καταγμάτων ή πολύ περιφερικής/κεντρικής εντόπισης του κατάγματος οι παρεκτοπίσεις που παραμένουν παρά τις όποιες τεχνικές ανάταξης διορθώνονται δύσκολα μόνο με την εισαγωγή του ήλου, και για το λόγο αυτό είναι εξαιρετικής σημασίας η απόλυτα ορθή επιλογή της πύλης εισόδου και η ακριβής περιφερική τοποθέτηση του οδηγού στο κέντρο των μηριαίων κονδύλων. Το μήκος του ήλου επιλέγεται προεγχειρητικά βάσει του αντίστοιχου μη τραυματισμένου μηριαίου και των ακτινολογικών λήψεων. Επιβεβαιώνεται ακτινολογικά και δεν πρέπει να προεξέχει στο εγγύς μηριαίο, ενώ το περιφερικό άκρο του ήλου δεν πρέπει να απεχει +/-2cm από την μεσοκονδύλια εντομή.

Κλειδώμα του ήλου

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι επίτευξης περιφερικού κλειδώματος του ήλου, στις οποίες περιλαμβάνονται η πλέον δημοφιλής 'free-hand', η υποβοηθούμενη από υπολογιστή, η καθοδηγούμενη από laser, τα ακτινοσκοπερά τρυπάνια, οι συσκευές σκόπευσης χειρός, η χρήση ακτινοσκοπιών εξωτερικών οδηγών, και οι συσκευές που προσαρμόζονται στο ακτινολογικό μηχάνημα⁶²⁻⁶⁴. Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που θα επιλεγεί, πρέπει να τοποθετούνται με την όσο το δυνατό μικρότερη εκπομπή ακτινοβολίας τουλάχιστον δύο περιφερικές βίδες κλειδώματος σε αυστηρά υπερκονδύλια θέση, όταν το κάταγμα εντοπίζεται σε απόσταση μικρότερη από 7.5cm από τη θέση των κλειδούμενων κοχλίων ενώ όταν η απόσταση αυτή είναι μεγαλύτερη από 7.5cm ένας κοχλίας είναι συνήθως αρκετός^{33,34}. Αν είναι να τοποθετηθεί ένας κοχλίας, αυτός θα πρέπει να τοποθετηθεί στην κεντρικότερη περιφερική οπή στον ήλο, γιατί αν τοποθετηθεί στην περιφερική οπή, η κεντρικότερη κενή πλέον οπή αυξάνει τα φορτία στον ήλο και μπορεί να οδηγήσει στην

αποτυχία του⁴¹. Σχεδόν πάντα προτιμάται η στατική ήλωση, μπορεί όμως να επιλεγεί η δυναμοποίηση του ήλου όπως για κατάγματα που είναι αξονικά σταθερά αλλά δεν δείχνουν σημάδια κλινικής και ακτινολογικής πόρωσης 3 με 6 μήνες μετεγχειρητικά. Η δυναμοποίηση του ήλου περιλαμβάνει την αφαίρεση του κλειδούμενου κοχλία που βρίσκεται μακρύτερα από την περιοχή του κατάγματος^{33,34}.

Το κεντρικό κλείδωμα που ακολουθεί απλοποιείται με την τοποθέτηση εξωτερικού εξαρτήματος που επιτρέπει την είσοδο ενός κεντρικού κοχλία με κατεύθυνση από τον μείζονα προς τον ελάσσονα τροχαντήρα, με την προϋπόθεση ότι ο ελάσσον τροχαντήρας είναι ακέραιος^{33,34}. Στις σπάνιες περιπτώσεις καταγμάτων του εγγύς τριτημορίου με επέκταση στον ελάσσονα τροχαντήρα όπου η χρήση κλασσικών ήλων δεν είναι εφικτή, πρέπει να χρησιμοποιούνται κεφαλομυελικά εμφυτεύματα ή ήλοι ανακατασκευής (reconstruction nails), στα οποία το κεντρικό κλείδωμα γίνεται με κοχλία στην κεφαλή.

Η κλειστή ορθόδρομη στατικά κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση μηριαίου με γλυφανισμό αποδίδει άριστα αποτελέσματα στην πλειοψηφία των ασθενών (95%) με πόρωση του κατάγματος^{33-35,49}. Μπορεί να οδηγήσει όμως σε σοβαρές συστηματικές και μη επιπλοκές. Η πλειοψηφία των συστηματικών επιπλοκών δύναται να προληφθεί με την έγκαιρη ακινητοποίηση του κατάγματος όπως επίσης και η πλειοψηφία των μη συστηματικών επιπλοκών είναι ιατρογενείς και μπορούν να προληφθούν με τον σωστό προεγχειρητικό σχεδιασμό, την σωστή εφαρμογή της χειρουργικής τεχνικής και κυρίως με την ορθή επιλογή της πύλης εισόδου.

Οι κυριότερες επιπλοκές είναι:

Πάρηση νεύρων.

Ιατρογενής κάκωση νεύρων δεν συμβαίνει συχνά και συνήθως αποδίδεται σε κακή τοποθέτηση του ασθενούς στο χειρουργικό τραπέζι και σε υπερβολική έλξη κατά την ανάταξη του κατάγματος. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πάρηση του αιδιοϊκού πλέγματος, κάκωση ισχιακού και μηριαίου νεύρου, όπως και σε απραξία του περνιαίου νευρού⁶⁵.

Μείωση μυικής ισχύος.

Σχετίζεται με τον αρχικό τραυματισμό όπως και με την κακή χειρουργική τεχνική που περιλαμβάνει την τομή των απαγωγών του ισχίου και του ορθού μηριαίου μύος. Επίσης αναφέρονται ατροφίες και μείωση της ισχύος στον τετρακέφαλο, στους εκτείνοντες, καμπτήρες και προσαγωγούς του ισχίου όπως και στους οπίσθιους μηριαίους^{66,67}.

Γωνιακή παραμόρφωση.

Συνήθως ορίζεται όταν είναι μεγαλύτερη των 5° είτε στο πρόσθιο-οπίσθιο είτε στο πλάγιο-πλάγιο επίπεδο. Στο μέσο τριτημόριο του μηριαίου η γωνιακή παραμόρφωση είναι ασυνήθης, κυρίως λόγω της στενής επαφής του ήλου και του φλοιού στην περιοχή του ισθμού. Ωστόσο στο κεντρικό και περιφερικό τριτημόριο είναι πιθανότερο να συμβεί λόγω της περιορισμένης επαφής του ήλου με τον φλοιό και εξαρτάται κυρίως από την ορθή επιλογή του σημείου εισόδου. Γενικά το ποσοστό της γωνιακής παραμόρφωσης μετά από κλειστή ενδομυελική ήλωση είναι από 7% έως 11%⁶⁸.

Στροφική παραμόρφωση.

Δύναται να εμφανιστεί σε κλειστή κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση σε ποσοστό 9% έως 28%. Σε ασταθή κατάγματα Winquist III και IV παρατηρήθηκε περίπου στους μισούς ασθενείς ανεξάρτητα από την περιοχή του κατάγματος και την θέση του ασθενούς κατά την διάρκεια της ήλωσης. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η κλινική και ακτινολογική επιβεβαίωση της ορθής ανάταξης διεγχειρητικά και μετά το πέρας του χειρουργείου. Οδηγά σημεία μπορεί να είναι το πάχος του φλοιού στην πρόσθιο-οπίσθια και πλάγιο-πλάγια ακτινολογική λήψη, η πρόσθια απόκλιση του αυχένα του μηριαίου (anteversion), το μέγεθος και η ακτινολογική εμφάνιση του ελάσσονος τροχαντήρα όπως και των οπισθίων μηριαίων κονδύλων καθώς και του άξονα του μηριαίου σε σχέση με το αντίστοιχο μηριαίο⁶⁹⁻⁷¹.

Λιπώδης εμβολή

Συμβαίνει 24 έως 72 ώρες μετά τον αρχικό τραυματισμό σε ποσοστό 4% των ασθενών με κατάγματα μακρών οστών, στο 15% όμως αυτών μπορεί να αποβεί μοιραία. Η κλινική εικόνα της λιπώδους εμβολής περιλαμβάνει ταχύπνοια, ταχυκαρδία, υποξαιμία, διαταραχή του επιπέδου συνείδησης και εμφάνιση πετεχειών. Για την πρόληψή της είναι απαραίτητη η έγκαιρη ακινητοποίηση των καταγμάτων και για την θεραπεία της ο μηχανικός αερισμός του ασθενή με υψηλά επίπεδα θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης (PEEP). Σημαντικό είναι ότι η πιθανότητα λιπώδους εμβολής είναι μικρότερη με τον υπεργλυφανισμό και υψηλότερη όταν χρησιμοποιούνται γλύφανα με στέλεχος μεγάλης διαμέτρου χωρίς πτερύγια όπως και κατά την στιγμή της εισαγωγής του ήλου η οποία δεν πρέπει να γίνεται με βιαιες κινήσεις⁷².

Θρομβοεμβολική νόσος

Η εν τω βάθει φλεβική θρόμβωση (ΕΒΦΘ) αφορά πιθανή επιπλοκή στους πολυτραυματίες, στους ασθενείς με κατάγματα πυελικού δακτυλίου, κοτύλης, σπονδυλικής στήλης και μακρών οστών. Μπορεί να είναι ασυμπτωματική και να περιλαμβάνει την ήπια θρόμβωση των φλεβών των κάτω άκρων. Η χειρότερή της μορφή περιλαμβάνει την πνευμονική εμβολή (5% των ασθενών με ΕΒΦΘ) και τη θανατηφόρα πνευμονική εμβολή (5-15% των περιπτώσεων) και μπορεί να συμβεί καθόλη τη μετεγχειρητική πορεία. Η διάγνωσή της γίνεται με την πνευμονική αγγειογραφία (gold standard), χρησιμοποιούνται όμως εξίσου ο υπερηχογραφικός έλεγχος (Doppler ή duplex υπερηχοτομογραφία), η αξονική τομογραφία (spiral CT scan) και η τομογραφία αερισμού-αιμάτωσης. Τα συμπτώματα της πνευμονικής εμβολής περιλαμβάνουν αιφνίδια έναρξη ταχύπνοιας, υποξαιμίας, πυρετού, ταχυκαρδίας και θωρακικού άλγους. Φυσιολογικά αέρια αρτηριακού αίματος δεν αποκλείουν την πιθανότητα πνευμονικής εμβολής. Προληπτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η περιεγχειρητική χημειοπροφύλαξη με βαρφαρίνη, κοινή ηπαρίνη ή χαμηλού μοριακού βάρους ηπαρίνη, η χρήση συσκευών διαλείπουσας συμπίεσης, η τοποθέτηση φίλτρου κάτω κοίλης φλέβας και είναι απαραίτητη η έγκαιρη χειρουργική σταθεροποίηση των καταγμάτων. Στις επιπλοκές της φαρμακευτικής αντιθρομβωτικής προφύλαξης περιλαμβάνονται η εμμένουσα αιμορραγία από το χειρουργικό τραύμα και η εγκεφαλική αιμορραγία.

Σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας ενηλίκων (ARDS)

Αποτελεί δευτεροπαθή ανεπάρκεια απο πνευμονικό οίδημα μετά από κακώσεις, καταπληξία ή λοιμώξεις. Στα αίτια επίσης του ARDS περιλαμβάνονται οι λοιμώξεις του αναπνευστικού, η σήψη, οι μικροεμβολές, η εισρόφηση, η υπερφόρτωση με υγρά, οι ατελεκτασίες, η τοξικότητα του οξυγόνου, οι πνευμονικές θλάσεις και οι κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις. Η κλινική εικόνα περιλαμβάνει ταχύπνοια, ταχυκαρδία και υποξαιμία και οφείλεται στην αδυναμία του ασθενούς να αεριστεί λόγω μειωμένης αντιδραστικότητας των πνευμόνων. Η κλινική διάγνωση του συνδρόμου γίνεται καλύτερα με τα αέρια αρτηριακού αίματος. Δεν έχει αποδειχθεί ότι η γλυφανιζόμενη ενδομυελική ήλωση είναι άμεσος παράγοντας έκλυσης του συνδρόμου, μπορεί να υπεισέρχεται όμως στο φαινόμενο της δεύτερης προσβολής (second hit). Η θεραπεία του περιλαμβάνει την άμεση έναρξη μηχανικού αερισμού με υψηλά επίπεδα θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης,

γιατί η θνησιμότητα του συνδρόμου μπορεί να φθάσει στο 50%. Η πρόιμη ακινητοποίηση των καταγμάτων των μακρών οστών μειώνει την εμφάνιση του συνδρόμου⁷³⁻⁷⁵.

Σύνδρομο διαμερίσματος

Αποτελεί επείγουσα κατάσταση, η οποία είναι αποτέλεσμα αυξημένης πίεσης εντός ενός ανατομικού διαμερίσματος, και οδηγεί σε μειωμένη τριχοειδική αιματική ροή κάτω από κριτικό όριο της τοπικής ιστικής διάχυσης. Η διάγνωση είναι κυρίως κλινική και απαιτεί μεγάλο βαθμό κλινικής υποψίας του θεράποντος ιατρού κυρίως σε ασθενείς με συνθλιπτικές κακώσεις και διαταραχές επαναιμάτωσης των άκρων. Τα κλινικά ευρήματα περιλαμβάνουν έντονο οίδημα και αυξανόμενο πόνο με την παθητική διάταση του ύποπτου διαμερίσματος που δεν υποχωρεί με ακινητοποίηση ή αναλγητικά. Η υπαισθησία, η ωχρότητα, η απουσία σφύξεων και η παράλυση των μυών αποτελούν όψιμα ευρήματα. Η μέτρηση της ενδοδιαμερισματικής πίεσης αποτελεί τον χρυσό κανόνα για τη διάγνωση. Ενδοδιαμερισματική πίεση >40mmHg, έως 30mmHg άνω της διαστολικής αρτηριακής πίεσης, ή >30mmHg για μεγάλο χρονικό διάστημα υποδηλώνουν σύνδρομο διαμερίσματος. Η θεραπεία του περιλαμβάνει την διάνοιξη των περιτονιών του μηριαίου^{76,77}.

Έκτοπη οστεοποίηση

Πόνος στην κεντρική περιοχή του μηριαίου μπορεί να οφείλεται στην χειρουργική τεχνική, στον τραυματισμό των απαγωγών μυών του μηριαίου, στο κάταγμα όπως επίσης και στη παρουσία έκτοπης οστεοποίησης. Μπορεί να εμφανιστεί σε ποσοστό 9% έως 60% και με κλινική συμπτωματολογία σε ποσοστό ασθενών 5% με 10%. Η έκτοπη οστεοποίηση είναι συχνότερη σε ασθενείς με συνυπάρχουσες κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις. Προδιαθεσικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τον γλυφανισμό του μηριαίου, το αντρικό φύλο, την καθυστερημένη χειρουργική επέμβαση και την παρατεταμένη διασωλήνωση του ασθενούς⁷⁸. Ο πόνος στην πλειοψηφία των ασθενών που πάσχει, είναι ανεκτός και δεν συνοδεύεται από περιορισμό στην κίνηση. Για την πρόληψη της έκτοπης οστεοποίησης είναι αποτελεσματική η χρήση ινδομεθακίνης, ενώ θεραπευτικά απαιτείται συνήθως μετεγχειρητική ακτινοθεραπεία (600-700cGy). Σπάνια χρειάζεται περαιτέρω χειρουργική εξαίρεση^{79,80}.

Λοιμώξεις

Οι λοιμώξεις μετά από ενδομυελική ήλωση μηριαίου είναι σπάνιες (<1%) ενώ σε ασθενείς με ανοικτά κατάγματα μηριαίου είναι από 2,4 % έως 4,8%^{82,83}. Η αυξημένη συχνότητά τους εξαρτάται από το βαθμό καταστροφής των μαλακών μορίων, το μέγεθος της επιλοίμωξης και την έκταση του χειρουργικού καθαρισμού σε ρυπαρά τραύματα. Πόνος, οίδημα, ερύθημα, πυορροούν αρχικός τραυματισμός ή πυώδης συλλογή στην περιοχή του χειρουργικού τραύματος και της τοποθέτησης των περιφερικών κοχλίων, πυρετός, αύξηση εργαστηριακών τιμών (CRP) και απλές ακτινογραφίες θέτουν την διάγνωση. Η θεραπεία των λοιμώξεων είναι κυρίως χειρουργική και περιλαμβάνει τον εκτεταμένο χειρουργικό καθαρισμό με αφαίρεση του νεκρωτικού ιστού, την εκτίμηση της βιωσιμότητας του οστού και της σταθερής θέσης του ήλου, και την λήψη διεγχειρητικών βιοψιών ώστε να χορηγηθεί η κατάλληλη αντιβιοτική αγωγή^{82,83,85}. Μπορεί να επιλεγεί ανάλογα με την σταθερότητα του ήλου, η αφαίρεση του ήλου και η εφαρμογή εξωτερικής οστεοσύνθεσης είτε ως τελική θεραπεία, είτε σε μεταγενέστερο χρόνο η μετατροπή της σε ενδομυελική ήλωση^{82,84}.

Αποτυχία υλικού και επανακάταγμα

Η συχνότητα αποτυχίας μετά από στατικά κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση μηριαίου με γλυφανισμό είναι μικρή. Σημαντικοί λόγοι αποτυχίας είναι η εσφαλμένη επιλογή πύλης εισόδου, η λανθασμένη έκκεντρη περιφερική τοποθέτηση του ήλου και η τοποθέτηση των κλειδούμενων κοχλίων πολύ κοντά στην εστία του κατάγματος που έχει σαν συνέπεια την αύξηση των φορτίων που δέχεται το εμφύτευμα, την διάσταση του κατάγματος, την αποτυχία και κόπωση του υλικού^{33,35,86}.

Δυσκαμψία γόνατος, γοναλγία και πόνος στην περιοχή του ισχίου.

Αιτίες μπορεί να είναι η τραυματική συνδεσμική κάκωση του γόνατος, η κάκωση του τετρακεφάλου, οστεοχόνδρινα κατάγματα του γόνατος που αντιμετωπίζονται πλημμελώς, ο τραυματισμός με το γόνατο σε κάμψη κατά μήκος του μηριαίου από το ταμπλό του αυτοκινήτου σε αυτοκινητιστικά ατυχήματα (dash-board injury), η λανθασμένη πολύ περιφερική τοποθέτηση του ήλου και των κλειδούμενων κοχλίων όπως και η θυλακίτιδα των κοχλίων.

Επιπλοκές πόρωσης του κατάγματος

Σε αυτές περιλαμβάνονται η πόρωση σε πλημμελή θέση του κατάγματος, η καθυστερημένη πόρωση και η ψευδάρθρωση.

1. Η **πόρωση σε πλημμελή θέση** σχετίζεται με παραμορφώσεις σε πρόσθιο-οπίσθιο έως 20°, σε πλάγιο-πλάγιο επίπεδο έως 15° και με στροφική παραμόρφωση που αναφέρθηκε προηγουμένως.
2. Η **καθυστερημένη πόρωση** (5%) είναι η μη πρόοδος της πόρωσης του κατάγματος σε διαδοχικές ακτινογραφίες. Οφείλεται σε τεχνικά λάθη κατά την εισαγωγή του ήλου, στην τοποθέτηση του σε λανθασμένη θέση, καθώς και σε λοιμώξεις, διαταραχή της αγγείωσης στην περιοχή του κατάγματος, ανεπαρκής μηχανική σταθερότητα, διάσταση του κατάγματος, απώλεια οστικού φλοιού και παρεμβολή μαλακών μορίων μεταξύ των κατεαγόντων τεμαχίων. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος αντιμετώπισης περιλαμβάνει την δυναμοποίηση αφαιρώντας τον κλειδούμενο κοχλία που βρίσκεται μακρύτερα από την περιοχή του κατάγματος. Άλλες τεχνικές περιλαμβάνουν την χρήση οστικών μοσχευμάτων, ανταλλαγή ήλων, οστεοσύνθεση με πλάκα, συνδυασμοί αυτών και πιθανώς συστήματα εξωτερικής υποβοήθησης της πόρωσης (Ilizarov)^{33,35,82,83}.
3. Η **επίπτωση της ψευδάρθρωσης** σε κατάγματα μηριαίας διάφυσης που αντιμετωπίστηκαν με ενδομυελική ήλωση εκτιμάται περίπου στο 1%⁸⁸. Ορίζεται ως αποτυχία δημιουργίας σταθερού πόρου στους 6-12 μήνες μετά την οστεοσύνθεση ή όταν δεν υπάρχει εξέλιξη στη διαδικασία της πόρωσης στους τελευταίους 3 μήνες ή όταν υπάρχει εμφανής αποτυχία οστεοσύνθεσης⁸⁹⁻⁹¹. Ταξινομούνται σε υπερτροφικές και ατροφικές. Οι υπερτροφικές ψευδαρθρώσεις (δηλ. με υπερτροφική αγγείωση) σχετίζονται με ανεπαρκή σταθερότητα αλλά επαρκή αιματική παροχή και ανταπόκριση στην πόρωση. Οι ατροφικές έχουν ανεπαρκή ή φτωχή αγγείωση και περιορισμένη δυνατότητα δημιουργίας πόρωσης⁹². Στα συστηματικά αίτια της περιλαμβάνονται η προχωρημένη ηλικία, η κατάσταση θρέψης του ασθενούς, η δραστηριότητα, το κάπνισμα και η κακή οστική ποιότητα. Μη συστηματικές αιτίες είναι οι λοιμώξεις, τα επιπλεγμένα και τα διπολικά με διάσταση κατάγματα, η ασταθής εσωτερική οστεοσύνθεση, ο ανεπαρκής χρόνος σταθεροποίησης και η γωνιακή παραμόρφωση σε πρόσθιο-οπίσθιο επίπεδο περισσότερο από 10% και σε πλάγιο-πλάγιο επίπεδο περισσότερο από 20%⁹³.

Θεραπευτικά έχει προταθεί η χρήση θειϊκού και φωσφορικού ασβεστίου, οστικών μορφογενητικών παραγόντων (BMPs) και αυξητικών παραγόντων αιμοπεταλίων⁷². Η χειρουργική αντιμετώπιση εξακολουθεί να αποτελεί ωστόσο την πρωταρχική μέθοδο θεραπείας της ψευδάρθρωσης. Σε αυτήν περιλαμβάνεται:

α) η δυναμοποίηση του ήλου. Σχετίζεται με ποσοστά πώρωσης 50%⁹⁴ και μείωση της διάρκειας του χρόνου πώρωσης με πιθανές όμως επιπλοκές την ανισοσκελία, την στροφική ή γωνιακή παραμόρφωση, την αποτυχία του υλικού και την μετατροπή μιας υπερτροφικής ψευδάρθρωσης σε ατροφική⁹⁵⁻⁹⁷.

β) η ανταλλαγή ήλου με άλλον μεγαλύτερης διαμέτρου. Γίνεται πάντα με γλυφανισμό, ο οποίος αυξάνει την οστική αιμάτωση και κατ'επέκταση βελτιώνει την εμβιομηχανική σταθερότητα του ήλου και ευοδώνει την πώρωση του κατάγματος⁹⁸.

γ) η ενδομυελική ήλωση μετά από αποτυχημένη εσωτερική οστεοσύνθεση με πλάκα⁹¹.

δ) η εσωτερική οστεοσύνθεση με πλάκα και τοποθέτηση οστικών μοσχευμάτων μετά από αφαίρεση του ήλου⁹⁹.

ε) η ενδομυελική ήλωση μετά από εξωτερική οστεοσύνθεση. Μέσο χρονικό διάστημα για την αλλαγή της μεθόδου είναι από 5 ημέρες έως 2 εβδομάδες, ενώ αν οι καλλιέργειες από τις βελόνες της εξωτερικής οστεοσύνθεσης είναι θετικές θα πρέπει να αναβληθεί για 4- 6 εβδομάδες^{100,101}.

στ) η ενίσχυση της ενδομυελικής ήλωσης με κυκλικά πλαίσια

Τέλος υπάρχουν και μη επεμβατικές μέθοδοι οι οποίες έχουν το σαφές πλεονέκτημα της χαμηλότερης νοσηρότητας αλλά με μικρότερα ποσοστά επιτυχίας σε σχέση με τις χειρουργικές. Ωστόσο καμία από αυτές δεν είναι ικανοποιητικά τεκμηριωμένη. Σε αυτές περιλαμβάνονται:

α) οι χαμηλής έντασης υπέρηχοι, που προάγουν την πώρωση μέσω ηλεκτρικών δυναμικών¹⁰².

β) η θεραπεία με εξωσωματικούς τύπους υπερήχων ESWT (Extracorporeal Shock Wave Therapy) που επηρεάζει την διαδικασία της πώρωσης μέσω δημιουργίας μικροκαταγμάτων, προαγωγή αγγείωσης και δημιουργίας οστεοβλαστών¹⁰³, και

γ) η χρήση παλμικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (Pulsed Electromagnetic Fields)¹⁰⁴.

Μετεγχειρητική αγωγή

Σε εγκάρσια ή ελαφρώς λοξά κατάγματα, ο ασθενής ενθαρρύνεται για άμεση φόρτιση του σκέλους έως αντοχής του πόνου. Ασταθής μορφολογίας κατάγματα με συντριβή απαιτούν μερική και προοδευτικά αυξανόμενη φόρτιση, που ελέγχεται κυρίως με τη διαδοχική ακτινολογική επιβεβαίωση της πώρωσης. Αυτή πραγματοποιείται συνήθως μετά από 6 έως 12 εβδ. και πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο λήψεις (πρόσθιο-οπίσθια και πλάγιο-πλάγια), αλλά επιπλέον και ακτινογραφίες, οι οποίες να απεικονίζουν το κεντρικό και περιφερικό κλείδωμα, όπως και τις αρθρώσεις του γόνατος και του ισχίου. Τέλος συνιστάται άμεσα μετεγχειρητική φόρτιση του σκέλους στις περιπτώσεις συνδυασμένων καταγμάτων μηριαίου και αυχένα ή κεφαλής και στα κατάγματα μηριαίου με ενδαρθρική επέκταση στους μηριαίους κονδύλους¹⁰⁵.

Κεφάλαιο 5^ο

Ενδομυελική Ήλωση σε Ανοικτά Κατάγματα Μηριαίου

Η πρώιμη σταθεροποίηση των ανοικτών καταγμάτων του μηριαίου κυρίως σε πολυτραυματίες μειώνει την επίπτωση του συνδρόμου της αναπνευστικής δυσχέρειας, των λοιμώξεων και άλλων επιπλοκών καθώς επίσης και το ποσοστό θνησιμότητας. Η κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση παραμένει η μέθοδος επιλογής για την αντιμετώπιση των καταγμάτων διάφυσης μηριαίου^{33,35}. Θεωρείται ασφαλής για τα ανοικτά κατάγματα τύπου ΠΙΑ κατα Gustillo αλλά δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός στην βιβλιογραφία όσον αφορά την αντιμετώπιση των καταγμάτων τύπου ΠΙΒ και ΠΙC.

Αρχικά διενεργείται η πλύση και ο ευρύς χειρουργικός καθαρισμός του τραύματος με αφαίρεση όλων των νεκρωτικών ιστών και των μη βιώσιμων οστικών τεμαχίων, ο οποίος πρέπει να γίνεται εντός 6 με 8 ωρών μετά τον αρχικό τραυματισμό⁸². Σε ασθενείς με πολλαπλές κακώσεις που δεν επιτρέπουν την αρχική αντιμετώπιση με ενδομυελική ήλωση ή σε αυτούς με εκτεταμένες βλάβες μαλακών μορίων που θα χρειαστούν επαναλαμβανόμενο χειρουργικό καθαρισμό, μπορεί να εφαρμοστεί η εξωτερική οστεοσύνθεση ως προσωρινή αντιμετώπιση μετατρέποντάς την σε ενδομυελική ήλωση σε μεταγενέστερο χρόνο⁸³. Αποτρέπεται η εφαρμογή της εξωτερικής οστεοσύνθεσης ως τελική θεραπεία γιατί συσχετίζεται με λοιμώξεις στην περιοχή των βελονών, ανισοσκελία, γωνιακή και στροφική παραμόρφωση και δυσκαμψία του γόνατος.

Οι Brumback et al σε μια αναδρομική μελέτη αντιμετώπισαν 89 ανοικτά κατάγματα με την προαναφερόμενη μέθοδο, η πλειονότητα των οποίων ήταν τύπου ΠΙ. Παρατηρήθηκε πόρωση χωρίς εμφάνιση λοιμώξεων σε όλα τα κατάγματα τύπου Ι,ΙΙ και ΠΙΑ. Αναπτύχθηκαν λοιμώξεις σε 27 περιστατικά τύπου ΠΙΒ, σε ένα περιστατικό που αντιμετωπίστηκε με άμεση ήλωση και σε δύο που αντιμετωπίστηκαν με ήλωση μετά πάροδο 8 ωρών⁸³.

Είναι απαραίτητη η άμεση χορήγηση αντιτετανικού ορού και ενδοφλέβιας αντιβίωσης στον τύπο Ι και ΙΙ με πρώτης γενιάς κεφαλοσπορίνη για 24 ώρες, και στον τύπο ΙΙΙ κεφαλοσπορίνη και αμινογλυκοσίδη για 72 ώρες μετά τον τελευταίο χειρουργικό καθαρισμό και την παροχέτευση του τραύματος και τέλος σε πολύ ρυπαρά τραύματα προστίθενται μεγάλες δόσεις πενικιλίνης. Τοπικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν σφαιρίδια μεθυλμεθακρυλικού τσιμέντου εμπλουτισμένα με τομπραμυκίνη ή/και βανκομυκίνη

ανάλογα με το βαθμό ρυπαρότητας του τραύματος⁸⁴. Ακολουθεί η χρήση μερικού πάχους δερματικού μοσχεύματος για άμεση ιστική κάλυψη⁷².

Η ενδομυελική ήλωση αποτελεί τη μέθοδο επιλογής στην αντιμετώπιση των ανοικτών καταγμάτων της διάφυσης των μακρών οστών με πολύ καλά αποτελέσματα με την προϋπόθεση ότι έχει προηγηθεί εκτεταμένος χειρουργικός καθαρισμός και άμεση (μέσα σε 48 ώρες) κάλυψη των μαλακών μορίων, όπου είναι απαραίτητο.

Κεφάλαιο 6^ο

Ενδομυελική Ήλωση στον πολυτραυματία

Σε πολυκαταγματία/πολυτραυματία, τόσο ο τρόπος σταθεροποίησης των καταγμάτων όσο και ο «ιδανικός» και ασφαλέστερος χρόνος παρέμβασης αποτελούν σημείο διάστασης απόψεων στη βιβλιογραφία και συχνά καθορίζονται κατά περίπτωση, λαμβάνοντας υπ' όψιν διάφορες παραμέτρους και όχι αποκλειστικά και μόνο τον τύπο του κατάγματος. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη ενός συνόλου κακώσεων που επηρεάζουν τη γενική του κατάσταση, καθώς και στην ύπαρξη ακόμα και απειλητικών για τη ζωή κακώσεων που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης και που μπορεί να καθυστερούν ή και να καθιστούν αδύνατη την «ενδεικνυόμενη» αντιμετώπιση των καταγμάτων εάν επρόκειτο για μεμονωμένες κακώσεις.

Οι αρχές του πρωτογενούς ελέγχου των ορθοπαιδικών κακώσεων (Damage Control Orthopedics, DCO) έχουν τύχει ευρείας αποδοχής και εφαρμογής τα τελευταία χρόνια. Περιλαμβάνουν τη σταδιοποίηση της οριστικής αντιμετώπισης των κακώσεων με σκοπό την αποφυγή της επιπλέον επιβάρυνσης της γενικής κατάστασης του ασθενούς και κυρίως την εξέλιξη της φλεγμονώδους αντίδρασης που θα μπορούσε να προκληθεί από το χειρουργικό τραύμα. Έτσι στον πολυτραυματία με κάκωση θώρακα μόνο οι επείγουσες και απειλητικές για την ζωή ή το μέλος καταστάσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται. Σύνδρομο διαμερίσματος, κατάγματα με αγγειακή κάκωση, μη αναταγμένα εξαρθήματα, κατάγματα των μακρών οστών, ανοιχτά και ασταθή κατάγματα θα πρέπει να σταθεροποιούνται άμεσα¹⁰⁶.

Γενικά, η πρώιμη χειρουργική σταθεροποίηση των καταγμάτων των μακρών οστών φαίνεται να μειώνει τη νοσηρότητα και θνησιμότητα στην κατηγορία αυτών των ασθενών. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι η επιθετική όμως αντιμετώπιση των καταγμάτων των μακρών οστών σχετίζεται με αυξημένη επίπτωση μετεγχειρητικών επιπλοκών, λόγω του ίδιου χειρουργικού τραύματος. Λόγω της χειρουργικής επέμβασης μπορεί να προκληθεί το σύνδρομο συστηματικής φλεγμονώδους αντίδρασης (Systemic Inflammatory Response Syndrome, SIRS), το οποίο συνιστά συστηματική αντίδραση στο τραύμα και χαρακτηρίζεται από αύξηση κιτοκινών, παραγόντων του συμπληρώματος και μεγάλου αριθμού ορμονών. Αυτές οι μεταβολές εμφανίζονται σε ποικίλο βαθμό σε πολυτραυματίες, ενώ είναι πιθανό να υπάρχει και γενετική προδιάθεση. Σχετίζεται επίσης δευτερογενώς με σύνδρομο διάχυτης ενδαγγειακής πήξης (DIC), σύνδρομο οξείας αναπνευστικής

δυσχέρειας και καταπληξία οδηγώντας σε πολυσυστηματική οργανική ανεπάρκεια (Multiple Organ Failure, MOF)¹⁰⁶⁻¹⁰⁸.

Ιδιαίτερα ο γλυφανισμός κατά την ενδομυελική ήλωση του μηριαίου οστού φαίνεται να επιτείνει την τοπική ανοσολογική απάντηση του οργανισμού και την αρχική φλεγμονώδη αντίδραση. Τα αυξημένα επίπεδα της ιντερλευκίνης-6 (IL-6) και της ελαστάσης του ορού, που παρατηρούνται κατά την ενδομυελική ήλωση, υποδεικνύουν την αντίδραση αυτή και υποστηρίζεται ότι τα επίπεδα της ιντερλευκίνης-6 αυξάνονται περαιτέρω με τον γλυφανισμό. Για τον λόγο αυτό η χρησιμοποίηση ενδομυελικών ήλων χωρίς γλυφανισμό φαίνεται ότι μειώνει τον αντίκτυπο της χειρουργικής επέμβασης, την ένταση της φλεγμονώδους αντίδρασης και τη συχνότητα λιπώδους εμβολής σε σχέση με τους γλυφανιζόμενους ήλους^{60,108}.

Σε ασθενείς με κακώσεις θώρακα, όταν δεν συνυπάρχει πνευμονική θλάση, η γλυφανιζόμενη ενδομυελική ήλωση προκαλεί μόνο παροδική αύξηση της κυψελιδικής διαπερατότητας, ενώ επί πνευμονικής θλάσης προκαλεί αυξημένη ενεργοποίηση των πολυμορφοπύρηνων λευκών αιμοσφαιρίων, αυξημένη κυψελιδική διαπερατότητα και διάμεσο πνευμονικό οίδημα. Αντίθετα, η εξωτερική οστεοσύνθεση δεν φαίνεται να προκαλεί τέτοιες αλλαγές. Για τον λόγο αυτό σε πολυτραυματίες με κακώσεις του θώρακα πρέπει να αποφεύγεται ο γλυφανισμός του μηριαίου αυλού, και να επιλέγεται η προσωρινή εξωτερική οστεοσύνθεση, που αποτελεί ασφαλή μέθοδο σταθεροποίησης μέχρι την ύφεση της φλεγμονώδους αντίδρασης¹⁰⁹.

Σε ασθενείς με κρανιοεγκεφαλική κάκωση η ενδομυελική ήλωση μπορεί να προκαλέσει εντονότερες συστηματικές επιπλοκές. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ενδομυελική ήλωση αυξάνει την ενδοκρανιακή πίεση, αλλά μόνο όταν υπάρχει ήδη εγκεφαλικό οίδημα κατά τον αρχικό τραυματισμό (first hit)¹¹⁰. Τέλος, η πρώιμη ενδομυελική ήλωση των καταγμάτων σε πολυτραυματίες με ΚΕΚ προκαλεί μεγαλύτερη διεγχειρητική υπόταση και υποξαιμία, που δυνητικά μπορεί να αποτελούν κίνδυνο για δευτεροπαθή νευρολογική βλάβη¹¹¹.

Στην περίπτωση που ο πολυτραυματίας έχει υποστεί αμφοτερόπλευρα κατάγματα μηριαίου έχει παρατηρηθεί μεγαλύτερη θνησιμότητα και ανάπτυξη ARDS και άλλων μείζονων επιπλοκών σε σχέση με ένα μεμονωμένο κάταγμα μηριαίου, ιδιαίτερα όταν διενεργείται πρώιμη ενδομυελική ήλωση. Προτείνεται η ενδομυελική ήλωση για την αντιμετώπιση των καταγμάτων, όταν όμως συνδυάζονται με πολλαπλές κακώσεις ενδείκνυται η χρήση του πρωτογενούς ελέγχου ορθοπεδικών κακώσεων (DCO)¹¹².

Κεφάλαιο 7^ο

Διάσταση απόψεων στην βιβλιογραφία σχετικά με το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση του μηριαίου

Η ενδομυελική ήλωση θεωρείται ο χρυσός κανόνας για την σταθεροποίηση των καταγμάτων της διάφυσης του μηριαίου^{33-37,113,114}. Παρά την πρόοδο στον σχεδιασμό των ήλων και του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους υπάρχει διάσταση απόψεων σχετικά με τον ιδανικό χρόνο της χειρουργικής επέμβασης, την ανωτερότητα της ορθόδρομης ενδομυελικής ήλωσης ως μεθόδου σε σχέση με την αναστροφή και κυρίως ποιό θα πρέπει να είναι το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση στα διαφυσικά κατάγματα του μηριαίου¹¹⁵. Η επιλογή του σημείου εισόδου είναι θεμελιώδους σημασίας αφού η λανθασμένη επιλογή του μπορεί να οδηγήσει σε διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές επιπλοκές^{43,116,117}. Ο καθορισμός του ιδανικού σημείου εισόδου για την ενδομυελική ήλωση του μήριαίου (IMN) θα προϋπέθετε την ελεύθερη είσοδο του ήλου δια του αυλού μέ ανατομική ευθυγράμμιση των κατεαγόντων οστικών τεμαχίων χωρίς την δημιουργία τάσεων ή ροπών.

Ιστορικά στοιχεία

Ο Küntscher πραγματοποίησε πολλές πειραματικές μελέτες σε ζώα και πτωματικά μηριαία πριν τοποθετήσει τον πρώτο ενδομυελικό μηριαίο ήλο το 1939^{16,17}. Το αρχικό του σχέδιο ήταν σχήματος V και τοποθετήθηκε ορθόδρομα. Πρότεινε ως ιδανική πύλη εισόδου την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα¹¹⁸.

Ο Bohler πρότεινε επίσης το ίδιο σημείο αλλά σε πιο συγκεκριμένη θέση που εντοπίζεται στην διασταύρωση του μέσου και του τρίτου τριτημορίου του μεγάλου τροχαντήρα¹¹⁹. Μεταγενέστερα ακολούθησε νέα πρόταση από τους Hansen και Winquist, που υποστήριζαν περαιτέρω έσω προσδιορισμό της ιδανικής πύλης εισόδου, δηλ. στην διασταύρωση του αυχένα του μηριαίου και του μείζονα τροχαντήρα⁴². Την ίδια περίοδο, ο McMaster πρότεινε το βοθρίο του απιοειδούς ως ιδανικό σημείο εισόδου¹²¹.

Οι διαφωνούντες με την χρήση του μείζονος τροχαντήρος ως ιδανικής πύλης εισόδου υποστήριζαν ότι επειδή η κορυφή του μείζονος τροχαντήρα δεν βρίσκεται σε συνέχεια με τον ανατομικό άξονα του μηριαίου, η χρήση άκαμπτων ήλων θα οδηγούσε σε ραιβότητα του κεντρικού καταγματικού τεμαχίου, σε έκκεντρο γλυφανισμό του έσω

φλοιού και συντριβή της περιοχής του κατάγματος⁴². Έτσι θεώρησαν ορθότερη την πλάγια τοποθέτηση του ασθενούς στο τραπέζι έλξης και την χρήση του βοηθίου του απιοειδούς ως ιδανική πύλη εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση^{33,34,52}.

Οι Kempf et al υποστήριξαν ότι το σωστό σημείο εισόδου εξαρτάται από την περιοχή του κατάγματος. Συγκεκριμένα πρότειναν την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα για κατάγματα μέσου και περιφερικού τριτημορίου του μηριαίου, ώστε να αποφευχθεί η παραμόρφωση ραιβότητας του κεντρικού καταγματικού τεμαχίου. Ταυτόχρονα θεώρησαν το βοθρίο του απιοειδούς ως ιδανική πύλη εισόδου σε κεντρικά κατάγματα, αναφέροντας όμως τις πιθανές επιπλοκές από την επιλογή του⁴⁹.

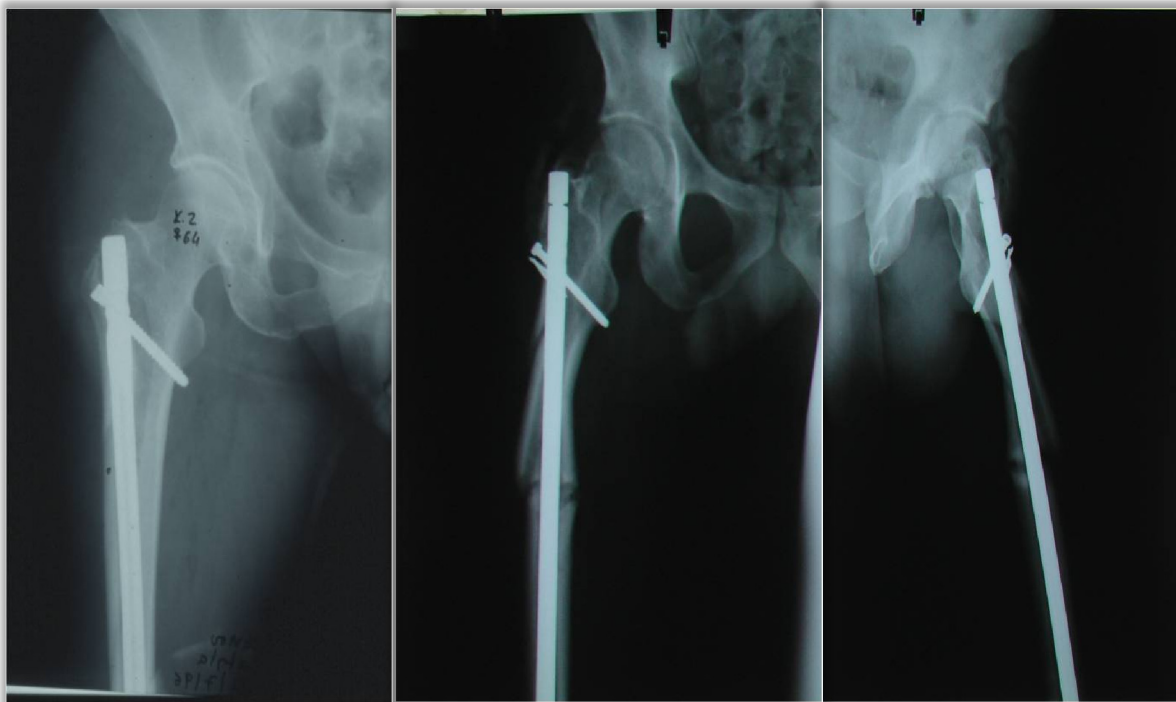
Στα μετέπειτα χρόνια, το βοθρίο του απιοειδούς θεωρήθηκε ευρέως ως το ιδανικό σημείο εισόδου^{33,34,121} και αυτό κυρίως οφείλεται στα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά των ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιούμενων νεότερων άκαμπτων συμπαγών κλειστής περιμέτρου (unslotted) ενδομυελικών ήλων, στην ακαμψία των οποίων οφείλονται τα πλεονεκτήματα και η ιδιαιτερότητα της χρήσης τους. Οι άκαμπτοι ήλοι πλεονεκτούν διότι επιτρέπουν την περισσότερο σταθερή ακινητοποίηση ακόμη και συντριπτικών καταγμάτων μηριαίου και την άμεση κινητοποίηση του ασθενούς, αλλά απαιτούν, λόγω της μικρής δυνατότητας παραμόρφωσής τους μετά την ενδομυελική εισαγωγή τους, την ακριβή και ανατομική επιλογή της ιδανικής πύλης εισόδου. Αντίστροφα οι εύκαμπτοι ανοικτής περιμέτρου (slotted) ήλοι αποδίδουν λιγότερο σταθερή οστεοσύνθεση, δεν απαιτούν όμως ακριβή ανατομικό εντόπισμό της πύλης εισόδου. Μεταγενέστερα όμως η ιδανική πύλη εισόδου αποτέλεσε ακόμα ευρύτερο πεδίο διάστασης απόψεων με την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα να κερδίζει περισσότερους υποστηρικτές και την ΑΟ (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese) να προτείνει ένα πλέον απομακρυσμένο εξωτερικό σημείο από τον μείζονα τροχαντήρα ώστε να αποφεύγεται η βλάβη στον θύλακο του ισχίου και στην αιμάτωση της μηριαίας κεφαλής¹²².

Σύγκριση εννοιών των ανατομικών όρων

Οι υποστηρικτές του βοηθίου του απιοειδούς ως ιδανικής πύλης εισόδου τονίζουν την σημασία της ανατομικής συνέχειάς του με τον ανατομικό άξονα του μηριαίου και κατ'επέκταση την ευκολότερη εισαγωγή του ήλου^{113,123,124} και την χαμηλότερη εμφάνιση ιατρογενών επιπλοκών⁴². Έχουν αναφερθεί ιατρογενή κατάγματα του αυχένα του μηριαίου, σηπτική αρθρίτιδα και άσηπτη νέκρωση της μηριαίας κεφαλής^{123,124}, επίμονος

πόνος στην κεντρική περιοχή του μηρού¹²⁷ και απώλεια της μυϊκής ισχύος των απαγωγών μυών^{66,128} (Εικόνα 6,7).

Μελέτες πάνω στη χρήση του βοθρίου του αποειδούς για την ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση των διαφυσσιακών καταγμάτων του μηριαίου δείχνουν υψηλό ποσοστό πόρωσης (99%) και μικρό βαθμό λοίμωξης και ψευδάρθρωσης (<1%)^{34,35,129,130}.



Εικόνα 6: Η επιλογή της πύλης εισόδου στο πρόσθιο-πλάγιο τμήμα του μείζονος τροχαντήρα δημιουργεί αυξημένα φορτία στον ήλο και μπορεί να προκαλέσει κάταγμα του εγγύς μηριαίου



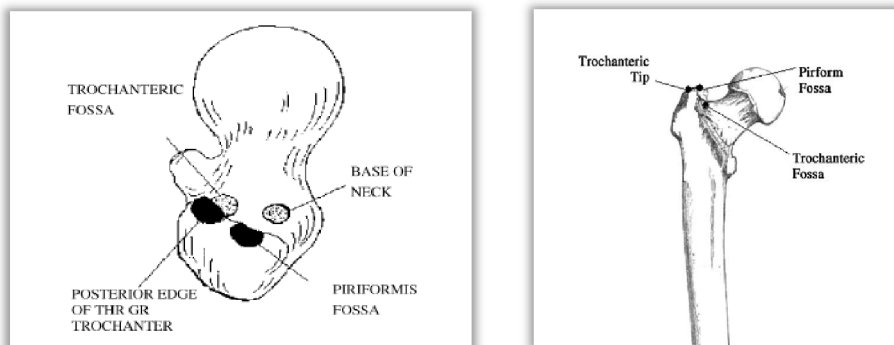
Εικόνα 7: Η έσω επιλογή πύλης εισόδου μπορεί να προκαλέσει κάταγμα αυχένος του μηριαίου.

Στο μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας παρατηρείται σύγχυση της ακριβούς θέσης του βοθρίου του απιοειδούς (piriformis fossa) και του βοθρίου του τροχαντήρα (trochanteric fossa), με την πλειοψηφία των μελετητών να αποδέχεται την αλληλοκάλυψη τους. Δημιουργεί επίσης ενδιαφέρον ότι σε ανατομικές εικονογραφήσεις του εγγύς μηριαίου εκλαμβάνεται λανθασμένα το βοθρίο του απιοειδούς ως βοθρίο του τροχαντήρα¹⁵⁰. Ο μείζων τροχαντήρας δεν έχει χαρακτηριστική κορυφή και είναι τραπεζοειδούς μορφής¹³¹. Το οπίσθιο άνω όριο της πλάγιας επιφάνειάς του είναι ελαφρώς υψηλότερα από το πρόσθιο άνω όριό του. Ο μείζων γλουτιαίος φέρει ρομβοειδή κατάφυση στο πλάγιο τμήμα του τροχαντήρα, με κατεύθυνση από άνω και οπίσθια προς κάτω και πρόσθια. Ο απιοειδής μυς βρίσκεται σε στενή σχέση με το οπίσθιο όριο του μείζονος γλουτιαίου. Ο τένοντας του έσω θυροειδούς μυός βρίσκεται σε γωνία περίπου 90° σε σχέση με τον άξονα του μηριαίου και εφάπτεται με τον τένοντα του απιοειδούς στο πρόσθιο τμήμα του κεντρικού μηριαίου⁴³.

Το βοθρίο του απιοειδούς είναι εξωθυλακικό αβαθές εντύπωμα στην κορυφή του μείζονος τροχαντήρα και αποτελεί το σημείο κατάφυσης του αντιστοίχου μυός. Πρόσφατη μελέτη πάνω σε πτωματικά μηριαία προσδιορίζει την θέση του, περίπου 2cm από το εγγύτερο πρόσθιο όριο του μείζονος τροχαντήρα⁴³.

Αντίστοιχα το βοθρίο του τροχαντήρα αποτελεί εξωαρθρικό βαθύ εντύπωμα στη κεντρική και οπίσθια επιφάνεια του μείζονος τροχαντήρα στο σημείο εισόδου του εξωθυροειδούς³. Συνιστά εύκολα αναγνωρίσιμο ψηλαφητό ανατομικό σημείο που επίσης ονομάζεται και «digital fossa», και συμπίπτει με αυτό που θεωρούν οι περισσότεροι χειρουργοί ως την ιδανική πύλη εισόδου. (Εικόνα 8)

Προκαλεί ενδιαφέρον σχετική μελέτη που επικεντρώνεται στις απόψεις των ορθοπεδικών χειρουργών για το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση με την μορφή ενός ερωτηματολογίου¹³². Η πλειοψηφία (96%) των ερωτηθέντων έδωσε λανθασμένες απαντήσεις άλλοτε στην επιλογή ή στην ανατομική αναγνώριση της ιδανικής πύλης εισόδου, απόδειξη της ευρείας διάστασης απόψεων που επικρατεί στο σχετικό θέμα¹³².



Εικόνα 8: Ανατομική εντόπιση των σημείων εισόδου για την ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση από Kale et al Injury (2006) 37, 990—993

Κορυφή του τροχαντήρα και βοθρίο του απιοειδούς

Η κορυφή του τροχαντήρα δεν βρίσκεται σε ανατομική συνέχεια με τον κεντρικό άξονα του αυλού του μηριαίου, αλλά σε περισσότερο εξωτερική θέση. Αυτή η ασυνέχεια του, θεωρείται ότι είναι υπεύθυνη για τις επιπλοκές που παρατηρούνται κατά την τοποθέτηση άκαμπτων ήλων, και περιλαμβάνουν τον έκκεντρο γλυφανισμό του έσω φλοιού του κεντρικού μηριαίου, την συντριβή της εστίας του κατάγματος και την παραμόρφωση σε ραιβή θέση, κυρίως για τα κατάγματα του εγγύς μηριαίου^{42,133,134}. Με αυτή την αντίληψη, οι ενδομυελικοί ήλοι που εισέρχονται από την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα θα πρέπει να εισάγονται υπο γωνία 6° για την ορθή είσοδό τους στον ενδομυελικό αυλό¹³⁵. Αυτό ήταν ήδη γνωστό από τον Küntscher, ο οποίος χρησιμοποίησε εύκαμπτους ανοικτής περιμέτρου (malleable slotted) ήλους οι οποίοι μπορούσαν ευκολότερα να παραμορφωθούν εντός του ενδοαυλικού καναλιού δημιουργώντας έτσι ένα σφήνωμα (jamming) μεταξύ του ήλου και του αυλού^{16,17}. Αξιζει να σημειωθεί ότι διάφοροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η κορυφή του τροχαντήρα, ως ευρισκόμενη έξω από το βοθρίο του απιοειδούς και περισσότερο κάθετα προς τα άνω, πλεονεκτεί παρέχοντας τρία σημεία στήριξης, διασφαλίζοντας έτσι καλύτερα την στρωφική σταθερότητα^{16,136}.

Τα πιθανά πλεονεκτήματα της επιλογής της κορυφής του μείζονος τροχαντήρα ως πύλης εισόδου περιλαμβάνουν μικρότερο χειρουργικό χρόνο και χαμηλότερη έκθεση διεγχειρητικά στην ακτινοβολία. Επίσης περιορίζει την πιθανότητα εμφάνισης ενδοθλακικών λοιμώξεων, άσηπτης νέκρωσης μηριαίας κεφαλής και ιατρογενών καταγμάτων του αυχένα του μηριαίου^{16,17}. Ωστόσο άσηπτη νέκρωση έχει αναφερθεί και με επιλογή του μεγάλου τροχαντήρα ως σημείο εισόδου, αμφισβητώντας έτσι την άποψη ότι μόνο η επιλογή του βοθρίου του απιοειδούς μπορεί να προκαλέσει την συγκεκριμένη επιπλοκή^{132,137} (Εικόνα 7).



Εικόνα 9: Άσηπτη νέκρωση μηριαίας κεφαλής σε έρηβους από οπίσθια-έσω επιλογή πύλης εισόδου

Οι Ricci et al πραγματοποίησαν την πρώτη προοπτική μελέτη όπου αναλύουν τα αποτελέσματα της ήλωσης διαφυσιακών καταγμάτων μηριαίου με την χρήση ήλου κεντρικής βλαισής γωνίωσης 5° και μικρής διαμετρου 13mm διαμέσου της κορυφής του μείζονος τροχαντήρα¹³⁸. Αναφέρουν 97% πόρωση καταγμάτων χωρίς διεγχειρητικές επιπλοκές και μετεγχειρητικά μικρό ποσοστό βάδισης Trendelenburg (12%), μέτριο πόνο στην περιοχή του εγγύς μηριαίου (4%) και μέτριο ποσοστό εμφάνισης έκτοπης οστεοποίησης (15%) χωρίς να επηρεάζεται το εύρος κίνησης του ισχίου^{138,144}. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν ανάλογα και συμβατά με άλλες μελέτες σε μεγάλο αριθμό ασθενών με κατάγματα μηριαίου που αντιμετωπίστηκαν με ενδομυελική ήλωση^{34,42,49,139}.

Ανάλογες μελέτες που έγιναν σε παιδιά και ενήλικες συμπεραίνουν ότι η κορυφή του τροχαντήρα ως επιλογή πύλης εισόδου στην ενδομυελική ήλωση είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των διαφυσιακών καταγμάτων του μηριαίου¹⁴⁰⁻¹⁴³.

Ωστόσο τελευταία σε δυο προοπτικές τυχαιοποιημένες μελέτες^{144,145} που συνέκριναν το βοθρίο του απιοειδούς και την κορυφή του τροχαντήρα ως πύλη εισόδου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην δημιουργία ψευδαρθρώσεων, γωνιακών ή στροφικών παραμορφώσεων όπως και στην εμφάνιση ιατρογενών καταγμάτων. Επίσης δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μετεγχειρητική τους πορεία, παρά μόνο στην μικρότερη χρονική διάρκεια του χειρουργείου και στην χαμηλότερη έκθεση στην ακτινοβολία των ασθενών που επελέγη η κορυφή του μείζονος τροχαντήρα¹⁴⁴.

Σε άλλη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από τους Starr et al, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των προαναφερθεισών πυλών εισόδου, σε σχέση με την απώλεια αίματος, το μέγεθος της χειρουργικής τομής, τον χρόνο του χειρουργείου και των διεγχειρητικών επιπλοκών. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η επιλογή της πύλης εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση καθορίζεται κυρίως από την εξοικείωση του χειρουργού με τον τύπο του ήλου που χρησιμοποιείται¹⁴⁵.

Μελέτες σε ανατομικά παρασκευάσματα που πραγματοποιήθηκαν από Johnson et al⁴³, απέδειξαν ότι η αύξηση των φορτίων αγκύλης (hoop stresses) πέρα από το όριο αντοχής του οστού, όταν η επιλογή του σημείου εισόδου βρισκόταν >6mm πρόσθια από το βοθρίο του απιοειδούς, μπορεί να προκαλέσει συντριβή του εγγύς μηριαίου ανεξάρτητα από την έσω ή έξω πλάγια μετατόπιση της μηριαίας κεφαλής (offset). Τα φορτία αγκύλης είναι δυνάμεις που ασκούνται στην περιφέρεια του μηριαίου κατά την είσοδο του ήλου και είναι κυρίως συγκεντρωμένες στην κορυφή του ήλου. Οι αξονικές δυνάμεις εξόδου (low axial pushout forces) ορίζονται ως τα φορτία που εφαρμόζονται κατά μήκος του άξονα του

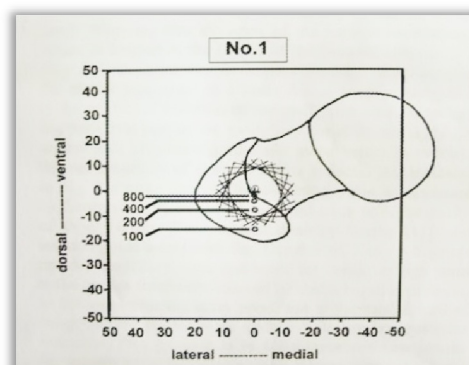
ήλου στην ενδομυελική ήλωση μέχρι την τοποθέτησή του στην τελική του θέση. Περαιτέρω πρόσθια επιλογή αλλά μικρότερη απο 8mm παρουσίασε ανεπαρκή σταθερότητα του ήλου με την υπόθεση ότι χαμηλότερα φορτία αγκύλης δημιουργούσαν ηπιότερες αξονικές δυνάμεις εξόδου όταν χρησιμοποιούνταν ήλοι πρόσθιας καμπυλότητας. Η περαιτέρω οπισθία επιλογή προκαλούσε ακόμα μεγαλύτερα φορτία αγκύλης και κατ' επέκταση απαιτούσε μεγαλύτερη βία κατά την είσοδο του ήλου. Οι Johnson et al παρατήρησαν ότι το εγγύς μηριαίο είχε την τάση συνεχώς να κατακερματίζεται ή να συντρίβεται, όταν η πύλη εισόδου ήταν πολύ πρόσθια. Κατέληξαν στην διαπίστωση ότι τα φορτία αγκύλης μπορούσαν να περιοριστούν με την επιλογή του ενδεδειγμένου σημείου εισόδου χρησιμοποιώντας ένα μικρότερης διαμέτρου ήλο και υπεργλυφανίζοντας κατά 1-2 mm. Αυτό θα μπορούσε σε κάποιο βαθμό να διαταράξει την σταθερότητα του κατάγματος μετά την ήλωση, θεωρήθηκε ωστόσο προτιμότερο από το ενδεχόμενο να προκληθεί συντριβή του μηριαίου κατά την είσοδο του ήλου⁴³. Αρκετοί ερευνητές συμφώνησαν με τα ανωτέρω αποτελέσματα και υποστήριξαν την επιλογή του βοθρίου του απιοειδούς ως επιλογή πύλης εισόδου, όπως και την αλλαγή της θέσης επέμβασης από την πλάγια σε ύπτια.

Σε άλλη μελέτη οι Georgiadis et al προσπάθησαν να καθορίσουν το ιδανικό σημείο εισόδου με ακτινογραφίες σε 3 επίπεδα (προσθιο-οπίσθιο, πλάγιο-πλάγιο και υπο γωνία 45°) σε πτωματικά μηριαία³⁶. Σε κάθε επίπεδο ορίστηκε ο κεντρικός άξονας του ενδοαυλικού αυλού και συγκρίθηκε με την κορυφή ενός «K-wire» που τοποθετήθηκε στον μείζονα τροχαντήρα κρανιακά. Ατυχώς όμως χρησιμοποίησαν για τις μετρήσεις μόνο το εγγύς τμήμα του μηριαίου αυλού. Γνωρίζοντας ότι η κορυφή της φυσιολογικής πρόσθιας καμπυλότητας ήταν κοντά στον ισθμό του μηριαίου, θεώρησαν ότι το ιδανικό σημείο εισόδου εντοπίζεται στην κορυφή του μείζονος τροχαντήρα σε μια πλέον ραχιαία θέση σε σχέση με την τενόντια κατάφυση του βοθρίου του απιοειδούς³⁶. Σε μεταγενέστερη μελέτη από τους Gausepaul et al οι οποίοι όμως χρησιμοποίησαν ολόκληρο τον μηριαίο αυλό απέδειξαν την στατιστικά σημαντική διαπίστωση ότι η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται περισσότερο κοιλιακά επικαλύπτοντας την κατάφυση του απιοειδούς, στο έσω όριο του μείζονος τροχαντήρα. Κατέληξαν επίσης στο αποτέλεσμα ότι περισσότερο άκαμπτοι και ευθείς ήλοι πρέπει να εισάγονται δια του βοθρίου του απιοειδούς, ενώ εύκαμπτοι καμπύλοι ήλοι πρέπει να τοποθετούνται περισσότερο κοιλιακά¹⁴⁶.

Παρά την εξέλιξη στον σχεδιασμό των ήλων και την τοποθέτησή τους ασθενούς σε ύπτια θέση που διευκόλυνε το περιφερικό κλείδωμα παρέμεινε δύσκολη διεγχειρητικά η

εύρεση του βοθρίου του απιοειδούς. Το πρόβλημα ήταν μεγαλύτερο σε παχύσαρκους ασθενείς που λόγω αυξημένης περιφέρειας στην μηριαία περιοχή ήταν αδύνατη η συστηματική εύρεσή του και οι McKee και Wandel αναγκάστηκαν να αποδεχτούν μια περαιτέρω εξωτερική πύλη εισόδου χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές στην έκβαση του χειρουργείου¹⁴⁷. Ανάλογες μελέτες του Ostrum σε 12 παχύσαρκους ασθενείς που παρα τις προσπάθειές του να εντοπίσει το βοθρίο του απιοειδούς για να εισάγει τον ήλο, διεπίστωσε ότι αυτό ήταν σχεδόν αδύνατο, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση της κορυφής του τροχαντήρα σε παχύσαρκους ασθενείς που χειρουργούνται σε ύπτια θέση ήταν ικανοποιητική^{148,149}.

Μεταγενέστερα οι Gausepohl et al πραγματοποίησαν μελέτη σε 16 πτωματικά μηριαία, όπου ο αυλός του μηριαίου παρασκευάστηκε ανατομικά και πληρώθηκε με θειϊκό βάριο. Σε κάθε μηριαίο πραγματοποιήθηκαν 12 ακτινολογικές λήψεις με αφετηρία την πρόσθιο-οπίσθια και ακολούθως ανα 15° στροφή¹⁵⁸. Σε 88% των παρασκευασμάτων το ιδανικό σημείο εισόδου εντοπίστηκε στο έσω χείλος του μείζονος τροχαντήρα επικαλύπτοντας την τενόντια έκφυση του απιοειδούς. Ο άξονας του αυλού προσδιορίστηκε σταθερά περίπου 2,1cm πρόσθια από το ραχιαίο όριο του μείζονος τροχαντήρα. Στο δεύτερο σκέλος της μελέτης υπολογίστηκε το ιδανικό σημείο εισόδου για ήλους που ακολουθούν την καμπυλότητα του μηριαίου. Σε ήλους καμπυλότητας με ακτίνα 100cm εντοπίστηκε 0,7mm πρόσθια από το ραχιαίο όριο του μείζονος τροχαντήρα, επικαλύπτοντας το οπίσθιο όριο του (Εικόνα 8). Κατέληξαν στο συμπέρασμα επίσης ότι η επιλογή της πύλης εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση καθορίζεται κυρίως από την εξοικείωση του χειρουργού με τον τύπο του ήλου που χρησιμοποιείται¹⁵⁸.



Εικόνα 10: Κρανιακός σχεδιασμός μηριαίου. Το [+] απεικονίζει την έξοδο του κεντρικού άξονα του ενδομυελικού αυλού. Επίσης απεικονίζονται τα σημεία εξόδου των ήλων ανάλογα με την καμπυλότητα τους (απο T. Gausepohl et al. Injury (2002) 701-705)

Σε μια προοπτική τυχαιοποιημένη μελέτη που παρουσιάστηκε στο ετήσιο συνέδριο της αμερικανικής ορθοπεδικής εταιρίας (AAOS) αναλύεται η λειτουργικότητα των απαγωγών μυών του ισχίου μετά από ενδομυελική ήλωση χρησιμοποιώντας είτε το βοθρίο του αποειδούς είτε την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα ως επιλογή πύλης εισόδου. Διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της μυϊκής ισχύος των απαγωγών στην ομάδα των ασθενών που επελέγη το βοθρίο του αποειδούς κατα την εκκίνηση και διακοπή της βάρδισης¹⁵¹.

Σχετικά με την καταστροφή των μαλακών μορίων, η επιλογή οποιασδήποτε από τις δύο πύλες εισόδου μπορεί να προκαλέσει βλάβη των απαγωγών και των έξω στροφένων του ισχίου. Οι βλάβες αυτές μπορούν να επηρεάσουν την τελική έκβαση της θεραπείας. Ωστόσο η συμβολή της επιλογής της πύλης εισόδου στην καταστροφή των μυοτενοντίων συμβόλων, των αγγείων και των νεύρων της περιοχής παραμένει ασαφής. Οι Dora et al προσπάθησαν να δώσουν μια απάντηση χρησιμοποιώντας 16 ευθείς ήλους σε 16 πτωματικά μηριαία επιλέγοντας τρία διαφορετικά σημεία εισόδου, δηλαδή επί ή έξω από την κορυφή του τροχαντήρα (ομάδα Α), έξω από την κορυφή του τροχαντήρα και πρόσθια από το βοθρίο του αποειδούς (ομάδα Β) και έξω από την κορυφή του τροχαντήρα και οπίσθια από τον τένοντα του αποειδούς (ομάδα Γ)¹⁵². Παρατήρησαν ότι η χρήση του βοθρίου του αποειδούς προκάλεσε την μεγαλύτερη καταστροφή μαλακών μορίων. Επίσης προξένησε μεγαλύτερη βλάβη στους έξω στροφείς και ταυτόχρονα σε κλάδους της έξω περισπώμενης αρτηρίας της μηριαίας κεφαλής, διαταράσσοντας την φυσιολογική της αιμάτωση, και έτσι οι συγγραφείς συνέστησαν την χρήση του μείζονος τροχαντήρα ως πύλης εισόδου με το επιπρόσθετο πλεονέκτημα της ευκολότερης εισαγωγής του ήλου¹⁵².

Ανάλογες έρευνες από τους Moein et al¹³⁵ για την εκτίμηση ιατρογενών βλαβών στα μαλακά μόρια της περιοχής περιλάμβαναν την ήλωση χωρίς γλυφανισμό διαμέσου του βοθρίου του αποειδούς και της κορυφής του μείζονα τροχαντήρα με συγκεκριμένους ήλους για κάθε αντίστοιχη πύλη σε πρόσφατα κατεψυγμένα πτώματα με άθικτα μηριαία. Κατέληξαν στην άποψη ότι η ήλωση διαμέσου της κορυφής του μείζονα τροχαντήρα ήταν λιγότερο επιβλαβής στις μυοτενοντίες δομές στην εγγύς περιοχή του μηρού, αφού διαπιστώθηκαν μόνο βλάβες στους τένοντες των απαγωγών. Αντίθετα η ήλωση δια του βοθρίου του αποειδούς ήταν υπεύθυνη για βλάβες στους απαγωγούς, στους έξω στροφείς, σε κλάδους της έξω περισπώμενης αρτηρίας, στους κατώτερους κλάδους του άνω γλουτιαίου νεύρου καθώς και στον θύλακο του ισχίου¹³⁵. Ωστόσο

αργότερα ο Helmy et al παρατήρησε την μετεγχειρητική πορεία ασθενών με κατάγματα μηριαίου όπου επελέγη το βοθρίο του απιοειδούς για την ενδομυελική ήλωση χρησιμοποιώντας διάφορα συστήματα μέτρησης και ισοκινητικής εξέτασης των απαγωγών και εκτεινόντων μυών του μηρού και των εκτεινόντων μυών του γόνατος¹³⁴. Παρατήρησε ήπια μείωση μυϊκής ισχύος στους απαγωγούς μύες χωρίς όμως ιδιαιτέρες κλινικές επιπτώσεις αφού οι ασθενείς είχαν φυσιολογική βάδιση, καλό λειτουργικό αποτέλεσμα και καλή γενική κατάσταση υγείας.

Σε μελέτη σε πτώματα προτάθηκε τροποποιημένη πύλη εισόδου επί του τροχαντήρα για να αποφευχθούν οι βλάβες των μαλακών μορίων του εγγύς μηριαίου, η οποία ορίστηκε λίγο πρόσθια και επι τα εντός του έσω ορίου του μείζονος τροχαντήρα¹⁵³. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι δεν παρατηρήθηκαν εμφανείς βλάβες στην μυοτενόντια συμβολή και στο έσω τμήμα του τένοντος του μέσου γλουτιαίου. Η θέση αυτή μπορεί να προσδιοριστεί στην πρόσθιο-οπίσθια ακτινογραφία στην έσω κορυφή του μείζονος τροχαντήρα κατά μήκος του χείλους του, και στην πλάγιο-πλάγια ακτινολογική λήψη στο κέντρο της διασταύρωσης του αυχένα του μηριαίου και του μείζονος τροχαντήρα με την τοποθέτηση της βελόνας σαν να διχοτομεί την μηριαία κεφαλή¹⁵³.

Αξίζει εδώ να σημειωθεί η θεωρία του «φαλακρού σημείου» (bald spot) που προσδιορίζεται στο πλάγιο τμήμα του μείζονος τροχαντήρα. Σε ανατομική μελέτη όπου χρησιμοποιήθηκε υψηλής ευκρίνειας σύστημα πλοήγησης, εκτιμήθηκαν οι ανατομικές καταφύσεις των τενόντων του εγγύς μηριαίου. Το «φαλακρό σημείο» αναφέρεται σε ελλειπτική περιοχή χωρίς τενόντιες καταφύσεις στο πλάγιο τμήμα του μείζονος τροχαντήρα, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πύλη εισόδου, ελαχιστοποιώντας τις βλάβες των μαλακών μορίων. Ορίζεται πρόσθια και περιφερικά από τον ελάσσονα γλουτιαίο (ο οποίος βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον μέσο γλουτιαίο), πρόσθια απο τον μέσο γλουτιαίο και κεντρικά απο τον τένοντα του απιοειδούς. Το εμβαδόν και η διάμετρός του είναι περίπου 354mm² και 21mm αντίστοιχα. Επίσης το γεωμετρικό του κέντρο τοποθετείται 11mm κεντρικότερα απο την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα στην προσθιο-οπισθία προβολή και 5mm πρόσθια της μεσότητας του μεγάλου τροχαντήρα στην πλάγια προβολή. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το συγκεκριμένο σημείο ως πύλη εισόδου σε δέκα (10) περιπτώσεις ασθενών (μέχρι σήμερα) χωρίς διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές επιπλοκές¹⁵⁴.

Οι Ricci et al εφάρμοσαν επίσης μια τροποποιημένη τεχνική εισόδου του ήλου. Ο ήλος εισάγεται αρχικά με περιστροφή 90°, έτσι ώστε η πρόσθια καμπυλότητά του να βρίσκεται προς τα έσω και η κορυφή του να μην σημαδεύει τον έσω φλοιό. Όταν πλέον έχει προσπεράσει την εστία του κατάγματος εφαρμόζεται αργή προοδευτική αντιστροφή και προώθηση του ήλου^{68,138,144}.

Πολλές μελέτες αναδεικνύουν την διάσταση απόψεων ως προς τον κατασκευαστικό σχεδιασμό των ήλων σε σχέση με τη καμπυλότητα του μηριαίου^{43,49,155,156}. Η γεωμετρική αυτή ασυμφωνία του ήλου και της διαδρομής του στον αυλό του μηριαίου είναι υπεύθυνη για επιπλοκές, όπως η διάτρηση του φλοιού, η γωνίωση του κατάγματος και η συντριβή της καταγματικής εστίας. Οι Harper et al συγκεκριμένα πρότειναν για την αποφυγή αυτών των επιπλοκών την επιλογή ως πύλης εισόδου στον αυλό την διασταύρωση του αυχένα του μηριαίου με τον μείζονα τροχαντήρα σε μια θέση ελάχιστα πρόσθια ή εντός του βοθρίου του απιοειδούς¹⁵⁶. Ωστόσο η πλειοψηφία των διαθέσιμων ήλων όσο ανατομικά και αν είναι σχεδιασμένοι για την προώθησή τους στον ενδομυελικό αυλό, πρέπει να συσχηματιστούν με την καμπυλότητα του μηριαίου¹⁵⁶. Συγκεκριμένα οι ήλοι που είναι κατασκευασμένοι ώστε να εισέρχονται δια του μείζονος τροχαντήρα πρέπει να μπορούν να συσχηματιστούν τόσο στη καμπυλότητα της διάφυσης όσο και στην προς τα έξω φυσιολογική γωνίωση του εγγύς μηριαίου. Με αυτό το δεδομένο πραγματοποιήθηκε μια εμβιομηχανική μελέτη ώστε να εξεταστεί η δομή του γλυφανισμένου αυλού σε πτωματικά μηριαία. Είναι αξιοσημείωτο ότι η καμπυλότητα του μηριαίου έχει προοδευτική έσω πορεία κεντρικά αλλά πρόσθια στην μεσότητα του αυλού. Η επιβεβαίωση της τρισδιάστατης δομής του αυλού στην γλυφανιζόμενη ήλωση διαμέσου του τροχαντήρα θα μπορούσε να δικαιολογήσει την κατασκευή ενός ελικοειδούς ήλου που θα ταίριαζε καλύτερα με τον αυλό με πιθανά πλεονεκτήματα την ευκολότερη εισαγωγή και εξαγωγή του, λιγότερα οστικά φορτία και την πιθανότητα εμφάνισης λιγότερων διεγχειρητικών επιπλοκών¹⁵⁹.

Συμπερασματικά φαίνεται συνετό να θεωρηθεί ότι το «ιδανικό» σημείο εισόδου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εξοικείωση του χειρουργού με την ενδομυελική ήλωση ως επέμβαση και από τον ήλο που χρησιμοποιεί. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι κάθε κατάγμα έχει την «προσωπικότητά» του και τα ιδιαίτερα ανατομικά χαρακτηριστικά του κάθε μηριαίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον προεγχειρητικό σχεδιασμό. Η κορυφή του τροχαντήρα φαίνεται ίσως αποτελεσματικότερη και πλέον αξιόπιστη σε κεντρικότερα κατάγματα με καταγματικές γραμμές που εκτείνονται μέχρι το βοθρίο του

απιοειδούς. Σε παχύσαρκους φαίνεται ότι είναι τεχνικά και ανατομικά ευκολότερη η χρήση της κορυφής του μείζονος τροχαντήρα ως πύλης εισόδου. Η διάσταση απόψεων στην βιβλιογραφία παραμένει σχετικά με το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση του μηριαίου.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 8^ο

Σκοπός της πειραματικής μελέτης

Τα κατάγματα του μακρύτερου και ισχυρότερου ανθρώπινου οστού αποτελούν πεδίο ενδιαφέροντος και πρόκλησης στη θεραπεία για τον χειρουργό τραύματος. Η κλειστή ορθόδρομη στατικά κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση με γλυφανισμό θεωρείται ευρέως αποδεκτή για την θεραπεία των διαφυσιακών καταγμάτων του μηριαίου³³⁻³⁷. Υπάρχει μεγάλη διάσταση απόψεων στην βιβλιογραφία σχετικά με το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση και όπως αναφέρθηκε προτείνονται διάφορα ανατομικά σημεία όπως η κορυφή του μείζονος τροχαντήρα, το βοθρίο του απιοειδούς, το βοθρίο του τροχαντήρα, η διασταύρωση του αυχένα του μηριαίου και του μείζονος τροχαντήρα, το καθένα από τα οποία συσχετίζονται με διάφορες επιπλοκές^{35,126,130,132,138,145}. Η αντιπαράθεση γύρω από την «ιδανική» πύλη εισόδου οφείλεται κυρίως στα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά των ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιούμενων νεότερων άκαμπτων συμπαγών κλειστής περιμέτρου (unslotted) ενδομυελικών ήλων, στην ακαμψία των οποίων οφείλονται τα πλεονεκτήματα και η ιδιαιτερότητα της χρήσης τους. Οι άκαμπτοι ήλοι πλεονεκτούν διότι επιτρέπουν την περισσότερο σταθερή ακινητοποίηση ακόμη και συντριπτικών καταγμάτων μηριαίου και την άμεση κινητοποίηση του ασθενή, αλλά απαιτούν, λόγω της μικρής δυνατότητας παραμόρφωσής τους μετά την ενδομυελική εισαγωγή τους, ακριβή και ανατομική επιλογή της ιδανικής πύλης εισόδου. Αντίστροφα οι εύκαμπτοι ανοικτής περιμέτρου (slotted) ήλοι αποδίδουν λιγότερο σταθερή οστεοσύνθεση, δεν απαιτούν όμως ακριβή ανατομικό εντόπισμό της πύλης εισόδου^{51,126,158}.

Ο καθορισμός του ιδανικού σημείου εισόδου για την ενδομυελική ήλωση του μηριαίου (IMN) θα προϋπέθετε την ελεύθερη είσοδο του ήλου δια του αυλού μέ ανατομική ευθυγράμμιση των κατεαγόντων οστικών τεμαχίων χωρίς την δημιουργία τάσεων ή ροπών. Οι ήλοι που χρησιμοποιούνται έχουν, ανάλογα με τον κατασκευαστή τους, ακτίνα καμπυλότητας R= (1500, 2300, 3000) mm. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του μηριαίου ενηλίκων είναι γνωστό ότι ποικίλουν και ως προς την αυχενομηριαία γωνία

(με φυσιολογική τιμή 125°) και ως προς την καμπυλότητά τους στο οβελιαίο επίπεδο (anterior bowing).

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση πιθανών υπάρχουσών σχέσεων μεταξύ των πραγματικών τρισδιάστατων γεωμετρικών παραμέτρων του εγγύς μηριαίου και της ιδανικής θέσης του σημείου εισόδου.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 22 πτωματικά μηριαία ενηλίκων (Εικόνα 11). Μηριαία με προηγούμενη παθολογία δηλαδή κατάγματα ή νόσους αποκλείστηκαν για την ορθότερη διεξαγωγή της. Αποκλείστηκαν επίσης μηριαία ιδιαίτερα μεγάλης ηλικίας ανω των 75 ετών. Τα πτωματικά μηριαία ήταν εύρους ηλικίας από 19 έως 70 ετών. Ακολούθως σημειώθηκε σε αυτά το σύνηθες σημείο εισόδου των ενδομυελικών ήλων. Στη θέση αυτή έγινε τρυπανισμός με φρέζα 2mm και διαμέτρου 5mm.



Εικόνα 11: Τα πτωματικά μηριαία που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη

Αξονική τομογραφία

Στην συνέχεια τα οστά υπεβλήθησαν σε αξονική τομογραφία με τις εξής παραμέτρους:

- όλες οι τομές σε ένα data set
- όλες οι τομές σε Dicom Format αποθηκευμένες σε 1 cd
- λήψη τομών με No Gantry Tilt
- βήμα τομών 0.5 mm σε όλο το οστό

Ανακατασκευή και ψηφιοποίηση οστικών μοντέλων

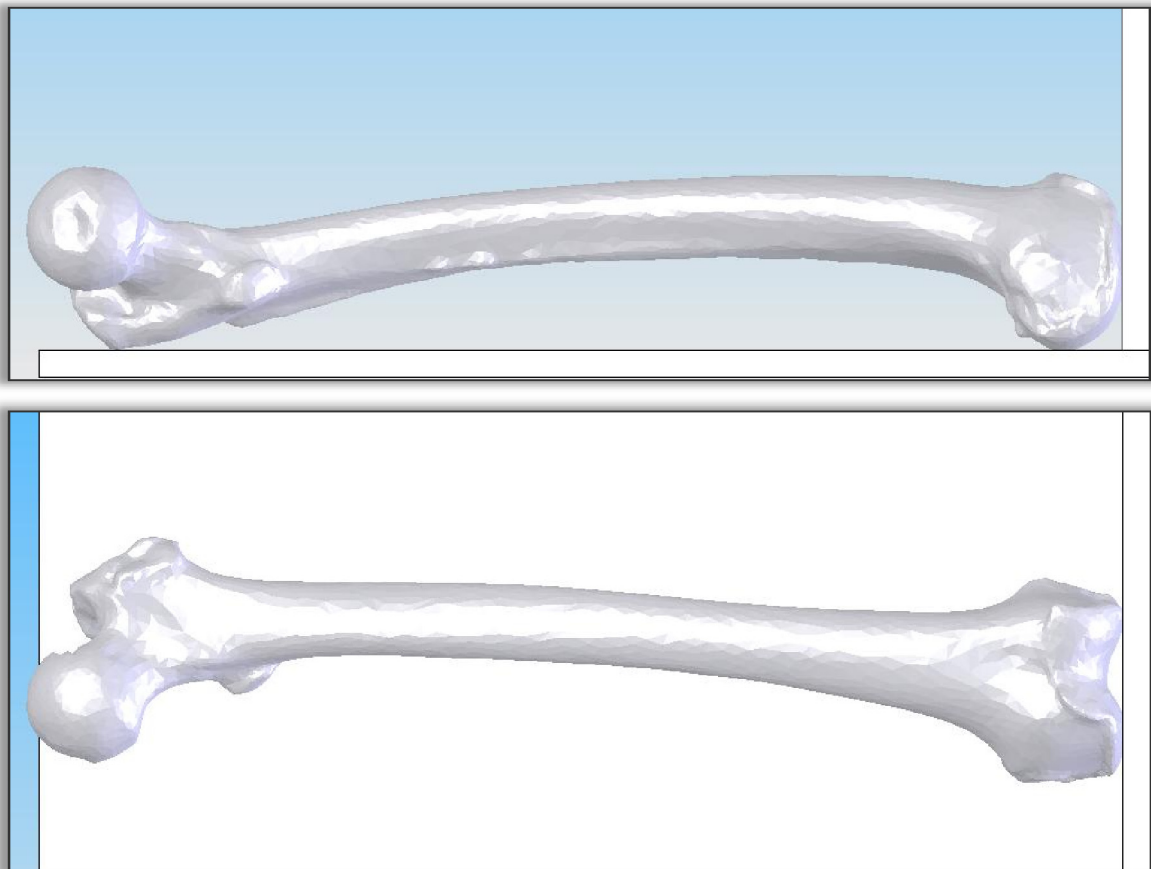
Τα οστικά μοντέλα ανακατασκευάστηκαν από τις τομές τους χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό CAD tools (SolidWorks® Office Premium for Windows 7th ed., ©SolidWorks Corp., Santa Monica-USA). Οι τομές αυτές πραγματοποιήθηκαν ανά 0,5mm σε όλο το μήκος του εκάστου μηριαίου. Ως ψηφιακό πλέον στερεό σώμα κάθε μοντέλο ανασχηματίστηκε από 15.000 επιφανειακά τρίγωνα που περιέγραψαν την εξωτερική επιφάνεια και τον αυλό του.

Γεωμετρική επεξεργασία και υπολογισμοί

Στη συνέχεια, το άνω ήμισυ του κάθε μοντέλου έγινε αντικείμενο γεωμετρικής επεξεργασίας και υπολογισμών ως εξής:

Τοποθέτηση και ευθυγράμμιση των πτωματικών μηριαίων

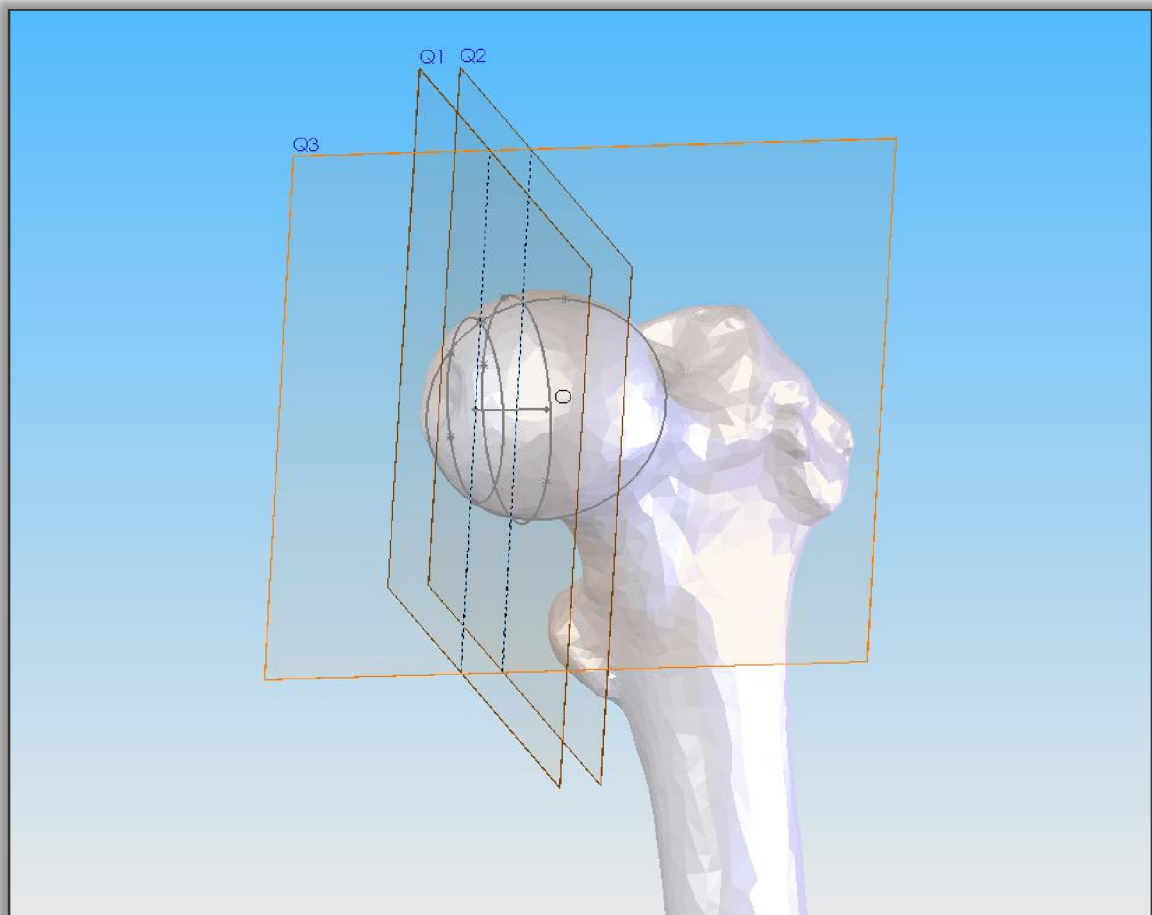
Χρησιμοποιώντας δημοσιευμένα κριτήρια¹⁵⁹, η τοποθέτηση των μηριαίων οστών πραγματοποιήθηκε σε ουδέτερη θέση ακολουθώντας τα πρότυπα του xyz πεδίου συσχετισμού στον χώρο σε δύο παράλληλα επίπεδα: η οπίσθια επιφάνεια των μηριαίων κονδύλων με τη βάση του μείζονος τροχαντηρα σε ένα επίπεδο και το περιφερικό τμήμα των μηριαίων κονδύλων σε άλλο (Εικόνα 12)



Εικόνα 12: Τοποθέτηση και ευθυγράμμιση των πτωματικών μηριαίων

Προσδιορισμός του κέντρου και της ακτίνας της μηριαίας κεφαλής

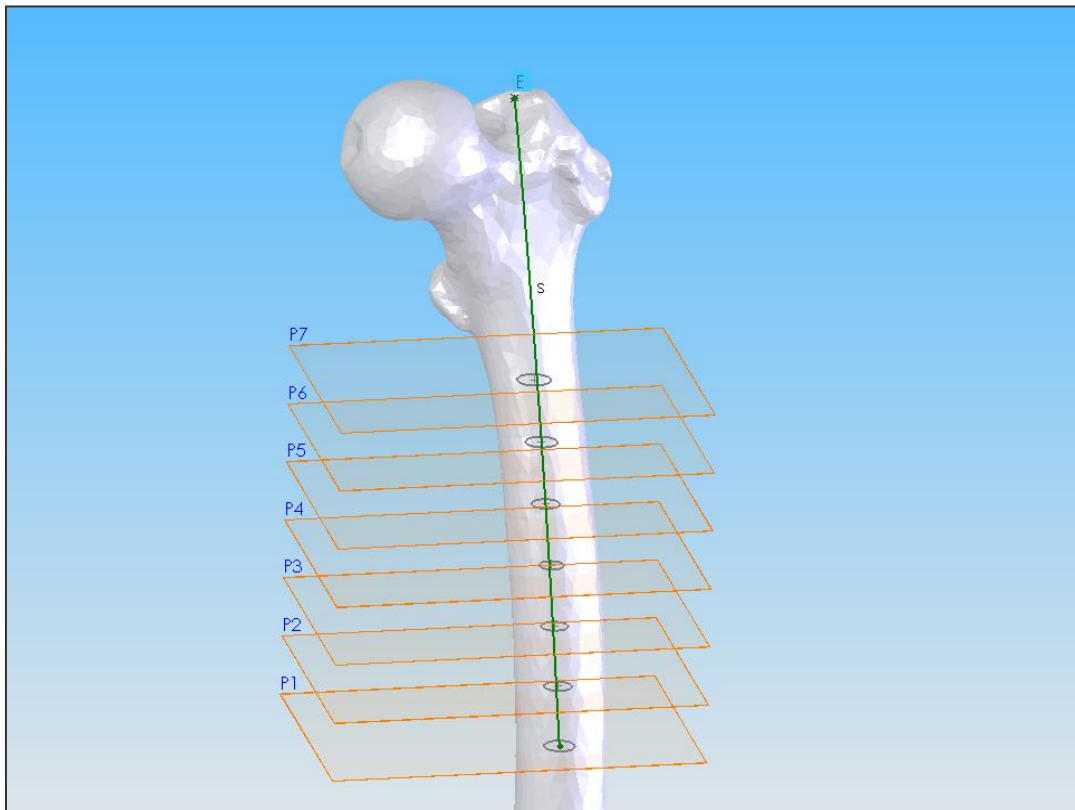
1. Ορίστηκαν δύο τυχαία επίπεδα Q1 και Q2 που τέμνουν την κεφαλή του μηριαίου οστού.
2. Πάνω σε αυτά τα δύο επίπεδα ορίστηκαν δύο κύκλοι επιλέγοντας τρία σημεία στη περιφέρεια της κεφαλής.
3. Τα κέντρα των δύο αυτών κύκλων συνδέθηκαν με ευθεία η οποία υποχρεωτικά θα περνάει από το κέντρο της κεφαλής.
4. Ορίστηκε ένα νέο επίπεδο με την ευθεία που προέκυψε στο βήμα 3 και ένα τυχαίο σημείο. Το επίπεδο αυτό Q3 θα τέμνει υποχρεωτικά την κεφαλή στα δύο (μεσημβρινό επίπεδο).
5. Στο επίπεδο που καθορίστηκε στο βήμα 4 σχεδιάζεται ένα κύκλος μέσω τριών σημείων της περιφέρειας της κεφαλής και έτσι προσδιορίζεται το κέντρο και την ακτίνα της.
6. Επίσης μετρήθηκε η ακτίνα και η διάμετρος της καθε μηριαίας κεφαλής (Εικόνα 13)



Εικόνα 13: Προσδιορισμός κέντρου και ακτίνας μηριαίας κεφαλής

Προσδιορισμός της διεύθυνσης του αυλού και του σημείου εξόδου

1. Ορίζονται επίπεδα παράλληλα στις τομές του αξονικού τομογράφου. (Ο αριθμός τους ποικίλει από δείγμα σε δείγμα ανάλογα με την κλίση του οστού).
2. Σε κάθε επίπεδο σχεδιάζεται ένας κύκλος που να εγγράφει κατά τον δυνατόν πιστότερα τον αυλό.
3. Επιλέγονται δύο από τους περιφερικούς κύκλους (τον P5 και P7 περιφερικότερο) και σχεδιάζεται μία ευθεία που να περνάει από τα κέντρα τους.
4. Ορίζεται ένα επίπεδο που να περιέχει αυτή την ευθεία και ένα ακόμη κέντρο κεντρικότερου κύκλου.
5. Στο επίπεδο αυτό σχεδιάζεται ένας κύκλος με ακτίνα 2300 mm που να περνάει από τα κέντρα των κύκλων που ορίσαμε στο βήμα 3.
6. Το τμήμα του κύκλου αυτού που τέμνει το μηριαίο ορίζει την τροχιά του ήλου.
7. Το σημείο όπου ο κύκλος αυτός τέμνει την εξωτερική επιφάνεια του οστού ορίζει το σημείο εξόδου (ή εισόδου) της τροχιάς του ήλου.
8. Επίσης χρησιμοποιώντας τον συνδυασμό των κέντρων στα επίπεδα P1, P4 and P7 προσδιορίζεται η φυσιολογική τροχιά s και η ενδοαυλική ακτίνα της καμπυλότητας του κάθε μηριαίου (Εικόνα 14: βλέπε τροχιά σε πράσινο)



Εικόνα 14: Προσδιορισμός διεύθυνσης αυλού και σημείου εξόδου

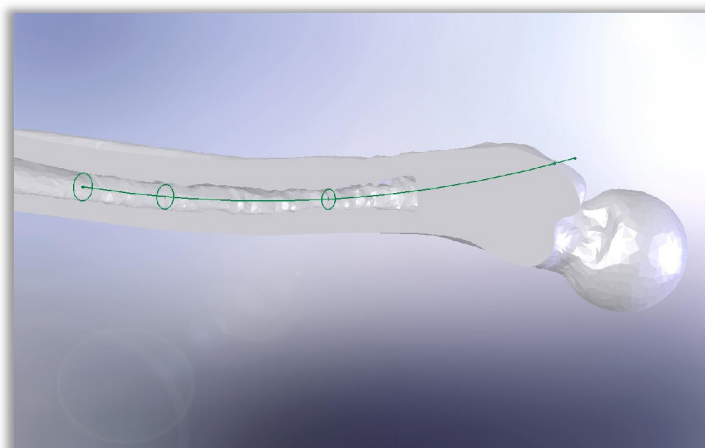
Προσδιορισμός αυχενομηριαίας γωνίας και πάχους αυχένα

1. Φέρεται μία ευθεία που να συνδέει το σημείο εξόδου (που προσδιορίζεται παραπάνω) και το τελευταίο σημείο της τροχιάς μέσα στον αυλό (ουσιαστικά πρόκειται για μια χορδή του κύκλου ακτίνας 2300 mm που ορίστηκε παραπάνω).
2. Ορίζεται ένα επίπεδο με τη χρήση της παραπάνω ευθείας και του κέντρου της κεφαλής που έχει καθοριστεί στο αρχικό στάδιο της μελέτης.
3. Σε αυτό το επίπεδο σχεδιάζονται παράλληλα ευθύγραμμα τμήματα οι άκρες των οποίων εφάπτονται στα όρια του αυχένα.
4. Από τα τμήματα αυτά επιλέγεται το μικρότερο και επαναλαμβάνεται το βήμα 3 για την περιοχή γύρω από το τμήμα αυτό.
5. Από τα καινούρια ευθύγραμμα τμήματα επιλέγεται πάλι το μικρότερο.
6. Συνδέεται με μια ευθεία το κέντρο του ευθύγραμμου αυτού τμήματος με το κέντρο της κεφαλής και η γωνία που σχηματίζει η ευθεία αυτή με την χορδή που ορίστηκε στο βήμα 1 αποτελεί την αυχενομηριαία γωνία του οστού.
7. Τέλος περιστρέφεται το ευθύγραμμο τμήμα μέχρι αυτό να γίνει κάθετο στην ευθεία που ορίστηκε στο βήμα 6 (τα άκρα του τμήματος πάντα εφάπτονται στα όρια του οστού). Το μήκος του τελευταίου ευθύγραμμου τμήματος ορίζει το πάχος του αυχένα.

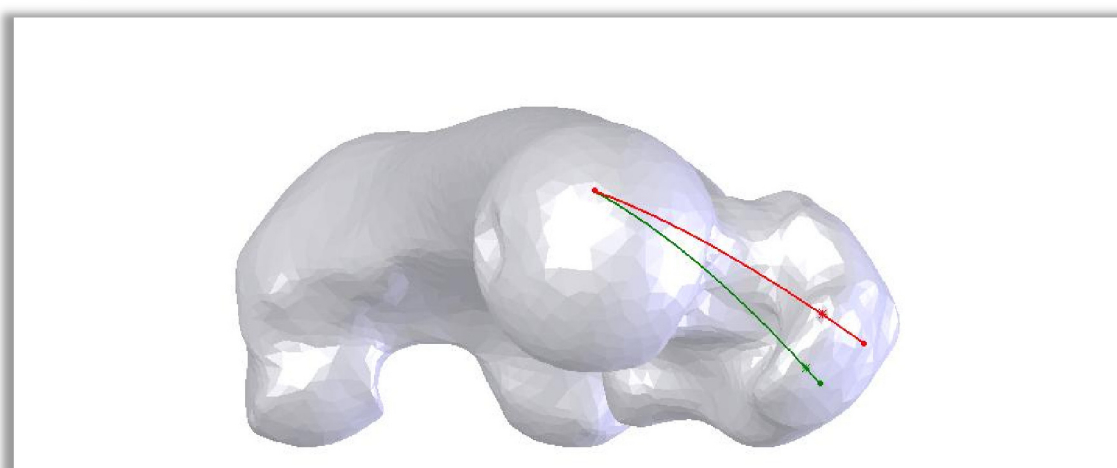
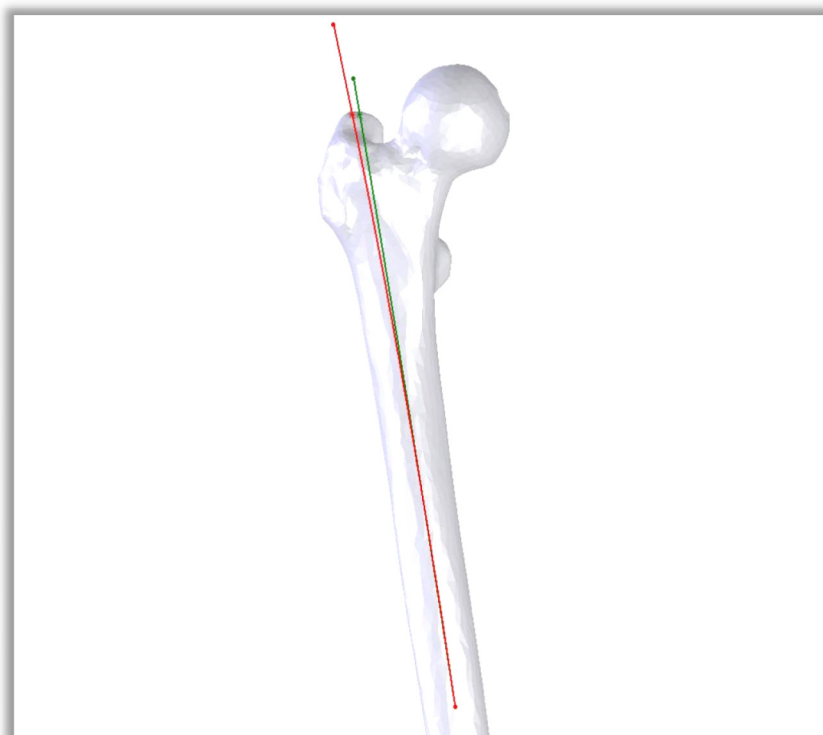
Προσδιορισμός σημείου συμβατικής τροχιάς

1. Ορίζεται ένα επίπεδο με τη βοήθεια δύο κέντρων από περιφερικούς κύκλους του αυλού και του κέντρου στην οπή του βοθρίου.
2. Πάνω σε αυτό το επίπεδο ορίζεται κυκλικό τόξο ακτίνας 2300 mm, το οποίο να περνά από το κέντρο του βοθρίου και το κέντρο του περιφερικότερου κύκλου του αυλού. Αυτή είναι η συμβατική τροχιά του ήλου. Έγινε επιλογή της τομής των 2300 mm ως λογικός συμβιβασμός μεταξύ του εύρους των ήλων που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή πρακτική.
3. Το σημείο όπου ο κύκλος αυτός τέμνει την εξωτερική επιφάνεια του οστού ορίζει το σημείο εξόδου (ή εισόδου) της συμβατικής τροχιάς του ήλου.

Με αυτή τη μέθοδο προκύπτουν οι παρακάτω τρισδιάστατες εικόνες για το μοντέλο π.χ. #16, όπου σημειώνεται η συμβατική τροχιά του ήλου (κόκκινο) και η υπολογισμένη τροχιά του ήλου (πράσινο). (Εικόνες 15,16,17)



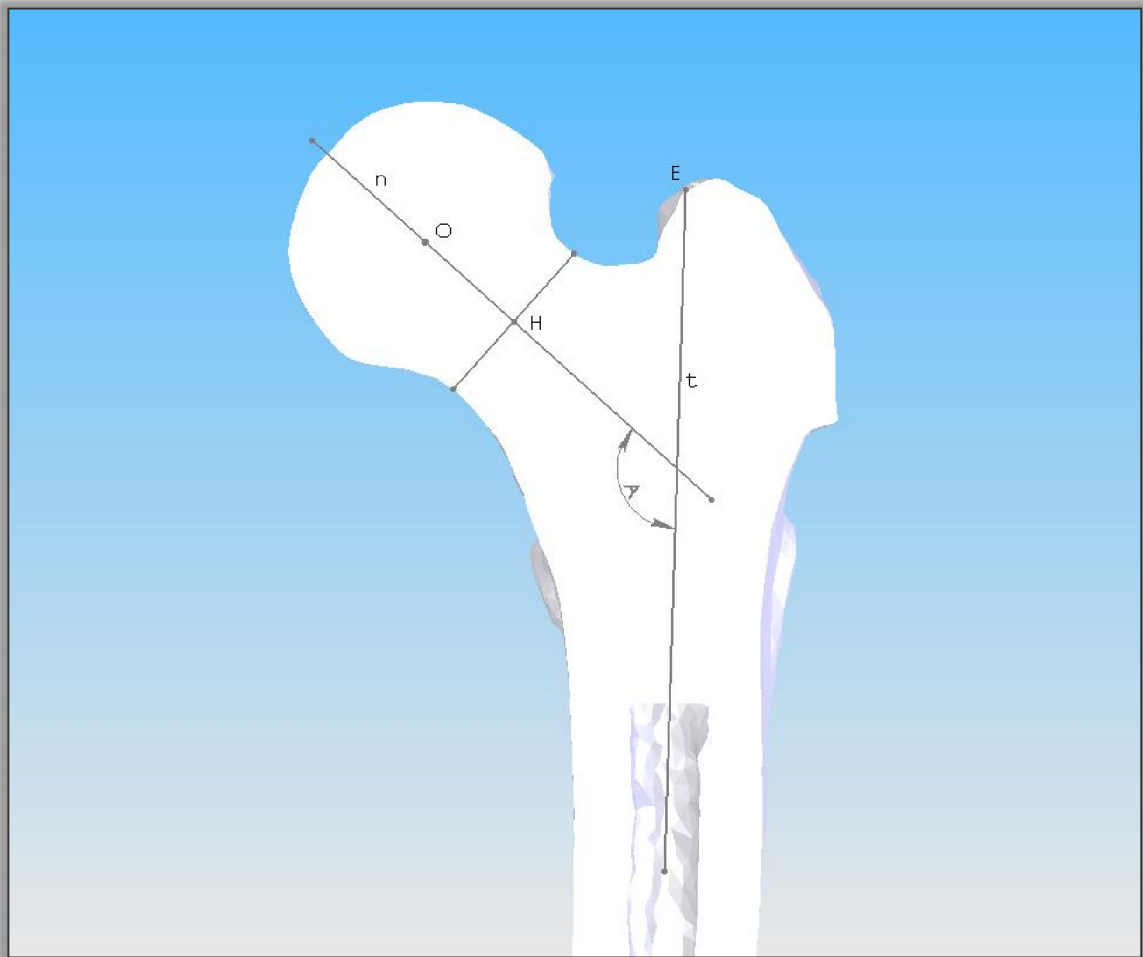
Εικόνα 15: Καμπυλότητα του μηριαίου (αρ. 16) με υπολογισμένη τροχιά (πράσινο)



Εικόνα 16,17: Μηριαίο #16 σε 2 επίπεδα: προσθιοπίσθια (άνω) και κраниκά (κάτω). Σημειώνονται τα σημεία εξόδου των ανωτέρω τροχιών με περισσότερο έντονες κουκίδες

Πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία

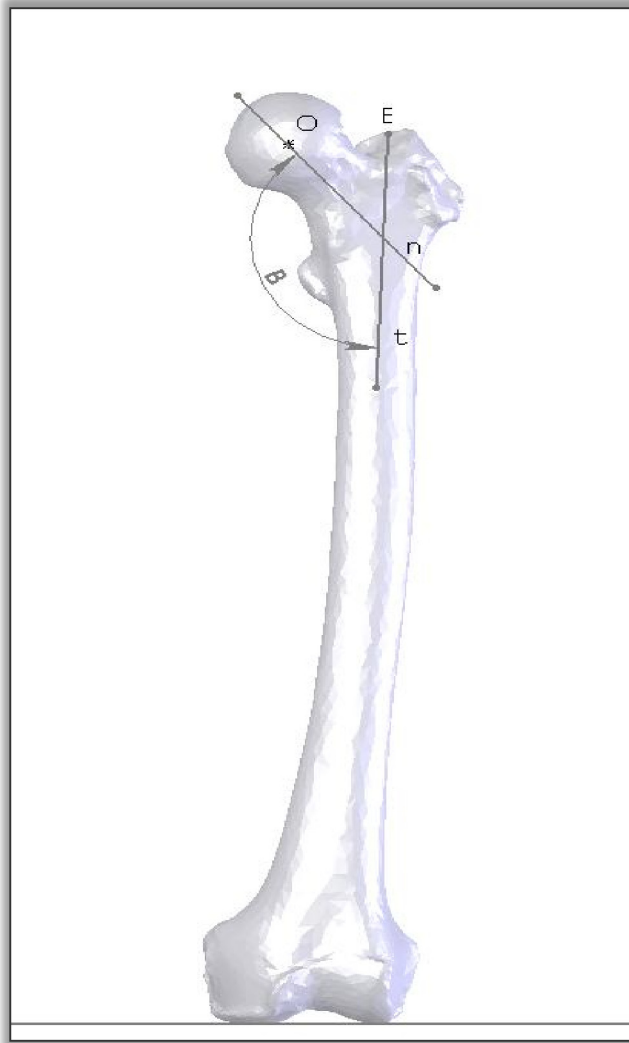
Χρησιμοποιώντας τα 2 εγγύς επίπεδα της ψηφιακής προσομοίωσης (επίπεδα **P6** και **P7**) δημιουργείται η χορδή «**t**» του τόξου «**s**». Το σημείο «**E**» είναι το σημείο εξόδου της χορδής «**t**» που συναντά τον εγγύς φλοιό προσομοιώνοντας την πραγματική 3D πύλη εισόδου του ήλου. Χρησιμοποιώντας τη χορδή και το κέντρο της μηριαίας κεφαλής «**O**», σχηματίστηκε το παρακάτω εικονιζόμενο επίπεδο, που εξ'ορισμού περιέχει την πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία. Προσδιορίστηκε έτσι ο άξονας του αυχένα του μηριαίου και μετρήθηκε η πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία «**A**». (Εικόνα 18)



Εικόνα 18: Πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία A

Προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία

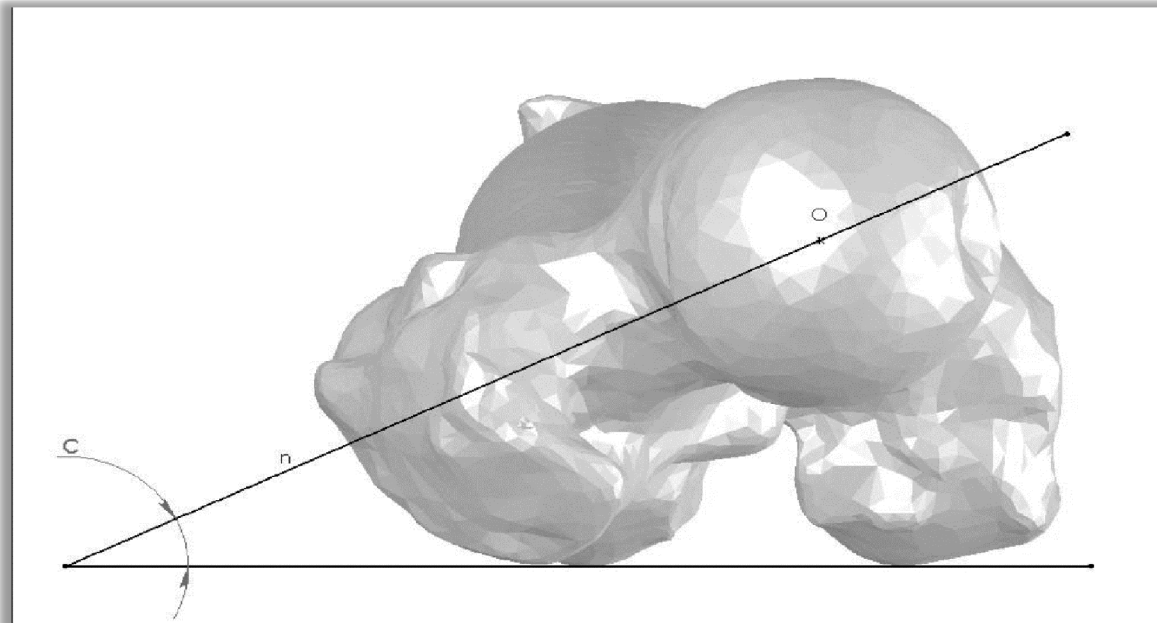
Η πρόσθια προβολή του μηριαίου είναι πρακτικά ταυτόσημη με την πρόσθιο-οπίσθια ακτινολογική λήψη. Η προβαλλόμενη χορδή «**t**» και ο άξονας του αυχένα του μηριαίου «**n**» προσδιορίζει την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία «**B**». Υπολογίστηκε η γωνία «**B**», όπως και η διαφορά της με την πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία. (Εικόνα 19)



Εικόνα 19: Προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία B

Πρόσθια απόκλιση του μηριαίου αυχένα (anteversion) (Εικόνα 20)

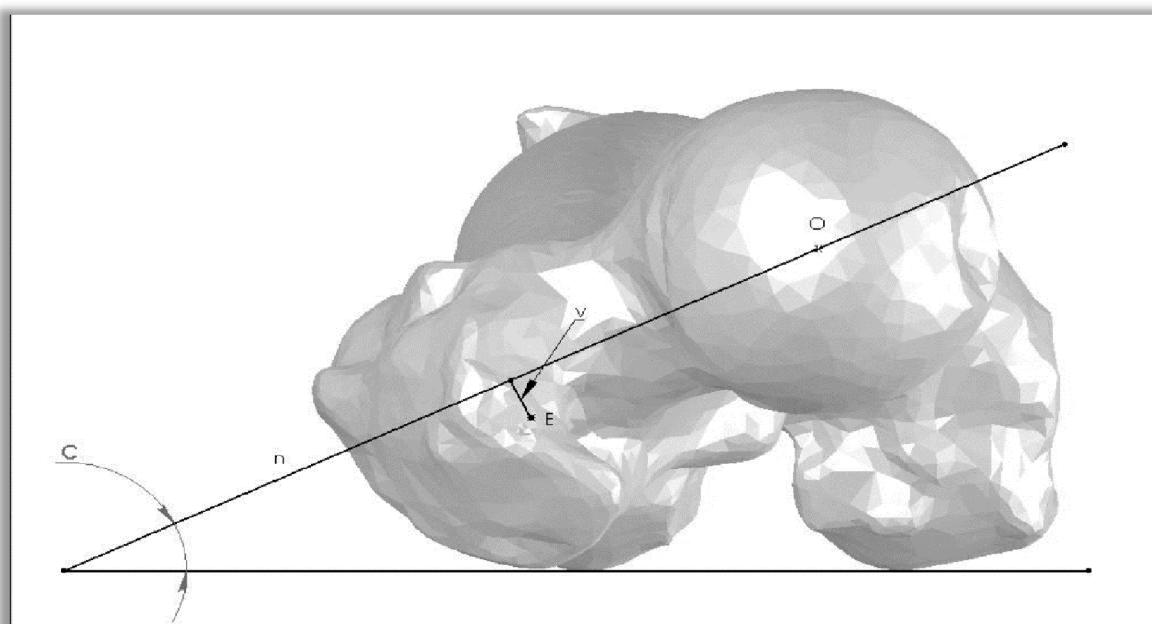
Η πρόσθια απόκλιση του αυχένα «C» υπολογίζεται από τον αυχένα του μηριαίου «n».



Εικόνα 20: Πρόσθια απόκλιση του αυχένα C

Προσθιοπίσθια τοπογραφία της πύλης εισόδου «E»

Υπολογίστηκε η απόσταση «v» που εκφράζει την απόσταση του πρόσθιο-οπίσθιου σημείου εισόδου «E» από τον άξονα του αυχένα του μηριαίου «n». Στο οβελιαίο επίπεδο, η ιδανική πύλη εισόδου «E» βρίσκεται πάντα λίγα mm πίσω από τον προβαλλόμενο αυχενομηριαίο άξονα «n».(Εικόνα 21)



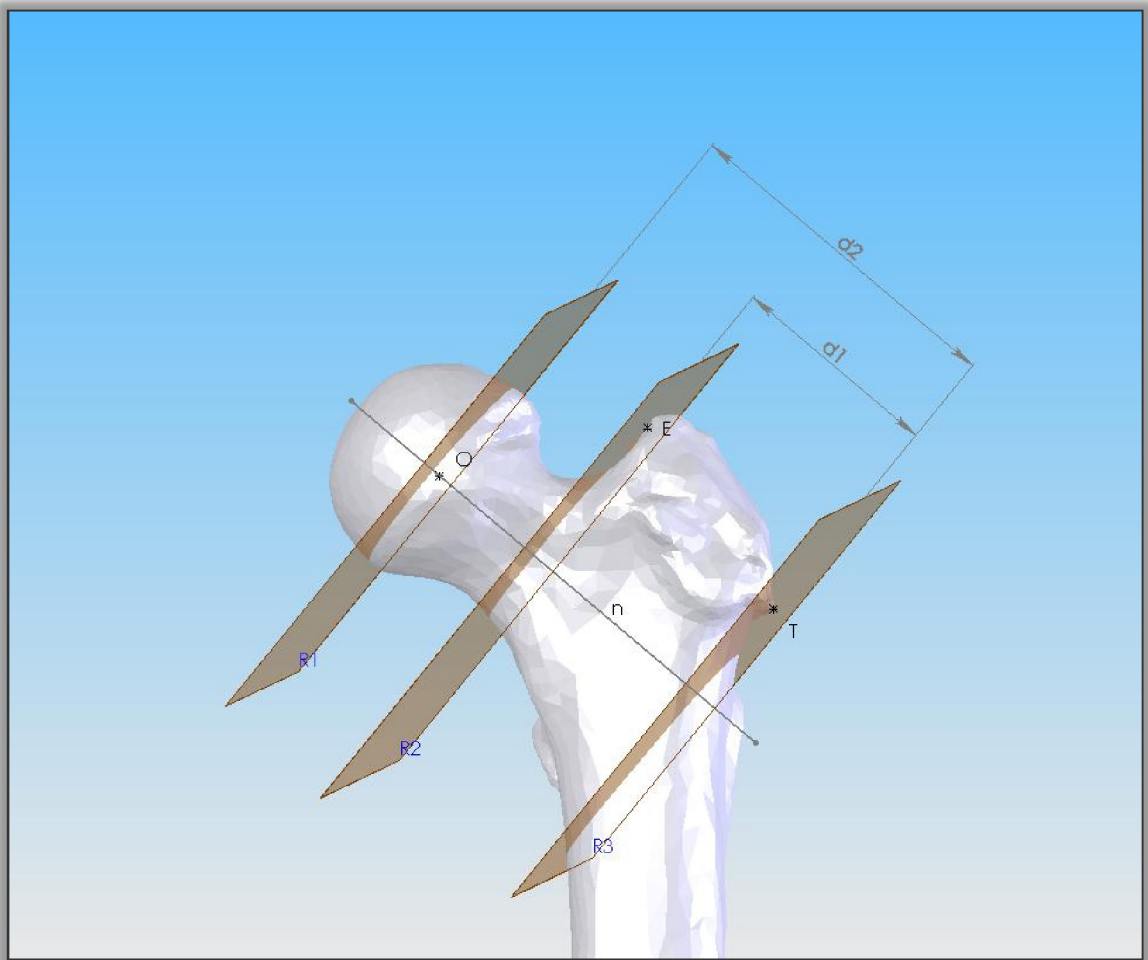
Εικόνα 21: Προσθιο-οπίσθια τοπογραφία της πύλης εισόδου «E»

Μέσο-πλάγια τοπογραφία της πύλης εισόδου E:

Τρία επίπεδα απεικονίστηκαν κάθετα στον αυχενομηριαίο άξονα «**n**»:

- το επίπεδο **R1** το οποίο τέμνει το κέντρο της μηριαίας κεφαλής «**O**»
- το επίπεδο **R2** το οποίο τέμνει την πύλη εισόδου «**E**» και
- το επίπεδο **R3** το οποίο τέμνει τον έξω φλοιό «**T**» του μεγάλου τροχαντήρα.
- Μετρήθηκαν οι αποστάσεις **d1** και **d2** σε mm και υπολογίστηκε η **d1:d2** αναλογία.

(Εικόνα 22)



Εικόνα 22: Μέσο-πλάγια τοπογραφία της πύλης εισόδου E ,επίπεδα R1,R2 και R3 και αποστάσεις d1,d2 και n

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κεφάλαιο 9^ο

Στον πλήθος των 22 πτωματικών μηριαίων κατόπιν συστηματικής μεθοδολογίας και ακριβέστατων γεωμετρικών υπολογισμών συγκεντρώθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

- Πλήθος 22 πτωματικών μηριαίων μέσης ηλικίας τιμής 51.09 +/- 14.82 ετών (εύρους = 19-70 χρονών)
- Η ακτίνα της φυσιολογικής κυρτότητας ήταν 695.0 +/- 194.0 mm (εύρους = 443.0-1,196.0 mm).
- Η μέση τιμή της πραγματικής 3D αυχενομηριαίας γωνίας ήταν 122.50 +/- 8.00° (εύρους 106.60-133.00).
- Η μέση τιμή της προβαλλόμενης αυχενομηριαίας γωνίας ήταν 127.50 +/- 9.00° (εύρους 109.0 - 145.00).
- Οι αποστάσεις v, d1 και d2 ήταν εντός μέσης τιμής, 3.5 +/- 1.5 mm, 36.7 +/- 4.8 mm, 68.6 +/- 4.7 mm αντίστοιχα.
- Η d1:d2 αναλογία ήταν 54.0 +/- 7.0%.(Πίνακας 1)

Στο οβελιαίο επίπεδο, η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται πάντα λίγα mm πίσω από τον αυχενομηριαίο άξονα (μέση τιμή=3.5±1.5mm) και στην τρισδιάστατη απεικόνιση επιβεβαιώθηκε και υπολογιστικά ($y=0.8008x-44.418$). Η τιμή αυτή μπορεί να συσχετίζεται με την πρόσθια καμυλότητα του μηριαίου, αλλά υπερβαίνει την έκταση και τον σκοπό της παρούσας μελετης. Στο στεφανιαίο επίπεδο η ιδανική πύλη εισόδου εξαρτάται από την πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχενά (anteversion) ($y=0.6504x-29.445$).

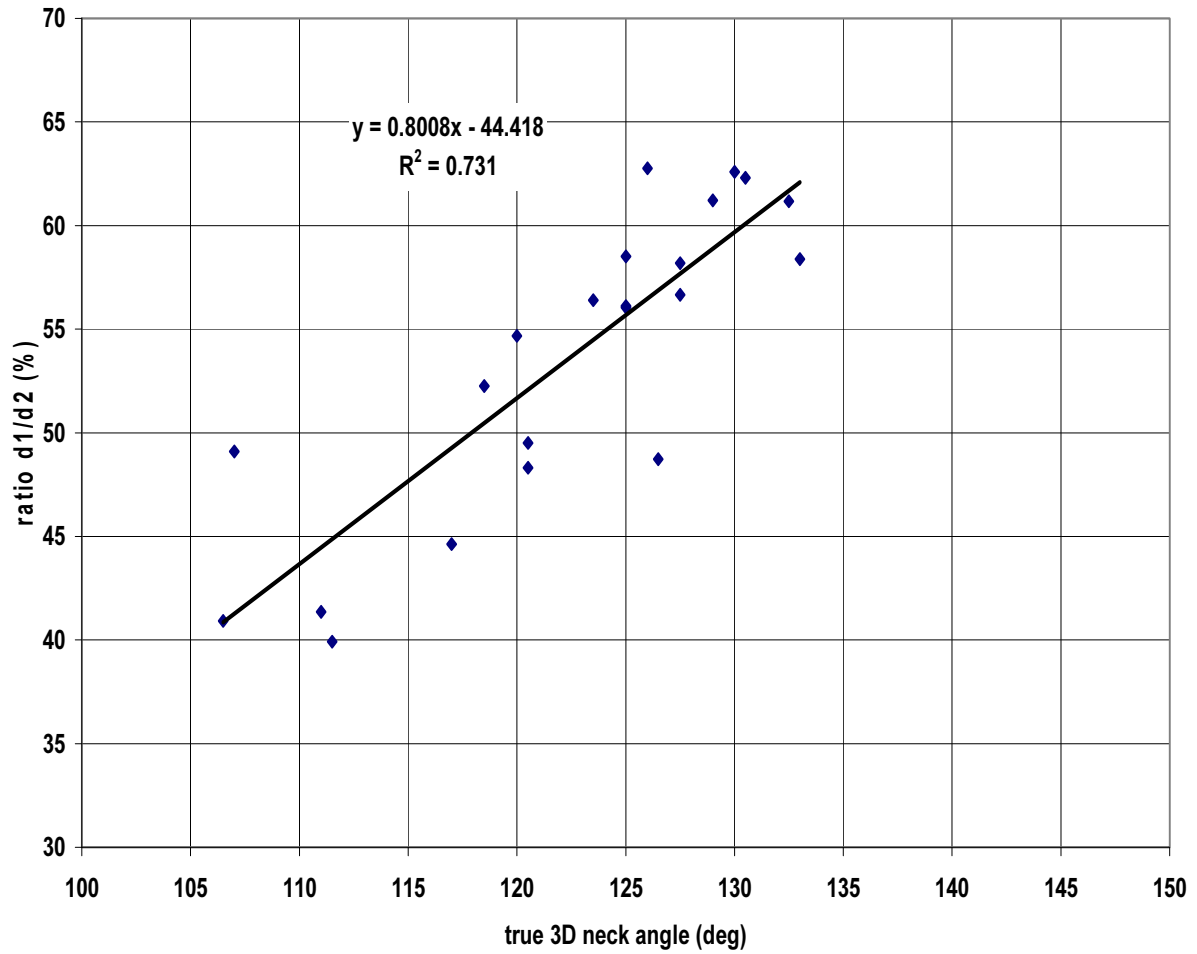
Στο πλάγιο-πλάγιο επίπεδο όμως αποδεικνύεται ότι η ιδανική πύλη εισόδου είναι διαφορετική για κάθε μηριαίο και εξαρτάται από ορισμένες ανατομικές παραμέτρους, όπως η αυχενομηριαία γωνία. Συγκεκριμένα η αναλογία d1/d2(%) υπολογίστηκε στην μέση τιμή 54% με σταθερή απόκλιση 7%. Το αποτέλεσμα αυτό απεικονίζει σταθερή αναλογική αύξηση με την πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία και την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία, η οποία είναι πρακτικά ταυτόσημη με την πρόσθιο-οπίσθια ακτινολογική λήψη. Η γραμμική κατανομή των αποτελεσμάτων έδειξε ότι το ιδανικό σημείο εισόδου συσχετίζεται με την πραγματική 3D αυχενομηριαία γωνία

($R^2 = 0,7310$ ή 73%) (Διάγραμμα 1) και την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία ($R^2 = 0,6289$ ή 63%) (Διάγραμμα 2)

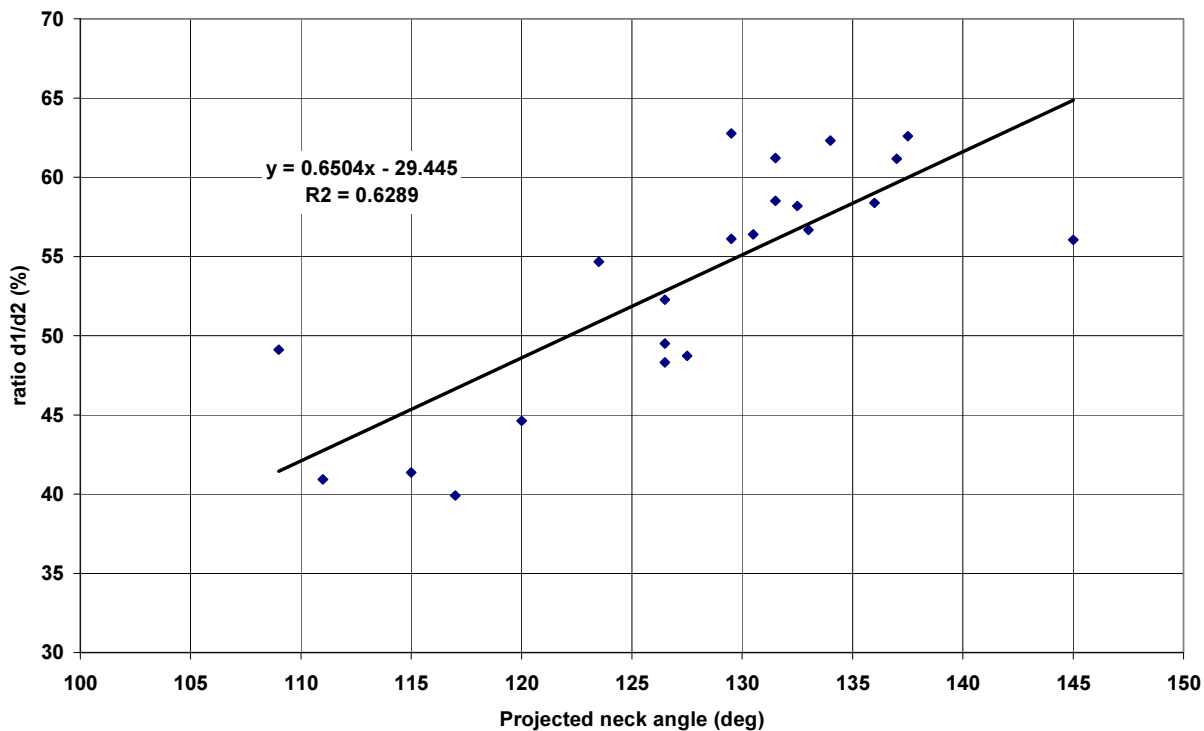
Οι πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν καταγράφουν αναλυτικά τα αποτελέσματα της μελέτης.

Πίνακας 1: Καταγραφή των 22 πτωματικών μηριαίων με τις απόλυτες τιμές των μετρήσεων

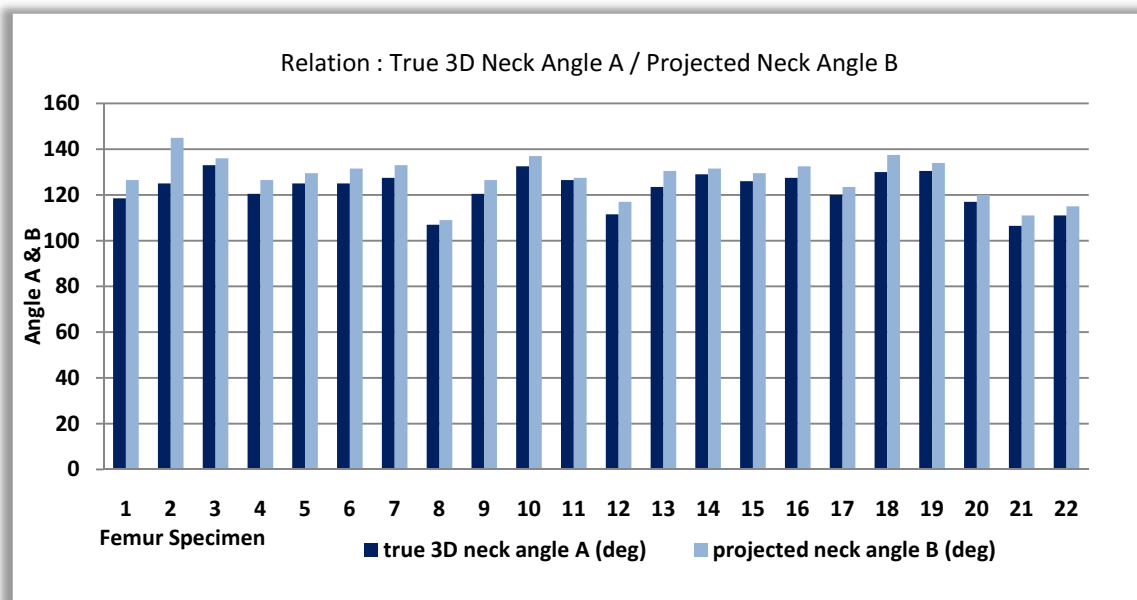
| Μηριαίο | Διάμετρος μηριαίας κεφαλής (mm) | Πραγματική τρισδιάστατη αυχνομηριαία Γωνία A (deg) | Προβαλλόμενη αυχνομηριαία γωνία B (deg) | Διαφορά γωνιών B-A (deg) | Πρόσθια απόκλιση μηριαίου αρχένα femoral C (deg) | Απόσταση v (mm) | Απόσταση d1 (mm) | Απόσταση d2 (mm) | Αναλογία d1/d2 (%) |
|---------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | 40.1 | 118.50 | 126.50 | 8.00 | 31.0 | 3.0 | 33.7 | 64.5 | 52 |
| 2 | 41.5 | 125.00 | 145.00 | 20.00 | 53.5 | 0.5 | 35.7 | 63.6 | 56 |
| 3 | 49.0 | 133.00 | 136.00 | 3.00 | 15.5 | 3.4 | 40.2 | 68.8 | 58 |
| 4 | 44.1 | 120.50 | 126.50 | 6.00 | 29.0 | 0.8 | 35.3 | 71.2 | 50 |
| 5 | 47.6 | 125.00 | 129.50 | 4.50 | 23.0 | 2.5 | 40.7 | 72.4 | 56 |
| 6 | 48.2 | 125.00 | 131.50 | 6.50 | 26.0 | 3.9 | 40.6 | 69.4 | 59 |
| 7 | 47.8 | 127.50 | 133.00 | 5.50 | 28.0 | 1.9 | 39.1 | 69.1 | 57 |
| 8 | 48.1 | 107.00 | 109.00 | 2.00 | 10.5 | 4.4 | 36.2 | 73.7 | 49 |
| 9 | 49.6 | 120.50 | 126.50 | 6.00 | 27.0 | 3.2 | 36.5 | 75.5 | 48 |
| 10 | 47.2 | 132.50 | 137.00 | 4.50 | 20.5 | 3.0 | 42.8 | 70.0 | 61 |
| 11 | 49.2 | 126.50 | 127.50 | 1.00 | 3.0 | 5.2 | 38.0 | 78.0 | 49 |
| 12 | 49.2 | 111.50 | 117.00 | 5.50 | 26.0 | 2.1 | 28.6 | 71.6 | 40 |
| 13 | 48.8 | 123.50 | 130.50 | 7.00 | 31.0 | 2.2 | 40.9 | 72.5 | 56 |
| 14 | 41.0 | 129.00 | 131.50 | 2.50 | 9.5 | 6.4 | 38.0 | 62.1 | 61 |
| 15 | 44.1 | 126.00 | 129.50 | 3.50 | 14.0 | 6.0 | 38.3 | 61.0 | 63 |
| 16 | 47.4 | 127.50 | 132.50 | 5.00 | 23.0 | 4.0 | 39.7 | 68.2 | 58 |
| 17 | 42.7 | 120.00 | 123.50 | 3.50 | 17.5 | 3.5 | 37.0 | 67.7 | 55 |
| 18 | 46.9 | 130.00 | 137.50 | 7.50 | 25.5 | 6.0 | 44.5 | 71.1 | 63 |
| 19 | 42.3 | 130.50 | 134.00 | 3.50 | 18.5 | 3.2 | 37.6 | 60.3 | 62 |
| 20 | 48.2 | 117.00 | 120.00 | 3.00 | 16.5 | 3.9 | 31.4 | 70.3 | 45 |
| 21 | 39.2 | 106.50 | 111.00 | 4.50 | 20.5 | 3.4 | 26.6 | 65.1 | 41 |
| 22 | 38.5 | 111.00 | 115.00 | 4.00 | 18.5 | 4.3 | 26.5 | 64.0 | 41 |
| min | 38.5 | 106.5 | 109.0 | 1.0 | 3.0 | 0.5 | 26.5 | 60.3 | 40 |
| max | 49.6 | 133.0 | 145.0 | 20.0 | 53.5 | 6.4 | 44.5 | 78.0 | 63 |
| AVERAGE | 45.5 | 122.5 | 127.5 | 5.5 | 22.0 | 3.5 | 36.7 | 68.6 | 54 |
| ST DEV | 3.7 | 8.0 | 9.0 | 3.5 | 10.0 | 1.5 | 4.8 | 4.7 | 7.0 |



Διάγραμμα 1: Γραμμική συσχέτιση της αναλογίας d1/d2(%) με την πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηρία γωνία ($R^2 = 0,7310$ ή 73%)



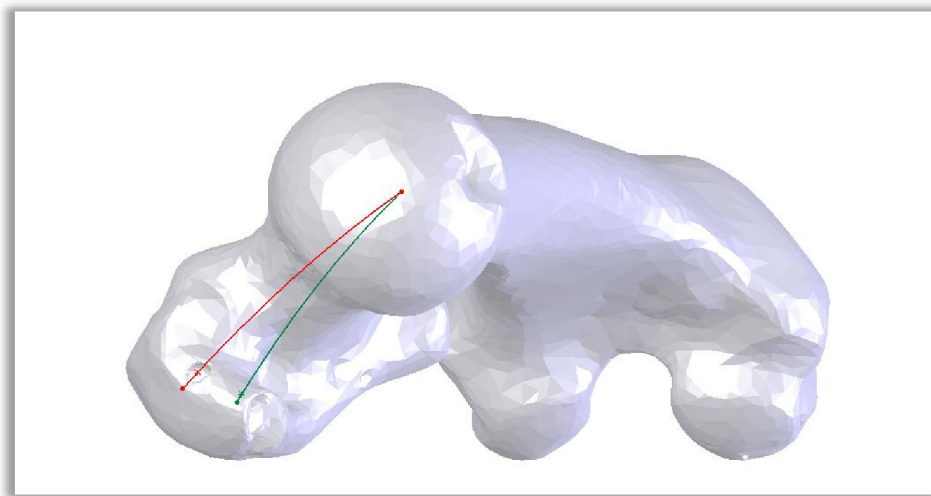
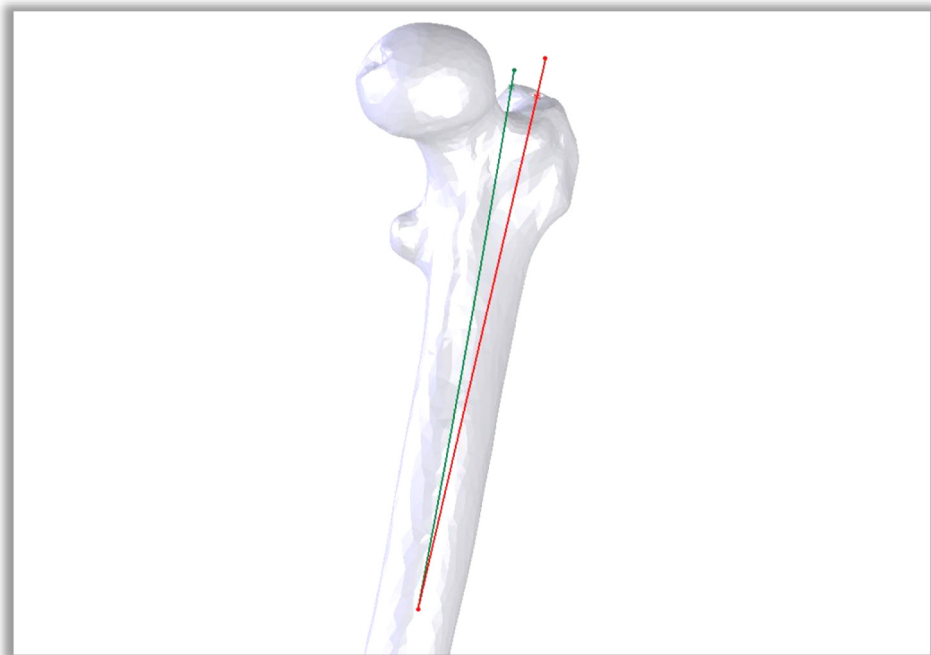
Διάγραμμα 2: Γραμμική συσχέτιση της αναλογίας $d1/d2$ (%) με την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία ($R^2 = 0,6289$ ή 63%)



Διάγραμμα 3: Σχέση πραγματικής τρισδιάστατης (A) και προβαλλόμενης (B) αυχενομηριαίας γωνίας στο πλήθος των 22 πτωματικών μηριαίων

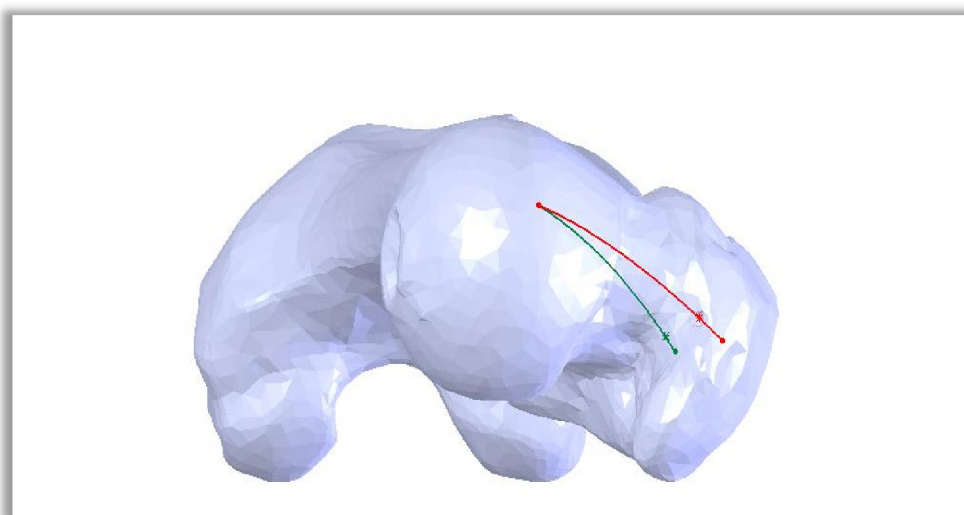
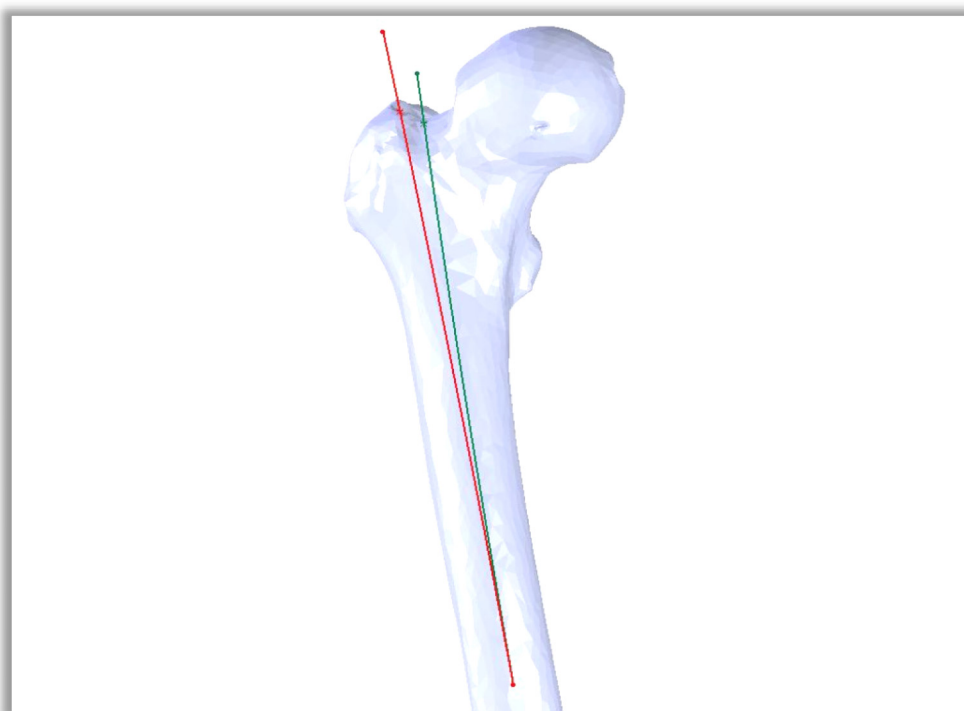
Στις επόμενες τρισδιάστατες εικόνες απεικονίζονται ορισμένα ανατομικά παρασκευάσματα μηριαίων, όπου αναφέρονται χαρακτηριστικά η προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία, η πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία και η πρόσθια απόκλιση του μηριαίου αυχένα και οι ακραίες τιμές τους αντίστοιχα στο σύνολο των μηριαίων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη

| Μηριαίο #2 | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία | Πραγματική 3D αυχενομηριαία γωνία | Πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα |
| 145(max) | 125 | 53,5(max) |



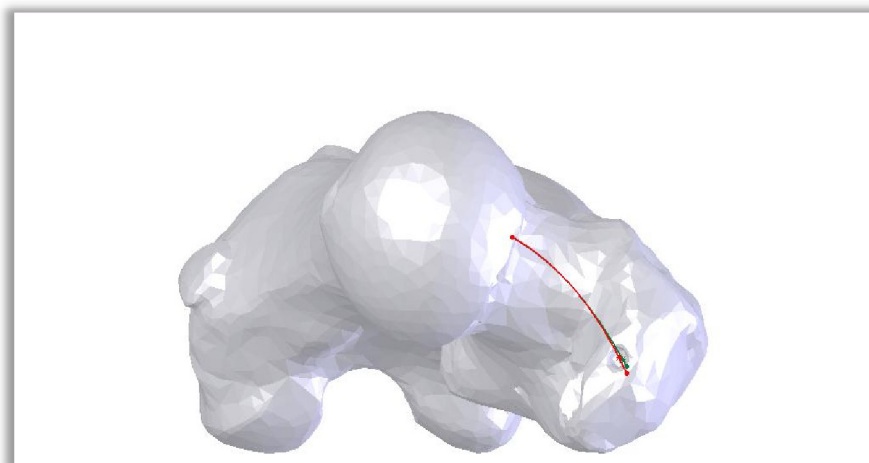
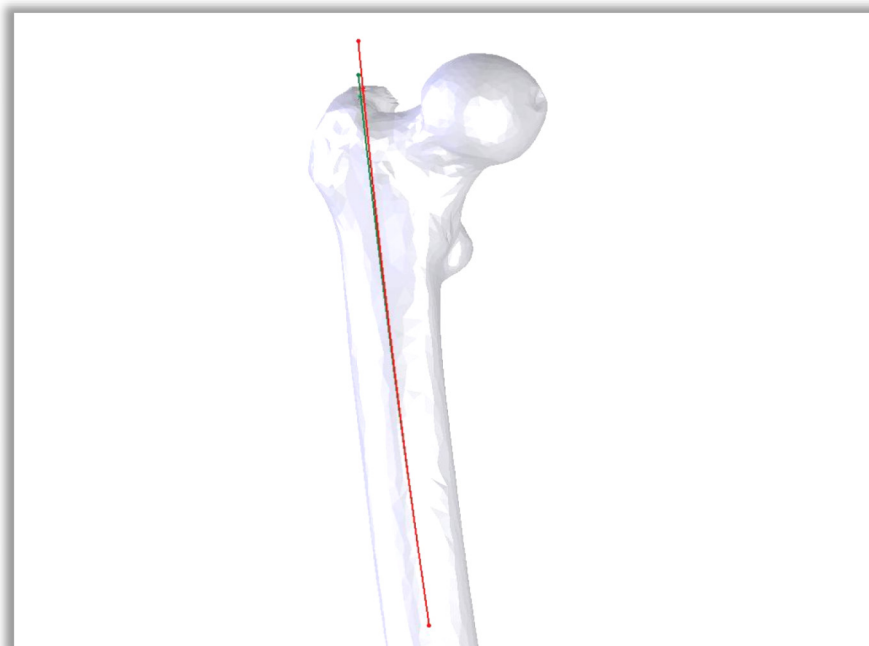
Εικόνα 23, 24: Μηριαίο #2 με την πλέον ακραία τιμή προβαλλόμενης αυχενομηριαίας γωνίας και γωνίας πρόσθιας απόκλισης μηριαίου αυχένα από το πλήθος των μελετηθέντων πρωματικών μηριαίων

| Μηριαίο #3 | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία | Πραγματική 3D αυχενομηριαία γωνία | Πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα |
| 136 | 133(max) | 15,5 |



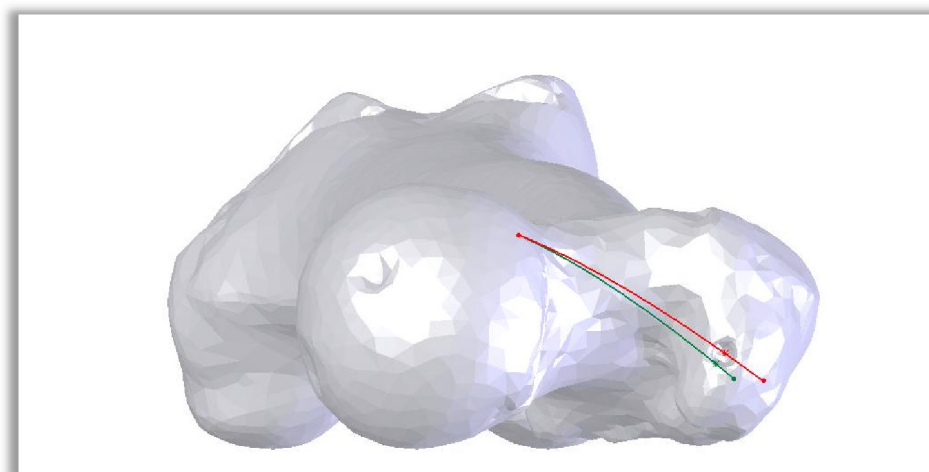
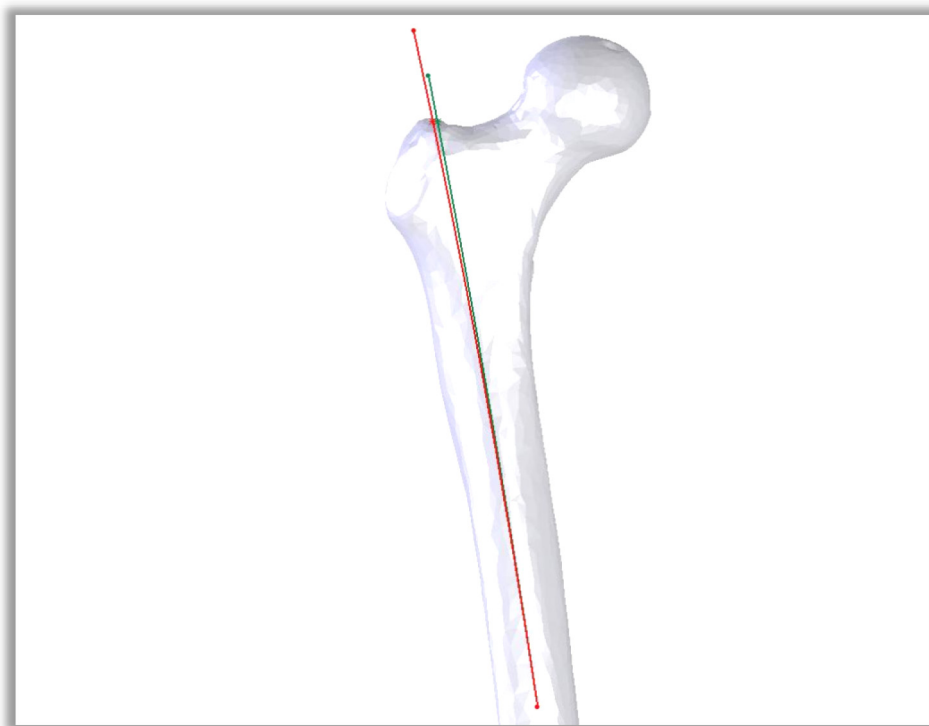
Εικόνα 25, 26: Μηριαίο #3 με την μεγαλύτερη πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία από το πλήθος των μελετηθέντων πρωματικών μηριαίων

| Μηριαίο #8 | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία | Πραγματική 3D αυχενομηριαία γωνία | Πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα |
| 109(max) | 107 | 10,5 |



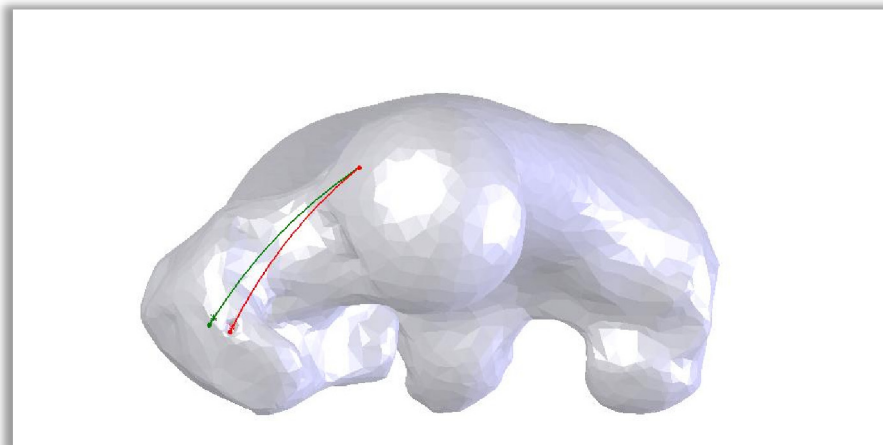
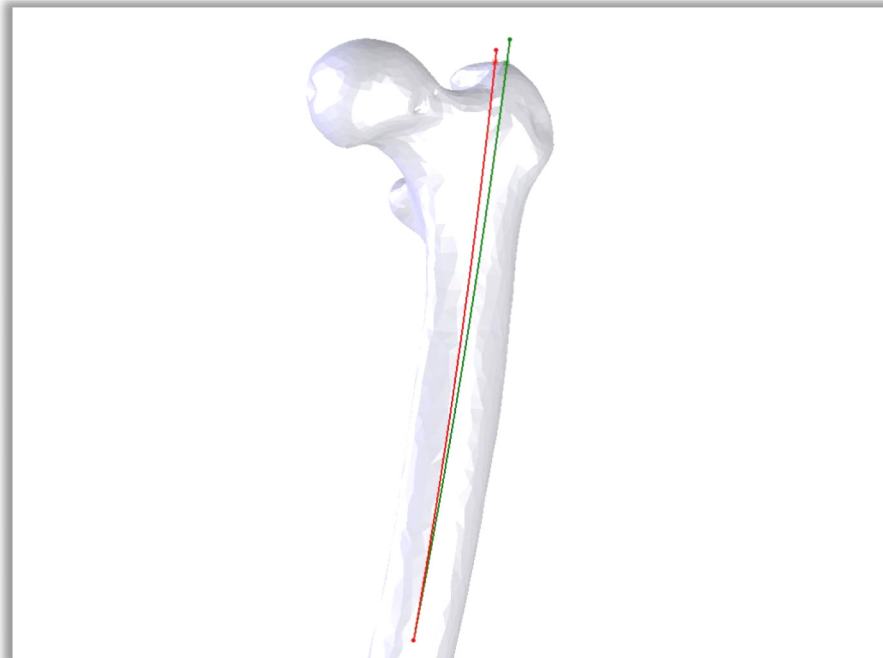
Εικόνα 27,28: Μηριαίο #8 με την μεγαλύτερη προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία από το πλήθος των μελετηθέντων πτωματικών μηριαίων

| Μηριαίο #11 | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Προβαλλόμενη αυχνομηριαία γωνία | Πραγματική 3D αυχνομηριαία γωνία | Πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα |
| 127,5 | 126,5 | 3(min) |



Εικόνα 29,30: Μηριαίο #8 με την μικρότερη γωνία πρόσθιας απόκλισης μηριαίου αυχένα από το πλήθος των μελετηθέντων πτωματικών μηριαίων

| Μηριαίο #21 | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία | Πραγματική 3D αυχενομηριαία γωνία | Πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα |
| 111 | 106,5(min) | 20,5 |



Εικόνα 31,32: Μηριαίο #21 με την μικρότερη πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία από το πλήθος των μελετηθέντων πτωματικών μηριαίων

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κεφάλαιο 10^ο

Τα κατάγματα του μακρύτερου και ισχυρότερου ανθρώπινου οστού αποτελούν πεδίο ενδιαφέροντος και πρόκλησης στη θεραπεία για τον χειρουργό τραύματος. Η κλειστή ορθόδρομη στατικά κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση με γλυφανισμό θεωρείται ευρέως αποδεκτή για την θεραπεία των διαφυσιακών καταγμάτων του μηριαίου³³⁻³⁷. Υπάρχει μεγάλη διάσταση απόψεων στην βιβλιογραφία σχετικά με το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση και προτείνονται όπως αναφέρθηκε διάφορα ανατομικά σημεία όπως η κορυφή του μείζονος τροχαντήρα, το βοθρίο του απιοειδούς, το βοθρίο του τροχαντήρα, η διασταύρωση του αυχένα του μηριαίου και του μείζονος τροχαντήρα, το καθένα από τα οποία συσχετίζονται με διάφορες επίπλοκές^{35,126,130,132,138,145}.

Ο καθορισμός του ιδανικού σημείου εισόδου για την ενδομυελική ήλωση του μηριαίου (IMN) θα προϋπέθετε την ελεύθερη είσοδο του ήλου δια του αυλού με ανατομική ευθυγράμμιση των κατεαγόντων οστικών τεμαχίων χωρίς την δημιουργία τάσεων ή ροπών. Οι περισσότεροι συγγραφείς τονίζουν την σημασία της ορθής επιλογής του σημείου εισόδου για την αποφυγή διεγχειρητικών επιπλοκών, οι οποίες περιλαμβάνουν ιατρογενή καταγματα ή άσηπτη νέκρωση κεφαλής μηριαίου^{126,135,146,156}.

Οι υποστηρικτές του βοθρίου του απιοειδούς ως ιδανικής πύλης εισόδου τονίζουν την σημασία της ανατομικής συνέχειας του με τον ανατομικό άξονα του μηριαίου και κατ'επέκταση την ευκολότερη εισαγωγή του ήλου^{113,23,124} και την χαμηλότερη εμφάνιση ιατρογενών επιπλοκών⁴². Παρά την αυξημένη επίπτωση εμφάνισης μείωσης της μυϊκής ισχύος στους απαγωγούς του ισχίου, καταστροφής του θυλάκου του ισχίου και της αιμάτωσης της μηριαίας κεφαλής^{66,144}, οι Gausepohl et al αναφέρουν την ύπαρξη στενής σχέσης μεταξύ της τενόντιας κατάφυσης του απιοειδούς και της εξόδου του ανατομικού άξονα του αυλού του μηριαίου¹⁵⁸. Οι περισσότεροι χειρουργοί προτιμούν το βοθρίο του απιοειδούς ως ιδανικό σημείο εισόδου, παρά την εμφάνιση επιπλοκών που σχετίζονται με συντριβή της καταγματικής εστίας και με έκκεντρο γλυφανισμό του αυλού σε κατάγματα του εγγύς μηριαίου¹⁴⁴.

Ο Küntscher πρότεινε ως ιδανική πύλη εισόδου την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα¹¹⁸ και ο Bohler επίσης το ίδιο σημείο αλλά σε πιο συγκεκριμένη θέση που

εντοπίζεται στην διασταύρωση του μέσου και του τρίτου τριτημορίου του μεγάλου τροχαντήρα¹¹⁹. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε πολλά κέντρα στην Ευρώπη. Όταν όμως γίνεται χρήση άκαμπτων ήλων η επιλογή του μείζονος τροχαντήρα ως πύλης εισόδου αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης έκκεντρου γλυφανισμού, «σφήνωματος» του ήλου, συντριβής του κεντρικού μηριαίου και γωνιακής παραμόρφωσης σε ραιβοτητα^{51,113,146}. Επίσης, η επιλογή επίσης ενός σημείου περισσότερο πρόσθια μπορεί να προκαλέσει ιατρογενή κατάγματα λόγω των αυξημένων φορτίων αγκύλης^{43,145}. Οι Hansen και Winquist υποστήριξαν περαιτέρω έσω προσδιορισμό της ιδανικής πύλης εισόδου, δηλ. στην διασταύρωση του αυχένα του μηριαίου και του μείζονα τροχαντήρα⁴². Οι Kempf et al υποστήριξαν ότι το σωστό σημείο εισόδου εξαρτάται από την περιοχή του κατάγματος. Συγκεκριμένα πρότειναν την κορυφή του μείζονος τροχαντήρα για κατάγματα μέσου και περιφεριακού τριτημορίου του μηριαίου, ώστε να αποφευχθεί η παραμόρφωση ραιβότητας του κεντρικού καταγματικού τεμαχίου, αλλά θεώρησαν το βοθρίο του απιοειδούς ως την ιδανική πύλη εισόδου σε κεντρικά κατάγματα, αναφέροντας όμως τις πιθανές επιπλοκές από την επιλογή του⁴⁹.

Διάφοροι συγγραφείς θεωρούν ότι η ιδανική πύλη εισόδου είναι διαφορετική για κάθε μηριαίο και ότι υπάρχουν ανατομικές παραλλαγές στο εγγύς μηριαίο μεταξύ της κορυφής του τροχαντήρα και της ανατομικής ευθυγράμμισης του με τον άξονα του μηριαίου¹⁴⁴. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση πιθανών υπάρχουσών σχέσεων μεταξύ των πραγματικών τρισδιάστατων γεωμετρικών παραμέτρων του εγγύς μηριαίου και της ιδανικής θέσης του σημείου εισόδου. Διαπιστώνεται ότι ανατομικά χαρακτηριστικά του μηριαίου όπως η ραιβή ή βλαισή αυχενομηριαία γωνία παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του ιδανικού σημείου εισόδου και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, επειδή πολλές επιπλοκές που προκαλούνται από την λανθασμένη επιλογή του μπορεί σε μεγάλο βαθμό να αποδοθεί σε αυτά.

Αξίζει να τονιστεί ότι δεν υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα αναφορικά με συγκεκριμένα ανατομικά χαρακτηριστικά του εγγύς μηριαίου που να επηρεάζουν την επιλογή του σημείου εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση στα διαφυσικά κατάγματα μηριαίου. Εδώ έγκειται και η σημασία της παρούσας μελέτης που συσχετίζει την αυχενομηριαία γωνία με την επιλογή της πύλης εισόδου και το είδος του ήλου που θα χρησιμοποιηθεί.

Στο πλήθος των 22 πτωματικών παρασκευσμάτων εξετάστηκε η έξοδος του ενδοαυλικού άξονα του κάθε μηριαίου για να εντοπισθεί το ιδανικό σημείο εισόδου στην

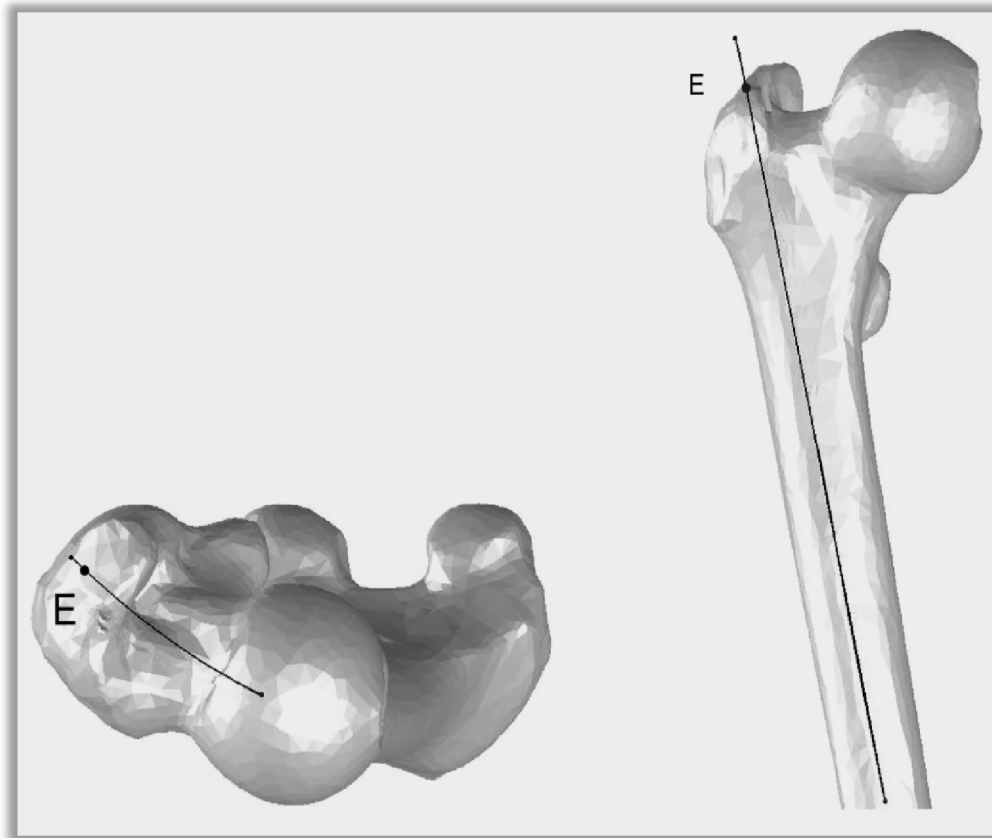
ενδομυελική ήλωση. Κατόπιν συστηματικής μεθοδολογίας και ακριβέστατων γεωμετρικών υπολογισμών διαπιστώθηκε ότι στο οβελιαίο επίπεδο, η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται λίγα mm πίσω από τον αυχενομηριαίο άξονα (μέση τιμή=3.5±1.5 mm). Στο πλάγιο-πλάγιο επίπεδο όμως αποδεικνύεται ότι η ιδανική πύλη εισόδου είναι διαφορετική για κάθε μηριαίο και εξαρτάται από την αυχενομηριαία γωνία. Συγκεκριμένα η αναλογία d1/d2(%) υπολογίστηκε στην μέση τιμή 54% με σταθερή απόκλιση 7%. Αυτό απεικονίζει σταθερή αναλογική αύξηση με την πραγματική τρισδιάστατη αυχενομηριαία γωνία και την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία, η οποία είναι πρακτικά ταυτόσημη με την πρόσθιο-οπίσθια ακτινολογική λήψη. Η γραμμική κατανομή των αποτελεσμάτων έδειξε ότι το ιδανικό σημείο εισόδου συσχετίζεται με την πραγματική 3D αυχενομηριαία γωνία ($R^2 = 0,7310$ ή 73%) και την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία ($R^2 = 0,6289$ ή 63%).

Στους περιορισμούς της μελέτης πρέπει να αναφερθεί, ότι σε μηριαία με υπερβολική πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα υπάρχει ασθενής συσχέτιση με την προβαλλόμενη αυχενομηριαία γωνία (όπως στο μηριαίο #2 με 53,5° πρόσθια απόκλιση μηριαίου αυχένα, Εικόνα 23,24).

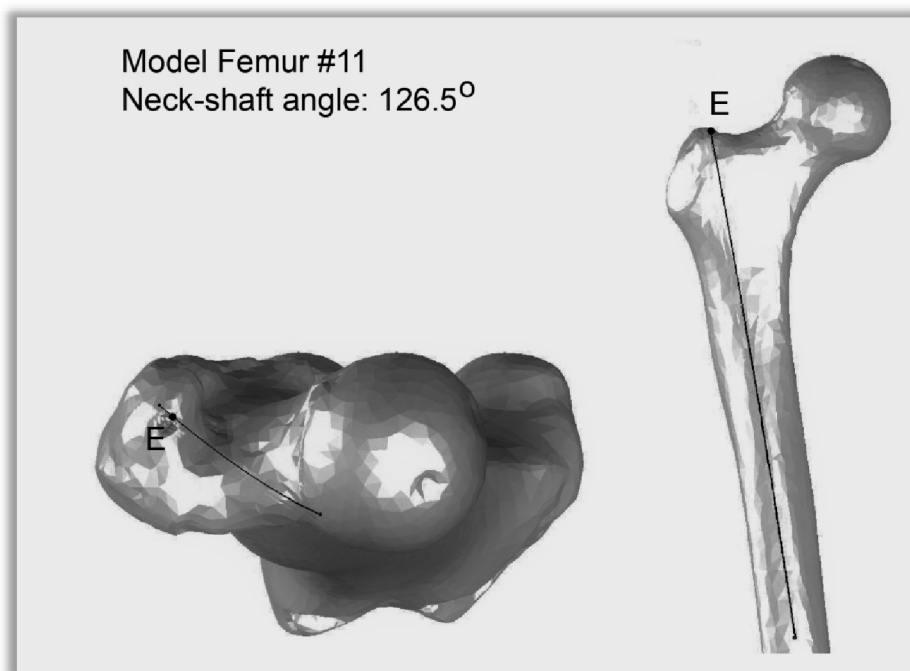
Η αντιπαράθεση γύρω από την «ιδανική» πύλη εισόδου οφείλεται κυρίως στα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά των ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιούμενων νεότερων άκαμπτων συμπαγών κλειστής περιμέτρου (unslotted) ενδομυελικών ήλων, στην ακαμψία των οποίων οφείλονται τα πλεονεκτήματα και η ιδιαιτερότητα της χρήσης τους. Οι άκαμπτοι ήλοι πλεονεκτούν διότι επιτρέπουν την περισσότερο σταθερή ακινητοποίηση ακόμη και συντριπτικών καταγμάτων μηριαίου και την άμεση κινητοποίηση του ασθενή, αλλά απαιτούν, λόγω της μικρής δυνατότητας παραμόρφωσής τους μετά την ενδομυελική εισαγωγή τους, ακριβή και ανατομική επιλογή της ιδανικής πύλης εισόδου. Αντίθετα οι εύκαμπτοι ανοικτής περιμέτρου (slotted) ήλοι αποδίδουν μια λιγότερο σταθερή οστεοσύνθεση, δεν απαιτούν όμως ακριβή ανατομική εντοπισμός της πύλης εισόδου^{51,126,158}.

Συμπερασματικά η αύξηση της αυχενομηριαίας γωνίας οδηγεί σε μετατόπιση της εμβιομηχανικά ιδανικής πύλης εισόδου προς τα έσω. Πιο συγκεκριμένα, σε ραιβά ισχία με αυχενομηριαία γωνία <120° η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται πάνω από την κορυφή του μείζονα τροχαντήρα (Εικόνα 29). Σε ουδέτερα ισχία με αυχενομηριαία γωνία 120°-130° η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται στο βοθρίο του απιοειδούς μυός (Εικόνα 30). Και στις δυο αυτές περιπτώσεις ραιβών και ουδέτερων ισχίων η ορθή επιλογή του σημείου εισόδου επιτρέπει τη χρήση άκαμπτων και ισχυρών κλειστής περιμέτρου (unslotted) ήλων με

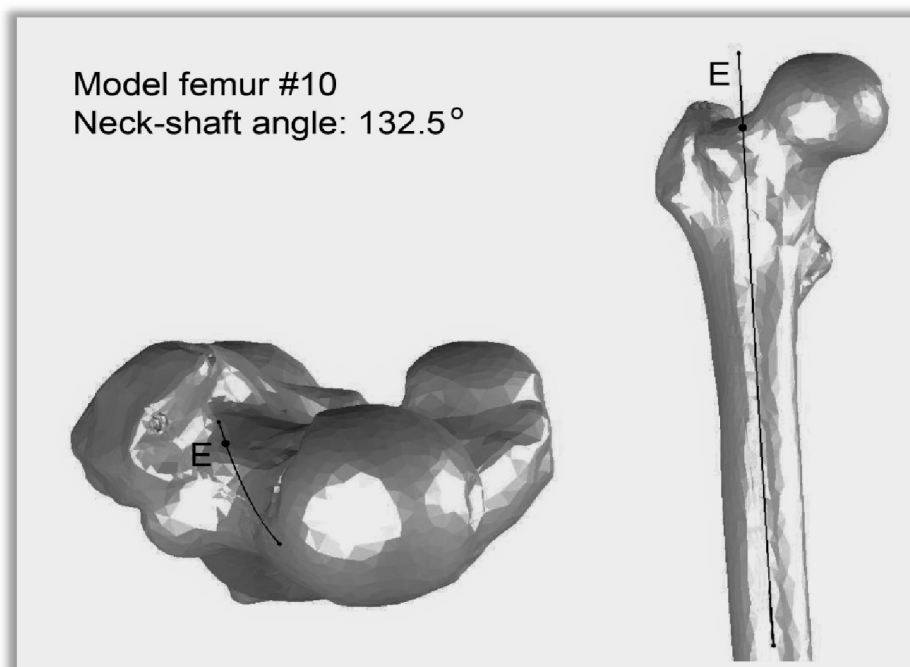
σημείο εισόδου το βοθρίο του απιοειδούς. Αντιθέτως, στα βλαισά ισχία με αυχενομηριαία γωνία $>130^\circ$ (Εικόνα 31) η ιδανική ανατομική πύλη εισόδου που προκύπτει από την επέκταση της γραμμής του κέντρου του μυελικού σωλήνα, βρίσκεται στη βάση του αυχένα του μηριαίου, σε μια περιοχή όμως, όπου η εισαγωγή του ήλου θα έβλαπτε την αγγείωση της κεφαλής. Για το λόγο αυτό, στις περιπτώσεις βλαισών ισχίων επιλέγεται ως πύλη εισόδου το βοθρίο του απιοειδούς μύος, που βρίσκεται επί τα εκτός του αυχένα και της εμβιομηχανικά "ιδανικής" πύλης εισόδου, αλλά λόγω της έκκεντρης ανατομικής της θέσης, πρέπει να χρησιμοποιηθεί περισσότερο εύκαμπτος ανοικτής περιμέτρου (slotted) ενδομυελικός ήλος.



Εικόνα 33: Σε ραιβή αυχενομηριαία γωνία, πχ. 111.5° η έξοδος από τον μηριαίο ανατομικό άξονα βρίσκεται πιο έξω από το trochanter tip. (π.χ. Μηριαίο #12)



Εικόνα 34: Σε φυσιολογική αυχENOμηριαία γωνία, πχ. 126.5° η ιδανική πύλη εισόδου εντοπίζεται στον έσω φλοιό του μεγάλου τροχαντήρα. (π.χ. Μηριαίο #11)



Εικόνα 35: Σε βλαισή γωνία, πχ. 132.5° η ιδανική πύλη βρίσκεται εσωτερικά του αυχένα του μηριαίου (π.χ. Μηριαίο #10)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελέτη συσχέτισης γεωμετρικών και ανατομικών παραμέτρων του εγγύς μηριαίου για τον προσδιορισμό της πύλης εισόδου ενδομυελικών ήλων

Το ιδανικό σημείο εισόδου για την ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση του μηριαίου εξακολουθεί να αποτελεί σημείο διχογνωμίας στην σύγχρονη ιατρική βιβλιογραφία. Ο καθορισμός του ιδανικού σημείου εισόδου για την ενδομυελική ήλωση του μηριαίου (IMN) θα προϋπέθετε την ελεύθερη χωρίς τάση είσοδο του ήλου δια του αυλού με ανατομική ευθυγράμμιση των κατεαγόντων οστικών τεμαχίων. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση πιθανών υπάρχουσων σχέσεων μεταξύ των πραγματικών τρισδιάστατων γεωμετρικών παραμέτρων του εγγύς μηριαίου και της ιδανικής θέσης του σημείου εισόδου.

Υλικό και Μέθοδος

Κατά την μελέτη εξετάστηκε δείγμα πλήθους 22 πτωματικών μηριαίων οστών, τα οποία τομογραφήθηκαν με τη χρήση τρισδιάστατης 3D αξονικής τομογραφίας σε τομές πάχους 0.5mm καθ' όλο τό μήκος τους.

Τα οστικά μοντέλα ανακατασκευάστηκαν από τις τομές τους χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό CAD tools. Οι τομές αυτές πραγματοποιήθηκαν ανά 0,5mm σε όλο το μήκος του εκάστου μηριαίου. Ως ψηφιακό πλέον στερεό σώμα κάθε μοντέλο χαρακτηρίστηκε από 15.000 επιφανειακά τρίγωνα που περιέγραψαν την εξωτερική επιφάνεια και τον αυλό του.

Τα συμπαγής απεικονιστικής δομής υπολογιστικά μοντέλα όλων των 22 οστών υπεβλήθησαν σε εκτεταμένη σειρά λεπτομερειακών εξετάσεων και υπολογισμών των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών με την χρήση εξελιγμένων σχεδιαστικών προγραμμάτων H/Y.

Αποτελέσματα

Στο οβελιαίο επίπεδο τό ιδανικό σημείο εισόδου προσδιορίζεται λίγα χιλιοστά πίσω από τόν άξονα τής μηριαίας κεφαλής (Μέσος Ορος=3.5+/-1.5 χιλιοστά). Στο στεφανιαίο επίπεδο η θέση τού ιδανικού σημείου εισόδου εξαρτάται από την αυχENOμηριαία γωνία. Η γραμμική κατανομή των αποτελεσμάτων έδειξε ότι το ιδανικό

σημείο εισόδου συσχετίζεται με την πραγματική τρισδιάστατη αυχENOμηριαία γωνία ($R^2 = 0,7310$ ή 73%) και την προβαλλόμενη αυχENOμηριαία γωνία ($R^2 = 0,6289$ ή 63%).

Συμπεράσματα

Υπάρχει μεγάλη διάσταση απόψεων στην βιβλιογραφία σχετικά με το ιδανικό σημείο εισόδου στην ορθόδρομη ενδομυελική ήλωση και προτείνονται όπως αναφέρθηκε διάφορα ανατομικά σημεία όπως η κορυφή του μείζονος τροχαντήρα, η *piriformis fossa*, η *digital* ή *trochanteric fossa*, η διασταύρωση του αυχένα του μηριαίου και του μείζονος τροχαντήρα, το καθένα από τα οποία σχετίζονται με διάφορες επίπλοκές.

Ανατομικά χαρακτηριστικά του μηριαίου όπως η ραιβή ή βλαισή αυχENOμηριαία γωνία παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του ιδανικού σημείου εισόδου και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, επειδή πολλές επιπλοκές που προκαλούνται από την λανθασμένη επιλογή του μπορεί σε μεγάλο βαθμό να αποδοθεί σε αυτά.

Συμπερασματικά η αύξηση της αυχENOμηριαίας γωνίας οδηγεί σε μετατόπιση της εμβιομηχανικά ιδανικής πύλης εισόδου προς τα έσω. Συγκεκριμένα, σε ραιβά ισχία με αυχENOμηριαία γωνία $<120^\circ$ η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται πάνω από την κορυφή του μείζονα τροχαντήρα. Σε ουδέτερα ισχία με αυχENOμηριαία γωνία $120^\circ-130^\circ$ η ιδανική πύλη εισόδου βρίσκεται στο βοθρίο του απιοειδούς μυός. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις ραιβών και ουδέτερων ισχίων η ορθή επιλογή του σημείου εισόδου επιτρέπει τη χρήση άκαμπτων και ισχυρών κλειστής περιμέτρου (unslotted) ήλων με σημείο εισόδου το βοθρίο του απιοειδούς. Αντιθέτως, στα βλαισά ισχία με αυχENOμηριαία γωνία $>130^\circ$ η ιδανική ανατομική πύλη εισόδου που προκύπτει από την επέκταση της γραμμής του κέντρου του μυελικού σωλήνα, βρίσκεται στη βάση του αυχένα του μηριαίου, σε μια περιοχή όμως, όπου η εισαγωγή του ήλου θα έβλαπτε την αγγείωση της κεφαλής. Για το λόγο αυτό, στις περιπτώσεις βλαισών ισχίων επιλέγεται ως πύλη εισόδου το βοθρίο του απιοειδούς μυός, που βρίσκεται επί τα εκτός του αυχένα και της εμβιομηχανικά "ιδανικής" πύλης εισόδου, αλλά λόγω της έκκεντρης ανατομικής της θέσης, πρέπει να χρησιμοποιηθεί περισσότερο εύκαμπτος ανοικτής περιμέτρου (slotted) ενδομυελικός ήλος.

SUMMARY

Computer-assisted three-dimensional correlation between the femoral neck-shaft angle and the optimal entry point for antegrade nailing.

Optimal entry point for antegrade femoral intramedullary nailing (IMN) remains controversial in the current medical literature. The definition of an ideal entry point for femoral IMN would implicate a tenseless introduction of the implant into the canal with anatomical alignment of the bone fragments. This study was undertaken in order to investigate possible existing relationships between the true 3D geometric parameters of the femur and the location of the optimum entry point.

Materials and methods:

A sample population of 22 cadaveric femurs was used. Computed-tomography sections every 0.5 mm for the entire length of femurs were produced. These sections were subsequently reconstructed to generate solid computer models of the external anatomy and medullary canal of each femur. Solid models of all femurs were subjected to a series of geometrical manipulations and computations using standard computer-aided-design tools.

Results:

In the sagittal plane, the optimum entry point always lied a few millimeters behind the femoral neck axis (mean=3.5±1.5 mm). In the coronal plane the optimum entry point lied at a location dependent on the femoral neck-shaft angle.

Linear regression on the data showed that the optimal entry point is clearly correlated to the true 3D femoral neck-shaft angle ($R^2=0.7310$) and the projected femoral neck-shaft angle ($R^2=0.6289$).

Discussion:

Anatomical parameters of the proximal femur, such as the varus-valgus angulation, are key factors in the determination of optimal entry point for nailing. The clinical relevance of the results is that in varus hips (neck-shaft angle $\leq 120^\circ$) the correct entry point should be positioned over the trochanter tip and the use stiff nails is advised. In cases of hips with neck-shaft angle between 120° and 130° , the optimal entry point lies just medially to the trochanter tip (at the piriformis fossa) and the use of stiff implants is safe. In hips with

neck-shaft angle over 130° the anatomical axis of the canal is medially to the base of the neck, in a “restricted area”. In these cases the entry point should be located at the insertion of the piriformis muscle and the application of more malleable implants that could easily follow the medullary canal should be considered.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Miller Review of Orthopedics Ch 2 Anatomy 5th Ed.
2. Chapman MW editors Gray's Anatomy ,30th Am ed.1985 ;Philadelphia: Lea & Febiger 1985
3. Pick PT, Howden R, editors. The skeleton: the femur, or thigh bone, Gray's anatomy. Philadelphia, PA: Running Press; 1974. p. 183–91.
4. Crock HV: An atlas of the arterial supply of the head and neck of the femur in a man, Clin Orthop Relat Res. 152: 1980;17-27,1980
5. Hoppenfeld S, DeBoer P:Orthopedics: The Anatomical Approach.1984; Philadelphia: J.B Lippincott ,1984
6. Woodburne RT, Burkel WE: Essentials of Human Anatomy 1994;9th ed.
7. Farill J. Orthopaedics in Mexico. J Bone Joint Surg Am. 1952;24:506-512.
8. Bong MR, Koval KJ, Egol KA. The History of Intramedullary Nailing. Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases.2006;64(3&4):94-97.
9. Gluck T. Autoplastic Transplantation. Implantation von Fremdkörpern.Berl Klin Wochenschr. 1890;19.
10. Nikolaysen J. Lidt om Diagnosen og Behandlungen av. Fr. colifemoris. Nord Med Ark 1897;8:1.
11. Høglund EJ. New Method of Applying Autogenous Intramedullary Bone Transplants and of Making Autogenous Bone-Screws. Surg Gynecol Obstet. 1917; 24:243-246.
12. Soeur R. Intramedullary Pinning of Diaphyseal Fractures. J Bone Joint Surg Am. 1946;28:309-331.
13. Smith-Petersen MN. Intracapsular Fractures of the Neck of the Femur. Treatment by Internal Fixation. Arch Surg. 1931;23:715-719.
14. Rush LV, Rush HL. A Technique for Longitudinal Pin Fixation of Certain Fractures of the Ulna and Femur. J Bone Joint Surg Am. 1939;21:619-626.
15. Lambrinudi C. Intramedullary Kirschner Wires in the Treatment of Fractures. Proc. Royal Soc. Med. 1939-1940;33:153-157.
16. Küntscher G. Die Technik der Marknagelung des Oberschenkels. Zbl f Chir. 1940z:1145.

17. Küntscher G. Die Marknagelung von Knochenbrüchen. Langenbecks. Arch Klin Chir. 1940;200:443-455.
18. Rehnberg SV. Treatment of Fractures and Pseudarthroses with Marrow Nailing. Ann Chir Gynaec Fenn. 1947;36:2.
19. Westerborn A. Marrow Nailing of Recent Fractures and Pseudarthrosis. Report of 28 Cases. Acta Chir Scand. 1944;90:89-104.
20. Westerborn A. Marrow Nailing of Recent Fractures, Pseudarthrosis and Bone Plastic. Experience in 100 Cases. Ann Surg. 1948;127(4):577-591.
21. Street DM, Hansen HC, Brewer BJ. The Medullary Nail. Presentation of a New Type and Report of 4 Cases. Arch Surg. 1947;35:423.
22. Fischer AW, Maatz R. Weitere Erfahrungen mit der Marknagelung nach Küntscher. Arch Klin Chir. 1942;203:531.
23. Rhinelander RR, Nelson CL. The Vascular and Histologic Response of Diaphyseal Cortex to Experimental Medullary Nailing and Reaming. J Bone Joint Surg Am. 1973;55:1767.
24. Modny MT, Bambara J. The Perforated Cruciate Intramedullary Nail: Preliminary Report of its Use in Geriatric Patients. J Am Geriatr Soc. 1953;1:579-588.
25. Modny MT, Lewert AH. Transfixion Intramedullary Nail. Orthop Rev. 1986;15:83-88.
26. Zickel RE. A New Fixation Device for Subtrochanteric Fractures of the Femur: A Preliminary Report. Clin Orthop Relat Res. 1967;54:115-123.
27. Acker JH, Murphy C, D'Ambrosia R. Treatment of Fractures of the Femur with the Grosse-Kempf rod. Orthopedics. 1985;8(11):1393-1401.
28. Lucas SE, Seligson D, Henry SL. Intramedullary Supracondylar Nailing of Femoral Fractures. A Preliminary Report of the GSH Supracondylar Nail. Clin Orthop Relat Res. 1993;296:200-206.
29. Stapert JW, Geesing CL, Jacobs PB et al. First Experience and Complications with the Long Gamma nail. J Trauma. 1993;34:394-400.
30. Eveleigh RJ. A review of biomechanical studies of intermedullary nails. Med Eng Phys. 1995 Jul;17(5):323-31
31. Aitchison GA, Johnstone AJ, Shepherd DE et al. A comparison of the torsional performance of stainless steel and titanium alloy tibial intramedullary nails: a clinically relevant approach. Biomed Mater Eng. 2004; 14(3):235-40.

32. Schandelmaier P, Krettek C, Tschernke H. Biomechanical study of nine different tibia locking nails. *J Orthop Trauma*.1996;10(1):37-44.
33. Brumback RJ, Reilly JP, Poka A et al.: Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part I: Decision-making errors with interlocking fixation. *J Bone Joint Surg Am* 1988, 70(10):1441-1452.
34. Brumback RJ, Uwagie-Ero S, Lakatos RP et al.: Intramedullary nailing of femoral shaft fractures.Part II: Fracture-healing with static interlocking fixation. *J Bone Joint Surg Am* 1988, 70(10):1453-1462.
35. Winquist RA, Hansen ST, Jr., Clawson DK: Closed intramedullary nailing of femoral fractures. A report of five hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg Am* 1984, 66(4):529-534.
36. Georgiadis GM, Olexa TA, Ebraheim NA: Entry sites for antegrade femoral nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1996(330):281-287.
37. Winquist R: Locked femoral nailing. *J Am Acad Orthop Surg* 1993, 1(2):95-105.
38. Giannoudis PV: Surgical priorities in damage control in polytrauma. *J Bone Joint Surg Br* 2003, 85(4):478-483
39. Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C et al.: Damage control: extremities. *Injury* 2004, 35(7):678-689
40. Giannoudis PV: Surgical priorities in damage control in polytrauma. *J Bone Joint Surg Br* 2003, 85(4):478-483.
41. Russel TA: Biomechanical concepts of intramedullary nailing. *Int J Orthop Trauma* 1991 ; 1:35
42. Winquist RA, Hansen ST, Jr., Clawson DK: Closed intramedullary nailing of femoral fractures. A report of five hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg Am* 1984, 66(4):534-539.
43. Johnson KD , Tencer AF ,Sherman MC: Biomechanical factors affecting fracture stability and femoral bursting in closed intramedullary nailing of femoral shaft fractures,with illustrative case presentations.*J Orthop Trauma* 1987;1:1-11
44. Johnson KD , Tencer AF: Mechanics of intramedullary nails for femoral fractures.*Unfallchirurg* 1990 ;93:506
45. Karpos PA, McFerran MA , Johnson KD: Intramedullary nailing of acute femora; Shaft fractures using manual traction without a fracture table. 1995;9:57

46. Dugtale TW , Schutzer SF ,Deafenbaugh MK et al. Compartment syndrome complicating use of hemi-lithotomy position during femoral nailing. A report of two cases. *JBJS Am* 1989;71(10):1556-1557
47. Anglen J ,Banovetz J: Compartment syndrome in the well leg resulting from fracture table positioning.*Clin Orthop* 1994;(301):239-242
48. Kavanagh BF: Femoral fractures associated with total hip arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 1992, 23(2):249-257.
49. Kempf I, Grosse A, Beck G: Closed locked intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Am* 1985, 67/A:709-720.
50. Winqvist R: Locked femoral nailing. *J Am Acad Or thop Surg* 1993, 1(2):95-105.
51. Winqvist RA, Clawson DK: Closed intramedullary nailing of femoral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1984, 66(4):529-539.
52. Wiss DA, Brien WW, Stetson WB: Interlocked nailing for treatment of segmental fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1990, 72(5):724-728.
53. Baumgaertel F, Dahlen C, Stiletto R et al.: Technique of using the AO-femoral distractor for femoral intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 1994, 8(4):315-321.
54. Georgiadis GM , Burgar AM. Percutaneous skeletal joysticks for closed reduction of femoral shaft fractures during intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 2001;15(8)570-571
55. Grundnes O, Utvag SE ,Reikeras O. Effects of graded reaming on fracture healing.Blood flow and healing studied in rat femurs *Acta Orthop Scan* 1994;65(1):32-36
56. Reichert IL , McCarthy ID , Hughes SP. The acute vascular response to intramedullary reaming. Microsphere estimation of blood flow in the intact ovine tibia *JBJS Br* 1995;77(3)490-493
57. Giannoudis PV, Furlong AJ, Macdonald DA et al: Reamed against unreamed nailing of the femoral diaphysis: a retrospective study of healing time. *Injury* 1997, 28(1):15-18.
58. Reynders PA, Broos PL. Healing of closed femoral shaft fractures treated with the AO reamed femoral nail. *Injury* 2000;31(5): 367-371
59. Tornetta P 3rd, Tiburzi D. The treatment of femoral shaft fractures using intramedullary interlocked nails with and without intramedullary reaming: a preliminary report *J Orthop Trauma* 1997;11(2):89-92

60. Clatworthy MG, Clark DI, Gray DH. Reamed versus unreamed femoral nails. A randomised ,prospective trial JBJS Br 1998;80(3):485-489
61. Bhandari M, Guyatt GH, Tong D, et al Reamed versus nonreamed intramedullary nailing of lower extremity long bone fractures: a systematic overview and meta-analysis J Orthop Trauma 2000;14(1):2-9
62. Stedtfeld H, Jurowich B, Baumer F. Et al.: Laser focusing device for the distal locking of intramedullary nails. Chirurg 1990,61(6):469-472.
63. Goodall J: An image intensifier laser guidance system for the distal locking of an intramedullary nail. Injury 1991, 22(4):339.
64. Anastopoulos G: Distal locking with mechanical jig (Author's own technique). In: Practice of intramedullary locked nails: New Developments in Techniques and Applications. Edited by Leung K-S, Taglang G, Schnettler R, vol. 3. New York: Springer; 2006:271-274.
65. Brumback RJ, Ellison TS, Molligan H et al. Pudental nerve palsy complicating intramedullary nailing of the femur JBJS Am 1992;74(10):1450-1455
66. Bain GI, Zacest AC, Paterson DC et al. Abduction strength following intramedullary nailing of the femur J Orthop Trauma 1997;11(2):93-97
67. Mira AJ, Markley K, Greer RB 3rd. A critical analysis of quadriceps after femoral shaft fracture in adults JBJS Am 1980;62(1):61-67
68. Ricci WM, Bellababra C, Lewis R. et al. Angular malalignment after intramedullary nailing of femoral shaft fractures J Orthop Trauma 2001;15(2):90
69. Braten M , Terjesen T, Rossvoll I.Torsional deformity after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Measurement of anteversion angles in 110 patients JBJS Br 1993;75(5):799-803
70. Jaarsma RL, Pakvis DF, Verdonschot N, et al.Rotational malalignment after intramedullary nailing of the femoral fractures. J Orthop Trauma 2004;18(7):403-409
71. Kim JJ, Kim Y, Kim KY.Predicting the rotational neutral state of the femur by comparing the shape of the contralateral lesser trochanter. Orthopedics 2001;24(11):1069-1070
72. Miller M: Review of Orthopaedics. In. Edited by Miller M, vol.1,5ed. Philadelphia: Saunders; 2008: 95-96

73. Pape HC, Regel G, Dwenger A, et al. Influences of different methods of intramedullary femoral nailing on lung function in patients with multiple trauma. *J Trauma* 1993;35:709-15.
74. Bone LB, Giannoudis P. Femoral shaft fracture fixation and chest injury after polytrauma. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(3):311-7.
75. Pape HC, Auf'm Kolk M, Paffrath T, et al. Primary intramedullary femur fixation in multiple trauma patients with associated lung contusion: a cause of post traumatic ARDS? *J Trauma* 1993;34:540-8.
76. McQueen MM, Gaston P, Court-Brown CM: Acute compartment syndrome. Who is at risk? *JBJS Br* 2000;82(2):200-203
77. Schwartz JT Jr, Brumback RJ, Lakatos R, et al. Acute compartment syndrome of the thigh complicating fracture of the femur. A spectrum of injury. *JBJS Am* 1989;71(3):392-400
78. Brumback RJ, Wells JD, Lakatos R, et al. Heterotopic ossification about the hip after intramedullary nailing for fractures. *JBJS Am* 1990;72(7):1067-1073
79. Marks PH, Paley D, Kellam JF. Heterotopic ossification after femoral intramedullary nailing of the femur *J Trauma* 1988;28(8):1207-1213
80. Steinberg GG, Hubbard C. Heterotopic ossification after femoral intramedullary roding *J Orthop Trauma* 1993;7(6):536-542
81. Klemm KW. Treatment of infected pseudarthrosis of the femur and the tibia with an interlocking nail. *Clin Orthop* 1986;212:174-181
82. Lhowe DW, Hansen ST. Immediate nailing of open fractures of the femoral shaft *JBJS Am* 1988;70(6):812-820
83. Brumback RJ, Ellison PS, Poka A, et al. Intramedullary nailing of open fractures of the femoral shaft *JBJS Am* 1989;71(9):1324-1331
84. Ueng SW, Wei FC, Shih CH. Management of femoral diaphyseal infected nonunion with antibiotic beads local therapy, external skeletal fixation and staged bone grafting. *J Trauma* 1999;46(1):97-103
85. Worlock P, Slack R, Harvey L, et al. The prevention of infection in open fractures: an experimental study of the effect of fracture stability *Injury* 1994;25(1):31-38
86. Franklin JL, Winkquist RA, Benirschke SK, et al. Broken intramedullary nails. *JBJS Am* 1988;70(10):1463-1471

87. Rüedi T, Murphy W. AO Principles of Fracture Management. Thieme, Stuttgart, 2000.
88. Cove JA, Lhowe DW, Jupiter JB, et al. The management of femoral diaphyseal non-unions. *J Orthop Trauma* 1997;11:513–20.
89. Furlong AJ, Giannoudis PV, DeBoer P, et al. Exchange nailing for femoral shafts aseptic non-union. *Injury* 1999;30:245–9.
90. Banaszkiwicz P, Sabboubbeh A, McLeod I, et al. Femoral exchange nailing for aseptic non-union: not the end to all problems. *Injury* 2003;1812:1–8.
91. Wu CC, Shih C, Chen W, et al. Effect of reaming bone grafting on treating femoral shaft aseptic nonunion after plating. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999;119:303–7.
92. McKee M. Aseptic non-union. In: Ruedi TP, Murphy WM, editors. AO-Principles of fracture management. Stuttgart and New York: Georg Thieme Verlag; 2000. p. 748–62.
93. Beredjiklian P, Naranja R, Heppenstall R, et al. Results of treatment of 111 patients with nonunion of femoral shaft fractures. *Orthop J* 1999;12:52–6.
94. Wu CC. The effect of dynamization on slowing the healing of femur shaft fractures after interlocking nailing. *J Trauma* 1997;43:263–67.
95. Smith WR, Morgan SJ. Failure of internal fixation of the femoral shaft. *Tech Orthop* 2003;17:448–57.
96. Wu CC, Shih CH. Treatment of 84 cases of femoral nonunion. *Acta Orthop Scand* 1992;63:57–60.
97. Wu CC, Shih CH. Effect of dynamization of a static interlocking nail on fracture healing. *Can J Surg* 1993;36:302–6.
98. Court-Brown CM, Keating JF, Christie J, et al. Exchange intramedullary nailing. Its use in aseptic tibial non-union. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77:407–11.
99. Johnson EE. Custom titanium plating for failed nonunion or delayed internal fixation of femoral fractures. *Clin Orthop* 1988;234:195–203.
100. Broos PL, Miserez MJ, Rommens PM. The monofixator in the primary stabilization of femoral shaft fractures in multiply-injured patients. *Injury* 1992;23:525–8.
101. Scalea T, Boswell S, Scott J, et al. External fixation as a bridge to intramedullary nailing for patients with multiple injuries and with femur fractures: damage control or thopedics. *J Trauma* 2000;48:613–23.

102. Duarte LR. Stimulation of bone growth by ultrasound. *Arch Orthop Trauma Surg* 1983;101:153–9.
103. Johanes EJ, Dinesh MKS, Sukul K. High energy shockwave for treatment of nonunion: an experiment on dogs. *J Surg Res* 1994;57:246–52.
104. Bassett CAL, Mitchell SN, Gaston SR. Treatment of ununited tibial diaphyseal fractures with pulsing electromagnetic fields. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63:511–23.
105. Brumback RJ, Ellison TS, Poka A et al.: Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part III: Longterm effects of static interlocking fixation. *JBJS Am* 1992, 74(1):106-112.
106. Giannoudis PV, Dinopoulos H, Tzioupis C et al. “Damage control orthopedics in the polytrauma patient. *Acta Orthop Hellenica* 2007;58:51-64(En)
107. Moore FA, Moore EE. Evolving concepts in the pathogenesis of postinjury multiple organ failure. *Surg Clin North Am.* 1995;75(2):257-77
108. Giannoudis PV, Smith RM, Bellamy MC, et al. Stimulation of the inflammatory system by reamed and unreamed nailing of femoral fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1999; 81:356-61.
109. Hildebrand F, Giannoudis P, van Griensven M, et al. Secondary effects of femoral instrumentation on pulmonary physiology in a standardised sheep model: what is the effect of lung contusion and reaming? *Injury* 2005;36(4):544-55.
110. Lasanianos NG, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Intramedullary nailing as a 'second hit' phenomenon in experimental research: lessons learned and future directions. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(9):2514-29
111. Jaicks RR, Cohn SM, Moller BA. Early fracture fixation may be deleterious after head injury. *J Trauma* 1997;42:1-6.
112. Copeland CE, Mitchell KA, Brumback RJ, et al. Mortality in patients with bilateral femoral fractures. *J Orthop Trauma* 1998;12:315 -319
113. Christie J, Court-Brown C, Kinninmonth AWG et al.: Intramedullary locking nails in the management of femoral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1988;70-B:206–10.
114. Citak M, Gardner MJ, Citak M, et al. Navigated femoral anteversion measurements: a new intraoperative technique. *Injury* 2008;39(4):467–71.
115. Matthews SJ, Nikolaou VS, Giannoudis PV. Innovations in osteosynthesis and fracture care. *Injury* 2008;39(8):827–38.

116. Browner B, Wiss DA. The Grosse-Kempf locking nail for the femur. In: Browner B, Edwards C, editors. The science and practice of intramedullary nailing. Philadelphia: Lea & Febiger; 1987. p. 150–9.
117. Browner BD. Pitfalls, errors and complications in the use of locking Kuntscher nails. *Clin Orthop Relat Res* 1986;212:192–208.
118. Kuntscher G. Practice of Intramedullary Nailing. Springfield: Charles C Thomas; 1967.
119. Bohler L. Medullary Nailing of Kuntscher 1948.
120. McMaster WC. Closed insertion technique for the prebent Sampson femoral rod. *Clin Orthop* 1979;138:238–42.
121. Klemm KW, Borner M. Interlocking nailing of complex fractures of the femur and tibia. *Clin Orthop* 1986;89–100.
122. Muller ME, Allgower M, Willenegger H. Intramedullary methods of internal fixation. In: Muller ME, Allgower M, Willenegger H, editors. Manual of internal fixation. Berlin: Springer-Verlag; 2003. p. 80–92.
123. Court-Brown CM. An atlas of closed nailing of the tibia and femur. Koln, Germany: Deutsch Arzteverlag; 1991.
124. Harper MC, Carson WL. Curvature of the femur and the proximal entry point for an intramedullary rod. *Clin Orthop* 1987;220:155–61.
125. Bostman O, Varjonen L, Vainionpaa S, et al. Incidence of local complications after intramedullary nailing and after plate fixation of femoral shaft fractures. *J Trauma* 1989;29:639–45.
126. Miller SD, Burkart B, Damson E, et al. The effect of the entry hole for an intramedullary nail on the strength of the proximal femur. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:202–6.
127. Danckwardt-Lilliestrom G, Sjögren S. Postoperative restoration of muscle strength after intramedullary nailing of fractures of the femoral shaft. *Acta Orthop Scand* 1976;47:101–7.
128. Jacobs LGH, Buxton RA. The course of the superior gluteal nerve in the lateral approach to the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71-A(8):1239–43.
129. Wiss DA, Fleming CH et al. Comminuted and rotational unstable fractures of the femur treated with an interlocking nail. *Clin Orthop* 1986 ;212:35–47.

130. Wolinsky PR, McCarty E, Shyr Y et al. Reamed intramedullary nailing of the femur: 551 cases. *J Trauma* 1999;46:392–9.
131. Abrahams PH. The interactive skeleton. In: Abrahams PH, editor. [CD-ROM]. London: Primal Pictures; 1996.
132. Kale SP, Patil N, Pilankar S, et al. Correct anatomical location of entry point for antegrade femoral nailing. *Injury* 2006;37:990–3.
133. Bick EM. The intramedullary nailing of fractures by G. Kuntscher. Translation of article in *Archiv fur Klinische Chirurgie*. 1940; 200–443. *Clin Orthop* 1968;60:5–12.
134. Helmy N, Jando VT, Lu T, et al. Muscle function and functional outcome following standard antegrade reamed intramedullary nailing of isolated femoral shaft fractures. *J Orthop trauma* 2008;22:10–5.
135. Moein ACM, Verhofstad MHJ, Bleys RLAW et al. Soft tissue injury related to choice of entry point in antegrade femoral nailing: piriform fossa or greater trochanter tip. *Injury* 2005;36:1337–42.
136. Debrauwer S, Hendrix R, Verdonk R. Anterograde femoral nailing with a reamed interlocking titanium alloy nail. *Acta Orthopaedica Belg* 2000;66:484–9.
137. Beaty JH, Austin SM, Warner WC, et al. Interlocking intramedullary nailing of femoral-shaft fractures in adolescents; preliminary results and complications. *J Pediatr Orthop* 1994;14:178–83.
138. Ricci WM, Devinney S, Haidukewych G, et al. Trochanteric nail insertion for the treatment of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2005;19:511–7.
139. Wolinsky PR, Tejwani N, Richmond JH, et al. Controversies in intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *JBJS Am* 2001;83:1404-1415
140. Gordon EJ, Swenning TA, Burd TA, et al. Proximal femoral radiographic changes after lateral transtrochanteric intramedullary nail placement in children. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:1295–301.
141. Gordon EJ, Khanna N, Luhmann SJ, et al. Intramedullary nailing of femoral fractures in children through the lateral aspect of the greater trochanter using a modified rigid humeral intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 2004;18:416–22.
142. Robinson CM, Houshian S, Khan LA. Trochanteric-entry long cephalomedullary nailing of subtrochanteric fractures caused by low energy trauma. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:2217–26.

143. Kanellopoulos AD, Yiannakopoulos CK, Soucacos PN. Closed, locked intramedullary nailing of paediatric femoral shaft fractures through the tip of the greater trochanter. *J Trauma* 2006;60(11):217–22.
144. Ricci WM, Schwappach J, Tucker M, et al. Trochanteric versus piriformis entry portal for the treatment of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2006;20:663–7.
145. Starr AJ, Hay MT, Reinert CM, et al. Cephalomedullary nails in the treatment of high energy proximal femur fractures in young patients: a prospective, randomized comparison of trochanteric versus piriformis fossa entry portal. *J Orthop Trauma* 2006;20:240–6.
146. Georgiadis GM, Olexa TA, Ebraheim NA. Entry sites for antegrade femoral nailing. *Clin Orthop* 1996;330:281–7.
147. McKee MD, Waddell JP. Intramedullary nailing of femoral fractures in morbidly obese patients. *J Trauma* 1994;36:208–10.
148. Ostrum RF. A greater trochanteric insertion site for femoral intramedullary nailing in lipomatous patients. *Orthopedics* 1996;19:337–40.
149. Ostrum RF, Marcantonio A, Marburger R. A critical analysis of the eccentric starting point for trochanteric intramedullary femoral nailing. *J Orthop Trauma* 2005;19:681–6.
150. Papadakis SA, Shepherd L, Babourda EC et al. Piriform and trochanteric fossae. A drawing mismatch or a terminology error? A review. *Surg Radiol Anat* 2005;27:223-6.
151. Archdeacon MT, Hewett TE, Wyrick JD, et al. A prospective, randomized study of entry portal on hip biomechanics after femoral nailing. In: Presented at the Annual meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgery; 2006.
152. Dora C, Leunig M, Beck M, et al. Entry point soft tissue damage in antegrade femoral nailing: a cadaver study. *J Orthop Trauma* 2001;15:488–93.
153. Perez EA, Jahangir AA, Mashru RP et al. Is there a gluteus medius tendon injury during reaming through a modified medial trochanteric portal? A cadaver study. *J Orthop Trauma* 2007;21:617–20.
154. Gardner MJ, Robertson WJ, Boraiah S, et al. Anatomy of the greater trochanteric ‘Bald Spot’. A potential portal for abductor sparing femoral nailing? *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:2196–200.

155. Egol KA, Chang EY, Cvitkovic J, et al. Mismatch of current intramedullary nails with the anterior bow of the femur. *J Orthop Trauma* 2004;18:410–5.
156. Harper MC, Hernstoff J.: Fractures of the femoral neck associated with technical errors and closed intramedullary nailing of the femur *JBJS Am*, 1986; 68A:624-6
157. Ehmke LW, Polzin BMI, Madey SM et al. Femoral nailing through the trochanter: the reamer pathway indicates a helical nail shape. *J Orthop Trauma* 2006;20:668–74
158. Gausepohl T., Pennig D., Koebke J. et al.. Antegrade femoral nailing: an anatomical determination of the correct entry point. *Injury* 2002;701-705
159. Maruyama M, Feinberg JR, Capello WN et al. Morphologic features of the acetabulum and femur – Anteversion angle and implant positioning. *Clin Orthop Relat Res* 2001;393, 52-65.

