



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΛΙΚΗΣ
ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΓΟΝΑΤΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΗΜΕΝΗΣ ΜΕ
ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ**

**ΜΗΤΣΙΟΥ Χ. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2016



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΛΙΚΗΣ
ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΓΟΝΑΤΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΗΜΕΝΗΣ ΜΕ
ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ**

**ΜΗΤΣΙΟΥ Χ. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2016

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

Ημερομηνία αίτησης του κ. Μήτσιου Διαμαντή: 29-5-2008

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 640^α/17-6-2008

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων

Ξενάκης Θεόδωρος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη

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

Μέγας Παναγιώτης Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής κα Τραυματολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Πατρών

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 8-7-2008

«Συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος χειρουργημένης με συμβατικές μεθόδους και με συστήματα πλοήγησης (Navigation).»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 788^α/31-5-2016

Κορομπίλιας Αναστάσιος	Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
Ξενάκης Θεόδωρος	τ. Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
Τζαφλίδου Μαργαρίτα	Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
Μέγας Παναγιώτης	Καθηγητής Ορθοπαιδικής και Τραυματολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Πατρών.
Βεκρής Μάριος	Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
Ρήγας Κωνσταντίνος	Επίκουρος Καθηγητής Ιατρικής Φυσικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
Πάκος Αιμίλιος	Λέκτορας Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΛΙΑΝ ΚΑΛΩΣ» στις 19-10-2016

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Μηνάς Πασχόπουλος

Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας

Η Γραμματέας του Τμήματος



ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΙΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα στο σημείο αυτό να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ορθοπαιδικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, κ. Ξενάκη Θεόδωρο, για την τιμή που μου έκανε να μου προτείνει την εκπόνηση της συγκεκριμένης διατριβής, όπως και για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη κατά την διάρκεια της κλινικής μελέτης και της συγγραφής.

Ευχαριστώ επιπρόσθετα τους γονείς μου Χρήστο και Φιλοθέη Μήτσιου καθώς επίσης την σύζυγο μου Κώτση Αφροδίτη και την κόρη μου Ναταλία για την συμπαράσταση και την κατανόηση τους όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, αλλά όχι τελευταίους, ευχαριστώ θερμά όλους τους συναδέλφους ειδικευόμενους τότε, της Ορθοπαιδικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ιωαννίνων, και κυρίως τους, Πολίτη Άγγελο, Ασημίδη Εμμανουήλ, και Πάκο Αιμίλιο για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια.

Μετά τιμής,

Μήτσιου Χ. Διαμαντής

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ix
1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ	1
1.1 Αρθρικές επιφάνειες.....	1
1.1.1 Επιγονατιδομηριαία άρθρωση	2
1.1.2 Κνημομηριαία άρθρωση	2
1.2 Αρθρικός θύλακος.....	6
1.3 Σύνδεσμοι του γόνατος	7
1.3.1 Πλάγιοι σύνδεσμοι.....	8
1.3.2 Οπίσθιοι σύνδεσμοι	9
1.3.3 Πρόσθιοι σύνδεσμοι.....	9
1.3.4 Χιαστοί σύνδεσμοι.....	9
2 ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ	11
2.1 Εισαγωγή.....	11
2.2 Κινηματική της κνημομηριαίας άρθρωσης	12
2.2.1 Κάμψη –Έκταση	12
2.2.2 Αξονική στροφή.....	13
2.3 Σταθεροποίηση του γόνατος	14
2.3.1 Σταθεροποίηση κατά την Απαγωγή-Προσαγωγή	14
2.3.2 Πρόσθια-οπίσθια σταθεροποίηση και ολίσθηση	14
2.3.3 Σταθεροποίηση κατά την πλαγιοπλάγια μετατόπιση.....	16
2.4 Κινηματική της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης	16
2.4.1 Επιγονατιδομηριαία κίνηση	16
2.5 Δυναμική του γόνατος.....	17
2.5.1 Κνημομηριαία φόρτιση.....	17
2.5.2 Επιγονατιδομηριαία φόρτιση	19
3 ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑ ΓΟΝΑΤΟΣ	21
3.1 Εισαγωγή.....	21
3.2 Αιτιολογία	22
3.3 Παθοφυσιολογία.....	23
3.4 Διάγνωση.....	24
3.4.1 Κλινική εικόνα	24
3.4.2 Απεικονιστικός έλεγχος	26
3.5 Σταδιοποίηση	26
3.6 Αντιμετώπιση	28
3.6.1 Συντηρητική αγωγή	29

3.6.2	Χειρουργική αγωγή.....	33
4	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ.....	43
4.1	Αρθρωτές προθέσεις	43
4.2	Κονδυλικές προθέσεις.....	44
4.2.1	Τα πρώτα κονδυλικά εμφυτεύματα	44
4.2.2	Η πρόθεση ICLH	45
4.2.3	Νοσοκομείο Ειδικής Χειρουργικής (Hospital of Special Surgery, HSS).....	46
4.2.4	Γενικό Νοσοκομείο Βοστώνης.....	47
4.2.5	Οι προθέσεις Eftekhar Mark και μεταβλητού άξονα του David Murray.....	48
4.2.6	Πρώιμα σχέδια προθέσεων του γόνατος για διατήρηση των χιαστών συνδέσμων	49
4.2.7	Ανατομικές προσεγγίσεις ολικής αρθροπλαστικής για διατήρηση των χιαστών συνδέσμων.....	49
4.2.8	Πρόθεση Geomedic	50
4.2.9	Επικαλυμμένη με πορώδες πρόθεση γόνατος.....	51
5	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ (NAVIGATION) ΟΛΙΚΗΣ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΓΟΝΑΤΟΣ.....	53
5.1	Εισαγωγή.....	53
5.2	Ιστορική ανάπτυξη των συστημάτων πλοήγησης στην ολική αρθροπλαστική γόνατος.....	54
5.3	Ταξινόμηση των συστημάτων πλοήγησης.....	56
5.3.1	Απεικονιστικά συστήματα πλοήγησης	59
5.3.2	Μη απεικονιστικά συστήματα πλοήγησης	59
5.4	Το σύστημα πλοήγησης Orthopilot®.....	62
5.4.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	62
5.4.2	Διαδικασία της χειρουργικής επέμβασης.....	69
5.4.3	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος πλοήγησης OrthoPilot... ..	75
5.5	Ρομποτικά συστήματα πλοήγησης σε φάση εξέλιξης.....	76
6	ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	79
6.1	Εισαγωγή.....	79
6.2	Υπόθεση.....	79
6.3	Σκοπός της μελέτης.....	79
6.4	Πληθυσμός της μελέτης.....	80
6.5	Μέθοδοι.....	81
6.5.1	Προεγχειρητικές, διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές παράμετροι.....	81
6.5.2	Χειρουργική τεχνική.....	84
6.6	Στατιστική ανάλυση.....	87
7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	89

8	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	123
8.1	Χρόνος χειρουργείου.....	123
8.2	Απώλειες αίματος.....	124
8.3	Εύρος κίνησης γόνατος	127
8.4	Κλινικό αποτέλεσμα (score).....	127
8.5	Διόρθωση μηχανικού άξονα.....	129
9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	133
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	139
	ABSTRACT	141
	Βιβλιογραφία	143

Κατάλογος Εικόνων & Σχημάτων

Εικόνα 1.1: Ανατομία γόνατος-Προσθιοπίσθιο επίπεδο (3).....	1
Σχήμα 1.1: Γραφική αναπαράσταση των μηριαίων και κνημιαίων κονδύλων στο οβελιαίο επίπεδο για το έσω (αριστερά) και το έξω διαμέρισμα (δεξιά) της κνημομηριαίας άρθρωσης (7).....	3
Εικόνα 1.2: Ανατομία του γόνατος (εγκάρσια τομή) (10).....	6
Εικόνα 1.3: Ανατομία του γόνατος στο οβελιαίο επίπεδο (15).....	7
Εικόνα 1.4: Οπίσθια άποψη της άρθρωσης του γόνατος (10).....	8
Σχήμα 2.1: Βαθμοί ελευθερίας μετατόπισης και σταθεροποίηση της κνημομηριαίας άρθρωσης (19).....	13
Σχήμα 2.2: Η μεταβολή της αξονικής στροφής συναρτήσει της γωνίας κάμψης του γόνατος κατά την διάρκεια της βάδισης (19).....	14
Σχήμα 2.3: Περιορισμός της απαγωγής-προσαγωγής από τα υπομόχλια των πλαγίων συνδέσμων (19).....	15
Σχήμα 2.4: Κύλιση της επιγονατίδας κατά την διάρκεια της κάμψης του γόνατος (19).....	16
Σχήμα 2.5: Δυνάμεις επί της κνημομηριαίας άρθρωσης κατά την διάρκεια της βάδισης (19).....	18
Σχήμα 2.6: Διακύμανση των δυνάμεων επί της αρθρώσεως του γόνατος και επιπτώσεις επί του φορτίου των κονδύλων, επί των συνδέσμων και επί της απαγωγής (19).....	18
Σχήμα 2.7: Επιγονατιδικές δυνάμεις στις (Α) χαμηλές και (Β) υψηλές γωνίες κάμψης του γόνατος (19).....	19
Σχήμα 3.1: Οστεοαρθρίτιδα της έσω επιφάνειας του γόνατος (37).....	25
Εικόνα 3.1: Ακτινογραφίες του αριστερού γόνατος στο στάδιο 4 του συστήματος Kellgren και Lawrence: α) προσθιοπίσθια απεικόνιση, β) πλάγια απεικόνιση (31).....	27
Σχήμα 3.2: Αναπαράσταση της αυτόλογης εμφύτευσης χόνδρου (ACI) [54].....	35
Σχήμα 3.3: Οστεοτομία αποφόρτισης: υποδειγματική ανοικτή υψηλή σφηνοειδής κνημιαία οστεοτομία βλαισοποίησης σε μονοδιαμερισματική οστεοαρθρίτιδα του έσω διαμερίσματος του γόνατος. Η διορθωμένη θέση σταθεροποιείται με γωνιάδη πλάκα και βίδες (54).....	37
Σχήμα 3.4: Αντιμετώπιση της προχωρημένης οστεοαρθρίτιδας του γόνατος με ολική αρθροπλαστική (χωρίς αρθροπλαστική επιφανείας της επιγονατίδας) (54).....	41
Σχήμα 4.1: (Α) Η πρώτη ολική αρθροπλαστική γόνατος του Gluck από ελεφαντόδοντο με υποστήριξη κονιάματος από κολοφώνιο, ελαφρόπετρα και γύψο. (Β) Συστατικά τμήματα της πρόθεσης Gluck (74).....	43
Εικόνα 4.1: Το πολυκεντρικό γόνατο του Gunston (79).....	44
Εικόνα 4.2: Το γόνατο ICLH (80).....	45
Εικόνα 4.3: Α: Γόνατο Duopatella (88), Β: Ολική κονδυλική πρόθεση του γόνατος Γ. Ολική κονδυλική πρόθεση γόνατος (TC III) Δ. Γόνατο Insall-Burnstein (IBI) (80).....	46
Σχήμα 4.2: Συναρμολογούμενη (modular) πρόθεση γόνατος μεταβλητού άξονα (88).....	48
Εικόνα 4.4: Ανατομική πρόθεση γόνατος (88).....	50
Εικόνα 4.5: Το γόνατο Geomedic (80).....	51
Εικόνα 4.6: Το γόνατο PCA (porous coated anatomical) [88].....	52
Εικόνα 5.1: Σταθμός εργασίας, αποτελούμενος από οθόνη απεικόνισης και αισθητήρες κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι καταγραφείς πρέπει να βρίσκονται πάντοτε στην ίδια ευθεία με την κάμερα (128).....	58
Εικόνα 5.2: Ενεργητικοί οπτικοί καταγραφείς και ενδο-χειρουργική ευθυγράμμιση των μηριαίων και κνημιαίων τμημάτων (104).....	58
Εικόνα 5.3: Εντοπισμός του κέντρου των αρθρώσεων του ισχίου (a), του γόνατος (b, c) και του αστραγάλου (d) (104).....	61
Εικόνα 5.4: Το σύστημα πλοήγησης OrthoPilot® (136).....	63
Εικόνα 5.5: Τοποθέτηση του εξοπλισμού και της κάμερας (136).....	65

Εικόνα 5.6: Για την αποφυγή έντονων συσπάσεων από τους μαλακούς ιστούς, η σταθεροποίηση της βίδας, για την τοποθέτηση των αισθητήρων IR, πρέπει να λάβει χώρα με το πόδι σε 45° κάμψη περίπου (136).	66
Εικόνα 5.7: Σύνδεση των τριών πομπών IR. Μηριαίος (κόκκινο), κνημιαίος (μπλε) και κινητός (κίτρινο) [136].	66
Εικόνα 5.8: Δείγματα αισθητήρων IR [136].	67
Εικόνα 5.9: Διαδικασία ευθυγράμμισης της κάμερας (1) [136].	68
Εικόνα 5.10: Διαδικασία ευθυγράμμισης της κάμερας (2) [136].	69
Εικόνα 5.11: Βαθμονόμηση των κάτω άκρων (1) [136].	70
Εικόνα 5.12: Βαθμονόμηση των κάτω άκρων (2) [136].	70
Εικόνα 5.13: Βαθμονόμηση των κάτω άκρων (3) [136].	71
Εικόνα 5.14: <i>Αριστερά</i> : Ψηλάφηση του αστραγάλου, <i>Δεξιά</i> : Αποτύπωση του μηχανικού άξονα στην οθόνη. Σε αυτή την περίπτωση: 7° ραιβότητα σε 22° κάμψη (137).	72
Εικόνα 5.15: <i>Αριστερά</i> : Κνημιαίο block κοπής συνδεδεμένο με πομπό. <i>Δεξιά</i> : Οι ρυθμίσεις για την εκτομή του κνημιαίου οστού φαίνονται στην οθόνη (ραιβότητα-βλαισότητα, ύψος εκτομής και κνημιαία κλίση) (137).	74
Εικόνα 5.16: <i>Αριστερά</i> : Μηριαίο block κοπής συνδεδεμένο με πομπό. <i>Δεξιά</i> : Ρυθμίσεις ραιβότητας-βλαισότητας και κάμψης-έκτασης του μηριαίου εξαρτήματος (137).	74
Εικόνα 6.1: Ευθυγράμμιση της αρθροπλαστικής (150).	82
Εικόνα 6.2: Γραμμές αναφοράς διαμόρφωσης του περιφερικού τμήματος του μηριαίου (152). A: Γραμμή Whiteside, B: Επικονδύλιος άξονας, C: Γραμμή οπίσθιων μηριαίων κονδύλων, D: Γραμμή κνημιαίας οστεοτομίας (151).	84
Εικόνα 6.3: Μετά το πέρας των οστεοτομιών του μηριαίου και του κνημιαίου πλατώ πρέπει το μεσάρθριο διάστημα να έχει τις ίδιες διαστάσεις κατά την κάμψη και έκταση του γόνατος (150).	85
Εικόνα 6.4: Τοποθέτηση κνημιαίας πρόθεσης [136].	86
Εικόνα 6.5: Μηριαίο πρόθεμα [136].	86
Εικόνα 7.1: Η φυλετική σύσταση της ομάδας Navigator.	89
Εικόνα 7.2: Η κατανομή των ηλικιών των ασθενών της ομάδας Navigator.	90
Εικόνα 7.3: Ο αριθμός των περιστατικών βάσει του γονάτου που χειρουργήθηκε για την ομάδα Navigator.	90
Εικόνα 7.4: Η κατανομή του καθαρού χειρουργικού χρόνου για την ομάδα Navigator.	91
Εικόνα 7.5: Η φυλετική σύσταση της συμβατικής ομάδας.	92
Εικόνα 7.6: Η κατανομή των ηλικιών των ασθενών της συμβατικής ομάδας.	92
Εικόνα 7.7: Ο αριθμός των περιστατικών βάσει του γονάτου που χειρουργήθηκε για τη συμβατική ομάδα.	93
Εικόνα 7.8: Η κατανομή του καθαρού χειρουργικού χρόνου για τη συμβατική ομάδα.	94
Εικόνα 7.9: Οι τιμές του αιματοκρίτη για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator (οι τιμές που αναγράφονται είναι διάμεσες τιμές και οι μπάρες απεικονίζουν το 1 ^ο και το 3 ^ο τεταρτημόριο).	98
Εικόνα 7.10: Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator (οι τιμές που αναγράφονται είναι διάμεσες τιμές και οι μπάρες απεικονίζουν το 1 ^ο και το 3 ^ο τεταρτημόριο).	101
Εικόνα 7.11: Οι τιμές του αιματοκρίτη για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα (οι τιμές που αναγράφονται είναι μέσες τιμές και οι μπάρες οριοθετούν το διάστημα ± 1 τυπική απόκλιση).	105
Εικόνα 7.12: Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα (οι τιμές που αναγράφονται είναι μέσες τιμές και οι μπάρες οριοθετούν το διάστημα ± 1 τυπική απόκλιση).	108

Εικόνα 7.13: Αριθμός φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της ομάδας Navigator ανά χρονική στιγμή.....	110
Εικόνα 7.14: Αριθμός φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της συμβατικής ομάδας ανά χρονική στιγμή.....	111
Εικόνα 7.15: Η κατανομή των απωλειών αίματος από την παροχέτευση του τραύματος τις πρώτες 48 ώρες για την ομάδα Navigator.	112
Εικόνα 7.16: Η κατανομή των απωλειών αίματος από την παροχέτευση του τραύματος τις πρώτες 48 ώρες για τη συμβατική ομάδα.	113
Εικόνα 7.17: Αριθμός ασθενών στους οποίους χορηγήθηκε αίμα με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο για την ομάδα Navigator.	113
Εικόνα 7.18: Η κατανομή των ποσοτήτων αίματος που χορηγήθηκαν στους ασθενείς της ομάδας Navigator με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο.....	114
Εικόνα 7.19: Αριθμός ασθενών στους οποίους χορηγήθηκε αίμα με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο για τη συμβατική ομάδα.....	115
Εικόνα 7.20: Η κατανομή των ποσοτήτων αίματος που χορηγήθηκαν στους ασθενείς της συμβατικής ομάδας με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο.	115
Εικόνα 7.21: Οι τιμές του knee outcome survey score προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά για τις δύο χειρουργικές ομάδες (οι τιμές που αναγράφονται είναι μέσες τιμές και οι μπάρες οριοθετούν το διάστημα ± 1 τυπική απόκλιση).	120

Κατάλογος Πινάκων

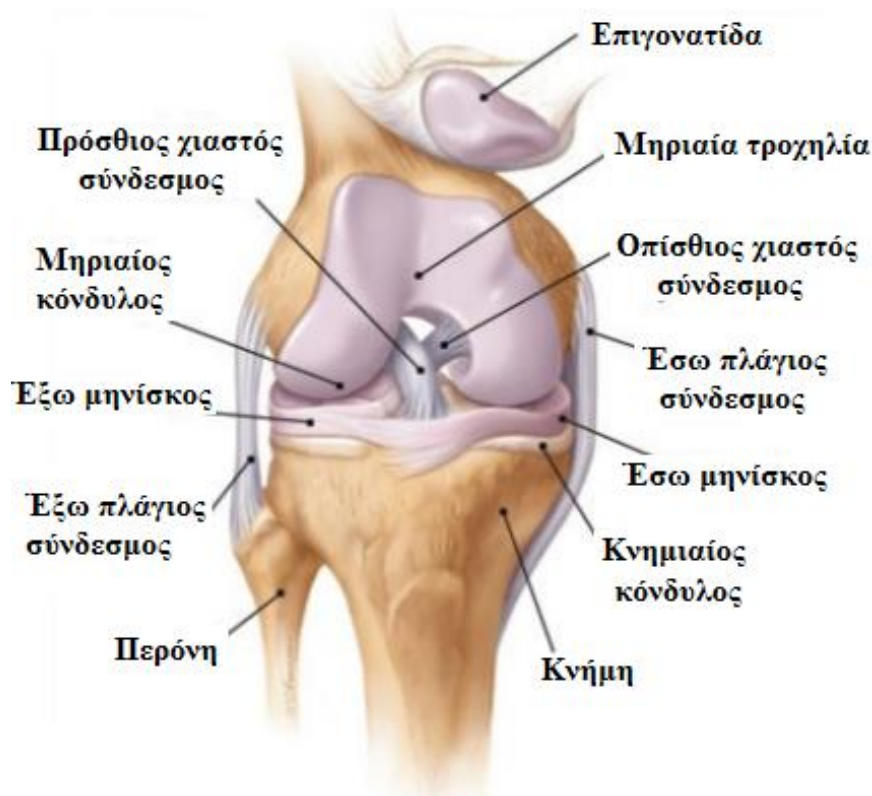
Πίνακας 2.1: Βαθμοί ελευθερίας του γόνατος (18).	12
Πίνακας 3.1: Ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες κινδύνου για οστεοαρθρίτιδα του γόνατος (34).	22
Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα διαφορετικών τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμαστικών μελετών ως προς την σύγκριση της μετεγχειρητικής μηχανικής γωνίας (M.A) σε συμβατική και μη απεικονιστική CAS αρθροπλαστική γόνατος (104).	55
Πίνακας 6.1: Δημογραφικά στοιχεία των ασθενών.	80
Πίνακας 7.1: Σύγκριση του καθαρού χειρουργικού χρόνου μεταξύ της ομάδας Navigator και της συμβατικής ομάδας (Mann – Whitney test).	94
Πίνακας 7.2: Οι τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.	95
Πίνακας 7.3: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.	95
Πίνακας 7.4: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.....	96
Πίνακας 7.5: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator (Paired samples t-test / Wilcoxon signed rank test)..	97
Πίνακας 7.6: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.....	99
Πίνακας 7.7: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator (Paired samples t-test / Wilcoxon signed rank test).....	99
Πίνακας 7.8: Οι τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.	102
Πίνακας 7.9: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.	102
Πίνακας 7.10: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τις τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.	103
Πίνακας 7.11: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές του αιματοκρίτη για τη συμβατική ομάδα (RMANOVA).	104
Πίνακας 7.12: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.	106
Πίνακας 7.13: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τη συμβατική ομάδα (RMANOVA).	107
Πίνακας 7.14: Οι τιμές του αιματοκρίτη για τις δύο χειρουργικές ομάδες για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test / Independent samples t-test).	109
Πίνακας 7.15: Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις δύο χειρουργικές ομάδες για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test / Independent samples t-test).	109
Πίνακας 7.16: Οι αριθμοί των φιαλών που χορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο χειρουργικών ομάδων στις διάφορες χρονικές στιγμές και συγκρίσεις μεταξύ των αριθμών για τις δύο ομάδες (Mann – Whitney test).....	111

Πίνακας 7.17: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για την ομάδα Navigator.....	116
Πίνακας 7.18: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης.	117
Πίνακας 7.19: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τη συμβατική ομάδα.	118
Πίνακας 7.20: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τη συμβατική ομάδα.	118
Πίνακας 7.21: Οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τις δύο χειρουργικές ομάδες και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test / Independent samples t-test).	119
Πίνακας 7.22: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator και τη συμβατική ομάδα.	121
Πίνακας 7.23: Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών αυτών (Wilcoxon signed rank test).....	121
Πίνακας 7.24: Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών αυτών (Paired samples t-test).....	122
Πίνακας 7.25: Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τις δύο χειρουργικές ομάδες και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test).	122

1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

1.1 Αρθρικές επιφάνειες

Η άρθρωση του γόνατος συνιστά την μεγαλύτερη διάρθρωση του ανθρωπίνου σώματος και ανήκει στις σύνθετες διαρθρώσεις, καθώς για τον σχηματισμό της απαιτείται η συμμετοχή τριών οστών: του μηριαίου, της κνήμης και της επιγονατίδας (1). Το γόνατο ανήκει στις τροχογίγγλυμες αρθρώσεις και αποτελείται από την επιγονατιδομηριαία και την κνημομηριαία άρθρωση, οι οποίες περιβάλλονται από κοινό αρθρικό θύλακο (2).



Εικόνα 1.1: Ανατομία γόνατος-Προσθιοπίσθιο επίπεδο (3).

1.1.1 Επιγονατιδομηριαία άρθρωση

Η επιγονατιδομηριαία άρθρωση έχει ως αρθρικές επιφάνειες:

- την κάτω αρθρική επιφάνεια της επιγονατίδας και
- την μηριαία τροχίλια.

Η μηριαία τροχίλια εμφανίζει στο μέσον της μία κάθετη αύλακα (αυχέννας), η οποία και την διαχωρίζει σε δύο πλάγια ογκώματα.

Η αρθρική επιφάνεια της επιγονατίδας χωρίζεται στην έσω και έξω επιφάνεια, με την έσω να είναι μικρότερη, στενότερη και λιγότερο υποκοίλη από την έξω. Η άρθρωση μεταξύ μηριαίου οστού και επιγονατίδας αναφέρεται και ως επιγονατιδομηριαίο διαμέρισμα. Στο επιγονατιδομηριαίο διαμέρισμα αρθρώνεται η επιγονατίδα με το μηριαίο οστό (4).

Κατά την διάρκεια της κίνησης του γόνατος από την πλήρη έκταση μέχρι την κάμψη 90°, η επιγονατίδα αρθρώνεται με την αύλακα του μηριαίου. Πιο αναλυτικά, σε κάμψη 20° πραγματοποιείται επαφή της επιγονατίδας με την μηριαία τροχίλια. Άρθρωση της μεσότητας και του ανώτερου τμήματος της επιγονατίδας λαμβάνει χώρα στις 60° και 90° αντίστοιχα. Κατά την διάρκεια της κίνησης του γόνατος από τις 90° μέχρι την πλήρη κάμψη, συντελείται άρθρωση της έσω και έξω αρθρικής επιφάνειας της επιγονατίδας με τους αντίστοιχους μηριαίους κονδύλους (5).

1.1.2 Κνημομηριαία άρθρωση

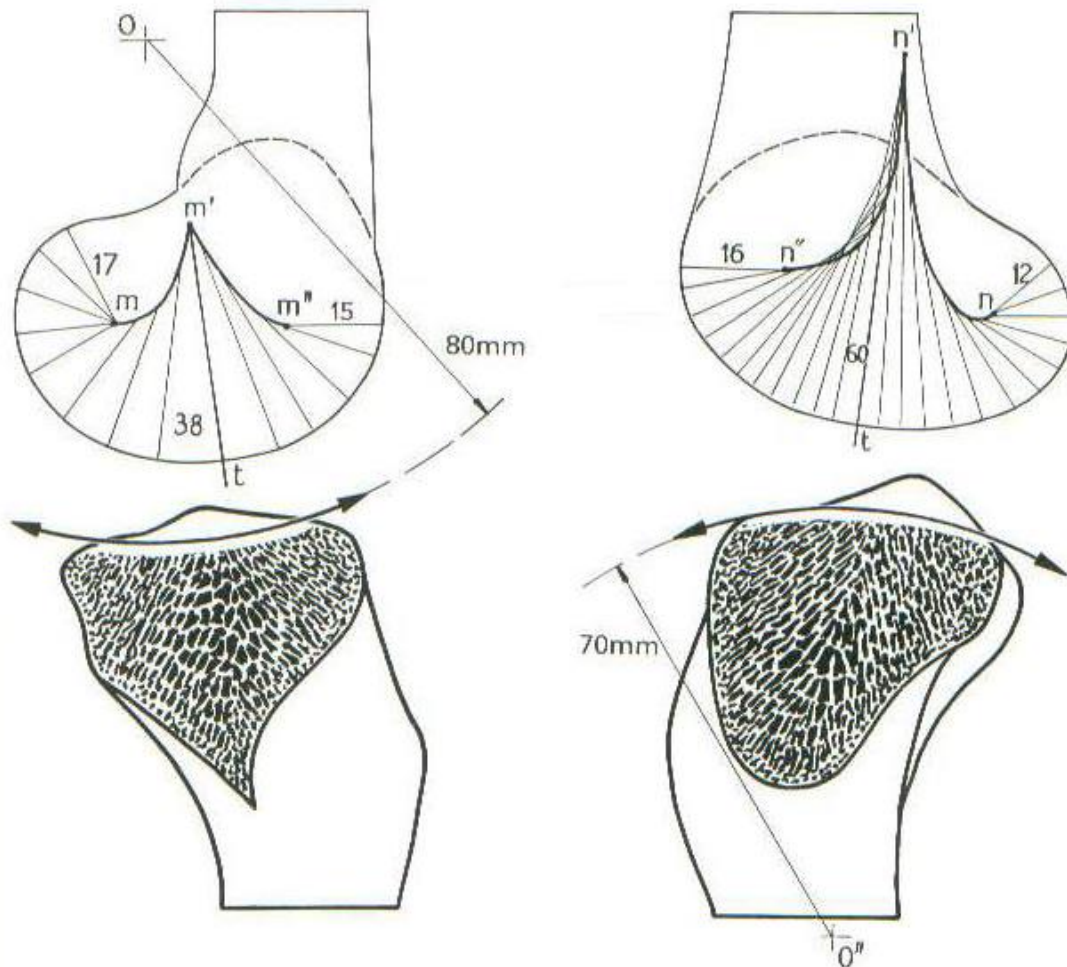
Η κνημομηριαία άρθρωση έχει ως αρθρικές επιφάνειες:

- την αρθρική επιφάνεια των μηριαίων κονδύλων
- τις κνημιαίες γλάνες
- τους παρεμβαλλόμενους έσω και έξω μηνίσκους.

1.1.2.1 Μηριαίοι κόνδυλοι

Στο εγκάρσιο επίπεδο, ο έσω μηριαίος κόνδυλος είναι ελαφρά μεγαλύτερος (επιμηκέστερος) από τον έξω ενώ στο μετωπιαίο επίπεδο ο έξω μηριαίος κόνδυλος είναι ελαφρά μεγαλύτερος (φαρδύτερος) από τον έσω κόνδυλο. Στην οπίσθια επιφάνειά τους, οι δύο κόνδυλοι διαχωρίζονται από την μεσοκονδύλιο εντομή ή μεσοκονδύλιο βόθρο, ενώ πρόσθια συνενούνται στην μηριαία τροχίλια. Στο οβελιαίο επίπεδο, οι δύο κόνδυλοι έχουν

διαφορετικής μορφής καμπυλότητα ενώ το σχήμα και των δύο είναι κυρτό τόσο στο οβελιαίο όσο και στο μετωπιαίο επίπεδο (Σχήμα 1.1) [6].



Σχήμα 1.1: Γραφική αναπαράσταση των μηριαίων και κνημιαίων κονδύλων στο οβελιαίο επίπεδο για το έσω (αριστερά) και το έξω διαμέρισμα (δεξιά) της κνημομηριαίας άρθρωσης (7).

1.1.2.2 Κνημιαίοι κόνδυλοι

Η διαπλάτυνση του άνω τμήματος της κνήμης (μετάφυση και επίφυση) οδηγεί στο σχηματισμό του έσω και έξω κνημιαίου κονδύλου περιλαμβάνοντας τις αντίστοιχες αρθρικές επιφάνειες (γλήνες) και το μεσογλήνιο έπαρμα.

Ο έσω κνημιαίος κόνδυλος είναι μεγαλύτερος από τον έξω εμφανίζοντας επίπεδη ή ελαφρώς υπόκοιλη αρθρική επιφάνεια. Από την άλλη πλευρά, ο έξω κνημιαίος κόνδυλος είναι τοποθετημένος δύο με τρία χιλιοστά ψηλότερα από τον έσω, εμφανίζοντας υπόκυρτη αρθρική επιφάνεια στο οβελιαίο επίπεδο και υπόκοιλη μορφή στο μετωπιαίο επίπεδο. Η ακτίνα καμπυλότητας του έξω κονδύλου είναι 70mm ενώ η αντίστοιχη του έσω κονδύλου είναι περίπου 80mm στο οβελιαίο επίπεδο (Σχήμα 1.1) [6].

Το αρχιτεκτονικό προφίλ των μηριαίων και κνημιαίων κονδύλων καθιστά το έσω διαμέρισμα της κνημομηριαίας άρθρωσης πιο σταθερό και αρμονικό σε σχέση με το έξω, καθώς συντελείται σε αυτό άρθρωση μεταξύ του κυρτού μηριαίου κονδύλου και του κοίλου κνημιαίου κονδύλου. Από την άλλη πλευρά, στο έξω διαμέρισμα δεν υπάρχει ουσιαστική επαφή μεταξύ του κυρτού έξω μηριαίου και του υπόκυρτου έξω κνημιαίου κονδύλου (Σχήμα 1.1). Σημαντική συμβολή στην σταθεροποίηση και αρμονία της κνημομηριαίας άρθρωσης διαδραματίζουν οι μηνίσκοι με υπόκοιλη την άνω και επίπεδη την κάτω αρθρική τους επιφάνεια (8).

Ανάμεσα στους δύο κνημιαίους κόνδυλους βρίσκονται οι δύο κνημιαίες γλήνες (έσω και έξω), οι οποίες είναι υπόκοιλες και αρθρώνονται με τους μηριαίους κόνδυλους. Η έσω κνημιαία γλήνη είναι ωοειδής, βαθύτερη και επιμηκέστερη από την έξω, η οποία είναι περισσότερο στρογγυλή και κυρτή. Το μεσογλήνιο έπαρμα βρίσκεται μεταξύ των δύο κνημιαίων γληνών και πίσω από την μεσότητά τους. Μπροστά από το μεσογλήνιο έπαρμα βρίσκεται ο πρόσθιος μεσογλήνιος βόθρος που αποτελεί περιοχή πρόσφυσης του έσω και του έξω μηνίσκου καθώς επίσης και του προσθίου χιαστού συνδέσμου. Πίσω από το μεσογλήνιο έπαρμα βρίσκεται ο οπίσθιος μεσογλήνιος βόθρος που αποτελεί περιοχή πρόσφυσης του οπίσθιου χιαστού (6).

1.1.2.3 Διάρθριοι μηνίσκοι

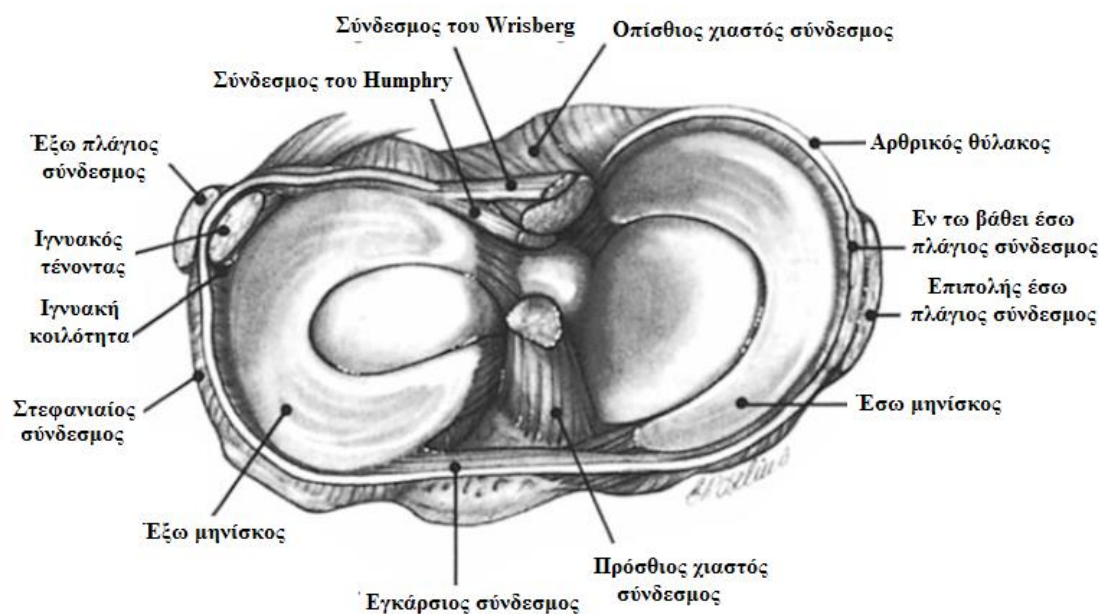
Οι μηνίσκοι του γόνατος (έσω και έξω) συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση της ανατομικής δυσαρμονίας μεταξύ των ελαφρά υπόκοιλων κνημιαίων γληνών και των ισχυρά υπόκυρτων μηριαίων κονδύλων. Πρόκειται για δύο ινοχόνδρινους μηνοειδείς δίσκους, οι οποίοι εκτός των άλλων λειτουργούν και ως κινητές αρθρικές επιφάνειες, αυξάνουν την επιφάνεια κατανομής των φορτίων, χρησιμεύουν στην απορρόφηση των κραδασμών κατά την φόρτιση του γόνατος και συνεισφέρουν στην ύγρανση της άρθρωσης (9).

Κάθε μηνίσκος καταλαμβάνει τα δύο έξω τριτημόρια της σύστοιχης κνημιαίας γλήνης έχοντας πλάτος περίπου 13mm. Το πάχος στην βάση των μηνίσκων είναι 6mm για τον έσω και 8mm για τον έξω μηνίσκο.

Κάθε μηνίσκος εμφανίζει δύο χείλη, το έξω και το έσω, δύο επιφάνειες, την άνω και την κάτω, δύο άκρα (κέρατα), το πρόσθιο και το οπίσθιο και λεπτύνεται βαθμιαία από την περιφέρεια προς το κέντρο.

Ο έσω μηνίσκος έχει μηνοειδές σχήμα σαν λατινικό C, είναι μακρύτερος σε σχέση με τον έξω και προσφύεται με το πρόσθιο κέρασ μπροστά από την έκφυση του πρόσθιου χιαστού, ενώ με το οπίσθιο κέρασ προσφύεται μπροστά από την έκφυση του οπισθίου χιαστού και πίσω από την πρόσφυση του έξω μηνίσκου (Εικόνα 1.2).

Ο έξω μηνίσκος είναι σχεδόν στρογγυλός, σαν κλειστός δακτύλιος και προσφύεται με το πρόσθιο κέρασ του μπροστά από το μεσογλήνιο έπαρμα, πίσω και έξω από την έκφυση του οπισθίου χιαστού, ενώ διά του οπισθίου κέρατος προσφύεται στην οπίσθια επιφάνεια του μεσογληνίου επάρματος (17).



Εικόνα 1.2: Ανατομία του γόνατος (εγκάρσια τομή) (10).

1.2 Αρθρικός θύλακος

Ο *αρθρικός θύλακος* περιβάλλει την άρθρωση του γόνατος και διακρίνεται σε δύο τμήματα, το έσω (αρθρικός υμένας) και το έξω (ινώδης θύλακος). Στο μηριαίο οστό, προσφύεται στην πρόσθια επιφάνεια, 1 ως 2cm πάνω από την μηριαία τροχλία και στην οπίσθια επιφάνεια, στα χείλη του αρθρικού χόνδρου των μηριαίων κονδύλων και στο οπίσθιο χείλος της μεσοκονδύλιας εντομής (2).

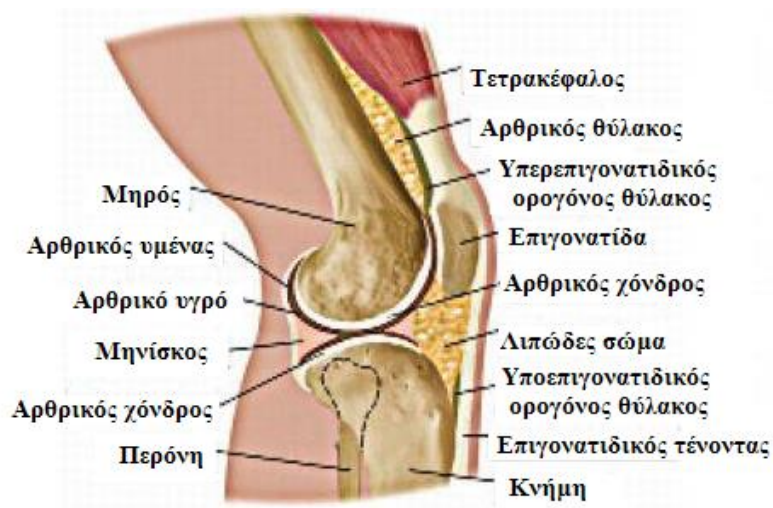
Στο κνημιαίο οστό, προσφύεται στο πρόσθιο χείλος του μεσογλήνιου βόθρου, στα πλάγια κατά μήκος του υπογλήνιου χείλους και στην οπίσθια επιφάνεια της κνήμης, κατά μήκος των χειλών του αρθρικού χόνδρου, όπου και συμφύεται με τους χιαστούς συνδέσμους. Η πρόσφυση της πρόσθιας επιφάνειας του ινώδους θύλακου με την περιφέρεια της επιγονατίδας πραγματοποιείται έξωθεν του αρθρικού χόνδρου (2).

Η εσωτερική επιφάνεια του αρθρικού θύλακου καλύπτεται από τον αρθρικό υμένα, ο οποίος σχηματίζει προσεκβολή (υπερτροχήλιο κόλπωμα) πάνω από την επιγονατίδα και κάτω από τον τετρακέφαλο. Το λιπώδες σώμα του γόνατος αποτελείται από δομικό λίπος και διαχωρίζει τον αρθρικό υμένα από τον επιγονατιδικό σύνδεσμο, κάτω από την επιγονατίδα, ενώ πλαγίως διακόπτεται από την πρόσφυση των μηνίσκων με αποτέλεσμα να μην τους

καλύπτει. Στην οπίσθια επιφάνεια του γόνατος, ο πρόσθιος και ο οπίσθιος χιαστός περιβάλλονται στο μπροστινό και πλάγιο τμήμα τους από τον αρθρικό υμένα (11, 12).

Η προστασία των αρθρικών επιφανειών δεδομένης της συνεχούς τριβής επιτυγχάνεται εν μέρει με την παρουσία του υποκίτρινου και γλοιώδους υφής αρθρικού υγρού, το οποίο προέρχεται από το πλάσμα του αίματος και εμπλουτίζεται με υαλουρονικό οξύ, παραγόμενο από τα κύτταρα του αρθρικού υμένα (13).

Τα άκρα των οστών που σχηματίζουν την άρθρωση του γόνατος καλύπτονται από τον αρθρικό χόνδρο, ο οποίος είναι υαλοειδής χόνδρος αποτελούμενος κυρίως από νερό, κολλαγόνο τύπου II και χονδροκύτταρα (14).



Εικόνα 1.3: Ανατομία του γόνατος στο οβελιαίο επίπεδο (15).

1.3 Σύνδεσμοι του γόνατος

Οι σύνδεσμοι του γόνατος ενισχύουν σημαντικά την στατική σταθεροποίηση και την ομαλή λειτουργία της άρθρωσης. Υπάρχουν τέσσερα βασικά είδη συνδέσμων: οι πλάγιοι, οι πρόσθιοι, οι οπίσθιοι και οι χιαστοί.

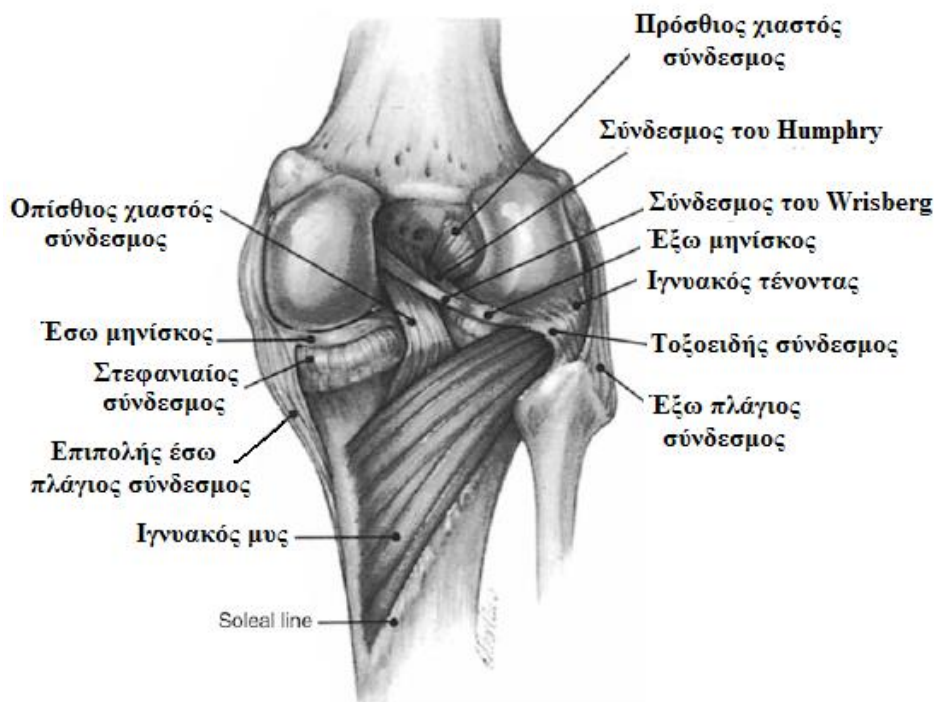
1.3.1 Πλάγιοι σύνδεσμοι

Οι πλάγιοι σύνδεσμοι συντελούν στην ενίσχυση του αρθρικού θύλακου από έσω και έξω καθορίζοντας την εγκάρσια σταθεροποίηση του γόνατος κατά την έκταση.

Ο έσω πλάγιος σύνδεσμος εκφύεται από την έσω μοίρα του έσω μηριαίου κονδύλου και καταφύεται στον έσω κνημιαίο κόνδυλο, 7 ως 8cm περιφερειακά του έσω μεσάρθριου διαστήματος. Οι οπίσθιες ίνες του συμφύονται στενά με αυτές του αρθρικού θύλακου στην βάση του έσω μηνίσκου. Η λειτουργία του έσω πλάγιου συνδέσμου ενισχύεται από τους καταφυτικούς έσω κνημιαίους τένοντες του ραπτικού, του ισχνού και του ημιτενοντώδους μυός (χήνεις πόδας).

Ο έξω πλάγιος σύνδεσμος εκφύεται από την έξω επιφάνεια του έξω μηριαίου κονδύλου και καταφύεται στην κεφαλή της περόνης. Είναι ανεξάρτητος από τον αρθρικό θύλακο σε όλο το μήκος της πορείας του.

Οι πλάγιοι σύνδεσμοι διατείνονται κατά την έκταση και χαλαρώνουν κατά την κάμψη του γόνατος (9, 16).



Εικόνα 1.4: Οπίσθια άποψη της άρθρωσης του γόνατος (10).

1.3.2 Οπίσθιοι σύνδεσμοι

Οι οπίσθιοι σύνδεσμοι αποτελούν προέκταση των μυών της οπίσθιας επιφάνειας του γόνατος. Σημαντικότερος εκπρόσωπος είναι ο λοξός ιγνυακός σύνδεσμος ή σύνδεσμος του Wislow. Αποτελεί προσεκβολή του καταφυτικού τένοντα του ημιμυενώδους μυός και καταφύεται στον οπίσθιο αρθρικό θύλακο, την μεσοκονδύλιο γραμμή και τον έξω μηριαίο κόνδυλο (16, 17).

1.3.3 Πρόσθιοι σύνδεσμοι

Στους πρόσθιους συνδέσμους ανήκουν ο επιγονατιδικός σύνδεσμος ή τένοντας και οι καθεκτικοί σύνδεσμοι της επιγονατίδας.

Ο επιγονατιδικός σύνδεσμος ή τένοντας είναι προέκταση του τένοντα του τετρακέφαλου μυός. Εκφύεται από την κορυφή και τα κάτω χείλη της επιγονατίδας ενώ καταφύεται στο κνημιαίο κύρτωμα. Η παρουσία του υπερεπιγονατιδικού ορογόνου θύλακου συντελεί στον διαχωρισμό της οπίσθιας επιφάνειας του επιγονατιδικού συνδέσμου από την κνήμη ενώ το λιπώδες σώμα συντελεί στον διαχωρισμό του τένοντα από τον αρθρικό υμένα.

Οι καθεκτικοί σύνδεσμοι της επιγονατίδας (έσω και έξω) συνιστούν προσεκβολές του τένοντα του τετρακεφάλου μυός. Καταφύονται στο κνημιαίο κύρτωμα και συμβάλλουν στην σταθεροποίηση της επιγονατίδας από τα πλάγια (9, 16).

1.3.4 Χιαστοί σύνδεσμοι

Ο πρόσθιος και ο οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος βρίσκονται στο κέντρο της άρθρωσης του γόνατος, ενσωματωμένοι κατά μεγάλο ποσοστό στο εσωτερικό της μεσοκονδύλιας εντομής.

Ο πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος προσφύεται στον πρόσθιο μεσογλήνιο βόθρο της κνήμης, φέρεται προς τα άνω, πίσω και έξω και καταφύεται στην έσω επιφάνεια του έξω μηριαίου κόνδylου. Η περισσότερο πρόσθια κνημιαία πρόσφυση του συνδέσμου εμφανίζει μεγαλύτερη σταθεροποίηση από την αντίστοιχη περισσότερο έξω μηριαία πρόσφυση, δεδομένου του μεγαλύτερου εύρους επιφανείας πρόσφυσης στην κνήμη (16).

Ο οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος προσφύεται στο οπίσθιο τμήμα του οπίσθιου μεσογλήνιου βόθρου της κνήμης, πορεύεται προς τα άνω, έσω και μπροστά και καταφύεται στην μεσοκονδύλια επιφάνεια του έσω μηριαίου κόνδylου. Ο σύνδεσμος εμφανίζει μία

περισσότερο οπίσθια πρόσφυση στην κνήμη και μία περισσότερο έσω πρόσφυση στο μηριαίο οστό συγκριτικά με τον πρόσθιο χιαστό σύνδεσμο. Ο οπίσθιος σύνδεσμος εμφανίζει διπλάσια ισχύ από τον πρόσθιο ενώ η αναλογία μηκών των δύο συνδέσμων είναι 3:5 (9).

Οι χιαστοί σύνδεσμοι εφάπτονται μεταξύ τους στα κεντρικά τους τμήματα, καθώς ο πρόσθιος φέρεται εξωτερικά του οπίσθιου συνδέσμου. Πλαγίως και από μπροστά, οι δύο σύνδεσμοι είναι επενδυμένοι από αρθρικό υμένα και σχετίζονται σημαντικά με τον αρθρικό θύλακο. Η χρησιμότητα των χιαστών συνδέσμων έγκειται στην σταθεροποίηση του γόνατος κατά την διάρκεια των στροφικών κινήσεων του γόνατος, όταν αυτό βρίσκεται σε θέση κάμψης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα οι πλάγιοι σύνδεσμοι να βρίσκονται σε χάλαση. Επίσης, η λειτουργία των δύο συνδέσμων προλαμβάνει την υπερέκταση της κνήμης (9, 16).

2 ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

2.1 Εισαγωγή

Ως εμβιομηχανική περιγράφεται η μελέτη της κινητικής (δυνάμεις και ροπές) και της κινηματικής (σχετικές κινήσεις) του γόνατος (17). Παράδοξο αποτελεί το γεγονός ότι το γόνατο ικανοποιεί αμφότερες δύο αμοιβαία αποκλειόμενες απαιτήσεις:

- *της μεγάλης σταθεροποίησης*, όταν το γόνατο δέχεται μεγάλες πιέσεις λόγω του σωματικού βάρους κατά την πλήρη έκταση
- *της εξαιρετικής κινητικότητας*, κατά την μερική του κάμψη.

Οι δύο αυτές ασυμβίβαστες μεταξύ τους λειτουργίες επιτυγχάνονται στο γόνατο μέσω της αλληλεπίδρασης των συνδέσμων και των μυών στις σύνθετες αρθροκινηματικές κινήσεις των αρθρικών επιφανειών (ολίσθηση και κύλιση). Η ικανότητα αντοχής της άρθρωσης του γόνατος στο σωματικό βάρος έγκειται στην δυνατότητα ελευθερίας κίνησης μόνο στο οβελιαίο επίπεδο, σε συνδυασμό με την αξιοσημείωτη σταθεροποίηση, ιδιαίτερα κατά την έκταση. Ο σχετικά μικρός βαθμός σύγκλισης, που είναι απαραίτητος για την κινητικότητα, καθιστά την άρθρωση του γόνατος επιρρεπή σε τραυματισμούς (16, 18).

Ένα σύνολο αντιρροπιστικών μηχανισμών ενισχύει την φαινομενικά ασταθέστατη στήριξη του σώματος πάνω στις μετωπικά αντίθετες απολήξεις του μηρού και της κνήμης. Αμφότερα τα δύο οστά διαθέτουν εκτεταμένες επιφάνειες που ενισχύονται από ένα στρώμα αρθρικού χόνδρου. Οι ισχυροί εξωθυλακικοί και ενδοθυλακικοί πλάγιοι σύνδεσμοι ενισχύονται από έναν αριθμό τενόντων και απονευρώσεων (18).

Το γόνατο διαθέτει έξι βαθμούς ελευθερίας γύρω από τρεις άξονες (εγκάρσιος, προσθιοπίσθιος και κατακόρυφος), με κάθε άξονα να επιτρέπει μία στροφή και μία μεταφορά. Μολαταύτα, επικρατούν οι κινήσεις της κάμψης και της έκτασης (18).

2.2 Κινηματική της κνημομηριαίας άρθρωσης

Η κνημομηριαία άρθρωση εμφανίζει πέντε βαθμούς ελευθερίας. Πιο συγκεκριμένα:

1. *Κάμψη – Έκταση*: αυτή είναι η κύρια κίνηση της άρθρωσης.
2. *Αξονική στροφή*: αυτή η κίνηση περιορίζεται κυρίως από τους συνδέσμους του γόνατος.
3. *Απαγωγή-Προσαγωγή*: η κίνηση αυτή περιορίζεται από τους συνδέσμους και από τις κνημομηριαίες αρθρικές επιφάνειες.
4. *Πρόσθια-Οπίσθια (A-P) ολίσθηση*: η κίνηση αυτή περιορίζεται από τους συνδέσμους και τις κνημομηριαίες αρθρικές επιφάνειες.
5. *Πλαγιοπλάγια (M-L) μετατόπιση*: η κίνηση αυτή περιορίζεται από τους συνδέσμους και τις κνημομηριαίες αρθρικές επιφάνειες.

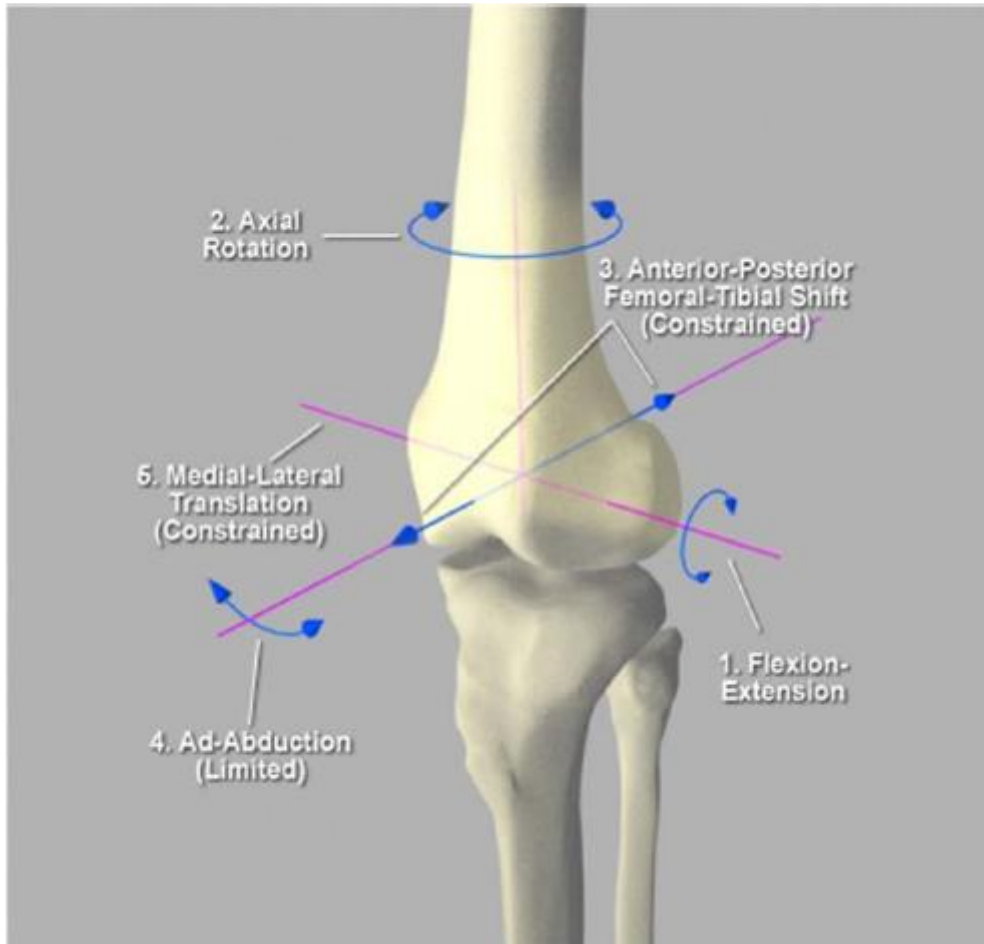
Οι δύο πρώτες κινήσεις συνδέονται με την κύρια κίνηση του γόνατος ενώ οι υπόλοιπες με την δευτερεύουσα κίνηση και την σταθεροποίηση (19).

Πίνακας 2.1: Βαθμοί ελευθερίας του γόνατος (18).

Άξονας	Στροφική κίνηση	Μεταφορική κίνηση
Εγκάρσιος	Κάμψη-Έκταση	Πλαγιοπλάγια
Προσθιοπίσθιος	Απαγωγή-Προσαγωγή	Πρόσθια-Οπίσθια
Κατακόρυφος	Πλαγιοπλάγια στροφή	Συμπίεση-Διάσταση

2.2.1 Κάμψη – Έκταση

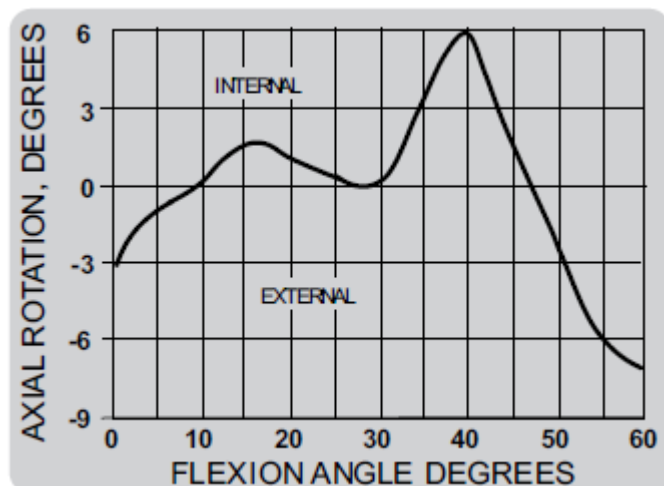
Η φυσιολογική μέγιστη παθητική κάμψη είναι συνήθως 162° και η μέγιστη ενεργητική κάμψη περίπου 135° . Το φυσιολογικό εύρος κυμαίνεται στην κλίμακα $0^\circ - 145^\circ$. Κάθε περιορισμός της κίνησης αυτής είναι μη επιθυμητός καθώς επιδρά αρνητικά στην λειτουργία του γόνατος και μπορεί να παράγει ανεπιθύμητες φορτίσεις στην πρόθεση, στους συνδέσμους και στην επιφάνεια σταθεροποίησης του οστού (19, 20).



Σχήμα 2.1: Βαθμοί ελευθερίας μετατόπισης και σταθεροποίηση της κνημομηριαίας άρθρωσης (19).

2.2.2 Αξονική στροφή

Σε πλήρη έκταση, η συναρμογή των χιαστών συνδέσμων δεν επιτρέπει σημαντική αξονική στροφή της κνημομηριαίας άρθρωσης. Μολαταύτα, κατά την διάρκεια της κάμψης του γόνατος, οι ίδιοι σύνδεσμοι επιτρέπουν την συγκεκριμένη κίνηση. Η φυσιολογική μέγιστη στροφή είναι περίπου 30° για 90° κάμψη. Κατά την διάρκεια της βάδισης, η αξονική στροφή είναι περίπου $\pm 6^\circ$, ενώ κατά την διάρκεια της βαθείας κάμψης περίπου 20° (19, 20).



Σχήμα 2.2: Η μεταβολή της αξονικής στροφής συναρτήσει της γωνίας κάμψης του γόνατος κατά την διάρκεια της βάρδισης (19).

2.3 Σταθεροποίηση του γόνατος

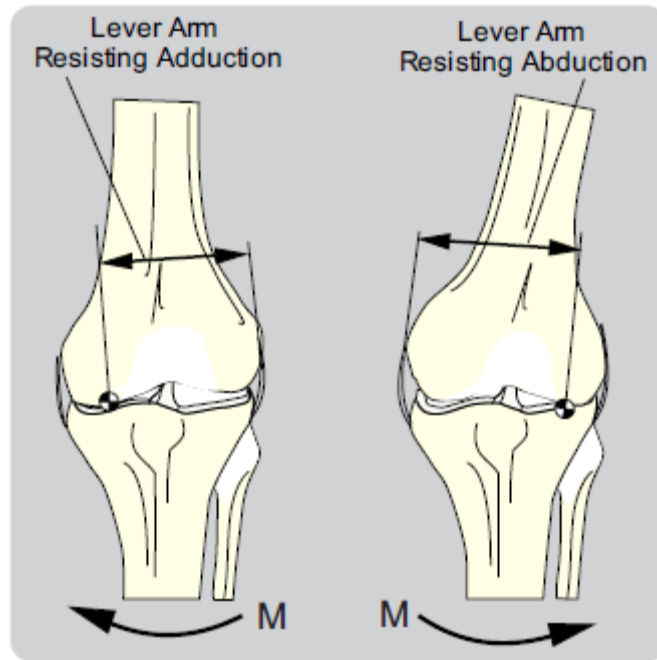
Η φυσιολογική άρθρωση του γόνατος εμφανίζει σταθεροποίηση με αποτέλεσμα να ανθίσταται σε έντονη απαγωγή-προσαγωγή, πρόσθια-οπίσθια και πλαγιοπλάγια μετατόπιση. Διακρίνονται δύο τύποι σταθεροποίησης. Η ενδογενής σταθεροποίηση που διασφαλίζεται από το σχήμα των αρθρικών επιφανειών και η εξωγενής σταθεροποίηση που διασφαλίζεται από τους μαλακούς ιστούς. Όλες οι ανωτέρω κινήσεις, εκτός της έσω-πλάγιας, παρουσιάζουν εξωγενή σταθεροποίηση (19, 21).

2.3.1 Σταθεροποίηση κατά την Απαγωγή-Προσαγωγή

Η απαγωγή του έξω μηριαίου κονδύλου, κατά την διάρκεια την βάρδισης, φθάνει ως τις 8°. Η σταθεροποίηση βλαισότητας – ραιβότητας είναι κυρίως εξωγενής και οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην δράση των πλαγίων συνδέσμων και σε μικρότερο βαθμό στην δράση των χιαστών συνδέσμων (19, 21).

2.3.2 Πρόσθια-οπίσθια σταθεροποίηση και ολίσθηση

Η προς τα πίσω κύλιση των μηριαίων κονδύλων επί της κνήμης (rollback), κατά την διάρκεια της έκτασης, είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της άρθρωσης του γόνατος. Οφείλεται στην δράση του οπισθίου συνδέσμου και στο σχήμα των αρθρικών επιφανειών. Η προς τα μπροστά κύλιση (roll-forward), κατά την διάρκεια της έκτασης συντελείται από τον πρόσθιο σύνδεσμο (19, 22).



Σχήμα 2.3: Περιορισμός της απαγωγής-προσαγωγής από τα υπομόχλια των πλαγίων συνδέσμων (19).

Το rollback του περισσότερο επάλληλου έσω μηριαίου κονδύλου είναι περίπου 5mm, ενώ το rollback του σχετικά μη επάλληλου έξω κονδύλου είναι περίπου 15mm. Το rollback ενισχύει την λειτουργία του τετρακεφάλου αυξάνοντας το μήκος του υπομοχλίου, κατά την διάρκεια της κάμψης, στην οποία απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη (19, 22, 23).

Η δράση των χιαστών συνδέσμων καθορίζει την πρόσθια-οπίσθια ολίσθηση ενώ διασφαλίζει και σταθεροποίηση στον προσθιοπίσθιο άξονα. Η διάσπαση των χιαστών συνδέσμων διακόπτει το φυσιολογικό rollback/roll forward και καθιστά την προσθιοπίσθια κίνηση απρόβλεπτη αίροντας την σταθεροποίηση στον προσθιοπίσθιο άξονα (19).

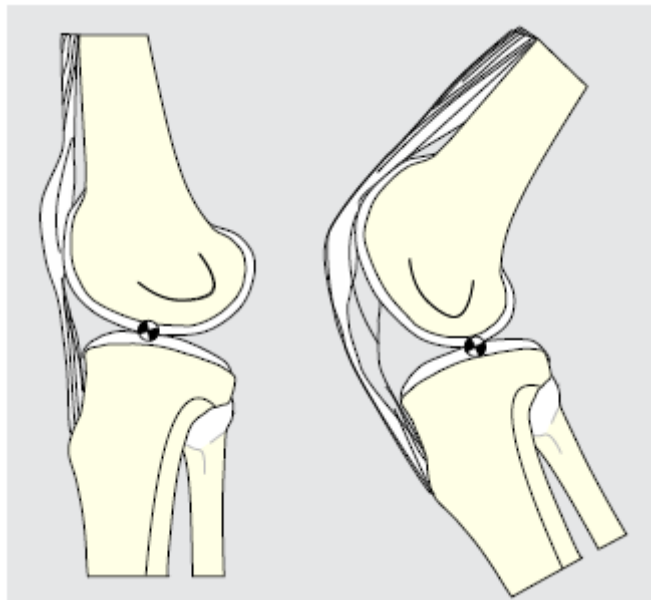
2.3.3 Σταθεροποίηση κατά την πλαγιοπλάγια μετατόπιση

Η πλαγιοπλάγια σταθεροποίηση, υπό συνθήκες φόρτισης, είναι κυρίως ενδογενής. Η πλαγιοπλάγια κίνηση αναστέλλεται από την κνημιαία μοίρα και από την αντίσταση των συνδέσμων. Μολαταύτα, υπάρχει μία μετατόπιση περίπου 2mm στο φυσιολογικό γόνατο (19, 23).

2.4 Κινηματική της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης

2.4.1 Επιγονατιδομηριαία κίνηση

Η κύλιση της επιγονατίδας επί των μηριαίων κονδύλων, από την πλήρη έκταση στην πλήρη κάμψη, έχει υπολογιστεί στα 7cm περίπου (24).



Σχήμα 2.4: Κύλιση της επιγονατίδας κατά την διάρκεια της κάμψης του γόνατος (19).

Η αξονική στροφή της κνήμης επί του μηριαίου επάγει την πλαγιοπλάγια μετατόπιση της κατάφυσης του επιγονατιδικού τένοντα. Αυτό οδηγεί σε αξονική στροφή της επιγονατίδας επί της μηριαίας τροχηλίας. Κατά την διάρκεια της βάδισης, η γωνία στροφής προσεγγίζει τις 6° εσωτερικής στροφής και τις 8° εξωτερικής στροφής (19, 25).

Η επιγονατίδα δεν αρθρώνεται με την εντομή της μηριαίας τροχηλίας μέχρι τις 30° κάμψη περίπου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην λοξότητα της ελκτικής δύναμης που οδηγεί

την επιγονατίδα σε μία προς τα έξω κλίση μέχρι τις 45° κάμψη, οπότε και οι συμπιεστικές δυνάμεις είναι αρκετά ισχυρές ώστε να την καθηλώσουν επί της μηριαίας τροχηλίας (19, 23).

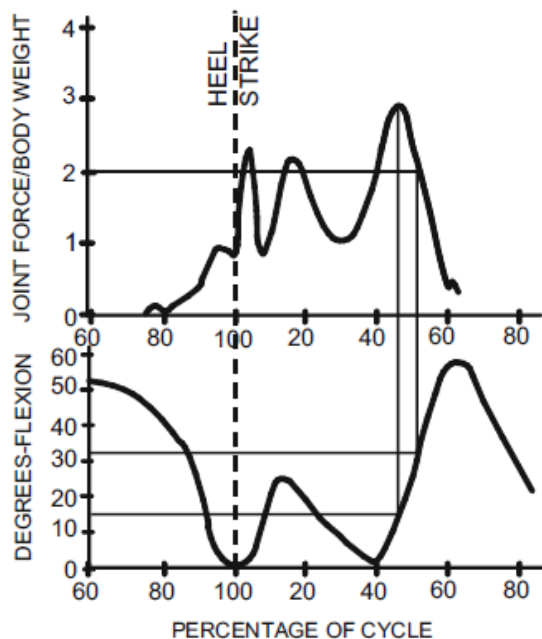
Η γεωμετρία των αρθρικών επιφανειών και η ελκτική δύναμη του τετρακέφαλου καθορίζουν την παραμονή της επιγονατίδας στην εντομή της μηριαίας τροχηλίας του πρόσθιου μηριαίου κονδύλου και συνεπώς την σταθεροποίηση της επιγονατιδομηριαίας κίνησης. Η ελκτική δύναμη του τετρακέφαλου, δεδομένης της προς τα έξω επιγονατιδικής παρεκτόπισης, είναι δυνατόν να προκαλέσει επιγονατιδικό υπεξάρθρημα, ιδίως στις γυναίκες (3, 19).

2.5 Δυναμική του γόνατος

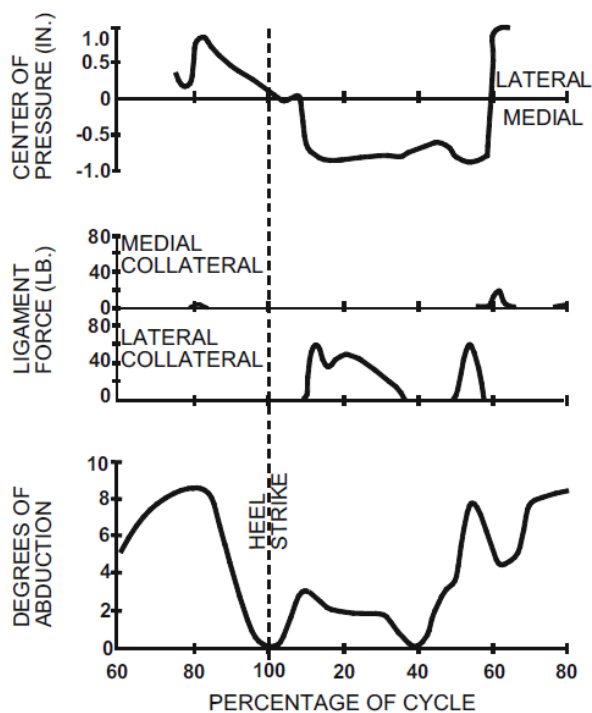
2.5.1 Κνημομηριαία φόρτιση

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο γόνατο κατά την διάρκεια της φυσιολογικής βάρδισης είναι 3 έως 4 φορές μεγαλύτερες από το σωματικό βάρος (19, 26).

Οι ισχυρότερες δυνάμεις παρουσιάζονται στις 20° κάμψης περίπου, ενώ ισχυρές δυνάμεις εμφανίζονται στην κλίμακα 0° – 20°. Η κατανομή της φόρτισης δεν είναι ισοδύναμη για τους έσω και έξω κονδύλους. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό της φόρτισης, κατά την διάρκεια της φάσης υψηλής φόρτισης, συναντάται στον περισσότερο επάλληλο έσω κόνδυλο. Ο έσω κνημιαίος κόνδυλος δέχεται περίπου την διπλάσια από την μέγιστη φόρτιση του έξω κόνδylου. Η φάση υψηλής φόρτισης συνοδεύεται από σημαντική φόρτιση και απαγωγή του έξω πλαγίου. Ο λιγότερο επάλληλος έξω κνημιαίος κόνδυλος φορτίζεται εντονότερα κατά την διάρκεια της φάσης ήπιας φόρτισης (swing phase). Συνεπώς, το γόνατο δέχεται μία εναλλασσόμενη ραιβή-βλαισική φόρτιση, η οποία καθιστά την σταθεροποίηση της κνήμης αρκετά δύσκολη (19).



Σχήμα 2.5: Δυνάμεις επί της κνημομηριαίας άρθρωσης κατά την διάρκεια της βάδισης (19).



Σχήμα 2.6: Διακύμανση των δυνάμεων επί της αρθρώσεως του γόνατος και επιπτώσεις επί του φορτίου των κονδύλων, επί των συνδέσμων και επί της απαγωγής (19).

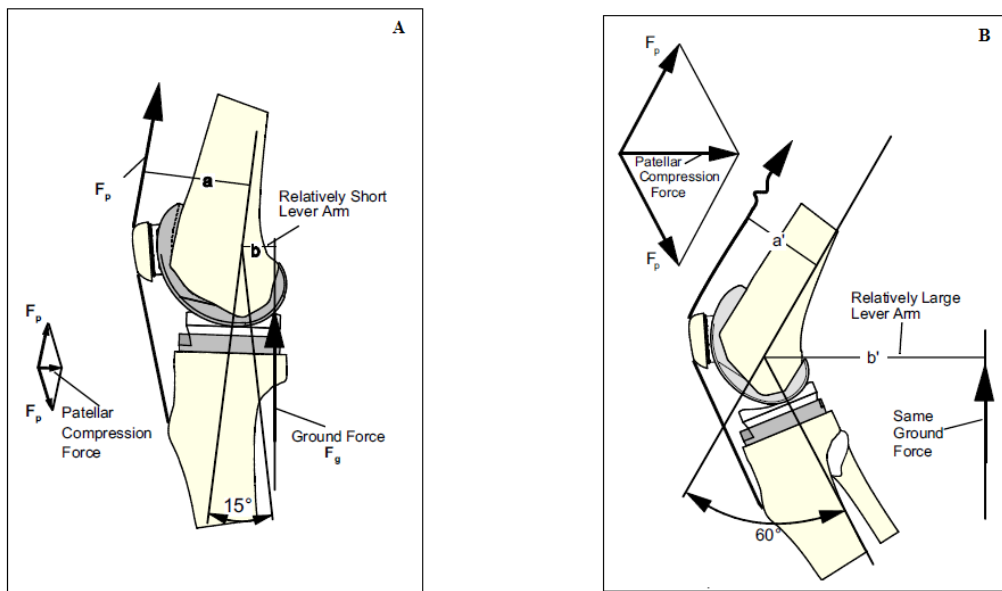
2.5.2 Επιγονατιδομηριαία φόρτιση

Σε χαμηλές γωνίες κάμψης, η φόρτιση της επιγονατίδας είναι σχετικά χαμηλή. Δεδομένου ότι:

$$F_p = b \times F_g / a$$

[2.1]

το μήκος του υπομοχλίου b που συνδέεται με την αντίδραση του δαπέδου F_g είναι μικρό, η τάση του επιγονατιδικού τένοντα F_p είναι επίσης μικρή. Επίσης, από την στιγμή που τα διανύσματα τάσης της επιγονατίδας και του τετρακεφαλικού τένοντα αποκλίνουν ελάχιστα, το διανυσματικό τους άθροισμα (δύναμη συμπίεσης της επιγονατίδας) εμφανίζει και αυτό χαμηλή τιμή συγκριτικά με τις δυνάμεις τάσης.



Σχήμα 2.7: Επιγονατιδικές δυνάμεις στις (A) χαμηλές και (B) υψηλές γωνίες κάμψης του γόνατος (19).

Οι επιγονατιδικές δυνάμεις αυξάνονται σημαντικά κατά την κάμψη του γόνατος. Το μήκος του υπομοχλίου που συνδέεται με την κάθετη αντίδραση του δαπέδου είναι σχετικά υψηλό, οδηγώντας σε επίσης υψηλές τιμές για τις δυνάμεις του τετρακέφαλου και του επιγονατιδικού τένοντα. Επιπρόσθετα, από την στιγμή που αυτές οι δυνάμεις αποκλίνουν περισσότερο, η δύναμη επιγονατιδικής συμπίεσης αυξάνεται σημαντικά στις υψηλές γωνίες κάμψης. Έχει υπολογιστεί ότι οι δυνάμεις επιγονατιδικής συμπίεσης είναι 111N (11kg

περίπου) στις 15° (βάδισμα), 1557N (156kg περίπου) στις 30° (ανάβαση σκάλας) και 4003N (400kg περίπου) για 110° κάμψη (19, 27).

3 ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑ ΓΟΝΑΤΟΣ

3.1 Εισαγωγή

Η οστεοαρθρίτιδα είναι μία μη-φλεγμονώδης μορφή αρθρίτιδας, η οποία αποτελεί την πλέον συνήθη νόσο των αρθρώσεων στους ενήλικες ανά τον κόσμο. Το 1998 οι Felson et al. δημοσίευσαν ότι περίπου το ένα τρίτο των ενηλίκων παρουσιάζει ακτινολογικές ενδείξεις οστεοαρθρίτιδας (28), ενώ σε πιο πρόσφατη επιδημιολογική μελέτη οι Andrianakos et al. διαπίστωσαν κλινικά σημαντική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος, του χειρός ή του ισχίου, μόνο στο 8.9% του ενήλικου πληθυσμού. Η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος ήταν ο πιο συνήθης τύπος πάθησης (6% του ενήλικου πληθυσμού) (29).

Η πιθανότητα ανάπτυξης οστεοαρθρίτιδας αυξάνει με την αύξηση της ηλικίας. Έρευνες έχουν δείξει ότι η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος σε άνδρες 60-64 ετών εμφανίζεται πιο συχνά στο δεξιό γόνατο (23%) παρά στο αριστερό (16.3%), ενώ στις γυναίκες η κατάσταση φαίνεται να εξισορροπείται σημαντικά (δεξιό γόνατο, 24.2%; αριστερό γόνατο, 24.7%) (29, 30).

Ο επιπολασμός της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος είναι μεγαλύτερος στις ηλικίες 70-74 ετών, αυξημένος άνω του 40%. Όταν η διάγνωση βασίζεται μόνο στις κλινικές ενδείξεις και στα συμπτώματα, ο επιπολασμός στους ενήλικες έχει βρεθεί ότι είναι χαμηλότερος, της τάξης του 10%. Η ακτινολογική διάγνωση των τυπικών ενδείξεων οστεοαρθρίτιδας δεν συνδέεται με τα συμπτώματα: Για παράδειγμα, μόνο το 15% των ασθενών με ακτινολογικά εξακριβωμένη οστεοαρθρίτιδα του γόνατος παρουσιάζουν αντίστοιχο πόνο (31).

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες κινδύνου για την ανάπτυξη οστεοαρθρίτιδας. Αδιαμφισβήτητα, οι γενετικοί παράγοντες διαδραματίζουν κάποιο ρόλο. Σε κλινική μελέτη των Spector et al. πάνω σε δίδυμες γυναίκες, φάνηκε ότι υπάρχει επίπτωση της κληρονομικότητας στην ανάπτυξη οστεοαρθρίτιδας του γόνατος. Η ανάπτυξη και η εξέλιξη της οστεοαρθρίτιδας φαίνεται ότι συνδέεται με την αλληλεπίδραση διαφόρων γονιδίων, σε συνδυασμό με πρόσθετους παράγοντες κινδύνου (32).

Μελέτες επιπολασμού έχουν δείξει ότι ο κίνδυνος οστεοαρθρίτιδας του γόνατος είναι 1-9-13.0 φορές μεγαλύτερος στους ανθρακωρύχους. Πιθανότατα, ο κύριος παράγοντας κινδύνου στην συγκεκριμένη ομάδα είναι η συχνή εργασία υπό γονυκλισία ή σε θέση

οκλαδόν (32). Σε άλλη επιδημιολογική μελέτη, οι Grotle et al. βρήκαν σημαντική συσχέτιση του υπερβολικού βάρους (BMI > 30) με τον κίνδυνο εμφάνισης οστεοαρθρίτιδας του γόνατος (33).

Πίνακας 3.1: Ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες κινδύνου για οστεοαρθρίτιδα του γόνατος (34).

Ενδογενείς	Εξωγενείς
Ηλικία	Μακροτραύμα
Φύλο	Επαναλαμβανόμενοι μικροτραυματισμοί
Κληρονομικότητα	Υπερβολικό βάρος
Καταγωγή (πιο σύνηθες σε Ευρωπαίους)	Χειρουργική εκτομή
Μετεμμηνοπαυσιακές μεταβολές	Τρόπος ζωής (κάπνισμα, αλκοόλ)

3.2 Αιτιολογία

Η οστεοαρθρίτιδα αποτελεί μία διαταραχή των αρθρικών διαρθρώσεων του γόνατος, η οποία χαρακτηρίζεται από εκφυλισμό και απώλεια του αρθρικού χόνδρου σε συνδυασμό με μεταβολές του υποχόνδριου οστού και του αρθρικού υμένα (35).

Η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος ταξινομείται είτε ως πρωτοπαθής (ιδιοπαθής) είτε ως δευτεροπαθής. Η πρωτοπαθής ή ιδιοπαθής οστεοαρθρίτιδα αναφέρεται σε περιπτώσεις στις οποίες η εμφάνιση της πάθησης δεν σχετίζεται με οποιαδήποτε προηγούμενη κατάσταση ή συμβάν επί της αρθρώσεως. Όταν η πάθηση απαντάται σε αρθρώσεις που έχουν εμφανίσει στο παρελθόν τραύμα, προϋπάρχουσα πάθηση ή παραμόρφωση, τότε αναφέρεται ως δευτεροπαθής οστεοαρθρίτιδα (35). Οι συνήθεις αιτίες πρόκλησης δευτεροπαθούς οστεοαρθρίτιδας του γόνατος είναι οι εξής (34):

- ✓ Μετατραυματικοί παράγοντες
- ✓ Συγγενείς παράγοντες / Δυσμορφίες
- ✓ Κακή τοποθέτηση (Ραιβότητα / Βλαισότητα)
- ✓ Μετεγχειρητικοί παράγοντες
- ✓ Μεταβολικοί παράγοντες
 - ⇒ Ραχίτιδα
 - ⇒ Αιμοχρωμάτωση

- ⇒ Ασβέστωση του χόνδρου
- ⇒ Ωχρονοσία
- ✓ Ενδοκρινικές διαταραχές
 - ⇒ Ακρομεγαλία
 - ⇒ Υπερπαραθυρεοειδισμός
 - ⇒ Υπερουριχαιμία
- ✓ Άσηπτη οστεονέκρωση

3.3 Παθοφυσιολογία

Η δυναμική ισορροπία μεταξύ της συνεχούς και εξελισσόμενης δημιουργίας και διάσπασης της μήτρας του χόνδρου ρυθμίζεται μέσω της αλληλεπίδρασης αναβολικών (π.χ. ινσουλινομορφοί αυξητικοί παράγοντες [IGF] I και II) και καταβολικών παραγόντων (π.χ. ιντερλευκίνη-1, παράγοντας νέκρωσης όγκων-άλφα [TNF α], πρωτεΐνάσες. Σε περιορισμένο βαθμό, οι ανωτέρω μηχανισμοί είναι δυνατόν να απομακρύνουν ή να αντιμετωπίσουν τις αιτίες πρόκλησης οστεοαρθρίτιδας μέσω της διέγερσης και της τροποποίησης της μεταβολικής δραστηριότητας των χονδροκυττάρων. Μολαταύτα, όταν η δράση αυτών των επιβλαβών παραγόντων ξεπεράσει την δυνατότητα αποτελεσματικής αντιμετώπισης, λαμβάνει χώρα αποικοδόμηση της μήτρας του χόνδρου. Αυτό είναι το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη οστεοαρθρίτιδας, η οποία μπορεί να εξελιχθεί σε προχωρημένη μορφή. Οι αιτίες εκφυλισμού του χόνδρου είναι κάτι που δεν έχει κατανοηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι μία σειρά μηχανικών και ενζυματικών παραγόντων βλάπτει την λειτουργία των χονδροκυττάρων και προκαλεί βλάβες στην μήτρα του χόνδρου (31).

3.4 Διάγνωση

Ο κύριος στόχος της διαγνωστικής αξιολόγησης είναι να καταδείξει ή να απορρίψει αδιαμφισβήτητα την παρουσία οστεοαρθρίτιδας. Η ακρίβεια στην διάγνωση της πάθησης επισημαίνει και ακριβείς θεραπευτικούς χειρισμούς. Τα κύρια στοιχεία της διαγνωστικής αξιολόγησης είναι η κλινική εικόνα και οι απεικονιστικές μελέτες. Σε ορισμένες περιπτώσεις που προκύπτουν εξειδικευμένα ζητήματα τελείται και εργαστηριακός έλεγχος.

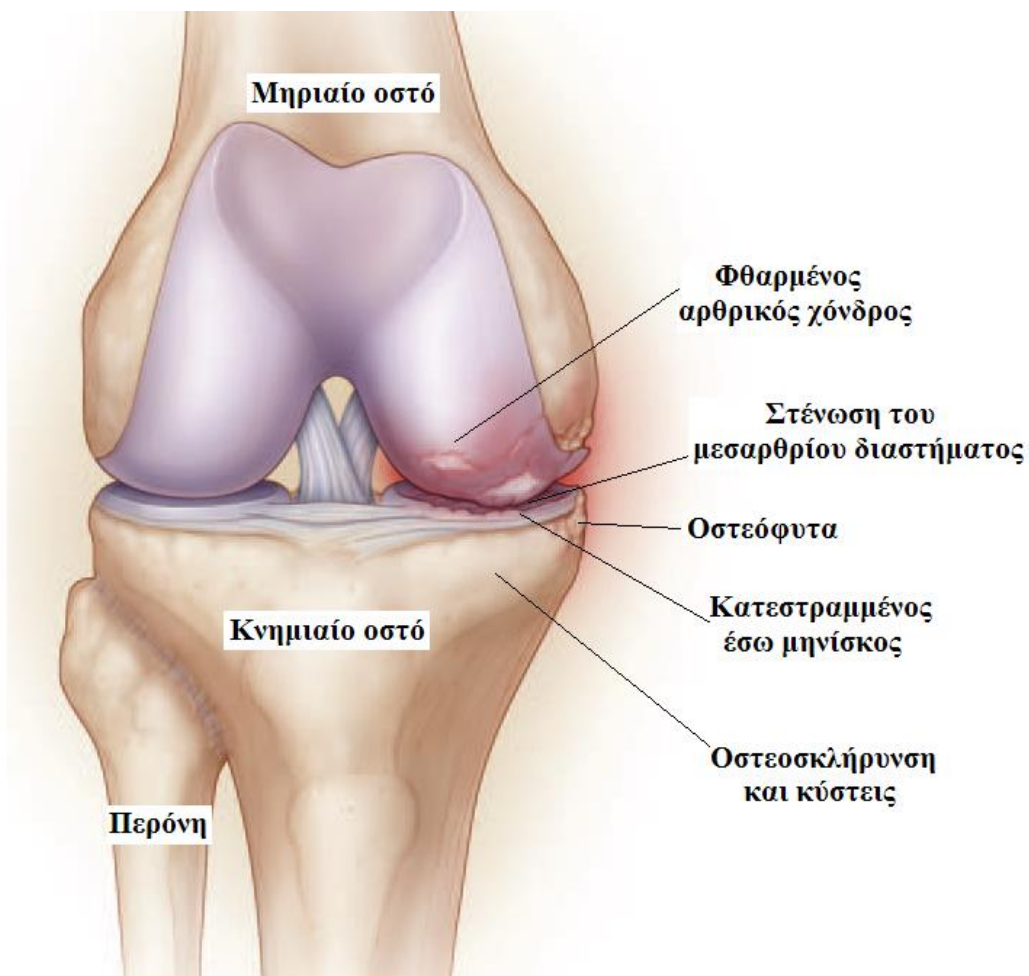
3.4.1 Κλινική εικόνα

Οι ασθενείς που υποφέρουν από οστεοαρθρίτιδα συχνά αισθάνονται πόνο κατά την κίνηση, ο οποίος εμφανίζεται κατά την έναρξη της κίνησης ή την έναρξη της βάρδισης. Όσο εξελίσσεται η πάθηση, ο πόνος καθίσταται συνεχής και επιδεινώνεται σταδιακά η λειτουργικότητα της άρθρωσης. Τα συμπτώματα της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος περιλαμβάνουν (31, 36):

- ✓ Πόνος
 - ⇒ Πόνος κατά την έναρξη της κίνησης
 - ⇒ Πόνος κατά την διάρκεια της κίνησης
 - ⇒ Μόνιμος / νυχτερινός πόνος
 - ⇒ Ανάγκη για αναλγητικά
- ✓ Απώλεια λειτουργικότητας
 - ⇒ Δυσκαμψία
 - ⇒ Περιορισμός του εύρους κίνησης
 - ⇒ Δυσλειτουργία κατά την διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων
 - ⇒ Ανάγκη για ορθοπαιδική υποστήριξη
- ✓ Άλλα συμπτώματα
 - ⇒ Κριγμός
 - ⇒ Αυξημένη ευαισθησία στο ψύχος ή/και στην υγρασία
 - ⇒ Σταδιακή εξέλιξη της πάθησης

Η κλινική εξέταση πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία για όλα τα ανωτέρω ευρήματα, πρόσθετα στοιχεία οπτικής παρακολούθησης και ψηλάφησης του γόνατος, έλεγχο του εύρους κίνησης και ειδικούς λειτουργικούς ελέγχους όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο (π.χ. σταθερότητα συνδέσμων, έλεγχος μηνίσκων, ανάλυση βάδισης). Η κλινική εξέταση των συνδέσμων του γόνατος περιλαμβάνει τα ακόλουθα (31):

- ✓ Έλεγχος των έξω συνδέσμων με δοκιμασία ραιβότητας ή βλαισότητας (varus / valgus stress)
- ✓ Έλεγχος των πρόσθιων και οπίσθιων χιαστών συνδέσμων με συρταροειδή δοκιμασία.



Σχήμα 3.1: Οστεοαρθρίτιδα της έσω επιφάνειας του γόνατος (37).

Παρομοίως, πρέπει να διεξάγεται διαγνωστικός έλεγχος στους μηνίσκους καθώς και στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση για την εκτίμηση ενδείξεων ερεθισμού και φυσιολογικής επιγονατιδικής κινητικότητας. Στη δοκιμασία Zohlen, το γόνατο του ασθενούς εκτείνεται και ο θεράπων ιατρός πιέζει απαλά την επιγονατίδα εντός της μηριαίας τροχηλίας, ενώ ζητά παράλληλα από τον ασθενή να συσπάσει τον τετρακέφαλο μυ. Αν ο συγκεκριμένος ελιγμός προκαλέσει πόνο, η δοκιμασία κρίνεται ως θετική (31).

3.4.2 Απεικονιστικός έλεγχος

Ο απεικονιστικός έλεγχος με χρήση ακτίνων-X χρησιμοποιείται για την πρωτοβάθμια διάγνωση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος και για την εκτίμηση της εξέλιξης της πάθησης. Οι ακτινογραφίες πρέπει να ληφθούν με συγκεκριμένο τρόπο και σε τουλάχιστον δύο επίπεδα (προσθιοπίσθιο [a-p] και πλάγια) (32, 37). Οι συνήθεις ακτινολογικές ενδείξεις οστεοαρθρίτιδας του γόνατος είναι ενσωματωμένες στο σύστημα σταδιοποίησης Kellgren (38).

Συμπληρωματικές ακτινολογικές μελέτες είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν την μαγνητική τομογραφία (MRI), για την εξέταση του υαλώδους χόνδρου, καθώς και την σάρωση του οστού με ^{99m}Tc για την εκτίμηση της μεταβολικής δραστηριότητας στο υποχόνδριο οστό. Μολαταύτα, οι συγκεκριμένοι απεικονιστικοί έλεγχοι δεν φαίνεται να αποδίδουν σημαντικά ως προς τις χρήσιμες πληροφορίες που προσφέρουν. Η υπερηχογραφία αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την μελέτη των μαλακών ιστών και των τμημάτων αυτών που περιλαμβάνουν υγρά. Παρά ταύτα, η μέθοδος εξαρτάται σημαντικά από τον εκάστοτε θεράποντα ιατρό και απαιτείται αρκετή εμπειρία για την κατάλληλη εκτίμηση των υπερηχογραφικών ευρημάτων (31).

3.5 Σταδιοποίηση

Τα κλινικά συμπτώματα και οι ενδείξεις της οστεοαρθρίτιδας, σε συνδυασμό με τις ακτινολογικές τους συσχετίσεις, ακολουθούν μία τυπική πορεία κατά την εξέλιξη της πάθησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε ένα κλινικά χρηστικό σύστημα σταδιοποίησης. Το σύστημα σταδιοποίησης των Kellgren και Lawrence έχει ως εξής (38, 39):



Εικόνα 3.1: Ακτινογραφίες του αριστερού γόνατος στο στάδιο 4 του συστήματος Kellgren και Lawrence: a) προσθιοπίσθια απεικόνιση, b) πλάγια απεικόνιση (31).

✓ **Στάδιο 0**

⇒ Καμία ανωμαλία

✓ **Στάδιο 1**

⇒ αρχική οστεοαρθρίτιδα, έναρξη σχηματισμού οστεοφύτων

✓ **Στάδιο 2**

⇒ μέτρια στένωση του μεσαρθρίου διαστήματος, μέτρια σκλήρυνση του υποχόνδριου οστού

✓ **Στάδιο 3**

⇒ > 50% στένωση του μεσάρθριου διαστήματος, παραμορφωμένος μηριαίος κόνδυλος, εκτεταμένη σκλήρυνση του υποχόνδριου οστού, εκτεταμένος σχηματισμός οστεοφύτων.

✓ **Στάδιο 4**

⇒ Καταστροφή του γόνατος, εξάλειψη του μεσάρθριου διαστήματος, παρουσία υποχόνδριων κύστεων στην κνημιαία κεφαλή και στον μηριαίο κόνδυλο, υπεξάρθρημα του γόνατος.

3.6 Αντιμετώπιση

Πληθώρα θεραπευτικών επιλογών είναι διαθέσιμες στους ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα του γόνατος, οι οποίες είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε μη-φαρμακευτικές, φαρμακευτικές και χειρουργικές. Οι μη φαρμακευτικές μέθοδοι αντιμετώπισης περιλαμβάνουν απώλεια βάρους, σφηνοειδή πέλματα, ορθωτικά βοηθήματα και φυσικοθεραπεία. Οι φαρμακευτικές μέθοδοι αντιμετώπισης περιλαμβάνουν την χρήση αναλγητικών, μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (nonsteroidal anti-inflammatory drugs, NSAIDs), οπιοειδών, ενέσεων υαλουρονικού οξέος ή κορτικοστεροειδών και διαφόρων τροποποιητικών φαρμάκων της νόσου (disease-modifying osteoarthritis drugs, DMOADs). Οι χειρουργικές μέθοδοι περιλαμβάνουν αρθροσκοπικό καθαρισμό και πλύση, οστεοτομίες μηριαίου ή κνήμης, μονοδιαμερισματική και ολική αρθροπλαστική γόνατος (40).

Παρά το γεγονός ότι το σύνολο των 12 οδηγιών, αναφορικά με την βέλτιστη αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος, υπαγορεύει την ανάγκη συνδυασμού φαρμακευτικών και μη φαρμακευτικών μεθόδων (41), υπεισέρχονται μείζονες περιορισμοί ως προς τον συντηρητικό τρόπο αντιμετώπισης της πάθησης. Ίσως η πιο αξιοσημείωτη αδυναμία της συντηρητικής θεραπείας είναι η αποτυχία επιτυχούς διόρθωσης της υποκείμενης παθολογίας, δηλαδή της μη φυσιολογικής φόρτισης της άρθρωσης που οδηγεί σε συνεχή εξέλιξη της πάθησης (40).

3.6.1 Συντηρητική αγωγή

Σε γενικές γραμμές, η χρήση θεραπειών αποφόρτισης (απώλεια βάρους, σφηνοειδή πέλματα και ορθωτικά βοηθήματα) αποτελεί την πρώτη γραμμή αντιμετώπισης της συμπτωματικής οστεοαρθρίτιδας του γόνατος. Αν δεν υπάρχει αισθητή βελτίωση μετά από 3-6 μήνες, συστήνεται η χρήση αναλγητικών, όπως η ακεταμινοφαίνη-παρακεταμόλη. Τα τοπικά αντιφλεγμονώδη (NSAIDs) και η καψαϊκίνη συστήνονται επίσης ως εναλλακτικές λύσεις στα αναλγητικά με χορήγηση από του στόματος ή σε συνδυασμό με αυτά. Αν η ακεταμινοφαίνη δεν εξασφαλίσει αναλγησία σε σημαντικό βαθμό, συστήνεται η χρήση αντιφλεγμονωδών δια του στόματος (NSAIDs) στην ελάχιστη δυνατή δοσολογία, με την επισήμανση ότι η μακροχρόνια χρήση τους θα πρέπει να αποφεύγεται λόγω της σύνδεσης με παρενέργειες του γαστρεντερικού. Σε ασθενείς με αυξημένο γαστρεντερικό κίνδυνο, συστήνεται η χρήση COX-2 αναστολέων ή μη εκλεκτικών NSAIDS σε συνδυασμό με έναν αναστολέα αντλίας πρωτονίου. Αν όλες οι ανωτέρω μέθοδοι δεν αποδειχθούν αποτελεσματικές, είναι δυνατόν να επιχειρηθεί η χορήγηση τροποποιητικών φαρμάκων όπως η θειική γλυκοζαμίνη, η θειική χονδροϊτίνη ή η διασερεΐνη. Η χρήση οπιοειδών, με ή χωρίς ακεταμινοφαίνη, είναι δυνατή αν τα υπόλοιπα αναλγητικά αποτύχουν. Μολαταύτα, τα δραστικότερα οπιοειδή αποφεύγονται, εκτός από τις περιπτώσεις ύπαρξης πολύ έντονου πόνου, δεδομένων των επιπλοκών. Ενδοαρθρικές εγχύσεις υαλουρονικού οξέος συστήνονται σε περίπτωση αποτυχίας της δια του στόματος φαρμακευτικής αγωγής ως προς την ανακούφιση των συμπτωμάτων της πάθησης (40).

3.6.1.1 Οδηγίες της AAOS

Η λίστα κλινικών πρακτικών οδηγιών της AAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons) περιέχει μία σειρά συστάσεων για την συντηρητική αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος και περιλαμβάνει μόνο ελάχιστα παρεμβατικές μεθόδους, ως εναλλακτικές λύσεις στην αρθροπλαστική του γόνατος (42). Πιο συγκεκριμένα:

1. Συστήνεται στους ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος να συμμετέχουν σε προγράμματα αυτοδιαχείρισης, ενίσχυσης, αεροβικών ασκήσεων χαμηλής έντασης και νευρομυϊκής εκπαίδευσης. Επίσης, να ασκούν φυσική δραστηριότητα σύμφωνα με τις εθνικές οδηγίες.

Ισχύς οδηγίας: Ισχυρή

2. Συστήνεται απώλεια βάρους σε ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος και δείκτη μάζας σώματος $BMI \geq 25$.

Ισχύς οδηγίας: Μέτρια

3A. Δεν συστήνεται χρήση βελονισμού στους ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος.

Ισχύς οδηγίας: Ισχυρή

3B. Δεν υπάρχει δυνατότητα σύστασης για την χρήση ή αποφυγή φυσικών μέσων (συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτροθεραπευτικών μεθόδων) σε ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος.

Ισχύς οδηγίας: Αμφίβολη

3C. Δεν υπάρχει δυνατότητα σύστασης υπέρ ή κατά της διενέργειας χειρωνακτικής θεραπείας σε ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος.

Ισχύς οδηγίας: Αμφίβολη

4. Δεν υπάρχει δυνατότητα σύστασης υπέρ ή κατά της χρήσης στηριγμάτων, με σκοπό την έσω διαμερισματική αποφόρτιση, σε ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος.

Ισχύς οδηγίας: Αμφίβολη

5. Δεν μπορεί να υποδειχθεί η χρήση πλευρικών σφηνοειδών πελμάτων για ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του έσω διαμερίσματος του γόνατος.

Ισχύς οδηγίας: Μέτρια

6. Δεν συστήνεται η χρήση γλυκοζαμίνης και χονδροϊτίνης για ασθενείς με συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα του γόνατος.

Ισχύς οδηγίας: Ισχυρή

3.6.1.2 Μειονεκτήματα και περιορισμοί της συντηρητικής αγωγής

3.6.1.2.1 Αναποτελεσματικότητα

Δεδομένα της OARSI (Osteoarthritis Research Society International Treatment Guidelines Committee) αποδεικνύουν την πτωχή αποτελεσματικότητα των συντηρητικών μεθόδων αντιμετώπισης της οστεοαρθρίτιδας (43). Επίσης, από συντηρητικές αγωγές με μέτριο βαθμό θεραπευτικής επίδρασης, μόνο οι ενέσεις υαλουρονικού οξέος και τα οπιοειδή συστήνονται τουλάχιστον στο 75% των οδηγιών αντιμετώπισης της οστεοαρθρίτιδας. Δυστυχώς, η κλινική επίδραση της ακεταμινοφαίνης στον πόνο που προκαλεί η οστεοαρθρίτιδα είναι πρακτικά ασήμαντη. Παρομοίως, η αποτελεσματικότητα των NSAIDs στην ύφεση του πόνου είναι πτωχή και χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους ασθενείς που χορηγήθηκαν NSAIDs και placebo (44).

Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα της ιξωδοσυμπλήρωσης (viscosupplementation), οι Rutjes et al. αναφέρουν ότι συνδέεται με βραχυχρόνια και κλινικά ασήμαντα οφέλη σχετικά με την βελτίωση της έντασης του πόνου (45).

Παρά το γεγονός ότι η πολυσχιδής δράση της συντηρητικής αγωγής υποστηρίζεται ευρέως και ομοφώνως για την αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας (46), η θεραπεία είναι επιτυχής σε λιγότερο από το 50% των ασθενών μετά από 12 εβδομάδες και οδηγεί σε στατιστικά σημαντικές αλλά πρακτικά μικρές βελτιώσεις των συμπτωμάτων της οστεοαρθρίτιδας μετά από ένα έτος εφαρμογής (47, 154).

3.6.1.2.2 Κίνδυνοι που σχετίζονται με την φαρμακευτική αγωγή

Η χρήση φαρμακευτικής αγωγής, εκτός της κλινικής αναποτελεσματικότητας, φαίνεται να συνδέεται και με μία αύξηση του κινδύνου για την εμφάνιση επιπλοκών.

Το προφίλ ασφαλείας της ακεταμινοφαίνης είναι ασαφές (47), αν και ορισμένες τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες έχουν αναφέρει συνδέσεις με γαστρεντερική αιμορραγία, εισαγωγή στο νοσοκομείο με γαστρεντερικά προβλήματα και νεφρική ανεπάρκεια. Η δια του στόματος χορήγηση NSAIDs συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο γαστρεντερικών παρενεργειών, νοσηλεία εξαιτίας γαστρεντερικών προβλημάτων και μυοκαρδιακό έμφραγμα (156, 157, 158).

Τα οπιοειδή σχετίζονται ισχυρά με επιβλαβείς επιπτώσεις που περιλαμβάνουν δυσκοιλιότητα, ναυτία, έμετο, ζάλη, υπνηλία, εξάρτηση και για το λόγο αυτό συστήνονται σε

ασθενείς με πολύ έντονο πόνο, οι οποίοι δεν αποκρίνονται στα NSAIDs (159). Αν και οι COX-2 αναστολείς οδηγούν σε μικρότερης έκτασης γαστρεντερικές παρενέργειες σε σχέση με τα NSAIDs, ο κίνδυνος καρδιαγγειακών επεισοδίων είναι μεγαλύτερος (160). Ενδοαρθρικές εγχύσεις υαλουρονικού οξέος δεν έχει αναφερθεί ότι παρουσιάζουν κινδύνους, αν και παρατηρείται συνήθως τοπικός πόνος και οίδημα (161).

Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την φαρμακευτική αντιμετώπιση αφορούν ιδιαίτερα τους ηλικιωμένους ασθενείς με σοβαρά συνοδά νοσήματα, οι οποίοι είναι ευάλωτοι στις παρενέργειες από τις αλληλεπιδράσεις των φαρμάκων (41).

3.6.1.2.3 Αδυναμία καθυστέρησης της εξέλιξης της πάθησης

Η εφαρμογή αγωγής για απώλεια βάρους, αν και εμφανίζει πλεονεκτήματα, είναι αρκετά δύσκολο να διατηρηθεί επί μακρόν. Μετά από 3 χρόνια εντατικής αγωγής, μόνο το 12% των ασθενών διατηρεί τουλάχιστον το 75% της απώλειας βάρους ενώ το 40% πρακτικά αποκτά περισσότερο βάρος από αυτό που έχασε (162). Μελέτη 12 εβδομάδων σε ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα του γόνατος και δείκτη μάζας σώματος $> 28 \text{ kg/m}^2$ έδειξε ότι μόνο το 14% του δείγματος πέτυχε απώλεια τουλάχιστον 5% του σωματικού του βάρους (48). Παρόμοια, η χρήση σφηνοειδών πελμάτων και βοηθημάτων του γόνατος δεν φαίνεται να παρουσιάζει κλινικά οφέλη για τον πόνο της άρθρωσης και για την εξέλιξη της πάθησης, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί μερικώς στην ελάχιστη συμμόρφωση και στην δυσφορία του ασθενούς (49, 50).

Η χρήση αναλγητικών και αντιφλεγμονωδών δεν παρουσιάζει οφέλη ως προς την καθυστέρηση της εξέλιξης της οστεοαρθρίτιδας. Επιπρόσθετα, ορισμένες μελέτες αναφέρουν ότι οι συγκεκριμένες θεραπείες είναι δυνατόν να επιταχύνουν την εξέλιξη της πάθησης μέσω της αύξησης της δραστηριότητας των ασθενών (51). Το φαινόμενο αυτό καλείται *αναλγητική αρθροπάθεια* και συνδέεται με οποιαδήποτε μέθοδο ανακούφισης από τον πόνο, ο οποίος ως προστατευτικός μηχανισμός προκαλεί αντιρροπιστικές μεταβολές στα μοντέλα βάρδισης ώστε να μειωθεί το μηχανικό φορτίο επί της αρθρώσεως του γόνατος.

Οι ενέσεις υαλουρονικού οξέος είναι δυνατόν να αυξήσουν το φορτίο στο έσω διαμέρισμα και να επιταχύνουν την επιδείνωση της άρθρωσης (52). Οι ενέσεις κορτικοστεροειδών συνδέονται με ελάττωση του πόνου αλλά με ελάχιστη μεταβολή της λειτουργίας του. Μολαταύτα, τα κλινικά αυτά οφέλη παύουν να υφίστανται μετά από 4 εβδομάδες (44). Δεδομένου του μικρού θεραπευτικού εύρους και του περιορισμού της

χρήσης τους (μέχρι 4 ενέσεις κάθε χρόνο), η ενδοαρθρική χορήγηση κορτικοστεροειδών δεν αποτελεί βιώσιμη θεραπευτική αγωγή για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της οστεοαρθρίτιδας (41).

Η χρήση τροποποιητικών φαρμάκων (DMOADs) δεν έχει εγκριθεί μέχρι σήμερα από την FDA για την αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας, καθώς απαιτείται να τεκμηριωθούν τα δομικά και κλινικά οφέλη. Από τη στιγμή που ο αρθρικός χόνδρος δεν διαθέτει αγγεία και νεύρα, τα συμπτώματα της οστεοαρθρίτιδας δημιουργούνται από άλλες δομές, με αποτέλεσμα η θεραπευτική αγωγή με DMOADs να παρεκκλίνει από τον στόχο της. Ακόμα και αν τα DMOADs αποδειχθούν πετυχημένα για την αναστολή της αποικοδόμησης του χόνδρου, η κλινική τους αξία είναι αμφισβητήσιμη δεδομένου ότι η οστεοαρθρίτιδα επηρεάζει όλους τους ιστούς της άρθρωσης (μηνίσκος, αρθρικός υμένας, υποχόνδριο οστό) και όχι μόνο τον αρθρικό χόνδρο (41, 53).

3.6.2 Χειρουργική αγωγή

3.6.2.1 Αρθροσκοπική πλύση και καθαρισμός του γόνατος

Η αρθροσκόπηση είναι δυνατόν να ανακουφίσει από τα συμπτώματα της οστεοαρθρίτιδας απομακρύνοντας τα υπολείμματα και τις φλεγμονώδεις κυτοκίνες που προκαλούν αρθροθυλακίτιδα. Ο αρθροσκοπικός καθαρισμός είναι δυνατόν να απαλλάξει την άρθρωση από θραύσματα των μηνίσκων και χαλαρά πτερύγια του χόνδρου. Μολαταύτα, ο ρόλος της αρθροσκόπησης αμφισβητείται έντονα ως προς τα οφέλη της για την αντιμετώπιση τη οστεοαρθρίτιδας του γόνατος (44, 54).

Το 2007, οι Siparsky et al., μετά από τεκμηριωμένη επισκόπηση της βιβλιογραφίας για την αρθροσκοπική αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος, διαπίστωσαν περιορισμένα οφέλη από την χρήση της (163). Σε δύο πρόσφατα άρθρα επισκόπησης για τον αρθροσκοπικό καθαρισμό και την πλύση για την αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας, ταυτοποιήθηκαν μόνο τρεις ορθά σχεδιασμένες μελέτες, από τις οποίες προκύπτει ότι η συγκεκριμένη διαδικασία δεν εμφανίζει κάποιο όφελος όταν η πάθηση προκαλείται από μηχανικά ή φλεγμονώδη αίτια (164, 165).

Η αρθροσκοπική πλύση φαίνεται να παρέχει μόνο βραχυχρόνια οφέλη σε επιλεγμένους ασθενείς με ήπια ακτινολογικά διεγνωσμένη οστεοαρθρίτιδα. Ο αρθροσκοπικός καθαρισμός δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως αγωγή ρουτίνας για την

αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος, αν και είναι δυνατόν να δρα ευεργετικά σε ασθενείς με ρήξη μηνίσκου και συμπτώματα «κλειδώματος» της άρθρωσης (54).

3.6.2.2 Τεχνικές επισκευής του χόνδρου

Ο κατεστραμμένος αρθρικός χόνδρος έχει περιορισμένη ως μηδαμινή ικανότητα επούλωσης (55). Για το λόγο αυτό έχει προταθεί η ανακατασκευή της επιφάνειας του χόνδρου στις περιπτώσεις εντοπισμένων ανωμαλιών του χόνδρου, οι οποίες θεωρούνται ως πρόδρομος της οστεοαρθρίτιδας. Ανακατασκευή του χόνδρου δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις εκτεταμένης βλάβης. Οι διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής (54):

✓ Τεχνικές διέγερσης μυελού των οστών

Στις τεχνικές αυτές περιλαμβάνεται η εκτριβή, ο τρυπανισμός και η τεχνική των μικροκαταγμάτων. Η διάτρηση του υποχόνδριου υμένα έχει φανεί ότι ενισχύει την επιδιόρθωση των ιστών του χόνδρου. Η άνοδος των πολυδύναμων βλαστοκυττάρων από τον υποχόνδριο μυελό των οστών φαίνεται ότι προωθεί την χονδρογένεση στην περιοχή που έχει πληγεί. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι αυξάνουν την αρθροπλαστική επιδεκτικότητα της επιφάνειας του χόνδρου και αξιοποιούν το δυναμικό επούλωσης του σώματος. Το χαμηλό κόστος και η απλότητα της τεχνικής έχει επιτρέψει την ευρεία χρήση της. Μειονεκτήματα της τεχνικής είναι η περιορισμένη ανακατασκευή του υαλώδους χόνδρου, οι διακυμάνσεις ως προς τον βαθμό επιδιόρθωσης του χόνδρου και η πιθανή λειτουργική αλλοίωση (56).

✓ Τεχνικές οστεοχόνδρινης μεταμόσχευσης

Η επανακατασκευή της επιφάνειας του χόνδρου ή των οστεοχόνδρινων βλαβών μπορεί να επιτευχθεί με την μεταμόσχευση οστεοχόνδρινων μοσχευμάτων. Το μόσχευμα μπορεί να είναι αυτόλογο ή αλλογενές. Η διαδικασία της αυτόλογης μεταφοράς (μωσαϊκοπλαστική) πραγματοποιείται με λήψη ενός ή περισσότερων κυλινδρικών «πωμάτων» από τις περιφέρειες των μηριαίων κονδύλων στο επίπεδο της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης και μεταφορά στο σημείο της βλάβης (57).

Η διεργασία μπορεί να είναι ανοιχτή (για εκτεταμένες βλάβες) ή αρθροσκοπική (για μικρές βλάβες). Πλεονεκτήματα της τεχνικής είναι η χρήση οστεοχόνδρινου μοσχεύματος που αποτελείται από υαλώδη χόνδρο και η αντικατάσταση του πληγέντος υποκείμενου οστού. Μειονεκτήματα αποτελούν ο μικρός βαθμός ενσωμάτωσης, η περιορισμένη διαθεσιμότητα μοσχεύματος και οι τεχνικές δυσκολίες (54).

✓ *Αυτόλογη εμφύτευση χονδροκυττάρων (Autologous Chondrocyte implantation, ACI)*

Το 1994 ο Brittberg παρουσίασε την τεχνική ACI, στην οποία καλλιεργούμενα και πολλαπλασιασμένα αυτόλογα χονδροκύτταρα επανεμφυτεύονται κάτω από ένα περιοστικό περύγιο (58). Την σημερινή εποχή η περιοστική μεμβράνη έχει αντικατασταθεί από μία μεμβράνη κολλαγόνου και η κυτταρική καλλιέργεια έχει βελτιωθεί με εφαρμογή αυξητικών παραγόντων ή καλλιεργώντας τα κύτταρα σε τρισδιάστατο ικρίωμα κολλαγόνου, το οποίο μπορεί να εμφυτευθεί άμεσα (59). Μειονεκτήματα της τεχνικής είναι η εκτέλεση σε δύο στάδια και τα κόστη της κυτταρικής καλλιέργειας (54).



Σχήμα 3.2: Αναπαράσταση της αυτόλογης εμφύτευσης χόνδρου (ACI) [54].

3.6.2.3 Οστεοτομίες

Οι οστεοτομίες είναι μία κοινώς αποδεκτή μέθοδος για την αντιμετώπιση της μονοδιαμερισματικής οστεοαρθρίτιδας σε συνδυασμό με παραμόρφωση ραιβότητας ή βλαισότητας. Οι οστεοτομίες μεταβάλλουν τον άξονα φόρτισης των κάτω άκρων. Στόχος είναι να αποφορτιστεί το διαμέρισμα που έχει υποστεί βλάβη και να μεταφερθεί το φορτίο από τις προσβεβλημένες περιοχές μέσω ελαφράς διόρθωσης του άξονα ραιβότητας ή βλαισότητας, ώστε να ελαττωθεί ο πόνος, να υποχωρήσει η διαδικασία εκφυλισμού και να καθυστερήσει η αντικατάσταση της άρθρωσης (54).

Βασική προϋπόθεση για ένα ικανοποιητικό μετεγχειρητικό αποτέλεσμα είναι η κατάλληλη επιλογή ασθενούς, περιλαμβάνοντας αξιολόγηση των τριών διαμερισμάτων του γόνατος. Το κλασικό κριτήριο ένταξης είναι οστεοαρθρίτιδα στο ένα διαμέρισμα σε συνδυασμό με ευθυγράμμιση ραιβότητας ή βλαισότητας. Το επιγονατιδομηριαίο διαμέρισμα δεν πρέπει να έχει προσβληθεί από οστεοαρθρίτιδα. Η καλή κινητικότητα του γόνατος είναι ένα προαπαιτούμενο, όπως και η σταθερότητα των συνδέσμων. Η αστάθεια δεν είναι απόλυτη αντένδειξη, αφού οι χιαστοί σύνδεσμοι μπορούν να ανακατασκευαστούν μαζί με την διόρθωση του άξονα (60). Το προχωρημένο της ηλικίας (>60-65 ετών) είναι σχετική αντένδειξη, αν και πρέπει να συνεκτιμηθεί η βιολογική ηλικία και η δραστηριότητα του ασθενούς. Η παχυσαρκία και η χονδροασβέστωση δεν αποτελούν ισχυρές αντενδείξεις αν και μειώνουν τα ποσοστά επιτυχίας και πρόγνωσης (54).

Για την αντιμετώπιση της μονοδιαμερισματικής οστεοαρθρίτιδας του γόνατος χρησιμοποιούνται οι τεχνικές οστεοτομίας της άνω μετάφυσης της κνήμης και της κάτω μετάφυσης του μηριαίου. Αμφότερες μπορούν να πραγματοποιηθούν με προσθετική (ανοικτή-σφηνοειδής) ή αφαιρετική (κλειστή-σφηνοειδής) τεχνική. Οι οστεοτομίες βλαισοποίησης πραγματοποιούνται συνήθως στην άνω μετάφυση της κνήμης, ενώ οι οστεοτομίες ραιβοποίησης στην μηριαία πλευρά (60).



Σχήμα 3.3: Οστεοτομία αποφόρτισης: υποδειγματική ανοικτή υψηλή σφηνοειδής κνημιαία οστεοτομία βλαισοποίησης σε μονοδιαμερισματική οστεοαρθρίτιδα του έσω διαμερίσματος του γόνατος. Η διορθωμένη θέση σταθεροποιείται με γωνιώδη πλάκα και βίδες (54).

Η κλασσική έξω κλειστή σφηνοειδής διεργασία απαιτεί οστεοτομία περόνης. Αυτό σχετίζεται με κίνδυνο βλάβης του περονιαίου νεύρου σε ποσοστό άνω του 11% (61). Η αρθρική γραμμή έχει μία τάση να καταλήγει σε πλάγια θέση, κάτι που μπορεί να περιπλέξει την επακόλουθη τοποθέτηση του κνημιαίου εμφυτεύματος σε μία επέμβαση ολικής αρθροπλαστικής γόνατος (54).

Οι έσω ανοικτές σφηνοειδείς τεχνικές της ανώτερης επιφάνειας της κνήμης είναι λιγότερο απαιτητικές, πιο ακριβείς και πιο γρήγορες. Αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, ιδιαίτερα σε συνδυαστικές παρεμβάσεις με ανακατασκευή του χιαστού συνδέσμου. Απαιτείται μία μόνο τομή με πριόνι και οι διορθώσεις στο μετωπιαίο επίπεδο μπορούν να συνδυαστούν με τις ρυθμίσεις στο οβελιαίο επίπεδο. Η αυξημένη γωνιακή σταθερότητα των πλακών σταθεροποίησης καθιστά την μεταμόσχευση οστού περιττή (60, 62). Ο κίνδυνος βλάβης του περονιαίου νεύρου είναι αμελητέος.

Οι οστεοτομίες του γόνατος έχουν αποτελεσματικό χαρακτήρα στους νέους και ενεργούς ασθενείς με πρόιμη οστεοαρθρίτιδα ενός διαμερίσματος σε συνδυασμό με άξονα βλαισότητας ή ραιβότητας. Η κατάλληλη επιλογή ασθενούς, ο ορθός προεγχειρητικός

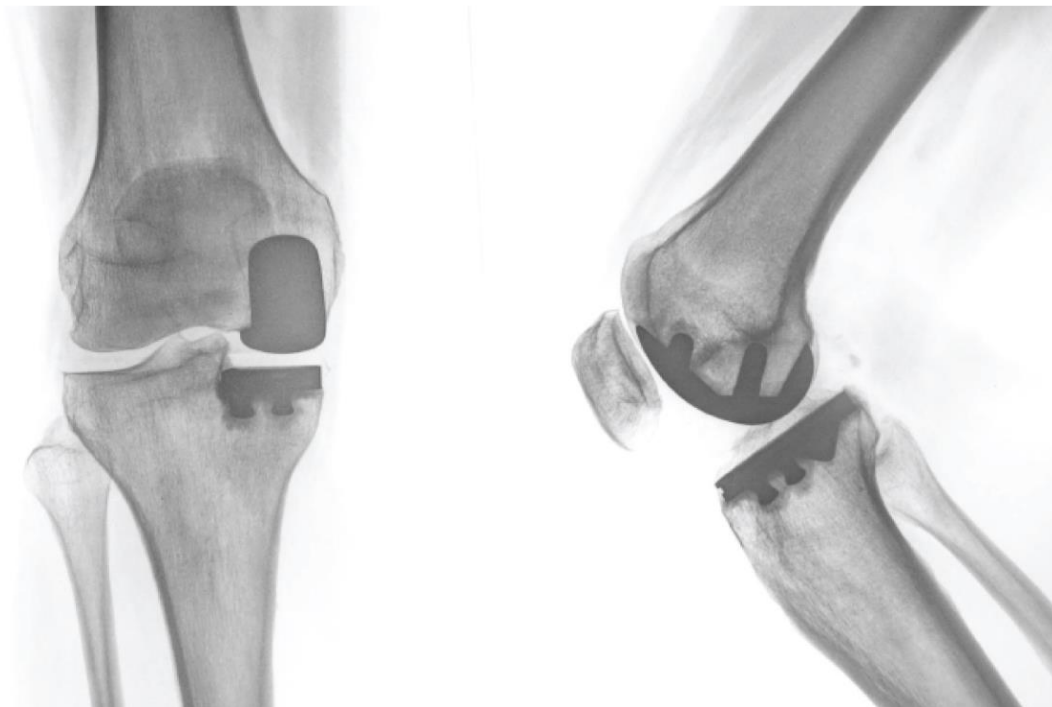
σχεδιασμός, η ακριβής χειρουργική τεχνική και η ορθή μετεγχειρητική αγωγή είναι δυνατόν να ελαχιστοποιήσουν τα ποσοστά επιπλοκών αποδίδοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα (54).

3.6.2.4 Αρθροπλαστική γόνατος

Η αρθροπλαστική γόνατος είναι μία ευρέως αποδεκτή, ασφαλής και οικονομική μέθοδος αντιμετώπισης της προχωρημένης οστεοαρθρίτιδας. Δεδομένης της μη αναστρέψιμης φύσης της, η αρθροπλαστική γόνατος συνιστάται μόνο σε ασθενείς στους οποίους έχουν αποτύχει ή αντενδείκνυνται οι υπόλοιπες τεχνικές αντιμετώπισης. Η αντοχή των προσθετικών εμφυτευμάτων περιορίζεται στα 15-20 έτη, ενώ των μονοδιαμερισματικών αρθροπλαστικών είναι γενικά κατώτερη. Συνεπώς, οι αρθροπλαστικές πρέπει να αποφεύγονται σε ασθενείς κάτω των 60 ετών, όταν αυτό είναι δυνατό. Όταν η οστεοαρθρίτιδα περιορίζεται σε ένα διαμέρισμα, συστήνεται μονοδιαμερισματική αρθροπλαστική γόνατος (*Unicompartmental Knee Arthroplasty, UKA*) ή οστεοτομία αποφόρτισης. Ειδάλλως, ενδείκνυται ολική αρθροπλαστική γόνατος (*Total Knee Arthroplasty, TKA*) με ή χωρίς επιγονατιδική αρθροπλαστική επιφανείας (54).

✓ Μονοδιαμερισματική αρθροπλαστική γόνατος (UKA)

Η UKA ενδείκνυται σε περιπτώσεις που η οστεοαρθρίτιδα έχει προσβάλλει μόνο ένα από τα τρία διαμερίσματα του γόνατος: το έσω κνημομηριαίο, το έξω κνημομηριαίο και το επιγονατιδομηριαίο διαμέρισμα. Συνήθως, πραγματοποιείται αντικατάσταση των επιφανειών επαφής του έσω κνημομηριαίου διαμερίσματος με δύο μεταλλικές προσθετικές συσκευές και εισαγωγή ένθετου πολυαιθυλενίου μεταξύ αυτών. Για να πραγματοποιηθεί επιτυχημένα η έσω UKA πρέπει οι αρχικές συνθήκες να εξασφαλίζουν ένα καλοδιατηρημένο έξω διαμέρισμα αναφορικά με την κατάσταση των μηνίσκων και του χόνδρου (63). Το εμφύτευμα δεν συγκρατείται στο οβελιαίο επίπεδο και κατά συνέπεια η σταθερότητα της πρόθεσης εξαρτάται από τους χιαστούς συνδέσμους. Κακή ευθυγράμμιση του σκέλους αποτελεί αντένδειξη. Υπερδιόρθωση στο ετερόπλευρο διαμέρισμα πρέπει να αποφεύγεται καθώς μπορεί να οδηγήσει σε εξέλιξη της οστεοαρθρίτιδας και εμφάνιση συμπτωμάτων. Παρόμοια, η υποδιόρθωση συνδέεται με την αυξημένη πιθανότητα επανεξέτασης και κλινικής αποτυχίας της UKA (64).



Σχήμα 3.3: Αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας του έσω διαμερίσματος με μονοδιαμερισματική αρθροπλαστική (54).

Ένα πλεονέκτημα της UKA είναι ο χαμηλός βαθμός επεμβατικότητας. Πιο συγκεκριμένα, η επιγονατίδα δεν στρέφεται προς τα έξω και δεν επιβαρύνεται ο μηχανισμός έκτασης, επιτρέποντας πιο ταχεία αποκατάσταση και συντομότερη έξοδο από το νοσοκομείο (65). Συντελεί επίσης στην διατήρηση της οστικής μάζας, σε πιο φυσιολογική κινηματική του γόνατος και σε μεγαλύτερη φυσιολογική λειτουργία (66).

Η χρήση μοντέρνων εμφυτευμάτων και χειρουργικών τεχνικών έχει βελτιώσει αισθητά το αποτέλεσμα και τον χρόνο ζωής της έσω UKA. Η επιβίωση των εμφυτευμάτων κυμαίνεται στην κλίμακα 80.2-98% έως και 10 χρόνια μετά την επέμβαση. Μολαταύτα, η UKA έχει σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα επιβίωσης σε σχέση με την ΤΚΑ. Η UKA πραγματοποιείται συνήθως σε νεαρότερους ασθενείς με λιγότερο σοβαρές παθήσεις, καλύτερη λειτουργικότητα των αρθρώσεων αλλά και ταχύτερη φθορά (54, 67).

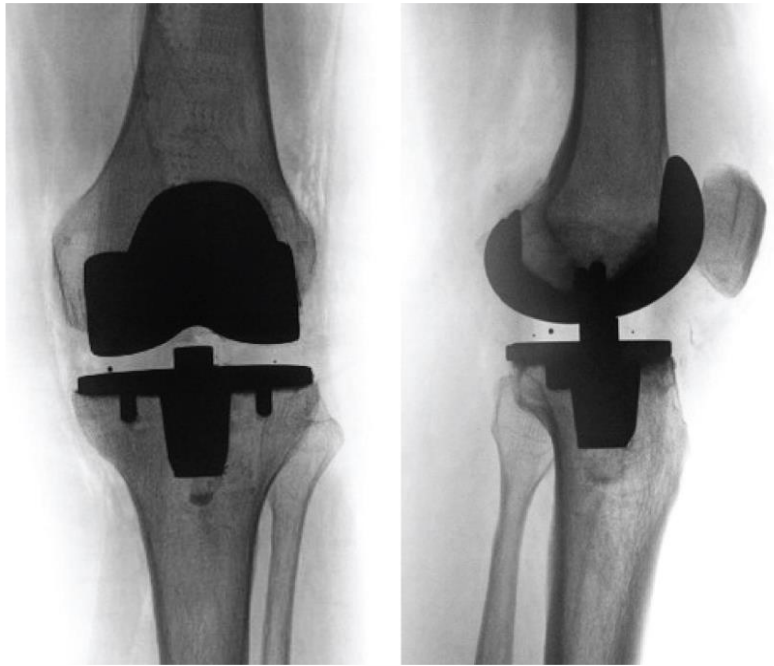
✓ *Ολική αρθροπλαστική γόνατος (TKA)*

Η ΤΚΑ αποτελεί το πλέον αποτελεσματικό μέσο αντιμετώπισης της προχωρημένης οστεοαρθρίτιδας του γόνατος. Τα μακροχρόνια αποτελέσματα της ΤΚΑ αναφέρουν επιβίωση των εμφυτευμάτων σε ποσοστό άνω του 98% μετά από 15 χρόνια (68). Η πλειοψηφία των αποτελεσμάτων σε νεαρότερους ασθενείς δείχνει σαφή ελάττωση των ποσοστών επιβίωσης των εμφυτευμάτων (76%) μετά από 10 χρόνια (69).

Παρά το γεγονός ότι η ΤΚΑ είναι αποτελεσματική για το τελευταίο στάδιο της αρθρίτιδας του γόνατος, ένας στους οχτώ ασθενείς υποφέρει από μετεγχειρητικό πόνο χωρίς να εμφανίζει κλινικές ή ακτινολογικές διαταραχές (70). Οι κύριες επιπλοκές είναι επιγονατιδομηριαία προβλήματα, χαλάρωση των εμφυτευμάτων, λοιμώξεις και δυσκαμψία του γόνατος. Υπάρχει σαφής συσχέτιση ανάμεσα στα υπάρχοντα συνοδά νοσήματα και στο εύρος κίνησης και την κατάσταση του γόνατος μετεγχειρητικά (71). Παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το στάδιο της προεγχειρητικής διαδικασίας.

Ένα από τα κεντρικά προβλήματα στον επιμένοντα μετεγχειρητικό πόνο είναι η επιγονατιδομηριαία άρθρωση. Οι επιπλοκές που αφορούν τον μηχανισμό έκτασης και την επιγονατιδομηριαία άρθρωση παραμένουν οι κύριες μη λοιμώδεις ενδείξεις για αναθεώρηση της ΤΚΑ (72).

Στη σημερινή εποχή έχουν διεξαχθεί και βρίσκονται εν εξελίξει προσπάθειες για την βελτίωση της έκβασης της ολικής αρθροπλαστικής γόνατος. Οι συγκεκριμένες στρατηγικές περιλαμβάνουν ελάχιστα επεμβατική χειρουργική (minimally invasive surgery, MIS), διεγχειρητικό έλεγχο με χειρουργικά συστήματα πλοήγησης (computer-navigated surgery, CAS) ή καλύτερη οργανολογία, βελτιώσεις στον εμβιομηχανικό και ανατομικό σχεδιασμό των εμφυτευμάτων καθώς και την βέλτιστη σταθεροποίησή τους επί της αρθρώσεως του γόνατος (54).



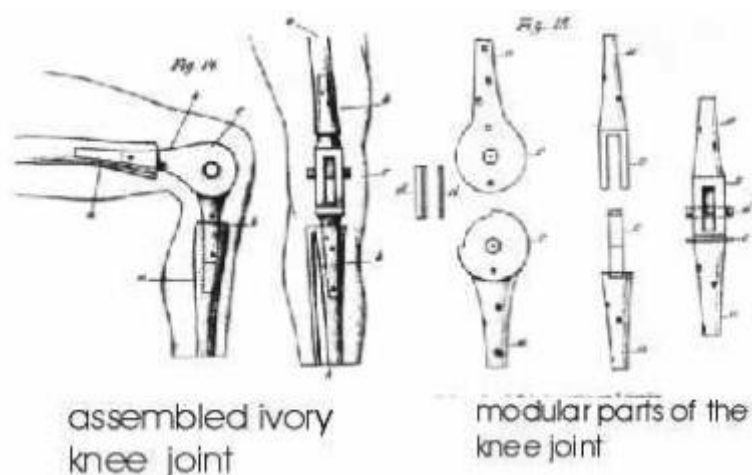
Σχήμα 3.4: Αντιμετώπιση της προχωρημένης οστεοαρθρίτιδας του γόνατος με ολική αρθροπλαστική (χωρίς αρθροπλαστική επιφανείας της επιγονατίδας) (54).

4 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Η εμφάνιση της τεχνικής ολικής αρθροπλαστικής γόνατος (ΤΚΑ) αποτέλεσε ορόσημο για την ιστορία της ορθοπαιδικής χειρουργικής. Η ανάπτυξη της ΤΚΑ ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 με την δημιουργία κνημομηριαίων κονδυλικών υποκατάστατων. Στη σημερινή εποχή έχει αναπτυχθεί μία τεράστια βιομηχανία παραγωγής εκατομμυρίων μοσχευμάτων του γόνατος (73).

4.1 Αρθρωτές προθέσεις

Ο πρώτος σύγχρονος τύπος ολικού υποκατάστατου του γόνατος σχεδιάστηκε από τον Gluck, ο οποίος το 1890 παρουσίασε ένα σχέδιο επιφανειακής υποκατάστασης με την χρήση υλικών από ελεφαντόδοντο, τα οποία προσδένονταν στο οστό με ένα κονίαμα παρασκευασμένο από κολοφώνιο, ελαφρόπετρα και γύψο. Μολαταύτα, ούτε το κονίαμα ούτε το ελεφαντόδοντο δεν μπορούσαν να αντέξουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο γόνατο, ενώ σημαντικό πρόβλημα αποτέλεσε και η εμφάνιση λοιμώξεων (74).



Σχήμα 4.1: (A) Η πρώτη ολική αρθροπλαστική γόνατος του Gluck από ελεφαντόδοντο με υποστήριξη κονιάματος από κολοφώνιο, ελαφρόπετρα και γύψο. (B) Συστατικά τμήματα της πρόθεσης Gluck (74).

Το 1951, ο Dr. Waldius ανέπτυξε άρθρωση από ακρυλικό υλικό, ενώ το 1958 η κατασκευή περιλάμβανε κράμα κοβαλτίου-χρωμίου (Co-Cr) (75). Η συγκεκριμένη πρόθεση παρέμεινε

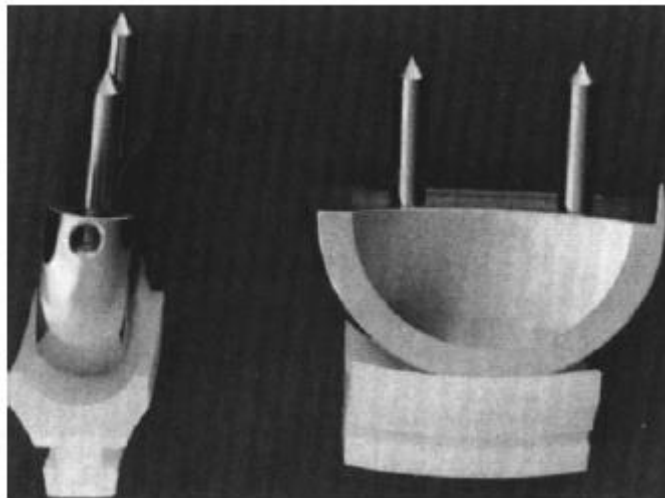
σε χρήση μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970 μαζί με διάφορες άλλες προθέσεις, όπως αυτή του Dr. Shiers στο Ηνωμένο Βασίλειο και της πρόθεσης Guerpar στην Γαλλία (76, 77).

Παρά το γεγονός ότι η χρήση αρθρωτών προθέσεων εμφανίζει ανοδική πορεία σήμερα για χειρουργικές επεμβάσεις αφαίρεσης όγκων, αναθεωρητικές αλλά και σύνθετες πρωτογενείς επεμβάσεις, η εν λόγω τεχνική έχει παραγκωνιστεί αναφορικά με την αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος λόγω των αυξημένων ποσοστών μηχανικών σφαλμάτων (78).

4.2 Κονδυλικές προθέσεις

4.2.1 Τα πρώτα κονδυλικά εμφυτεύματα

Σε αντίθεση με τις αρθρωτές προθέσεις, τα κονδυλικά εμφυτεύματα δεν παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την κίνηση, απαιτούν μικρότερη εκτομή του οστού και στο τελικό στάδιο χρησιμοποιείται οργανολογία για την εξισορρόπηση των μαλακών ιστών (78).



Εικόνα 4.1: Το πολυκεντρικό γόνατο του Gunston (79).

Ένα από τα πρώτα κονδυλικά εμφυτεύματα σχεδιάστηκε το 1968 από τον Dr. Frank Gunston, ο οποίος εργαζόταν στην ομάδα του Sir John Charnley. Επρόκειτο για ένα υψηλής συμμόρφωσης εμφύτευμα με ξεχωριστά έσω και έξω μηριαία συστατικά από ανοξείδωτο χάλυβα αρθρούμενα με πλαστικούς κνημιαίους δρομείς. Το γόνατο του Gunston ήταν επιρρεπές σε πρώιμες βλάβες δεδομένων των μικρών επιφανειών επαφής, του ελάχιστου βαθμού περιστροφής και της επώδυνης χειρουργικής τεχνικής (79).

4.2.2 Η πρόθεση ICLH

Ο σχεδιασμός του εμφυτεύματος Freeman-Swanson ή γόνατος ICLH (Imperial College of Science and Technology in London Hospital) προϋπέθετε την θυσία και των δύο χιαστών ώστε να διορθωθούν οι μεγάλες δυσμορφίες και να μεγιστοποιηθεί η επιφάνεια επαφής για την μείωση της φθοράς.

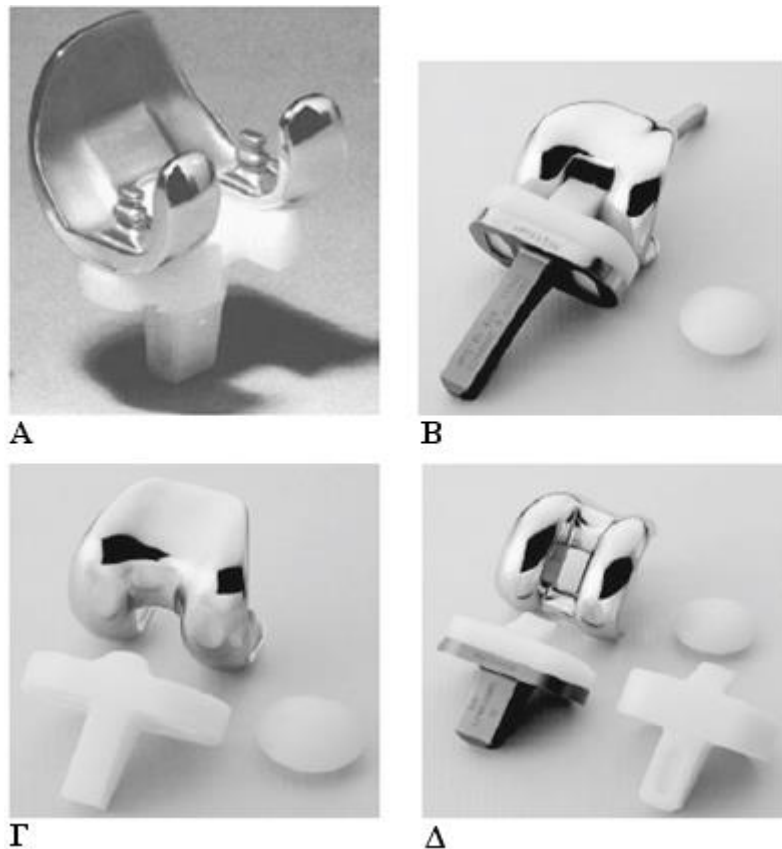


Εικόνα 4.2: Το γόνατο ICLH (80).

Μολονότι το εμφύτευμα Freeman-Swanson παρουσίαζε διάφορα μειονεκτήματα όπως ελάχιστη έσω-έξω σταθερότητα, καμία δυνατότητα αρθροπλαστικής στην επιφάνεια της επιγονατίδας και μικρό στυλεό στερέωσης στην κνήμη, οι τεχνικές του Freeman αποδείχθηκαν επαναστατικές, ανοίγοντας νέους δρόμους για την αρθροπλαστική χειρουργική (81, 82, 83).

4.2.3 Νοσοκομείο Ειδικής Χειρουργικής (Hospital of Special Surgery, HSS)

Το 1968 ο Dr. Lee Ramsey Straub εισήγαγε για πρώτη φορά στο HSS την ημιαρθροπλαστική, η οποία παρουσίασε θετικά αποτελέσματα σε περιορισμένη κλίμακα στους ρευματοειδείς ασθενείς (84). Εν συνεχεία το 1971, οι Drs. Ranawat, Inglis, Insall και Walker ανέπτυξαν αμφότερες τις μονοκονδύλιες και δικονδύλιες προθέσεις (85). Η δικονδύλια πρόθεση δεν είχε πρόσθια μηριαία στεφάνη, διέθετε δύο κνημιαία εξαρτήματα και διατηρημένους αμφότερους τους χιαστούς. Περαιτέρω έρευνα στην δικονδύλια πρόθεση του γόνατος οδήγησε στο Σύστημα Αξιολόγησης της Αναπηρίας του Γόνατος (Knee Disability Score Rating System ή Hospital for Special Surgery Knee Rating System) (86).



Εικόνα 4.3: Α: Γόνατο Duopatella (88), Β: Ολική κονδυλική πρόθεση του γόνατος Γ. Ολική κονδυλική πρόθεση γόνατος (TC III) Δ. Γόνατο Insall-Burnstein (IBI) (80).

Το 1974, η δικονδύλια πρόθεση υπέστη τροποποιήσεις για να ενσωματώσει και την επιγονατιδομηριαία άρθρωση, ενώ ακόμα διατηρούσε τον οπίσθιο χιαστό σύνδεσμο. Το σχέδιο αυτό έγινε γνωστό ως Duopatella (80).

Οι Walker, Ranawat και Insall αναγνώρισαν την ανάγκη ύπαρξης πιο σταθερής πρόθεσης συγκριτικά με την δικονδύλια και οδήγησαν στην ανάπτυξη της ολικής κονδυλικής

(TC) πρόθεσης του γόνατος το 1974. Η TC ήταν η πρώτη εμπορικά επιτυχημένη και ευρέως χρησιμοποιούμενη ολική αρθροπλαστική γόνατος στον κόσμο, δεδομένων των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών που αντικατέστησαν όλα τα τμήματα του γόνατος, συμπεριλαμβανομένων των κονδυλικών επιφανειών και της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης. Επιπρόσθετα, τα πολυαιθυλενικά κνημιαία μέρη ενσωμάτων έναν κεντρικό στυλεό για βελτιωμένη σταθεροποίηση της κνήμης (80, 85, 87).

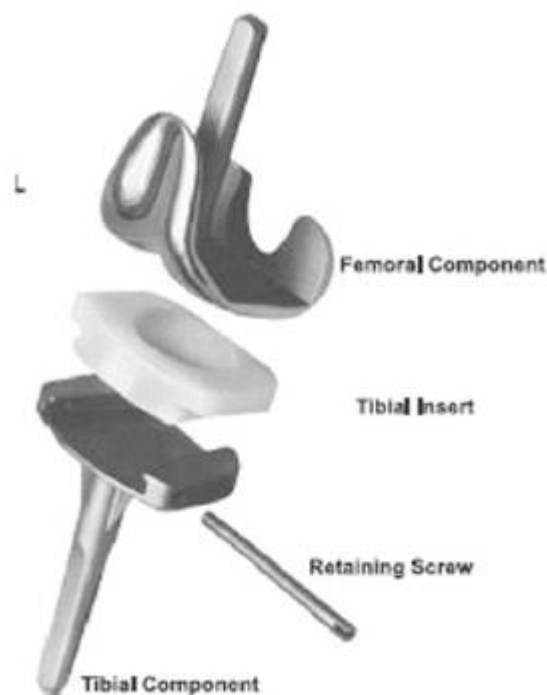
Το 1976, σχεδιάστηκε το TC III για ασθενείς με σημαντικές παραμορφώσεις, το οποίο ήταν προκάτοχος των μελλοντικών κονδυλικών αρθροπλαστικών του γόνατος (85). Το 1978, οι Insall και Burnstein ανέπτυξαν το γόνατο οπίσθιας σταθεροποίησης (posterior-stabilized knee) (89). Το γόνατο Insall-Burnstein (IBI) σχεδιάστηκε με σκοπό να αντιμετωπίσει όλες τις ατέλειες των τότε σχεδίων του γόνατος, όπως η πρόσθια αστάθεια και η ανεπαρκής κάμψη (88). Η έρευνα στο HSS ήταν που οδήγησε στην σημερινή ευρεία χρήση μεταλλικών στηριγμάτων στα περισσότερα σχέδια ολικής αρθροπλαστικής του γόνατος (90). Το IBI (και αργότερα το IBII) ενσωμάτωνε μία μεταλλική κνημιαία βάση, και αυτό φαίνεται ότι το καθιστά ένα από τα πιο επιτυχημένα σχέδια ολικής αρθροπλαστικής οπίσθιας σταθεροποίησης (78).

4.2.4 Γενικό Νοσοκομείο Βοστώνης

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, η συσσωρευμένη εμπειρία της ερευνητικής ομάδας της Βοστώνης στα μονοδιαμερισματικά εμφυτεύματα (όπως το McKeever και Marmor) οδήγησε στην βελτίωση του γόνατος Duopatella, μέσω αρθροπλαστικής στην επιφάνεια και των τριών διαμερισμάτων, με παράλληλη προστασία του οπίσθιου χιαστού συνδέσμου. Λίγα χρόνια αργότερα, ο Dr. Walker συνετέλεσε στην ανάπτυξη του συστήματος κινηματικής του γόνατος της εταιρείας Howmedica. Το 1981, με την βοήθεια των Sledge, Ewald, Poss, Scott και Thornhill, σχεδιάστηκε το σύστημα Kinemax. Το 1985, οι Scott και Thornhill σχεδίασαν το γόνατο PFC (Press Fit Condylar) διασφαλίζοντας την προστασία των χιαστών συνδέσμων. Το 1989 ο Ranawat συνετέλεσε στην βελτίωση του PFC σταθεροποιώντας την οπίσθια πλευρά και περιορίζοντας το σχέδιο. Το συνολικό αυτό σύστημα (PFC Modular Knee System) ήταν εφαρμόσιμο είτε σε πρωτοβάθμιες είτε σε αναθεωρητικές χειρουργικές επεμβάσεις (80).

4.2.5 Οι προθέσεις Eftekhar Mark και μεταβλητού άξονα του David Murray

Το 1969, οι Dr. Nas Eftekhar και Randy Gand σχεδίασαν και εμφύτευσαν την πρώτη ολική πρόθεση γόνατος με τσιμέντο και μεταλλικές ενισχύσεις (91). Το Eftekhar Mark I επανασχεδιάστηκε αργότερα σε κονδυλική γεωμετρία με το Eftekhar Mark II. Το μηριαίο εξάρτημα είχε πλατιές, κυλινδρικές αρθρικές επιφάνειες και η κνήμη είχε κυκλική κοίλη γεωμετρία επιτρέποντας την κίνηση και στα τρία επίπεδα. Το σκεπτικό της συναρμολόγησης των εξαρτημάτων της πρόθεσης του γόνατος έχει κατοχυρωθεί στον Dr. Eftekhar και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα (78).



Σχήμα 4.2: Συναρμολογούμενη (modular) πρόθεση γόνατος μεταβλητού άξονα (88).

Όμοια με την πρόθεση Mark I, η πρόθεση γόνατος μεταβλητού άξονα του David Murray (Variable Axis Knee) είχε μεταλλικά ενισχυμένα κνημιαία εξαρτήματα. Επιπρόσθετα, η συγκεκριμένη πρόθεση εμφάνιζε σημαντική ελευθερία περιστροφής κατά την διάρκεια της κάμψης και έκανε χρήση μεταλλικής βίδας για την προστασία του πολυαιθυλενικού ένθετου (92, 93).

4.2.6 Πρώιμα σχέδια προθέσεων του γόνατος για διατήρηση των χιαστών συνδέσμων

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, οι Dr. Yamamoto και ο Καθηγητής T. Kodoma εμφύτευσαν την πρώτη ολική κονδυλική πρόθεση γόνατος χωρίς τσιμέντο, με διατήρηση των χιαστών συνδέσμων. Η στερέωση εξαρτιόταν από τα πτερύγια των μηριαίων εξαρτημάτων και τους συνδετήρες της κνήμης (94).

Το 1972, ο Dr. Theodore Waugh εμφύτευσε την πρώτη UCI πρόθεση, η οποία είχε σχεδιαστεί ειδικά για την παροχή ελευθερίας περιστροφής και βελτίωσης της στερέωσης (95). Η πρόθεση UCI κατασκευάστηκε από την Wright Medical και το σχέδιο ενσωματώθηκε τελικά στην πρόθεση των Gustillo και Ram.

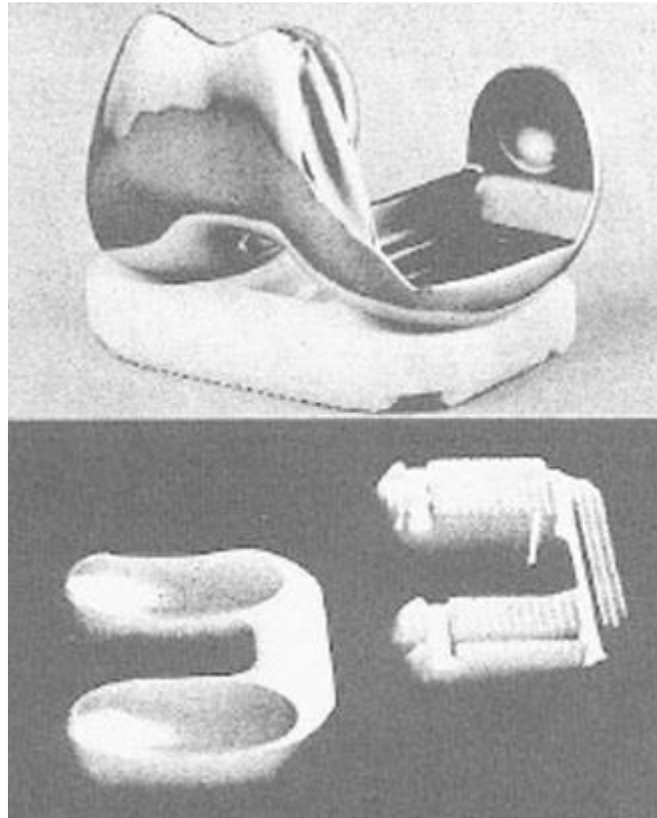
Το 1970, ο Bahaa Seedham σχεδίασε το γόνατο Leeds, το οποίο εμφυτεύθηκε για πρώτη φορά το 1972 από τον Dr. Longton (96). Ήταν ένα ανατομικό σχέδιο αποτελούμενο από κράμα χρωμίου-κοβαλτίου, το οποίο προστάτευε τον οπίσθιο χιαστό σύνδεσμο και έδινε επίσης την δυνατότητα επιγονατιδομηριαίας αντικατάστασης. Το σχέδιο αυτό υιοθετήθηκε από τον Dr. J.M. Cloutier στον Καναδά, ο οποίος εισήγαγε επίσης μεταλλικές προσθήκες στη βάση της πλάκας της κνήμης, ώστε να αντιμετωπιστεί η απώλεια του κνημιαίου οστού (97).

Τα περισσότερα από τα ανωτέρω πρώιμα ανατομικά σχέδια προθέσεων του γόνατος είχαν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Τα περισσότερα είχαν λεπτά κνημιαία εξαρτήματα με μία τομή εκτός της διακονδύλιας περιοχής, για την προστασία του ενός ή και των δύο χιαστών με λεπτή πρόσθια πολυαιθυλενική γέφυρα. Τα εξαρτήματα ενσφηνώνονταν με τσιμέντο και επέτρεπαν σημαντική περιστροφική και προσθιοπίσθια χαλαρότητα. Οι μηροί ήταν ανατομικά σχεδιασμένοι ενώ κάποιοι διέθεταν τροχήλια στεφάνη. Οι μηχανισμοί αποτυχίας ήταν επίσης παρόμοιοι και οφείλονταν σε ελαττωματική στερέωση της κνήμης, λεπτό πολυαιθυλένιο και ανεπαρκή έσω-έξω σταθερότητα (78).

4.2.7 Ανατομικές προσεγγίσεις ολικής αρθροπλαστικής για διατήρηση των χιαστών συνδέσμων

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, ο Dr. Townley σχεδίασε την ανατομική εκδοχή μίας κονδυλικής αρθροπλαστικής του γόνατος (98, 99). Η συγκεκριμένη πρόθεση από τσιμέντο ήταν η πρώτη που διασφάλιζε τους χιαστούς συνδέσμους. Το γόνατο του Townley κατασκευάστηκε από την Depuy. Το εμφύτευμα προστάτευε και τους δύο χιαστούς καθώς και τις μη συμμορφούμενες επιφάνειες με μεγάλο εύρος επαφής και αντικατεστημένη τροχήλια. Σταδιακά, ξεκίνησε και η αρθροπλαστική της επιγονατίδας οδηγώντας στην

δημιουργία του πρώτου εμφυτεύματος αρθροπλαστικής επιγονατίδας. Κύριο πρόβλημα της πρόθεσης ήταν το λεπτό πολυαιθυλενικό ένθετο με τους μικρούς στυλεούς στερέωσης. Η προστασία των χιαστών στην ανατομική προσέγγιση του Townley οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων άλλων προθέσεων, όπως τα γόνατα Synatomic και AMK, το γόνατο Cloutier, τα γόνατα AGC και Maxim, τα γόνατα Orthomet, το γόνατο Axiom και πολλών άλλων σχεδίων για την εξασφάλιση των οπίσθιων χιαστών συνδέσμων (88).



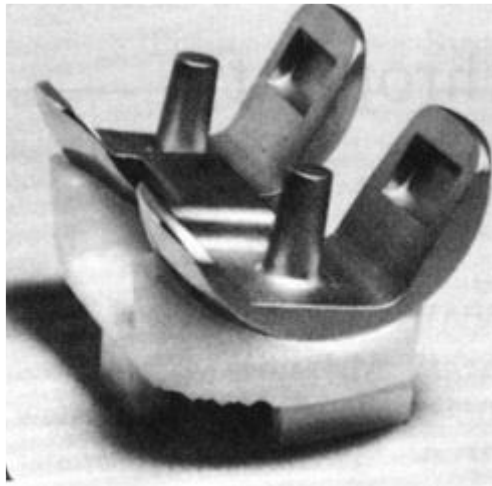
Εικόνα 4.4: Ανατομική πρόθεση γόνατος (88).

4.2.8 Πρόθεση Geomedic

Η πρόθεση Geomedic σχεδιάστηκε την τριετία 1970-1973 από μία ομάδα χειρουργών (Mark Coventry, Roderick Turner, Gerald Finerman, Lee H. Riley και Jackson Upshaw) σε συνεργασία με μηχανικούς της εταιρείας Howmedica (Robert Averill). Θεωρούσαν ότι η συμμόρφωση κνημιαίου και μηριαίου σχεδίου θα μειώσει δραστικά την πολυαιθυλενική ένδυση. Η πρόθεση διασφάλιζε την λειτουργία και των δύο χιαστών αλλά δεν προχωρούσε σε αρθροπλαστική της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης, με αποτέλεσμα οι μηριαίοι κόνδυλοι να προσδένονται μόνο ο ένας με τον άλλο με μία στενή μεταλλική ράβδο. Το εξάρτημα της κνήμης είχε διάφορους στυλεούς για την βελτίωση της στερέωσης αλλά η κνημιαία απώλεια

παρέμενε ακόμα σημαντικό πρόβλημα. Το γόνατο Geomedic εμφυτεύθηκε για πρώτη φορά το 1971 (78).

Παρά το γεγονός ότι το Geomedic οδήγησε στην δημιουργία νέων προθέσεων, όπως το Geometric II, το Geopatellar, το Geotibial και το Cloutier, τελικά η χρήση του διακόπηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 (88).



Εικόνα 4.5: Το γόνατο Geomedic (80).

4.2.9 Επικαλυμμένη με πορώδες πρόθεση γόνατος

Το 1978, οι Dr. David Hungerford και Robert V. Kenna (και αργότερα ο Dr. Kenneth Krackow) σχεδίασαν την πρώτη επικαλυμμένη με πορώδες ολική πρόθεση γόνατος χωρίς τσιμέντο (Porous Coated Anatomical, PCA) (100, 101). Το PCA κατασκευάστηκε από την North American Medishield και αργότερα από την Howmedica.



Εικόνα 4.6: Το γόνατο PCA (porous coated anatomical) [88].

Η συγκεκριμένη πρόθεση διασφάλιζε την λειτουργία των οπίσθιων χιαστών συνδέσμων και υφίστατο θερμική κατεργασία για την μεταλλική ενίσχυση και των τριών εξαρτημάτων που την αποτελούσαν. Αυτό το γόνατο-ορόσημο μειονεκτούσε κυρίως λόγω της πολυαιθυλενικής ένδυσης, της δυσαρμονικής οστικής ενδοανάπτυξης και της αυξημένης πολυαιθυλενικής ένδυσης της επιγονατίδας. Μολαταύτα, το PCA ήταν ένα σχέδιο-σταθμός, καθώς δεν ήταν μόνο το πρώτο επικαλυμμένο με πορώδες εμφύτευμα χωρίς τσιμέντο, αλλά εισήγαγε επίσης το πρώτο καθολικό σύστημα οργανολογίας για την μέτρηση της εκτομής στην αρθροπλαστική γόνατος (88).

5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ (NAVIGATION) ΟΛΙΚΗΣ ΑΡΘΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΓΟΝΑΤΟΣ

5.1 Εισαγωγή

Η χρήση συστημάτων πλοήγησης στην ολική αρθροπλαστική γόνατος (ΤΚΑ) εισήχθη αρχικά για να βελτιώσει την ακρίβεια ευθυγράμμισης της εμφυτευόμενης πρόθεσης, με το σκεπτικό ότι θα μπορούσε να βοηθήσει χειρουργούς με μικρή εμπειρία στο να εκτελέσουν πιο ακριβείς χειρισμούς ή να άρει τους ήδη υπάρχοντες περιορισμούς των οργανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνταν στην ολική αρθροπλαστική γόνατος (102, 103).

Τις τελευταίες δεκαετίες, τα συστήματα πλοήγησης έχουν βελτιωθεί ως προς την ακρίβεια και πολλές μελέτες έχουν διεξαχθεί για την ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτής της τεχνικής στην ολική αρθροπλαστική γόνατος. Οι υπέρμαχοι της χρήσης της συγκεκριμένης τεχνικής επικαλούνται πλεονεκτήματα ως προς την βελτιωμένη ακρίβεια ευθυγράμμισης του σκέλους και προσανατολισμού των προθετικών στοιχείων, την μείωση της απώλειας αίματος και την χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης ενδοκρανιακών μικροεμβολικών επεισοδίων συγκριτικά με την συμβατική χειρουργική (104).

Ο δείκτης βιωσιμότητας για ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μοντέρνες τεχνικές ολικής αρθροπλαστικής γόνατος έχει αναφερθεί ότι κυμαίνεται στο 80-95% μετά από 10 χρόνια παρακολούθησης (105, 106). Κύριος παράγοντας αποτυχίας είναι η κακή ευθυγράμμιση του μηχανικού άξονα (102, 107). Η σχετικά πρόσφατη εισαγωγή συστημάτων πλοήγησης έχει οδηγήσει σε βελτιώσεις της μετεγχειρητικής μηχανικής ευθυγράμμισης (108, 109, 110, 111, 112). Μολαταύτα, τα δημοσιευμένα αποτελέσματα δεν είναι ξεκάθαρα ως προς τα ευεργετικά λειτουργικά αποτελέσματα από την χρήση των συστημάτων πλοήγησης (113).

5.2 Ιστορική ανάπτυξη των συστημάτων πλοήγησης στην ολική αρθροπλαστική γόνατος

Το πρώτο σύστημα πλοήγησης για ολική αρθροπλαστική γόνατος αναπτύχθηκε τον Ιανουάριο του 1997 στην Γαλλία από τους F. Picard και D. Saragaglia μετά από μελέτη σε πτώματα (114, 115, 117). Εν συνεχεία, οι ανωτέρω ερευνητές ξεκίνησαν μία προοπτική τυχαιοποιημένη μελέτη συγκρίνοντας τις υποβοηθούμενες από υπολογιστή χειρουργικές τεχνικές (Computer-Assisted Surgery, CAS) με την συμβατική χειρουργική σε δείγμα 50 ασθενών. Ο μετεγχειρητικός μηχανικός άξονας ήταν $181.2^{\circ} \pm 2.72^{\circ}$ στην CAS ομάδα ασθενών και $179.04^{\circ} \pm 2.53^{\circ}$ στην συμβατική ομάδα, με μία στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ της CAS ομάδας και ελάττωση των ακραίων τιμών. Ο μηχανικός άξονας ήταν πρακτικά μεταξύ των 177° και 183° στο 75% των ασθενών της συμβατικής ομάδας και στο 84% της CAS ομάδας (115). Οι μελετητές αναφέρουν στα συμπεράσματα ότι οι υποβοηθούμενες από υπολογιστή χειρουργικές επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος παρέχουν εντυπωσιακά αξιόπιστα αποτελέσματα και ότι *«μόλις διορθωθούν τα αδύναμα σημεία αυτής της νέας τεχνικής, όλοι οι χειρουργοί θα μπορούν να αναμένουν βελτίωση της τοποθέτησης των προθετικών εμφυτευμάτων»* (104).

Σε προοπτική μελέτη των Bathis et al., διενεργήθηκε σύγκριση ενός μη απεικονιστικού συστήματος πλοήγησης με συμβατικές μεθόδους χρησιμοποιώντας έναν ενδομυελικό μηριαίο οδηγό και ένα εξωμυελικό κνημιαίο ικρίωμα. Ανέφεραν ότι ο μετεγχειρητικός μηχανικός άξονας κυμαινόταν στις 3° ραιβότητα ή βλαισότητα στο 96% των περιπτώσεων πλοήγησης συγκριτικά με το 78% των συμβατικών περιπτώσεων (108).

Σε έτερη μελέτη των Chauchan et al., πραγματοποιήθηκε σύγκριση τεχνικών CAS και συμβατικών τεχνικών σε 70 ασθενείς, οι οποίοι επέλεξαν τυχαία μία από τις δύο μεθόδους. Όλοι οι ασθενείς αξιολογήθηκαν μετεγχειρητικά με τομογραφική απεικόνιση μέσω H/Y και παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της ευθυγράμμισης των συστατικών στοιχείων μέσω της χρήσης CAS τεχνικών αναφορικά με την μηριαία ραιβότητα/βλαισότητα ($p = 0.032$), μηριαία περιστροφή ($p = 0.001$), κνημιαία ραιβότητα/βλαισότητα ($p = 0.047$), κνημιαία οπίσθια κλίση ($p = 0.0001$), κνημιαία περιστροφή ($p = 0.011$) και μηριαία-κνημιαία ασυμφωνία ($p = 0.037$). Οι μελετητές ανέφεραν ότι η CAS τεχνική απαιτεί περισσότερο χρόνο (μέση αύξηση 13 λεπτά) συγκριτικά με την συμβατική τεχνική, ενώ η απώλεια αίματος ήταν σημαντικά χαμηλότερη (118).

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα διαφορετικών τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμαστικών μελετών ως προς την σύγκριση της μετεγχειρητικής μηχανικής γωνίας (M.A) σε συμβατική και μη απεικονιστική CAS αρθροπλαστική γόνατος (104).

Ερευνητές	Έτος δημοσίευσης	M.A > 3° (n/N)*		M.A > 2° (n/N)*	
		CAS	Συμβατική	CAS	Συμβατική
Saragaglia	2001	4/25	6/25	10/25	11/25
Sparmann	2003	0/120	16/120	3/120	27/120
Chauchan	2004	5/34	10/30	11/34	11/30
Bathis	2004	3/80	18/80	15/80	32/80
Stulberg	2006	21/38	19/40	30/38	30/40
Pang	2009	2/35	9/35	7/35	17/35
Choong	2009	7/57	21/54	/	/

*n: αριθμός γονάτων, N: συνολικός αριθμός γονάτων

Οι περισσότερες μελέτες μετα-ανάλυσης υποδεικνύουν σαφή βελτίωση στον προσανατολισμό των συστατικών στοιχείων και μία καλύτερη αποκατάσταση της μηχανικής ευθυγράμμισης των άκρων μετά την χρήση CAS τεχνικών (119). Σε λιγότερες δημοσιεύσεις υποστηρίζεται ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πλοηγούμενη ΤΚΑ και στην συμβατική ΤΚΑ (120).

Σε αναφορά των Kim et al. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα διμερών διαδοχικών ολικών αρθροπλαστικών γόνατος σε 160 ασθενείς (320 γόνατα). Το ένα γόνατο αποκαταστάθηκε με ένα μη απεικονιστικό σύστημα πλοήγησης και το άλλο συμβατικά χωρίς πλοήγηση. Οι μελετητές ερεύνησαν τις περιπτώσεις με ακτινολογική και αξονική τομογραφική απεικόνιση για τον προσδιορισμό της ευθυγράμμισης των προθετικών στοιχείων. Τα αποτελέσματα της απεικόνισης και του αριθμού των ακραίων τιμών για όλες τις ακτινολογικές παραμέτρους δεν εμφάνιζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων (121). Η μετεγχειρητική ευθυγράμμιση σκέλους (μηροκνημιαία γωνία) ξεπέρασε τις 3ο ραιβότητας/βλαισότητας μόνο στο 18% (122) των ασθενών που χειρουργήθηκαν με συμβατική τεχνική και περίπου στο 21% (154) των ασθενών που χειρουργήθηκαν με σύστημα πλοήγησης.

5.3 Ταξινόμηση των συστημάτων πλοήγησης

Τα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης μέσω H/Y πρέπει να ικανοποιούν τους εξής στόχους (124):

- Να διασφαλίζουν την βέλτιστη τοποθέτηση της πρόθεσης στα τρία επίπεδα (πρόσθιο, οβελιαίο, οριζόντιο).
- Να διασφαλίζουν την βελτιστοποίηση της ισορροπίας των συνδέσμων.
- Να διατηρούν την σταθερότητα της άρθρωσης.

Αρχικά, τα συστήματα πλοήγησης πρέπει να διαχωριστούν στα ενεργητικά και παθητικά υπολογιστικά συστήματα σύμφωνα με τους Picard et al. (125).

Τα ενεργητικά υπολογιστικά συστήματα (robots) είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν την συνολική χειρουργική διαδικασία όπως αυτή διεξάγεται μέσω της συμβατικής προσέγγισης. Η χρήση τόσο περίπλοκων συστημάτων είναι βιώσιμη μόνο αν η εγκατάσταση και οι λειτουργίες κατά την διάρκεια της χειρουργικής διαδικασίας μπορούν να τελεσθούν εντός εύλογου χρονικού διαστήματος (126).

Τα συστήματα εντοπισμού για τις CAS διεργασίες απαιτούν άριστη και μόνιμη σταθεροποίηση του οργάνου. Δύο είναι τα προσφάτως διαθέσιμα συστήματα εντοπισμού, ο ανιχνευτής μαγνητικού πεδίου και ο οπτικός ανιχνευτής.

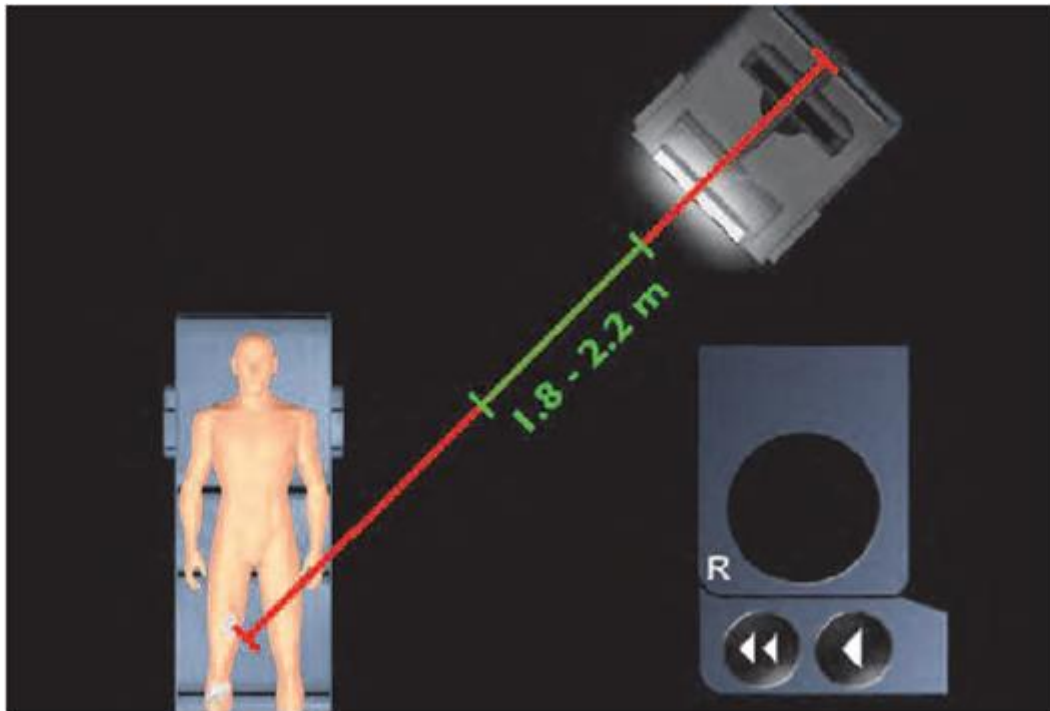
Τα συστήματα μαγνητικού εντοπισμού είναι σχεδιασμένα με σκοπό την δημιουργία κυλινδρικού πεδίου διαμέτρου περίπου 80cm, το οποίο λαμβάνεται από συλλέκτες (δυναμικά πλαίσια αναφοράς, DRFs) που προσαρμόζονται στα όργανα ή στο οστό. Το συγκεκριμένο σύστημα δεν απαιτεί ειδική θέση για την χειρουργική ομάδα γύρω από τον ασθενή ή ανάμεσα στο σύστημα και στους συλλέκτες. Μολαταύτα, το σύστημα εισάγει το πρόβλημα των μεταλλικών επιπτώσεων. Η αποτυχία του σχετίζεται με την χρήση σιδηρομαγνητικών οργάνων στην συμβατική τεχνική, όπως άγκιστρα, διαστολείς οστών, σφυριά και τρυπάνια καθώς και κινητά τηλέφωνα και ρολόγια χειρός. Σε μελέτη των Lionberger et al. για τα διάφορα προβλήματα της ηλεκτρομαγνητικής τεχνολογίας, επισημαίνεται η περιορισμένη παραμόρφωση του τιτανίου, του κοβαλτίου-χρωμίου και ορισμένων υλικών από ανοξείδωτο χάλυβα. Επιπρόσθετα, το λογισμικό είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο που πιθανόν να εισάγει «*off-σήμα*» πριν ακόμα μπορέσει να παραχθεί η πηγή αστάθειας ή ανακρίβειας του σήματος. Ενδεχομένως, οι συλλέκτες που συνδέονται με το υπολογιστικό σύστημα μέσω

καλωδίων να αποτελούν πρόβλημα κατά την διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης (104, 127).

Τα οπτικά συστήματα με χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι οι πλέον διαδεδομένες μέθοδοι σύνδεσης μεταξύ του χειρουργικού πεδίου και του υπολογιστή. Αυτά συνιστώνται από δύο ή τρεις αισθητήρες κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας, οι οποίοι ανιχνεύουν την θέση των ενεργητικών ή παθητικών καταγραφέων που βρίσκονται εμφυτευμένοι στο σκέλος μέσω συμπαγών δομών ή ειδικού οργάνου.

Οι ενεργητικοί καταγραφείς των άκρων χρησιμοποιούν συστήματα που διαθέτουν διόδους οπτικής εκπομπής (light emitting diodes, LED), οι οποίες στέλνουν παλμικό φως στον οπτικό εντοπιστή. Αντιθέτως, οι παθητικοί καταγραφείς των άκρων χρησιμοποιούν ανακλώμενες σφαίρες που βρίσκονται τοποθετημένες στη συμπαγή δομή. Προσφάτως, νέοι καταγραφείς είναι διαθέσιμοι, οι οποίοι αποτελούνται από ανακλώντες δίσκους που συνδέονται από κοινού σε γωνιακή διάταξη. Πιθανά σφάλματα στην ανίχνευση των δεδομένων μπορεί να οφείλονται στην αρκετά κοντινή απόσταση δύο εντοπιστών.

Το πλεονέκτημα των οπτικών συστημάτων είναι η ακριβής ανίχνευση χωρίς πιθανή παραμόρφωση της πληροφορίας, ενώ τα κύρια μειονεκτήματα έχουν να κάνουν συνήθως με το υλικό επένδυσης των ανακλώντων σφαιρών, τον όγκο της υπέρυθρης κάμερας στο χειρουργείο και την απαραίτητη προσαρμογή της θέσης του προσωπικού του χειρουργείου ως προς το σύστημα μέχρις ότου οι συλλέκτες εντοπιστούν από την κάμερα (104).



Εικόνα 5.1: Σταθμός εργασίας, αποτελούμενος από οθόνη απεικόνισης και αισθητήρες κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι καταγραφείς πρέπει να βρίσκονται πάντοτε στην ίδια ευθεία με την κάμερα (128).



Εικόνα 5.2: Ενεργητικοί οπτικοί καταγραφείς και ενδο-χειρουργική ευθυγράμμιση των μηριαίων και κνημιαίων τμημάτων (104).

5.3.1 Απεικονιστικά συστήματα πλοήγησης

Η χρήση συσκευών απεικόνισης προαπαιτεί την απόκτηση προεγχειρητικών μορφολογικών δεδομένων, τα οποία είναι δυνατό να ληφθούν από δύο διαφορετικές πηγές. Η πρώτη πηγή είναι η προεγχειρητική απεικόνιση μέσω υπολογιστικής (αξονικής) ή μαγνητικής τομογραφίας (Computer Tomography-CT scan ή Magnetic Resonance Imaging-MRI). Η δεύτερη πηγή είναι η διεγχειρητική ακτινοσκοπική απεικόνιση, η οποία τελείται εντός του χειρουργείου κατά την διάρκεια της επέμβασης. Η συγκεκριμένη απεικόνιση απαιτεί ειδικά τροποποιημένη μονάδα ακτινοσκόπησης με σχετικά μεγάλο όγκο και δυσκολία διεγχειρητικών χειρισμών.

Η απεικόνιση με αξονικό τομογράφο επιτρέπει την τρισδιάστατη ανάπλαση της οστικής μορφολογίας, αν και αποτελεί πιθανώς το πιο χρονοβόρο βήμα για τον χειρουργό. Από την άλλη πλευρά η απεικόνιση με μαγνητικό τομογράφο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λήψη πληροφοριών σχετικά με τη δομή των μαλακών ιστών όχι όμως και για τον καθορισμό των οστικών περιοχών ενδιαφέροντος.

Το κύριο πλεονέκτημα των απεικονιστικών συστημάτων πλοήγησης είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις ακραίων παραμορφώσεων, όπως η πώρωση κατάγματος σε πλημμελή θέση και σε ορισμένες οστικές νόσους, όπως η νόσος Paget. Μολαταύτα, το κύριο μειονέκτημα είναι η επιτακτική λήψη προεγχειρητικής αξονικής τομογραφίας, η οποία αυξάνει τα νοσοκομειακά κόστη και αποτελεί πηγή ακτινοβολίας για τους ασθενείς (129).

Παρά το γεγονός ότι οι συσκευές απεικόνισης εμφανίζουν χρησιμότητα για την επανορθωτική χειρουργική γόνατος, προς το παρόν έχουν τεθεί στο περιθώριο καθώς απαιτούν πλήθος βημάτων χωρίς να παρέχουν σημαντικά οφέλη (104).

5.3.2 Μη απεικονιστικά συστήματα πλοήγησης

Τα μη απεικονιστικά οπτικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν υπέρυθη ακτινοβολία, αποτελούν την ευρύτερα διαδεδομένη μέθοδο σύνδεσης μεταξύ του χειρουργείου και του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα συγκεκριμένα συστήματα χρησιμοποιούν είτε οπτικές συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας είτε ηλεκτρομαγνητικές συσκευές, οι οποίες ανιχνεύουν την θέση των ενεργητικών ή παθητικών δεικτών που έχουν εμφυτευθεί στο πόδι. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι η ικανότητά του να παρέχει άμεσα πληροφορίες αναφορικά με την *in vivo* κινηματική της άρθρωσης, επιτρέποντας με αυτό τον

τρόπο στον χειρουργό να ποσοτικοποιήσει τα δεδομένα, να έχει στην διάθεση του δυναμική ενδοχειρουργική πληροφορία και να ανακτά πιο αναπαραγωγίμα αποτελέσματα (104).

Πρώτο βήμα αποτελεί ο εντοπισμός των σημαντικών οστικών σημείων: το κέντρο της μηριαίας κεφαλής, το κέντρο του γόνατος και του αστραγάλου είναι τα κύρια σημεία προς ταυτοποίηση. Η ένωση αυτών των τριών σημείων ορίζει τον μηχανικό άξονα των κάτω άκρων. Οι διαθέσιμες μέθοδοι για τον ορισμό αυτών των σημείων είναι οι εξής (104):

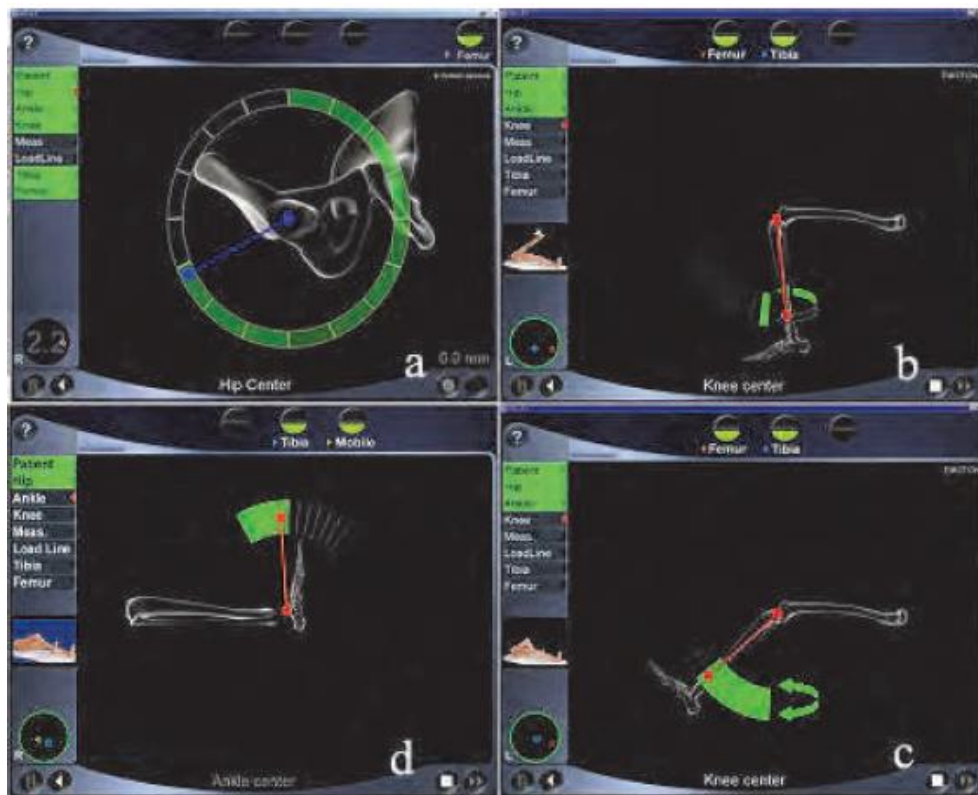
- Το κέντρο της μηριαίας κεφαλής εντοπίζεται μέσω κινηματικής ανάλυσης της άρθρωσης του ισχίου. Απαιτείται παθητική κινητοποίηση του ισχίου για τον προσδιορισμό του κέντρου χωρίς σημείο αναφοράς στην λαγόνια ακρολοφία.
- Το κέντρο του γόνατος μπορεί να ορισθεί με δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος βασίζεται στην κινηματική ανάλυση, η οποία απαιτεί παθητική κινητοποίηση του γόνατος. Ο δεύτερος τρόπος στηρίζεται στον ορισμό των κρίσιμων ανατομικών σημείων (δηλαδή την μεσοκονδύλια τροχιακή εντομή και το πρόσθιο κνημιαίο πλατώ) (130).
- Το κέντρο του αστραγάλου προσδιορίζεται επίσης με δύο μεθόδους: κινηματική ανάλυση του αστραγάλου κατά την διάρκεια της παθητικής κίνησης ή καταγραφή των ανατομικών σημείων του έσω και έξω σφυρού.

Δύο τύποι πληροφορίας μπορούν να δοθούν μέσω των μη απεικονιστικών συστημάτων, σε δύο ή τρεις διαστάσεις (3D). Στα δισδιάστατα συστήματα είναι διαθέσιμοι μόνο οι άξονες στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο. Στα 3D συστήματα, η ψηφιοποίηση των ανατομικών δομών επιτρέπει την ανάπλαση ενός σχεδόν πλήρους άπω μηριαίου ή εγγύς κνημιαίου οστού με την χρήση είτε στατιστικά αναδιαμορφωμένων οστικών δομών είτε πλήρως επανασχεδιασμένων οστικών δομών από την απευθείας ψηφιοποίηση.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος είναι η αποφυγή έκθεσης σε ακτινοβολία, ενώ τα μειονεκτήματά του σχετίζονται με τον επιπρόσθετο χρόνο που απαιτείται για την χειρουργική επέμβαση και τις ασαφείς πληροφορίες που λαμβάνονται αναφορικά με την περιστροφική θέση των εμφυτευμάτων (115, 131, 132).

Τα πρώτα αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί από τα ανωτέρω συστήματα είναι ενθαρρυντικά (115, 133, 134, 154). Σε μία τυχαίοποιημένη μελέτη οι Saragaglia et al σύγκριναν τα αποτελέσματα 25 γονάτων χειρουργημένων με μία συμβατική τεχνική και 25 γονάτων χειρουργημένων με το σύστημα πλοήγησης Orthopilot®. Παρατηρήθηκε συχνότερη ικανοποιητική ευθυγράμμιση στο μετωπιαίο επίπεδο (3^ο ραιβότητα και 3^ο βλαισότητα του

μηχανικού άξονα) στους ασθενείς που χειρουργήθηκαν με το σύστημα πλοήγησης (84% έναντι 75% της συμβατικής τεχνικής).



Εικόνα 5.3: Εντοπισμός του κέντρου των αρθρώσεων του ισχίου (a), του γόνατος (b, c) και του αστραγάλου (d) (104).

Σε έτερη περιπτώσιολογική μελέτη ελέγχου, οι Jenny et al. σύγκριναν την εμφύτευση 60 προθέσεων με το σύστημα Orthopilot® και 60 προθέσεων που εμφυτεύθηκαν με μία συμβατική τεχνική. Με το σύστημα πλοήγησης, 53 από τις 60 προθέσεις παρουσίασαν επιτυχημένη ευθυγράμμιση συγκριτικά με τις 43 προθέσεις που χειρουργήθηκαν με το συμβατικό σύστημα (154).

Οι Tigani et al. ανέλυσαν τα δεδομένα 123 ασθενών που υποβλήθηκαν σε ολική αρθροπλαστική γόνατος (TKA) υποβοηθούμενη από Η/Υ και σύγκριναν αναδρομικά δύο διαφορετικές τεχνικές TKA (εξισορρόπηση οστικού χάσματος και μετρηθείσα εκτομή) αξιοποιώντας διαφορετικά συστήματα πλοήγησης. Οι μελετητές ανέφεραν σημαντική βελτίωση ως προς την δυνατότητα δημιουργίας μηχανικής ευθυγράμμισης στις $180^{\circ} \pm 3^{\circ}$ στο μετωπιαίο επίπεδο (135).

5.4 Το σύστημα πλοήγησης Orthopilot®

5.4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Τα κύρια εξαρτήματα (Εικόνα 5.4) του συστήματος πλοήγησης OrthoPilot® είναι τα εξής:

- Σύστημα συρόμενου εξοπλισμού με μετασχηματιστή απομόνωσης (1)
- Σύστημα κάμερας: Υπέρυθρη κάμερα (2), μονάδα ελέγχου (τοποθετημένα στο σύστημα συρόμενου εξοπλισμού).
- Αισθητήρες IR (3).
- Σύστημα Η/Υ: Σταθμός εργασίας, οθόνη, πληκτρολόγιο και ποντίκι (τοποθετημένα στο σύστημα συρόμενου εξοπλισμού).
- Ποδόπληκτρο ελέγχου (4).

Η ενδοχειρουργική καταγραφή των κινηματικών δεδομένων επιτρέπει στον Η/Υ να προσδιορίσει τον άξονα φόρτισης των κάτω άκρων, η θέση του οποίου στην συνέχεια καθορίζει την τοποθέτηση της πρόθεσης του γόνατος. Ο χειρουργός καταγράφει τις σχετικές ανατομικές δομές ψηλαφώντας αυτές. Με αυτό τον τρόπο, η βάση και η θέση του εμφυτεύματος μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια, διασφαλίζοντας τον εντοπισμό της θέσης των block κοπής.

Τα ειδικά όργανα OrthoPilot® είναι εξοπλισμένα με προσαρμογείς για τους αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η τεχνολογία πλοήγησης επιτρέπει την τοποθέτηση των οργάνων με ακρίβεια χιλιοστού και μοίρας. Τα όργανα είναι εξοπλισμένα με εξαιρετικά ακριβείς μηχανισμούς ρύθμισης για το βάθος της εκτομής, την μετωπιαία και οβελιαία γωνίωση και περιστροφή (136).



Εικόνα 5.4: Το σύστημα πλοήγησης OrthoPilot® (136).

Το λογισμικό OrthoPilot® μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του εκάστοτε χρήστη με τους ακόλουθους τρόπους (136):

- Χρήση μόνο ενεργητικών αισθητήρων υπέρυθρης ακτινοβολίας. Κάθε ενεργητικός IR αισθητήρας είναι εξοπλισμένος με έξι διόδους που εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία. Για την εύρεση της ακριβούς θέσης του αισθητήρα τουλάχιστον τρεις από τις διόδους πρέπει να είναι «ορατές» από την κάμερα.
- Χρήση μόνο παθητικών αισθητήρων υπέρυθρης ακτινοβολίας. Κάθε παθητικός IR αισθητήρας είναι εξοπλισμένος με τέσσερα κάτοπτρα που ανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία. Για τον υπολογισμό της ακριβούς θέσης του αισθητήρα, όλα τα κάτοπτρα πρέπει να είναι «ορατά» από την κάμερα.
- Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση ακουστικής ανάδρασης και μηνυμάτων.
- *Σε περιπτώσεις περιορισμένου εύρους κίνησης ή δυσκολίας μετακίνησης, είναι απαραίτητη η χρήση εναλλακτικής μεθόδου για την ανάκτηση των δεδομένων από το κέντρο του ισχίου, η οποία προϋποθέτει την εγκατάσταση βάσης αναφοράς στη λαγόνια ακρολοφία.*

- *Απενεργοποίηση της ανάκτησης των κινηματικών δεδομένων για την άρθρωση του αστραγάλου (η ακριβής ψηλάφηση είναι κύριας σημασίας σε περιπτώσεις δύσκαμπτων αρθρώσεων).*
- *Δεύτερο σημείο αναφοράς για το βάθος της εκτομής πάνω στην κνημιαία κεφαλή.*
- *Ψηλάφηση των επικονδυλίων ως αναφορά για την περιστροφή της μηριαίας πρόθεσης.*
- *Απεικόνιση του βάθους της εκτομής (μηρός).*
- *Απεικόνιση των διαφορετικών βημάτων (ως ενίσχυση της «μνήμης» του χειρουργού).*
- *Παρακολούθηση της μηχανικής, έξω, άπω μηριαίας γωνίας με την χρήση ακτινολογικών δεδομένων.*

5.4.1.1 Προετοιμασία του ασθενούς

Για την πλοηγούμενη ολική αρθροπλαστική γόνατος είναι απαραίτητος ο επαρκής προεγχειρητικός σχεδιασμός βάσει των εξής ακτινογραφιών (136):

- Κάτω άκρα. Πρέπει να μετρηθεί η γωνία ανάμεσα στην μηριαία γραμμή της άρθρωσης και τον μηχανικό μηριαίο άξονα.
- Άρθρωση γόνατος σε προσθιοπίσθια προβολή: Γόνατο σε έκταση, κεντραρισμένο υπεράνω της άπω επιγονατίδας.
- Άρθρωση γόνατος σε πλάγια προβολή: Γόνατο σε 30° κάμψη, κεντραρισμένο υπεράνω της άπω επιγονατίδας.
- Εφαπτομενική απεικόνιση της επιγονατίδας: Γόνατο σε 30° κάμψη, κεντραρισμένο υπεράνω της άπω επιγονατίδας.

5.4.1.2 Τοποθέτηση του εξοπλισμού και της κάμερας

Το συρόμενο σύστημα πρέπει να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε ο χειρουργός να διακρίνει καθαρά και ανεμπόδιστα την οθόνη. Η κάμερα πρέπει να βρίσκεται στην πλευρά του ασθενούς που δεν πρόκειται να χειρουργηθεί, σε απόσταση περίπου 2m από το γόνατο που πρόκειται να υποστεί την επέμβαση.

Η ακριβής θέση της κάμερας προσδιορίζεται προεγχειρητικά και μπορεί να ρυθμίζεται οποιαδήποτε στιγμή διεγχειρητικά, εκτός από την περίοδο καταγραφής των δεδομένων για το κέντρο του ισχίου (136).



Εικόνα 5.5: Τοποθέτηση του εξοπλισμού και της κάμερας (136).

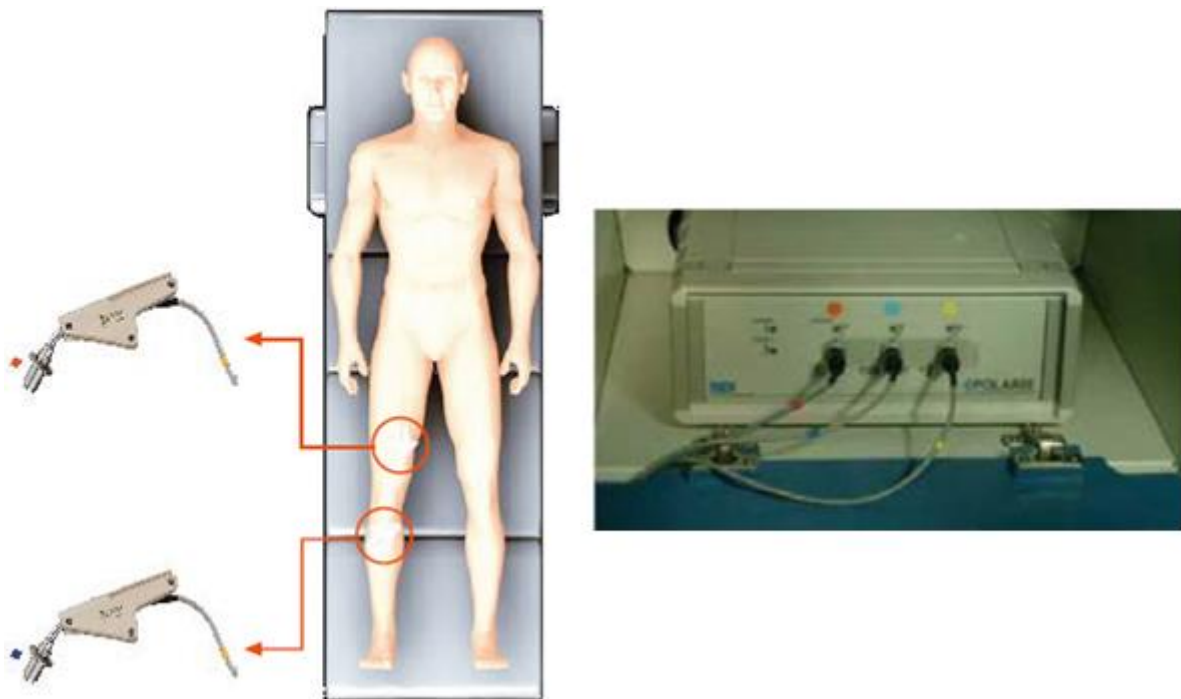
5.4.1.3 Τοποθέτηση βιδών και ενσφήνωση των αισθητήρων

Οι αισθητήρες σταθεροποιούνται στον μηρό και στην κνήμη (και αν είναι απαραίτητο και στην λεκάνη) με βίδες 4,5mm και περίβλημα στήριξης. Η υποδοχή ενσφήνωσης του

αισθητήρα IR πρέπει να τοποθετηθεί έτσι ώστε ο συνδεδεμένος αισθητήρας να παραμένει ορατός από την κάμερα σε κάθε μηριαία θέση διεγχειρητικά. Για παράδειγμα, η υποδοχή ενσφήνωσης μπορεί να τοποθετηθεί σε γωνία 90° ως προς τον άξονα του μηριαίου στυλεού και $30-45^\circ$ ως προς τον κατακόρυφο άξονα. Το ίδιο ισχύει αντίστοιχα για την υποδοχή ενσφήνωσης του αισθητήρα IR στην κνήμη, η οποία για παράδειγμα μπορεί να τοποθετηθεί σε γωνία 90° ως προς τον άξονα του κνημιαίου στυλεού και $45-60^\circ$ έσω του κατακόρυφου άξονα (136).



Εικόνα 5.6: Για την αποφυγή έντονων συσπάσεων από τους μαλακούς ιστούς, η σταθεροποίηση της βίδας, για την τοποθέτηση των αισθητήρων IR, πρέπει να λάβει χώρα με το πόδι σε 45° κάμψη περίπου (136).



Εικόνα 5.7: Σύνδεση των τριών πομπών IR. Μηριαίος (κόκκινο), κνημιαίος (μπλε) και κνητός (κίτρινο) [136].

Οι αισθητήρες IR πρέπει να τοποθετηθούν έτσι ώστε να μην καλύπτονται ούτε να παρεμποδίζονται κατά την διάρκεια του χειρουργείου και οι δίοδοι υπερύθρου ή τα κάτοπτρα μπροστά από κάθε πομπό να αντικρίζουν την κάμερα. Η ακριβής ευθυγράμμιση των υποδοχέων ενσφήνωσης διασφαλίζει ότι οι αισθητήρες θα είναι «ορατοί» από την κάμερα.

Τα καλώδια των ενεργητικών αισθητήρων IR είναι έγχρωμα στις απολήξεις τους. Οι παθητικοί IR αισθητήρες σημειώνονται με μία έγχρωμη κουκκίδα. Ο επισημασμένος με κίτρινο χρώμα αισθητήρας επισυνάπτεται στο αντίστοιχο όργανο ή προαιρετικά στο λαγόνιο οστό. Ο κόκκινος αισθητήρας επισυνάπτεται στην μηριαία πλευρά και ο μπλε αισθητήρας στην κνήμη.

Όταν γίνεται χρήση των ασύρματων παθητικών αισθητήρων IR, τα όργανα ανιχνεύονται αυτομάτως μέσω της κάμερας.



Εικόνα 5.8: Δείγματα αισθητήρων IR [136].

5.4.1.4 Ευθυγράμμιση της κάμερας

Ο δρομέας ευθυγραμμίζει την κάμερα, σύμφωνα με τις οδηγίες του χειρουργού, με τέτοιο τρόπο ώστε όλοι οι αισθητήρες να βρίσκονται εντός της περιοχής κάλυψης του φακού της κάμερας. Όλοι οι αισθητήρες πρέπει να είναι ανιχνεύσιμοι καθ' όλη την διάρκεια του χειρουργείου, με το πόδι σε κάμψη, έκταση, προσαγωγή ή απαγωγή (136).

Η κάμερα πρέπει να είναι τοποθετημένη έτσι ώστε να αντικρίζει το πόδι που πρόκειται να χειρουργηθεί, σε μία απόσταση 2m περίπου από το γόνατο, σε μία γωνία περίπου 45ο ως προς τον επιμήκη άξονα του ασθενούς και περίπου στο ύψος του ώμου. Η κάμερα μπορεί να ανιχνεύσει τους IR αισθητήρες σε αποστάσεις 1,40 – 2,40m.

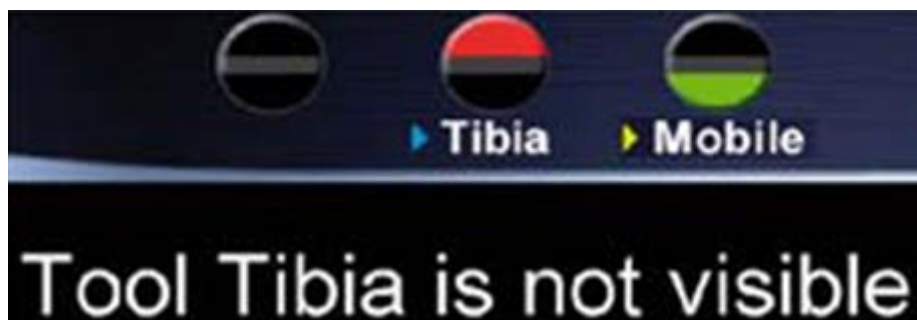
Ο μικρός κύκλος στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης δείχνει την σχετική θέση των IR αισθητήρων εντός της περιοχής εστίασης του φακού της κάμερας. Οι IR αισθητήρες που

είναι ενεργοί και εντός της περιοχής κάλυψης της κάμερας απεικονίζονται ως κόκκινες (μηριαίος), κίτρινες (κινητός, δείκτης) και μπλε (κνημιαίος) με το γράμμα P, F, M ή T αντίστοιχα. Αν ένας IR αισθητήρας δεν απεικονίζεται ως έγχρωμη κουκκίδα, τότε αυτό σημαίνει ότι δεν ανιχνεύεται από την κάμερα εκείνη την χρονική στιγμή. Ένας πράσινος κύκλος γύρω από το μαύρο χρώμα της κυκλικής περιοχής δείχνει την βέλτιστη απόσταση μεταξύ της κάμερας και των αισθητήρων. Ο κύκλος αυτός απεικονίζεται σε κάθε βήμα της χειρουργικής διαδικασίας, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η ευθυγράμμιση της κάμερας σε κάθε στάδιο της επέμβασης (Εικόνα 5.9).



Εικόνα 5.9: Διαδικασία ευθυγράμμισης της κάμερας (1) [136].

Μία πράσινη επισήμανση κοντά στην άνω άκρη της οθόνης χρησιμεύει ως ένας πρόσθετος δείκτης ότι η κάμερα μπορεί να καταγράψει τους IR αισθητήρες. Αν η επισήμανση είναι γκρι με ένα ερωτηματικό σύμβολο, αυτό σημαίνει ότι ένας IR αισθητήρας, που ήταν απαραίτητος στο συγκεκριμένο στάδιο, δεν έχει συνδεθεί ακόμα (Εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10: Διαδικασία ευθυγράμμισης της κάμερας (2) [136].

5.4.2 Διαδικασία της χειρουργικής επέμβασης

5.4.2.1 Βαθμονόμηση των κάτω άκρων

Ο προσδιορισμός του μηχανικού άξονα του ποδός γίνεται με βάση τρία σημεία: τα κέντρα της μηριαίας κεφαλής (**H**), του γόνατος (**K**) και του αστραγάλου (**A**). Τα τρία αυτά σημεία βρίσκονται πάνω σε μία ευθεία γραμμή όταν το πόδι βρίσκεται σε έκταση.

Για την ταυτοποίηση του κέντρου της μηριαίας κεφαλής είναι απαραίτητη η ενσφήνωση των συμπαγών σωμάτων επί της πρόσθιας άνω λαγόνιας ακρολοφίας και του περιφερικού άκρου του μηριαίου οστού. Ο αισθητήρας εισάγεται στο μηριαίο οστό μέσω της ίδιας τομής που προορίζεται για την εμφύτευση. Το άνω σκέλος περιστρέφεται και μετακινείται μέσω κάμψης και έκτασης, επιτρέποντας τον υπολογισμό του κέντρου της μηριαίας κεφαλής από την κάμερα και τις διόδους υπερύθρου φωτός (137). Χρωματική αλλαγή στα πεδία της οθόνης επιβεβαιώνει ότι τα σημεία έχουν καταγραφεί. Από την στιγμή που έχουν καταγραφεί επαρκή δεδομένα για τον ακριβή προσδιορισμό του κέντρου της μηριαίας κεφαλής, το πρόγραμμα περνά αυτομάτως στο επόμενο βήμα. Αν η ποιότητα των δεδομένων είναι ακατάλληλη, εμφανίζεται μήνυμα στην οθόνη και η διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί (Εικόνα 5.11).



Εικόνα 5.11: Βαθμονόμηση των κάτω άκρων (1) [136].



Εικόνα 5.12: Βαθμονόμηση των κάτω άκρων (2) [136].

Το κέντρο του αστραγάλου ταυτοποιείται με προσαρμογή ενός αισθητήρα στο εγγύς άκρο της κνήμης μέσω της διαδικασίας της εμφύτευσης, και ενός δεύτερου αισθητήρα τοποθετημένου επί μίας μεταλλικής πλάκας ενσφηνωμένης επί του αυχένου του αστραγάλου. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται μία τομή στο οστό του αστραγάλου. Η εκτέλεση κινήσεων κάμψης, έκτασης, ραιβότητας ή βλαισότητας επιτρέπει τον προσδιορισμό του κέντρου της άρθρωσης του αστραγάλου μέσω της κάμερας και των διόδων υπερύθρου. Όταν έχει καταγραφεί επαρκής αριθμός δεδομένων (σχεδόν όλα τα πεδία στην οθόνη πρέπει να γίνουν πράσινα), το λογισμικό περνά στο επόμενο βήμα του προγράμματος (Εικόνα 5.12).



Εικόνα 5.13: Βαθμονόμηση των κάτω άκρων (3) [136].

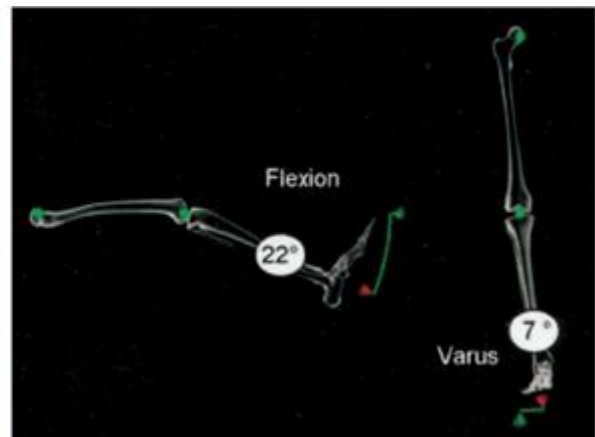
Ο προσδιορισμός του κέντρου της άρθρωσης του γόνατος είναι δυνατό να διεξαχθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει ψηλάφηση του ανατομικού σημείου στο επίπεδο του μηριαίου και κνημιαίου οστού με το γόνατο ανοιχτό. Ο δεύτερος τρόπος περιλαμβάνει υπολογισμό του περιστροφικού κέντρου βάρους αναζητώντας το σημείο στο μηριαίο οστό. Οι κινήσεις κάμψης και έκτασης δίνουν τον άξονα κάμψης και έκτασης, ενώ η περιστροφή του κνημιαίου οστού στις 90° κάμψης δίνει έναν δεύτερο άξονα. Το σημείο στο οποίο αυτοί οι δύο άξονες τέμνονται σημειώνεται ως το κέντρο της περιστροφής του γόνατος. Για την ταυτοποίηση του κέντρου, τα συμπαγή σώματα ενσφηνώνονται πρώτα επί του άνω μηριαίου οστού και του εγγύς κνημιαίου οστού. Μετά τις κινήσεις κάμψης και έκτασης και της περιστροφής σε 90° κάμψη, το κέντρο του γόνατος υπολογίζεται με χρήση της κάμερας και των διόδων υπερύθρου (137). Όταν τα σήματα και των δύο IR αισθητήρων (κνημιαίου και μηριαίου) δείχνουν πράσινα και παραμένουν πράσινα ενώ το κάτω άκρο κάμπτεται και εκτείνεται, μπορεί να ξεκινήσει η καταγραφή των δεδομένων για τον υπολογισμό του κέντρου του γόνατος (Εικόνα 5.13).

5.4.2.2 Ψηλάφηση του οστικού περιγράμματος

Το ύψος εκτομής καθορίζεται μέσω ψηλάφησης του υγιούς κνημιαίου πλατώ. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση του δείκτη και του κινητού στελέχους που είναι τοποθετημένο σε αυτό. Αυτό επιτρέπει τον υπολογισμό της οπίσθιας κλίσης της κνήμης, αν υπάρχει, εντός του ύψους εκτομής. Επίσης, λαμβάνει υπόψη τον εκτιμηθέντα χώρο στο επίπεδο του οπίσθιου και όχι του προσθίου χιαστού συνδέσμου, κάτι που αποτελεί κλασσική παγίδα της συμβατικής χειρουργικής.

Ψηλάφηση του μηριαίου οστού (οπίσθια επιφάνεια των έσω και έξω κονδύλων και του πρόσθιου φλοιού του άνω ορίου της τροχιλίας) προσδιορίζει το μέγεθος της πρόθεσης και ορίζει το αντίστοιχο αρθρικό κέντρο.

Η ψηλάφηση του αστραγάλου περιλαμβάνει και το κεντρικό του σημείο, υποστηρίζοντας με αυτό τον τρόπο την κινηματική ταυτοποίηση του κέντρου της άρθρωσης. Το έσω και έξω σφυρό και το κεντρικό σημείο της άρθρωσης του αστραγάλου πρέπει να ψηλαφηθούν.



Εικόνα 5.14: Αριστερά: Ψηλάφηση του αστραγάλου, Δεξιά: Αποτύπωση του μηχανικού άξονα στην οθόνη. Σε αυτή την περίπτωση: 7° ραιβότητα σε 22° κάμψη (137).

Η ταυτοποίηση των σημείων **H**, **K** και **A** οδηγεί και στον καθορισμό του μηχανικού άξονα του κάτω άκρου, ο οποίος μπορεί να συγκριθεί με την προεγχειρητική γωνιομέτρηση. Επιπρόσθετα, καθορίζεται το μέγεθος της πρόθεσης και αποτυπώνεται στην οθόνη (137).

Ο χειρουργός μπορεί να προκαλεί μετατοπίσεις προς τα έσω ή προς τα έξω (ραιβότητα ή βλαισότητα) τοποθετώντας το γόνατο υπό φόρτιση για την διεξαγωγή γωνιομέτρησης. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να εξετασθεί η επαναληψιμότητα και να

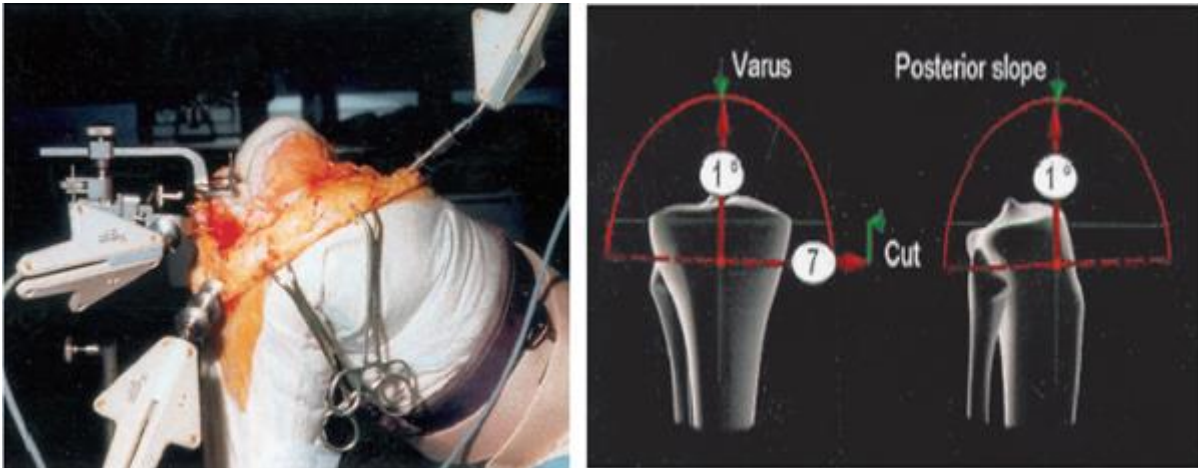
διαπιστωθεί εκ των προτέρων αν θα είναι απαραίτητη η απελευθέρωση των περιφερικών μαλακών ιστών. Το σύστημα επιτρέπει επίσης δυναμική γωνιομέτρηση, η οποία σε συνδυασμό με την απόκλιση ραιβότητας ή βλαισότητας μπορεί να εκτιμηθεί στις 30° κάμψη (θέση βάδισης) και στις 90° κάμψη. Αυτό δίνει μία ένδειξη για την περιστροφή της σφαιρικής κεφαλής του μηριαίου οστού, ιδιαίτερα όταν εφαρμόζεται συστηματική εξωγενής περιστροφή στο μηριαίο εμφύτευμα κατά την διάρκεια των συμβατικών επεμβάσεων (137).

5.4.2.3 Τοποθέτηση των blocks κοπής

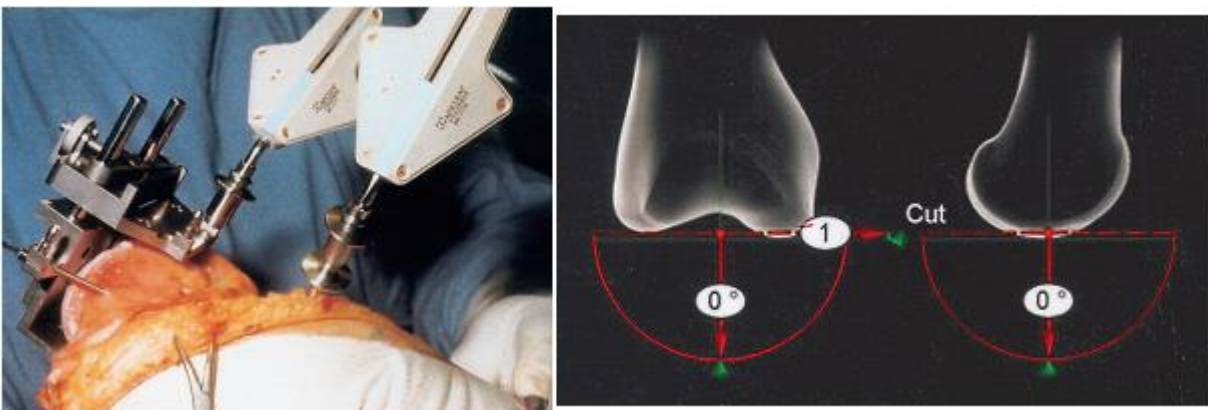
Το κνημιαίο block κοπής είναι τοποθετημένο σε ένα στέλεχος στήριξης, το οποίο επιτρέπει την προσαρμογή ραιβότητας-βλαισότητας, ύψους οστεοτομίας και οπίσθιας κλίσης. Το block κοπής ενσωματώνει πομπό και τοποθετείται εμπροσθεν της κνήμης και ενσφηνώνεται πάνω στο οστό με τέσσερις ακέφαλες βίδες μέχρι να εμφανιστούν οι ορθές ενδείξεις στην οθόνη. Για εμάς αυτό σημαίνει: 0° ραιβότητα-βλαισότητα, 0° οπίσθια κλίση και ύψος εκτομής 8-10mm, σύμφωνα με το πάχος της πλάκας του κνημιαίου προθετικού εξαρτήματος. Μετά την προσαρμογή των blocks κοπής, το στέλεχος στήριξης απομακρύνεται και το κνημιαίο οστό εκτέμεται με παλίνδρομο αεροπρίονο (137).

Το μηριαίο block κοπής με τον ενσωματωμένο πομπό τοποθετείται στην κεφαλή του μηριαίου οστού με το γόνατο σε 90° κάμψη. Η θέση του ρυθμίζεται πρώτα στο οβελιαίο επίπεδο χωρίς έκταση ή κάμψη. Μόλις εμφανισθεί η ορθή θέση στην οθόνη, το block κοπής ενσφηνώνεται πάνω στο οστό με τέσσερις ακέφαλες βίδες. Η οστεοτομία των κονδύλων του μηριαίου οστού και η ευθυγράμμιση στο μετωπιαίο επίπεδο επιτυγχάνονται με την βοήθεια ενός πρόσθετου μπλοκ κοπής, το οποίο τοποθετείται στο πρώτο μπλοκ κοπής με την χρήση δύο κινητών μεταλλικών στηλών (137).

Το πρόσθετο μηριαίο μπλοκ κοπής τοποθετείται κάθετα ως προς το μετωπιαίο επίπεδο και προσαρμόζεται στο οστό με ακέφαλες βίδες. Πριν την εκτέλεση της οστεοτομίας απομακρύνεται η βοηθητική οργανολογία. Η οστική ευθυγράμμιση των κάτω άκρων έχει υπολογιστεί από τον H/Y ενώ η εμφύτευση της πρόθεσης γίνεται με την χρήση κλασσικής οργανολογίας, ειδικά για τις πρόσθιες και οπίσθιες εκτομές και τις λοξοτμήσεις. Η κνημιαία περιστροφή είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί σε αυτό το στάδιο με βάση την σφαιρική περιστροφή του μηριαίου οστού.



Εικόνα 5.15: Αριστερά: Κνημιαίο block κοπής συνδεδεμένο με πομπό. Δεξιά: Οι ρυθμίσεις για την εκτομή του κνημιαίου οστού φαίνονται στην οθόνη (ραιβότητα-βλαισιότητα, ύψος εκτομής και κνημιαία κλίση) (137).



Εικόνα 5.16: Αριστερά: Μηριαίο block κοπής συνδεδεμένο με πομπό. Δεξιά: Ρυθμίσεις ραιβότητας-βλαισιότητας και κάμψης-έκτασης του μηριαίου εξαρτήματος (137).

Κατά την διάρκεια της δοκιμαστικής εμφύτευσης, ο Η/Υ ελέγχει τον άξονα του κάτω άκρου σε έκταση, θέση βάδισης και 90° κάμψη, την ισορροπία των συνδέσμων κατά την φόρτιση σε ραιβότητα και βλαισιότητα και τον έσω και έξω βαθμό ανοίγματος. Η ύπαρξη ισορροπίας των συνδέσμων συμπεραίνεται όταν οι έσω και έξω πλευρές δεν διαφέρουν περισσότερο από 2-3°. Αν η διαφορά είναι μεγαλύτερη, κρίνεται απαραίτητη η προοδευτική απελευθέρωση των συνδέσμων μέχρι την επίτευξη ισορροπίας (το έσω άνοιγμα να είναι ίσο με το έξω άνοιγμα). Ο άξονας του κάτω άκρου μπορεί επίσης να ελεγχθεί κατά την διάρκεια της οριστικής εμφύτευσης. Αυτό ορισμένες φορές επιτρέπει την απομάκρυνση περίσσειας τσιμέντου έσω ή έξω, κάτι που μπορεί να μεταβάλλει τον άξονα του κάτω άκρου κατά 1-2° (1mm τσιμέντο = 1°) (137).

5.4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος πλοήγησης OrthoPilot

Τα μειονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση του συστήματος OrthoPilot είναι τα εξής (137):

1. Η δημιουργία εισόδου για την προσαρμογή του αισθητήρα πάνω στην κορυφή της πυέλου αποτελεί επιπρόσθετη χειρουργική διαδικασία που μπορεί να οδηγήσει σε επιπλοκές (αιμάτωμα, λοίμωξη, υπολειμματικός πόνος, ουλή). Εκτός από τη σχετικά αθέατη ουλή στους ηλικιωμένους ασθενείς, οι πιθανότητες εμφάνισης επιπλοκών είναι αρκετά μικρές. Μολαταύτα, η χρήση της έκδοσης λογισμικού 3.0 επιτρέπει τα ίδια επίπεδα αξιοπιστίας παραλείποντας τη διαδικασία αναφοράς στην κορυφή της πυέλου.
2. Μεγάλο χρονικό διάστημα επέμβασης. Με χρήση του συστήματος OrthoPilot και με συνοδευτικό εξοπλισμό δεύτερης γενιάς είναι δυνατό να υποδιπλασιαστεί η μέση απώλεια χρόνου (10-15 λεπτά) και η συνολική διάρκεια της επέμβασης να κινηθεί σε αποδεκτά πλαίσια (75-90min για έναν έμπειρο χειρουργό).
3. Δυσκολίες κατά την ταυτοποίηση του κεντρικού σημείου του γόνατος όταν υπάρχει σοβαρή παραμελημένη οστεοαρθρίτιδα με διαρρηχθέντα οπίσθιο χιαστό σύνδεσμο και έντονη χαλάρωση των πλαγίων συνδέσμων, καθώς και οπίσθια-έσω ή οπίσθια-έξω φθορά. Δοκιμές επί πτωμάτων έδειξαν ότι η εκτομή του πρόσθιου ή/και του οπίσθιου χιαστού συνδέσμου έχει μικρή επίδραση στο κέντρο περιστροφής του γόνατος. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνεται επίσης από κλινικά αποτελέσματα μετά από διόρθωση σημαντικών δυσμορφιών σε διαρρηχθέντα πρόσθιο χιαστό σύνδεσμο με την βοήθεια H/Y (δύο περιπτώσεις με **HKA** γωνία 162°, τελικό αποτέλεσμα 177°, και μία περίπτωση με **HKA** γωνία 210° και τελικό αποτέλεσμα 181°).

Τα πλεονεκτήματα χρήσης του συστήματος πλοήγησης OrthoPilot είναι τα εξής (137):

1. Η απουσία περίπλοκων απεικονιστικών διεργασιών (2D και 3D) προσδίδουν στην τεχνική ένα σημαντικό οικονομικό πλεονέκτημα (απαιτείται μόνο χρήση ακτίνων-X).
2. Ο μόνιμος προσανατολισμός ως προς τον μηχανικό άξονα των κάτω άκρων και η ταυτοποίηση των κέντρων στροφής του ισχίου, του γόνατος και του αστραγάλου είναι κλασσικές και προσφιλείς έννοιες για τον ορθοπαιδικό χειρουργό.

3. Ο χειρουργός ελέγχει κάθε στιγμή τα εργαλεία και την ορθή λειτουργία του συστήματος πλοήγησης. Μολαταύτα, η χειρουργική εμπειρία σε συμβατικές επεμβάσεις αρθροπλαστικής είναι απολύτως απαραίτητη. Το ύψος της κνημιαίας εκτομής, η εξισορρόπηση των συνδέσμων, η συγκράτηση της επιγονατίδας μέσα στην τροχλία και η αρθροπλαστική της επιγονατιδικής επιφάνειας είναι διεργασίες που δεν είναι δυνατόν να βασίζονται σε αυτοσχεδιασμούς και απαιτούν αυξημένη εμπειρία.
4. Ο άμεσος διεγχειρητικός προσδιορισμός του μηχανικού άξονα των κάτω άκρων ανοίγει νέους ορίζοντες. Χάρη στο σύστημα πλοήγησης OrthoPilot μπορεί να επιτευχθεί ο μηχανικός άξονας μέχρι το τέλος της επέμβασης σε πραγματικό χρόνο και χωρίς γωνιομετρικό έλεγχο. Επίσης, είναι δυνατός ο έλεγχος για το αν η άρθρωση του γόνατος διαθέτει φυσιολογικό προσανατολισμό (υπολειμματική παραμόρφωση ραιβότητας ή βλαισότητας).
5. Μπορεί να καθοριστεί η ένταση των πλαγίων συνδεσμικών στοιχείων έσω και έξω και η παραμόρφωση ραιβότητας ή βλαισότητας μέχρι 90-100° κάμψης. Στις κλασσικές τεχνικές, όλες οι ανωτέρω μέθοδοι είναι προσεγγιστικές ή υποκειμενικές ή απίθανο να διεξαχθούν, όπως για παράδειγμα η παραμόρφωση ραιβότητας ή βλαισότητας κατά την κάμψη.

5.5 Ρομποτικά συστήματα πλοήγησης σε φάση εξέλιξης

Η χρήση ρομποτικής τεχνολογίας αναβαθμίζει σημαντικά την ακρίβεια της πλοηγούμενης τοποθέτησης του εμφυτεύματος με την χρήση 3D δεδομένων κατά την διάρκεια του προεγχειρητικού σχεδιασμού, σε συνδυασμό με την ρομποτικά ελεγχόμενη μηχανική ακρίβεια κατά την πορεία εκτέλεσης της επέμβασης. Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει στον χειρουργό να ξεκινήσει με ένα καλύτερο πλάνο τοποθέτησης του εμφυτεύματος και μειώνει τα αναπόφευκτα περιθώρια σφάλματος, τα οποία συνδέονται με την χειροκίνητη προετοιμασία των οστικών επιφανειών από τον χειρουργό με ή χωρίς πλοήγηση (138, 139). Σειρά κλινικών αποτελεσμάτων δείχνει ότι οι ρομποτικά υποβοηθούμενες ορθοπαιδικές επεμβάσεις μπορούν να αυξήσουν αποτελεσματικά και με ασφάλεια την ορθότητα και ακρίβεια της αρθροπλαστικής γόνατος χωρίς την εμφάνιση σημαντικών ανεπιθύμητων επιπτώσεων (140).

Παρά το γεγονός των σημαντικών πλεονεκτημάτων, υπάρχει ακόμη αρκετός χώρος για την βελτίωση των ρομποτικών συστημάτων. Το σύστημα CASPAR δεν κατασκευάζεται πλέον ούτε χρησιμοποιείται σε κλινικές εφαρμογές, ενώ τα συστήματα Sculptor RGA, MAKO RIO και ROBODOC χρησιμοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα. Πιθανώς, το πιο σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης ρομποτικά υποβοηθούμενων συστημάτων είναι η αύξηση του χρόνου του χειρουργείου. Το σύστημα ROBODOC αυξάνει σημαντικά τον χρόνο του χειρουργείου αν συγκριθεί με χειροκίνητα συστήματα (141, 142). Επίσης, τα ρομποτικά συστήματα MAKO RIO και Sculptor RGA αυξάνουν τον χρόνο του χειρουργείου λόγω της πλοήγησης και άλλων διαδικασιών (π.χ. burring) (143, 144, 145).

Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένα από τα ανωτέρω ρομποτικά συστήματα έχουν εμφανίσει τεχνικά προβλήματα κατά την διάρκεια της κλινικής τους χρήσης. Οι Chun et al. εξέτασαν τις πιθανές αιτίες που μπορούν να οδηγήσουν σε ματαίωση της αρθροπλαστικής με χρήση του συστήματος ROBODOC. Από 100 διαδοχικά σχεδιασμένες αρθροπλαστικές, οι χειρουργοί ματαίωσαν 22 περιπτώσεις για μία σειρά από λόγους (π.χ. αποτυχία καταχώρησης, ζητήματα του χώρου εργασίας του ρομπότ και πιθανή βλάβη στον επιγονατιδικό τένοντα). Από τις ματαιωθείσες επεμβάσεις, μόνο μία οδήγησε σε επιπτώσεις που περιελάμβαναν μερική βλάβη του επιγονατιδικού τένοντα (146). Ομοίως, τα ανωτέρω ζητήματα αφορούν και άλλα ρομποτικά συστήματα. Σε μελέτη του Sinha, αναφέρεται αποτυχημένη καταγραφή του κνημιαίου οστού στις 37 πρώτες περιπτώσεις (147).

Επιπροσθέτως, το κόστος των συγκεκριμένων συστημάτων είναι σημαντικό σε ορισμένες περιπτώσεις. Το αρχικό κεφαλαιακό κόστος του εξοπλισμού των ρομποτικών συστημάτων μπορεί να ξεπεράσει τα 800.000\$ (148). Επίσης, τα κόστη αναλωσίμων ανά επέμβαση είναι υψηλότερα σε σχέση με αυτά των συμβατικών διεργασιών. Ορισμένα από αυτά τα επιπρόσθετα κόστη μπορούν να μετριασθούν καθώς το ακριβές μέγεθος του εμφυτεύματος είναι γνωστό πριν την έναρξη του χειρουργείου. Μολαταύτα, το συνολικό κόστος εκτέλεσης αυτών των συστημάτων παραμένει σε γενικές γραμμές υψηλό (140).

Τα ρομποτικά συστήματα είναι δυνατόν να επηρεάσουν τον σχεδιασμό εμφυτευμάτων στο μέλλον. Για παράδειγμα, είναι διαθέσιμα πλέον στοχευμένα εμφυτεύματα για κάθε ασθενή καθώς και η αντίστοιχη οργανολογία. Ο σχεδιασμός τους βασίζεται στα ιδιαίτερα ανατομικά χαρακτηριστικά του ασθενούς. Μολαταύτα, η διεπιφάνεια οστού-εμφυτεύματος για αυτά τα συστήματα σχεδιάζεται ακόμα ώστε να συμβαδίζει με τα παραδοσιακά εργαλεία, όπως πριόνια, φρέζες, γλύφανα. Από την άλλη πλευρά, τα ρομποτικά συστήματα, ιδιαίτερα τα ενεργητικά συστήματα, δύνανται να παρέχουν μία υψηλής

ακριβείας επιφάνεια σχεδίασης, κάτι που είναι πρακτικά αδύνατο με την χρήση παραδοσιακών εργαλείων. Με αυτόν τον τρόπο, τα εμφυτεύματα μπορούν να σχεδιαστούν με διάφορες χειρουργικές προσεγγίσεις ή διαφορετικές μεθόδους ενσφίνωσης, οι οποίες παρέχουν καλύτερη αρχική σταθερότητα χωρίς την χρήση τσιμέντου (140).

Η ανάπτυξη λιγότερο επεμβατικών μεθόδων, με την χρήση ρομποτικών συστημάτων, μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτερους χρόνους ανάρρωσης και αυξημένη μετεγχειρητική λειτουργικότητα του ασθενούς. Τα ρομποτικά συστήματα διαθέτουν την δυνατότητα να λειτουργούν διενεργώντας μικρότερες τομές σε σχέση με τα παραδοσιακά όργανα, δεδομένης της ικανότητας προσχεδιασμού της οδού κοπής σε ένα ενεργητικό σύστημα ή περιορισμού της μετακίνησης του κόπτη σε ένα ημιενεργητικό σύστημα. Αυτό μπορεί να προστατεύσει τους μαλακούς ιστούς πέριξ της άρθρωσης, γεγονός που βοηθά στην μετεγχειρητική ανάρρωση και ανακούφιση του ασθενούς (140).

Η ρομποτική υποβοήθηση μπορεί να βελτιώσει αισθητά την ακρίβεια της τοποθέτησης και προσαρμογής των εμφυτευμάτων στην αρθροπλαστική γόνατος. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να καταστήσουν την ρομποτική υποβοήθηση ως το χρυσό πρότυπο (gold standard) για όλες τις αρθροπλαστικές τεχνικές, καθώς η εκτομή των οστών βασίζεται σε κοινό προεγχειρητικό πλάνο ανεξάρτητο της γεωμετρίας του οστού. Τα ρομποτικά συστήματα υποβοήθησης ορθοπαιδικής χειρουργικής πλέον δύνανται να βελτιώνουν την δυνατότητα του χειρουργού να εκτελέσει το προεγχειρητικό του πλάνο. Αν και τα κλινικά αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί για την χρήση ρομποτικών συστημάτων στην ΤΚΑ είναι παρόμοια με αυτά που έχουν αναφερθεί για τις συμβατικές μεθόδους χειρουργικής, η ανάπτυξη πιο ευαίσθητων συστημάτων μέτρησης, όπως το νέο Σύστημα Βαθμολόγησης της Εταιρείας Γόνατος (149) ή η ανάλυση βάδισης μπορούν να αναδείξουν τα πλεονεκτήματα που δεν είναι ορατά με την χρήση των πρόσφατων μεθόδων αξιολόγησης. Στο μέλλον, οι χειρουργοί θα είναι σε θέση να αποκαθιστούν τις αρθρώσεις του γόνατος μέσω ακόμα μικρότερων τομών ακριβείας, σχεδιασμένων με ρομποτική υποβοήθηση, καθιερώνοντας με αυτό τον τρόπο τα ρομποτικά συστήματα πλοήγησης στην αρθροπλαστική (140).

6 ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

6.1 Εισαγωγή

Η ολική αρθροπλαστική γόνατος αποτελεί το “*gold standard*” στην αντιμετώπιση της επίμονης γοναλγίας σε ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα (πρωτοπαθή ή δευτεροπαθή). Το ιδανικό εύρος κίνησης, η εξάλειψη του πόνου και η ιδανική αξονική ευθυγράμμιση του σκέλους είναι οι επιθυμητοί στόχοι και εξαρτώνται άμεσα από την χειρουργική τεχνική. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το λειτουργικό αποτέλεσμα, όπως και την διάρκεια επιβίωσης των εμφυτευμάτων, είναι η αξονική ευθυγράμμιση της άρθρωσης και του σκέλους και ο σωστός προσανατολισμός των επιφανειών φόρτισης των εμφυτευμάτων. Η καθοδηγούμενη με ηλεκτρονικό υπολογιστή χειρουργική τεχνική έχει αναπτυχθεί με σκοπό την μικρότερη δυνατή απώλεια οστού σε συνδυασμό με την ακριβέστερη τοποθέτηση των εμφυτευμάτων και απώτερο σκοπό το βέλτιστο λειτουργικό αποτέλεσμα, την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και την πρόληψη της χαλάρωσης της πρόθεσης.

6.2 Υπόθεση

Στην παρούσα τυχαιοποιημένη μελέτη διερευνάται ο τρόπος τοποθέτησης των εμφυτευμάτων, η αξονική ευθυγράμμιση του σκέλους και η συνδεσμική εξισορρόπηση της άρθρωσης μετά από συμβατική και μετά από καθοδηγούμενη με σύστημα πλοήγησης ολική αρθροπλαστική γόνατος.

6.3 Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της μελέτης περιελάμβανε:

- Την αναλυτική καταγραφή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με εφαρμογή συμβατικών χειρουργικών τεχνικών και με εφαρμογή χειρουργικών τεχνικών καθοδηγούμενων με σύστημα πλοήγησης (navigation).
- Την συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με χρήση συμβατικών μεθόδων και συστημάτων πλοήγησης.

6.4 Πληθυσμός της μελέτης

Κατά την διάρκεια του πρώτου έτους εκπόνησης της διατριβής, διαμορφώθηκαν οι ομάδες κλινικού ελέγχου που περιλαμβάνουν ασθενείς με εκφυλιστική αρθροπάθεια του γόνατος. Οι ασθενείς χωρίστηκαν μετά από τυχαίοποιημένη επιλογή σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα συμπεριλήφθηκαν οι ασθενείς που υποβλήθηκαν σε ολική αρthroπλαστική γόνατος καθοδηγούμενη με σύστημα πλοήγησης. Στην δεύτερη ομάδα συμπεριλήφθηκαν οι ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα γόνατος που υποβλήθηκαν σε ολική αρthroπλαστική γόνατος με συμβατική μέθοδο.

Πίνακας 6.1: Δημογραφικά στοιχεία των ασθενών.

	ΟΜΑΔΑ NAVIGATOR	ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
Αριθμός ασθενών	37	22
Ηλικία (έτη)	68,24 ± 6,48	67,32 ± 12,63
Εύρος ηλικιών	55 – 83	22 – 79
Φύλο	Άνδρες (7) Γυναίκες (30)	Άνδρες (5) Γυναίκες (17)
Δεξιό γόνατο	18	15
Αριστερό γόνατο	19	7
Αιματοκρίτης	40,88 ± 3,64	40,33 ± 3,99
Knee outcome survey score	23,92 ± 6,87 (16 – 38)	21,14 ± 5,50 (12 – 31)
Κνημιαία γωνία ραιβότητας	83,00 (4,00)	85,00 (8,00)
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα	7,00 (1,00)	6,00 (1,00)

Από 17/06/2008 και κατά την διάρκεια του πρώτου χρόνου, υπεβλήθησαν σε ολική αρthroπλαστική γόνατος 27 ασθενείς εκ των οποίων οι 16 με την καθοδήγηση συστήματος πλοήγησης και οι υπόλοιποι 11 με συμβατική μέθοδο. Στην ομάδα του συστήματος πλοήγησης συμμετείχαν 14 γυναίκες και 2 άνδρες, ενώ στην ομάδα της συμβατικής μεθόδου συμμετείχαν 8 γυναίκες και 3 άνδρες. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν 67,5 έτη (58-71) στην ομάδα του συστήματος πλοήγησης, ενώ στην ομάδα της συμβατικής μεθόδου ήταν 57,8 (22-76).

Κατά την διάρκεια του δεύτερου χρόνου, χειρουργήθηκαν 7 ασθενείς με την βοήθεια συστήματος πλοήγησης και 7 ασθενείς με συμβατική μέθοδο. Η ομάδα του συστήματος πλοήγησης περιελάμβανε 6 γυναίκες και 1 άνδρα, ενώ στην ομάδα της συμβατικής μεθόδου συμμετείχαν 5 γυναίκες και 2 άνδρες. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν 66,4 έτη (61-76) στην

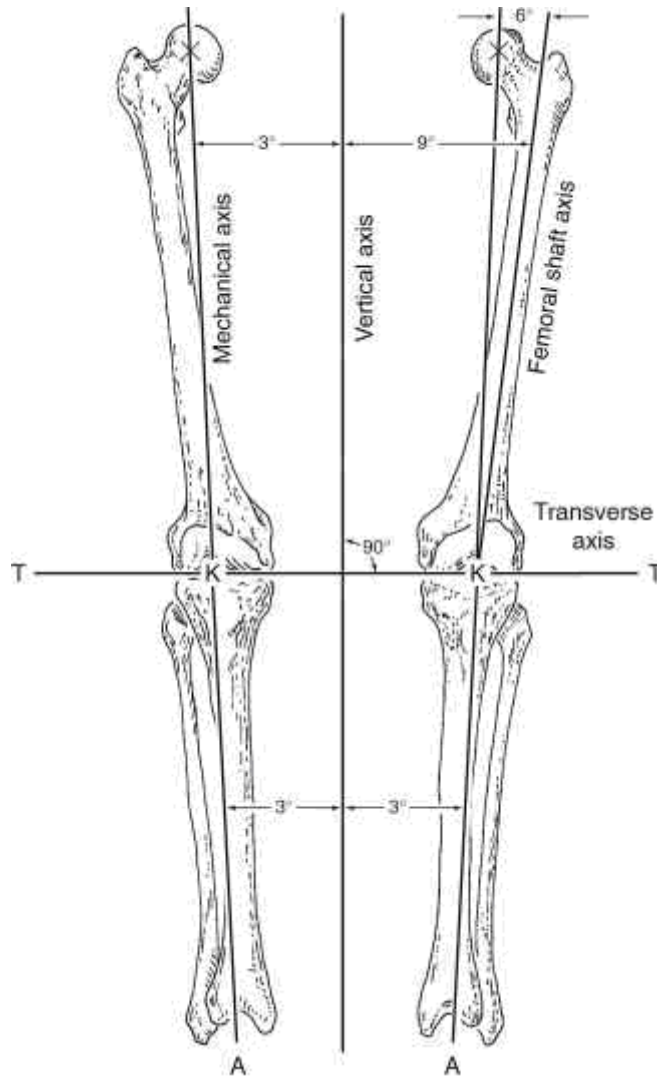
ομάδα του συστήματος πλοήγησης, ενώ στην ομάδα της συμβατικής μεθόδου ήταν 57,8 (22-76).

6.5 Μέθοδοι

6.5.1 Προεγχειρητικές, διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές παράμετροι

Το πρωτόκολλο προεγχειρητικού ελέγχου, εγχειρητικής τακτικής και μετεγχειρητικής παρακολούθησης και αποκατάστασης περιλαμβάνει τα εξής:

- Όλοι οι ασθενείς ελέγχονταν προεγχειρητικά με προσθιοπίσθιες και πλαγιοπλάγιες ακτινογραφίες γόνατος, όπως και με CT Topogram κάτω άκρων από το ισχίο έως και την ποδοκνημική άρθρωση. Ο προεγχειρητικός έλεγχος αποσκοπεί στην διεξοδική μελέτη της έκτασης των δυσμορφιών και της σταθερότητας του γόνατος και στην επιλογή του κατάλληλου μεγέθους των προθεμάτων. Η ευθυγράμμιση της αρθροπλαστικής βασίζεται στο κέντρο του γόνατος (K), στον άξονα διάφυσης του μηριαίου οστού (A), στο κέντρο της ποδοκνημικής (A') και στον εγκάρσιο ανατομικό άξονα του γόνατος (T) (Εικόνα 6.1).
- Η ορθή τομή του μηριαίου γίνεται κάθετα προς τον μηχανικό άξονα του οστού. Στον ενδομυελικό οδηγό προστίθεται η υπολογισμένη προεγχειρητικά γωνία βλαισότητας, ενώ αν αυτό δεν είναι δυνατό προστίθενται 7° για τα ραιβά γόνατα και 5° για τα βλαισά. Αναφορικά με την κνήμη, πραγματοποιείται τομή κάθετα προς τον μηχανικό της άξονα. Η χρήση εξωμυελικού οδηγού βοηθά στην εύκολη αναγνώριση των οδηγών-επιφανειακών σημείων τομής.
- Όλοι οι ασθενείς υπεβλήθησαν σε αναισθησιολογική εκτίμηση προ χειρουργείου. Η νάρκωση ήταν γενική ή ενδοραχιαία κατόπιν απόφασης του αναισθησιολόγου. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν αντιβιοτική αγωγή για 48 ώρες, ηπαρίνη χαμηλού μοριακού βάρους, ανάλογα με τον δείκτη μάζας σώματος για 5 εβδομάδες, και αναλγητικά ανάλογα με την ένταση και διάρκεια του πόνου.



Εικόνα 6.1: Ευθυγράμμιση της αρθροπλαστικής (150).

- Στο χειρουργείο καταγράφονταν η διάρκεια του χειρουργικού χρόνου και της ισχαιμου περιόδου του χειρουργηθέντος σκέλους. Στη συνέχεια οι ασθενείς παρακολουθήθηκαν μετεγχειρητικά με προσθιοπίσθια και πλαγιοπλάγια ακτινογραφία γόνατος την 1^η μετεγχειρητική ημέρα, στους 2 μήνες και στους 6 μήνες, οπότε και επαναλήφθηκε CT Topogram κάτω άκρων.
- Η συσκευή παροχέτευσης (συσκευή αυτομετάγγισης ή redon) αφαιρούνταν 48 ώρες μετά την επέμβαση, ενώ η αυτομετάγγιση γίνονταν 6 ώρες μετεγχειρητικά.
- Οι ασθενείς κινητοποιούνταν την 2^η μετεγχειρητική ημέρα και βάδιζαν με βακτηρίες μασχάλης ή περπατούρα υπό την καθοδήγηση φυσιοθεραπευτή, ενώ λίγες ώρες μετά

το χειρουργείο έκαναν ασκήσεις επί κλίνης. Η φυσιοθεραπεία συνεχιζόταν κατ' οίκον.

- Αλλαγές τραύματος γίνονταν κάθε 1-2 μέρες και τα μεταλλικά clips που χρησιμοποιούνταν για την συρραφή του δέρματος αφαιρούνταν στις 20 μέρες μετεγχειρητικά.
- Επιπρόσθετα, έγινε συγκριτική παρακολούθηση της απώλειας αίματος με καταγραφή του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης την 1^η, 2^η, 5^η και 30^η μετεγχειρητική ημέρα.
- Κατά τον ανωτέρω μετεγχειρητικό έλεγχο, οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε CT Topogram των κάτω άκρων πέραν του απλού ακτινολογικού ελέγχου. Η ακτινολογική αξιολόγηση αποσκοπεί στην εκτίμηση της επιφάνειας επαφής της πρόθεσης με το οστό και μελετά την μεταβολή του άξονα του γόνατος και της θέσης της πρόθεσης. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων, γίνεται χρήση συγκεκριμένων γωνιών με βάση το σύστημα.
- Όλες οι επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο χειρουργό.

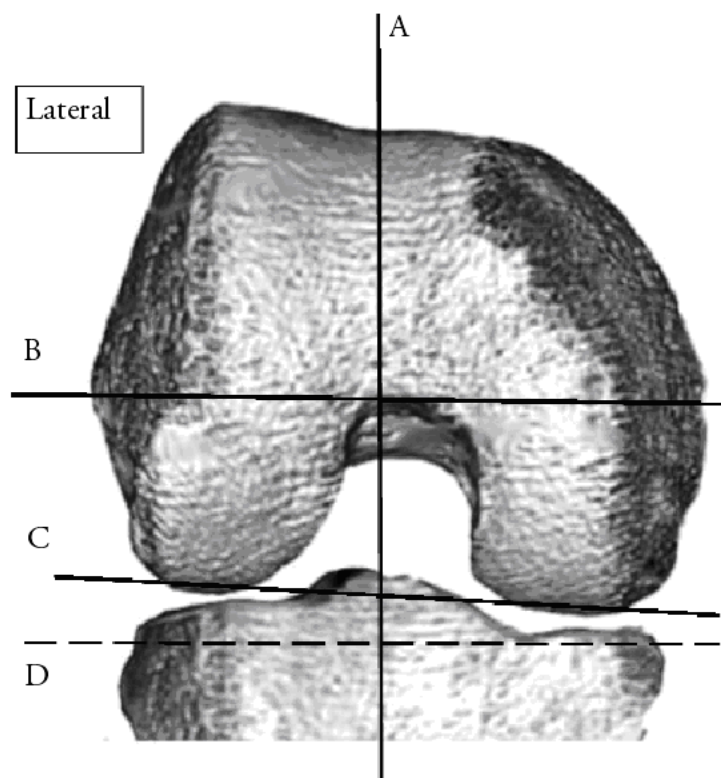
Καταγράφηκαν οι παρεκκλίσεις από την αξονική ευθυγράμμιση του σκέλους, η συνδεσμική εξισορρόπηση της άρθρωσης, η προσθιοπίσθια κλίση (posterior slope) των κνημιαίων γληνών, η θέση του μηριαίου προθέματος και η πρόσθια γραμμή στο μηριαίο πρόθεμα, ώστε να διεξαχθούν πρώιμα συμπεράσματα για τον προσανατολισμό των εμφυτευμάτων, την κατανομή των δυνάμεων στις επιφάνειες φόρτισης και την πρόληψη χαλάρωσης της πρόθεσης.

Για την διαδικασία της ηλεκτρονικής πλοήγησης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Orthopilot της Aescular και η πρόθεση Columbus, ενώ η δεύτερη ομάδα περιελάμβανε αρθροπλαστικές γόνατος που εκτελέστηκαν μόνο με συμβατικά καθοδηγητικά εργαλεία (συμβατικές προθέσεις Advance της Wright στους 10 ασθενείς, NexGen της Zimmer στον έναν ασθενή και First της Zimmer στους 11 ασθενείς).

6.5.2 Χειρουργική τεχνική

Η χειρουργική τεχνική που εφαρμόστηκε στις επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος ήταν η ίδια και για τις δύο ομάδες και μπορεί να συνοψιστεί στα εξής βήματα:

1. Τοποθέτηση ασθενούς σε ύπτια θέση υπό γενική ή ενδοραχιαία αναισθησία και εφαρμογή ισχαιμού περιόδου στο μηριαίο.
2. Η εν τω βάθει προσπέλαση ήταν έσω παρεπιγονατιδική ώστε να επιτυγχάνεται η αποκάλυψη της άρθρωσης του γόνατος.
3. Έλεγχος και καθαρισμός οστεοφύτων επιγονατίδας ή αντικατάστασή της. Πραγματοποιείται αναστροφή της επιγονατίδας και όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάμψη του γόνατος. Ακολουθεί διατομή του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου και αφαίρεση όλων των οστεοφύτων.

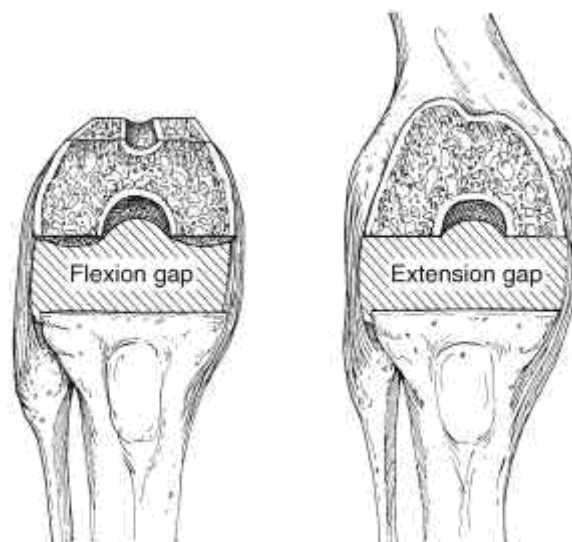


Εικόνα 6.2: Γραμμές αναφοράς διαμόρφωσης του περιφερικού τμήματος του μηριαίου (152). A: Γραμμή Whiteside, B: Επικονδύλιος άξονας, C: Γραμμή οπίσθιων μηριαίων κονδύλων, D: Γραμμή κνημιαίας οστεοτομίας (151).

4. Οστεοτομία μηριαίων κονδύλων: Σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε ενδομυελικός οδηγός για την προετοιμασία του περιφερικού τμήματος του μηριαίου. Ως σταθερό σημείο λαμβανόταν ο πρόσθιος φλοιός του μηριαίου ώστε να διεξαχθεί η οστεοτομία των οπίσθιων μηριαίων κονδύλων σύμφωνα με την προσθιοπίσθια

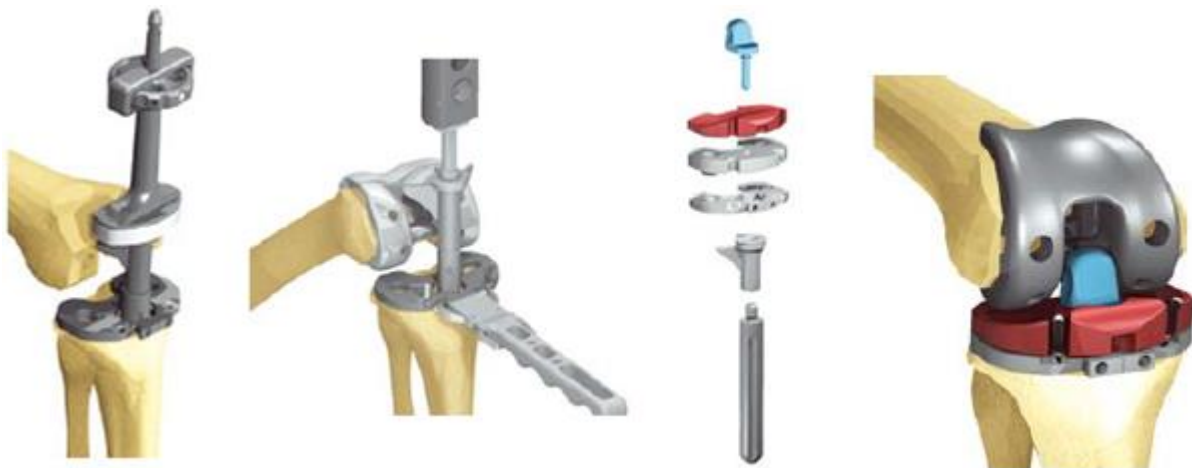
διάμετρο, το σχήμα και τις διαστάσεις των μηριαίων κονδύλων. Η στροφή των μηριαίων κονδύλων επαληθευόταν σύμφωνα με το διαυπερκονδύλιο άξονα ή τη γραμμή του Whiteside (Εικόνα 6.2).

5. Οστεοτομία κνημιαίου πλατώ: Προηγείται η περιχαράκωση της κνημιαίας κατάφυσης του οπισθίου χιαστού συνδέσμου. Η οστεοτομία της κνήμης πραγματοποιήθηκε παράλληλα προς το έδαφος ή σε επίπεδο ελαφρώς κυρτό προς τα πίσω (κλίση 5°). Η ακρίβεια στην οστεοτομία της κνήμης διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την άρθρωση κατά την κάμψη και έκταση. Έτσι, μετά την τοποθέτηση των δοκιμαστικών προθέσεων, διεξαγόταν έλεγχος του άξονα του γόνατος, της τάσης των πλαγίων συνδέσμων και της ακεραιότητας του οπισθίου χιαστού συνδέσμου. Επιπρόσθετα, πραγματοποιούνταν έλεγχος της συμμετρίας του μεσάρθριου διαστήματος κατά την κάμψη και κατά την έκταση (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3: Μετά το πέρας των οστεοτομιών του μηριαίου και του κνημιαίου πλατώ πρέπει το μεσάρθριο διάστημα να έχει τις ίδιες διαστάσεις κατά την κάμψη και έκταση του γόνατος (150).

6. Τοποθέτηση κνημιαίου εμφυτεύματος με τσιμέντο. Η κνημιαία πρόθεση διαθέτει λεία άνω επιφάνεια και κλειδούμενο μηχανισμό για την σταθεροποίηση του ένθετου του πολυαιθυλενίου. Στις προθέσεις που χρησιμοποιήθηκαν, το κνημιαίο πρόθεμα έχει τον κεντρικό στυλεό και δύο πλάγια πτερύγια για ενσφήνωση και ενίσχυση της σταθερότητας και εμφυτεύεται με τσιμέντο (Εικόνα 6.4).



Εικόνα 6.4: Τοποθέτηση κνημιαίας πρόθεσης [136].



Εικόνα 6.5: Μηριαίο πρόθεμα [136].

7. Τοποθέτηση μηριαίου εμφυτεύματος με ή χωρίς τσιμέντο ανάλογα με την κατάσταση του οστού. Η μηριαία πρόθεση σχεδιάζεται με 3° έξω στροφή ώστε να βελτιώνει την θέση της επιγονατίδας και της επιφάνειας επαφής με το κνημιαίο εμφύτευμα. Το

μηριαίο οστό φέρεται σε κάμψη 90° ώστε να τοποθετηθεί το μηριαίο εμφύτευμα (Εικόνα 6.5).

8. Αντικατάσταση της επιγονατίδας (όπου οι ενδείξεις το απαιτούσαν): Όταν οι ενδείξεις το απαιτούσαν, πραγματοποιούνταν αντικατάσταση της επιγονατίδας με τοποθέτηση του εμφυτεύματος με τσιμέντο σε ουδέτερη θέση ή ελαφρά προς τα έσω. Η προς τα έξω τοποθέτηση αυξάνει την τάση των έξω καθελκτικών συνδέσμων καθώς οδηγεί την επιγονατίδα στην έσω πλευρά.
9. Αφαίρεση της ίσχαιμης περιίδεσης.
10. Επιμελής αιμόσταση του χειρουργικού πεδίου.
11. Τοποθέτηση σωλήνα παροχέτευσης υπό αναρρόφηση (συσκευή αυτομετάγγισης ή redon) (Εικόνα 6.5).
12. Σύγκλιση του τραύματος κατά στρώματα.
13. Ελαστική περίδεση όλου του σκέλους.

6.6 Στατιστική ανάλυση

Μετά τη συλλογή των δεδομένων, ακολούθησε η ομαδοποίησή τους και στη συνέχεια η στατιστική τους ανάλυση. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SPSS (έκδοση 21.0).

Για την παρουσίαση των ποιοτικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν απόλυτες και σχετικές συχνότητες καθώς και ραβδογράμματα (bar charts). Οι συνεχείς μεταβλητές παρουσιάζονται με μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και ιστογράμματα (histograms) για την παρουσίασή τους. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την κανονικότητα των συνεχών μεταβλητών. Λόγω του μεγέθους του δείγματος, χρησιμοποιήθηκε το Shapiro – Wilk test. Κατά τη σύγκριση δύο ή περισσότερων συνεχών μεταβλητών, οι τιμές τους παρουσιάζονται με μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση αν όλες οι μεταβλητές ακολουθούν την κανονική κατανομή ή με διάμεσο (ενδοτεταρτημοριακό εύρος) –(IQR)– αν τουλάχιστον μία από τις μεταβλητές δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Για τη σύγκριση δύο συνεχών μεταβλητών που ακολουθούν κανονική κατανομή χρησιμοποιήθηκε το Independent samples t-test, ενώ, όταν μία από τις δύο μεταβλητές δεν ακολουθεί κανονική κατανομή, χρησιμοποιήθηκε το Mann-Whitney-test.

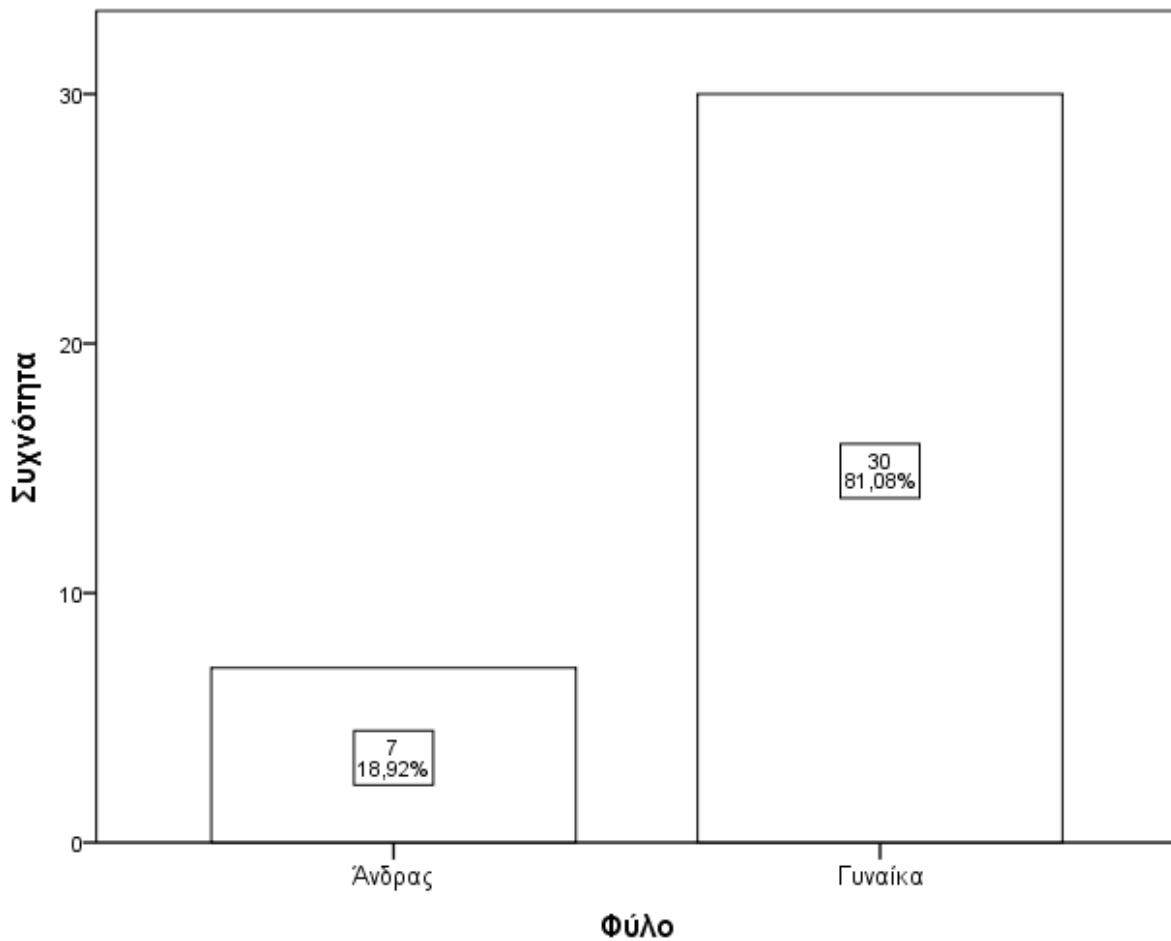
Για τη σύγκριση των τιμών μιας συνεχούς μεταβλητής μεταξύ των χρονικών στιγμών που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Repeated Measures ANOVA - RMANOVA) αν οι τιμές της μεταβλητής κατανέμονταν κανονικά. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για το αν ο πίνακας διακύμανσης - συνδιακύμανσης των δεδομένων παρουσίαζε compound symmetry (Mauchly's test of sphericity). Στην περίπτωση που από το παραπάνω κριτήριο προέκυπτε ότι τα δεδομένα δεν παρουσιάζουν compound symmetry, χρησιμοποιήθηκε διόρθωση κατά Greenhouse-Geisser για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων από την ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Στην περίπτωση που οι τιμές της συνεχούς μεταβλητής δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή, χρησιμοποιήθηκε το Friedman test. Για τη σύγκριση μεταξύ δύο μετρήσεων (επί μέρους συγκρίσεις ανά ζεύγη για τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις) χρησιμοποιήθηκε το Paired samples t – test αν οι τιμές της μεταβλητής κατανέμονταν κανονικά και το Wilcoxon signed – rank test, αν οι τιμές δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή.

Για τον έλεγχο του σφάλματος τύπου I, λόγω των πολλαπλών συγκρίσεων, χρησιμοποιήθηκε διόρθωση κατά Bonferroni για τα επίπεδα σημαντικότητας.

Τα επίπεδα σημαντικότητας είναι αμφίπλευρα. Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε το 5% ($\alpha = 0,05$).

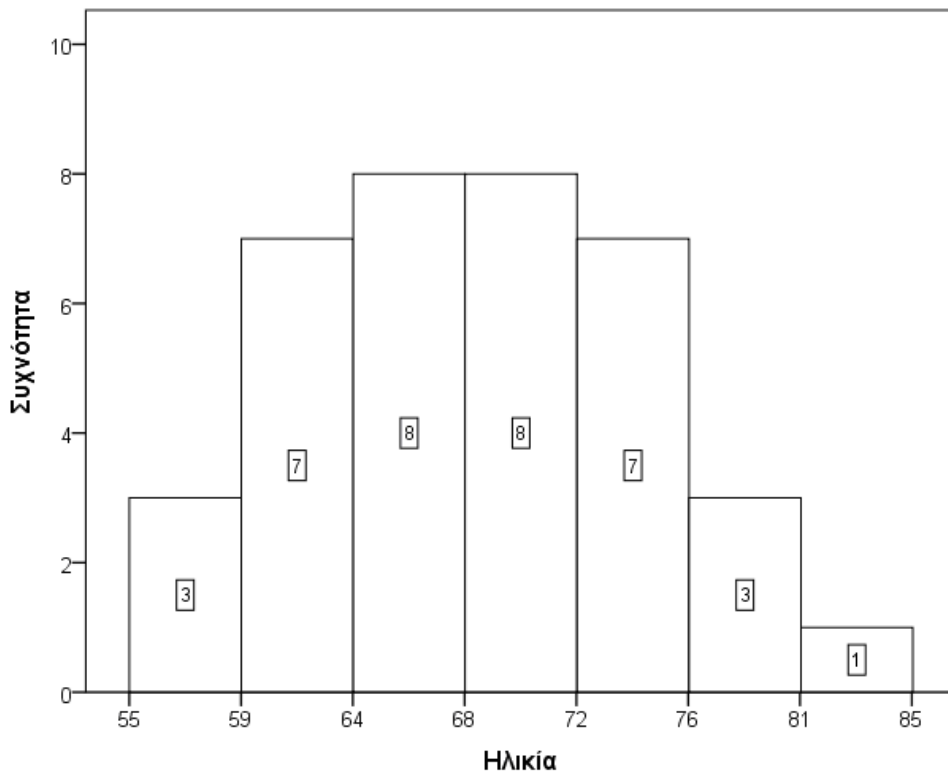
7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ομάδα Navigator αποτελείται από 37 ασθενείς, 7 (f = 18,92%) άνδρες και 30 (f = 81,08%) γυναίκες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7.1.

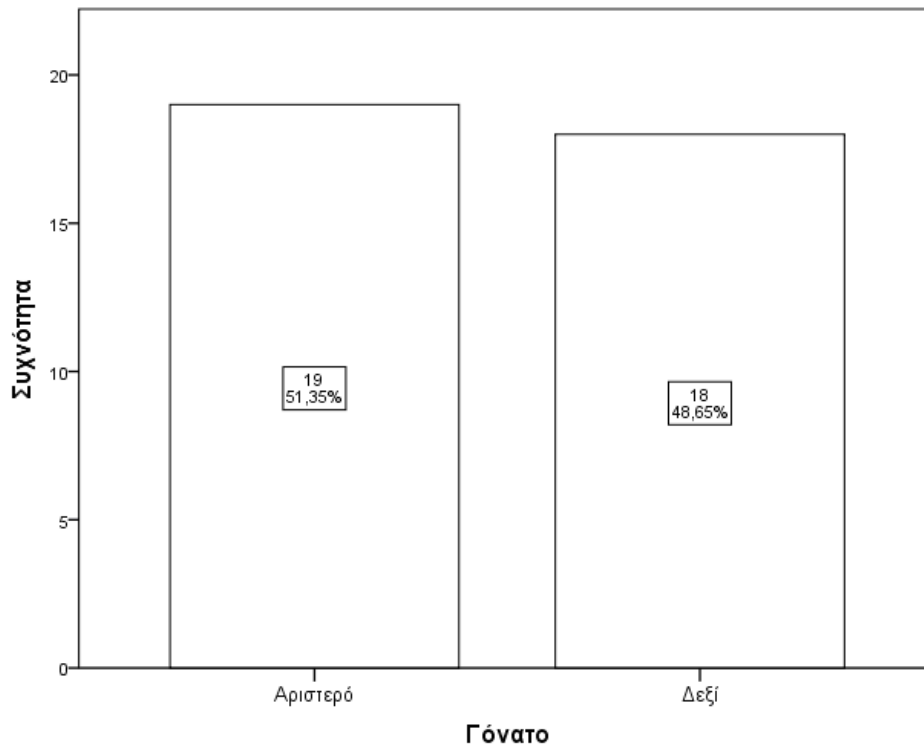


Εικόνα 7.1: Η φυλετική σύσταση της ομάδας Navigator.

Η μέση ηλικία των ασθενών βρέθηκε $68,24 \pm 6,48$ έτη, ενώ το εύρος ήταν 28 έτη (55 – 83). Η κατανομή των ηλικιών για την ομάδα Navigator απεικονίζεται στην Εικόνα 7.2.



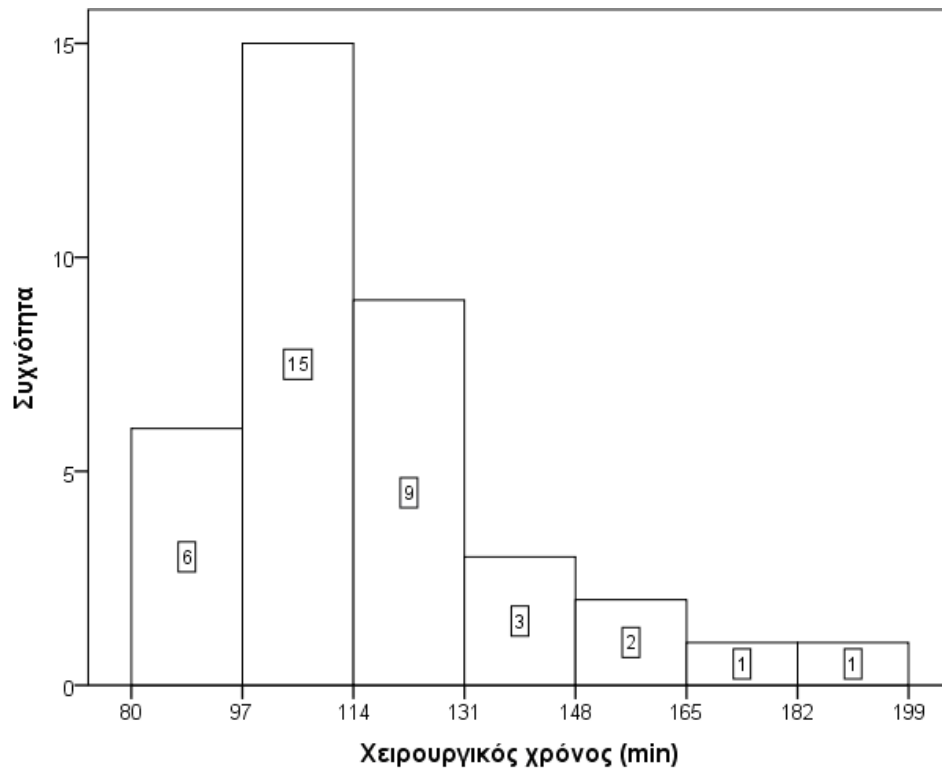
Εικόνα 7.2: Η κατανομή των ηλικιών των ασθενών της ομάδας Navigator.



Εικόνα 7.3: Ο αριθμός των περιστατικών βάσει του γονάτου που χειρουργήθηκε για την ομάδα Navigator.

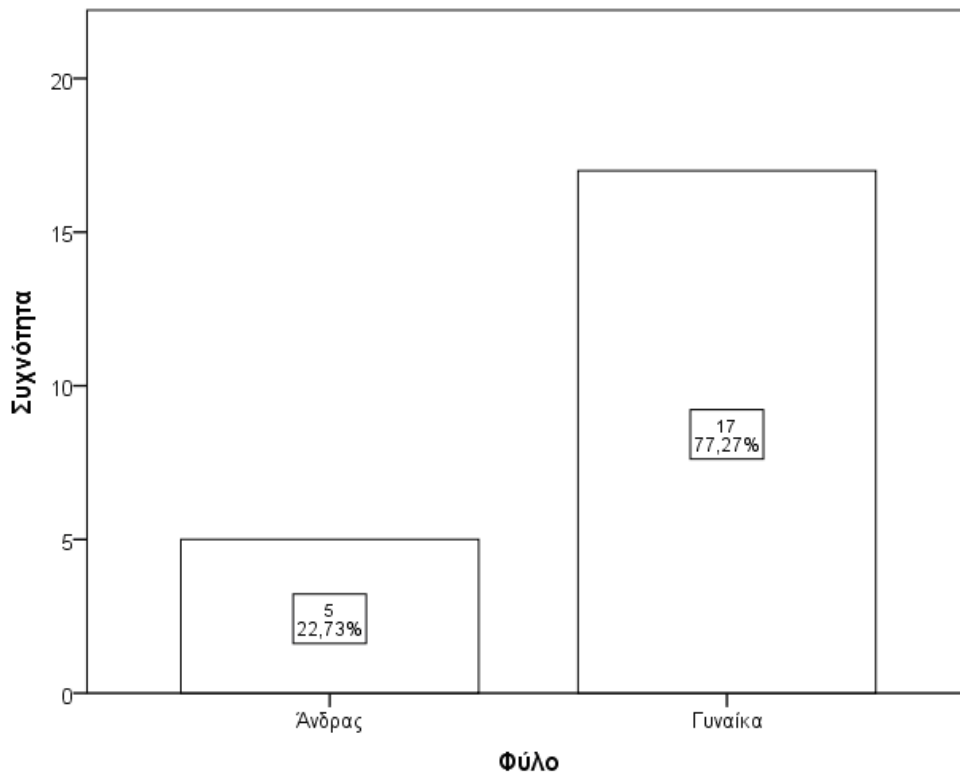
Τα 37 χειρουργικά περιστατικά ήταν σχεδόν ισοκατανομημένα με 19 (f = 51,35%) ασθενείς να έχουν χειρουργηθεί στο αριστερό γόνατο και 18 (f = 48,65%) στο δεξί γόνατο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7.3.

Ο μέσος καθαρός χειρουργικός χρόνος για την ομάδα Navigator βρέθηκε $114,62 \pm 23,41$ λεπτά, ενώ η κατανομή του καθαρού χειρουργικού χρόνου αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.4.

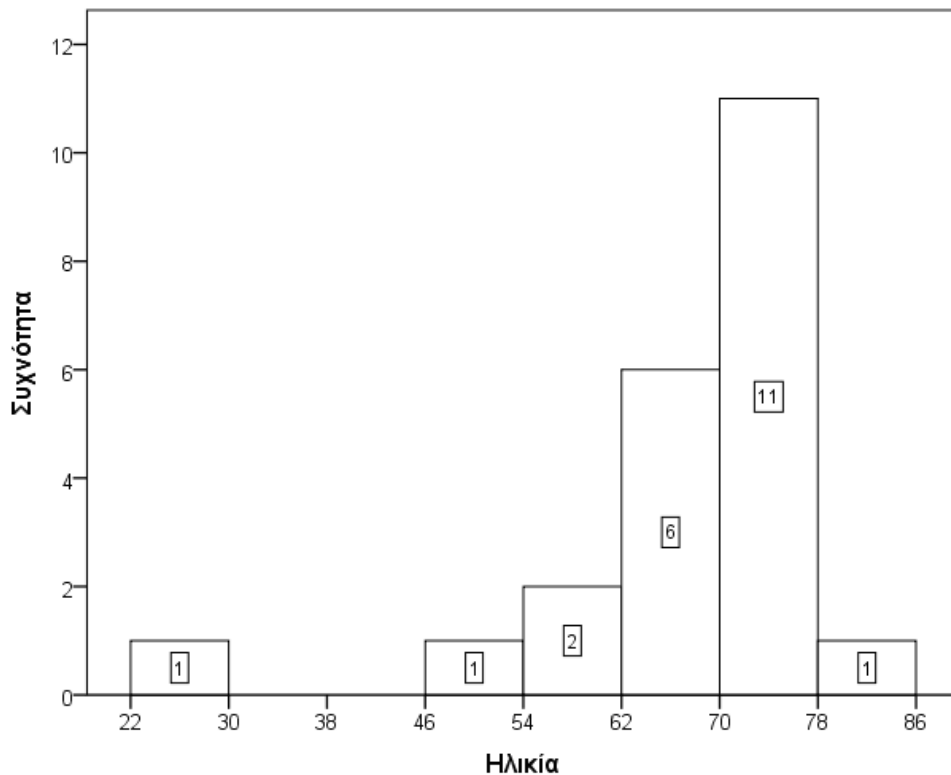


Εικόνα 7.4: Η κατανομή του καθαρού χειρουργικού χρόνου για την ομάδα Navigator.

Η συμβατική ομάδα αποτελείται από 22 ασθενείς εκ των οποίων 5 (f = 22,73%) ήταν άνδρες και 17 (f = 77,27%) γυναίκες. Η σύσταση της ομάδας αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.5.



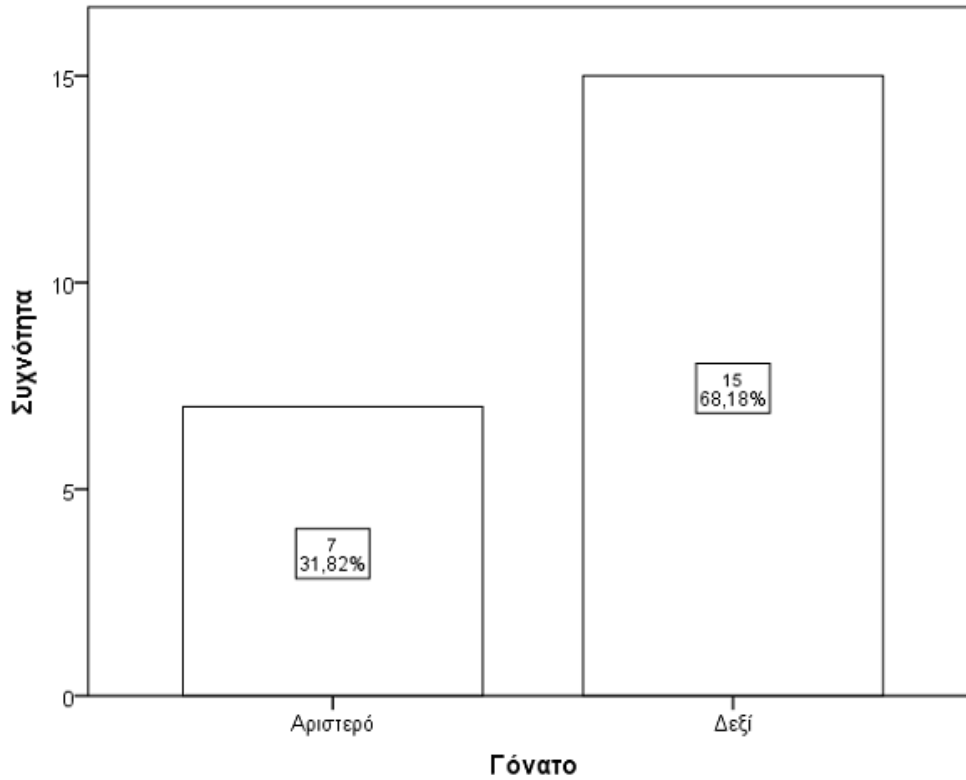
Εικόνα 7.5: Η φυλετική σύσταση της συμβατικής ομάδας.



Εικόνα 7.6: Η κατανομή των ηλικιών των ασθενών της συμβατικής ομάδας.

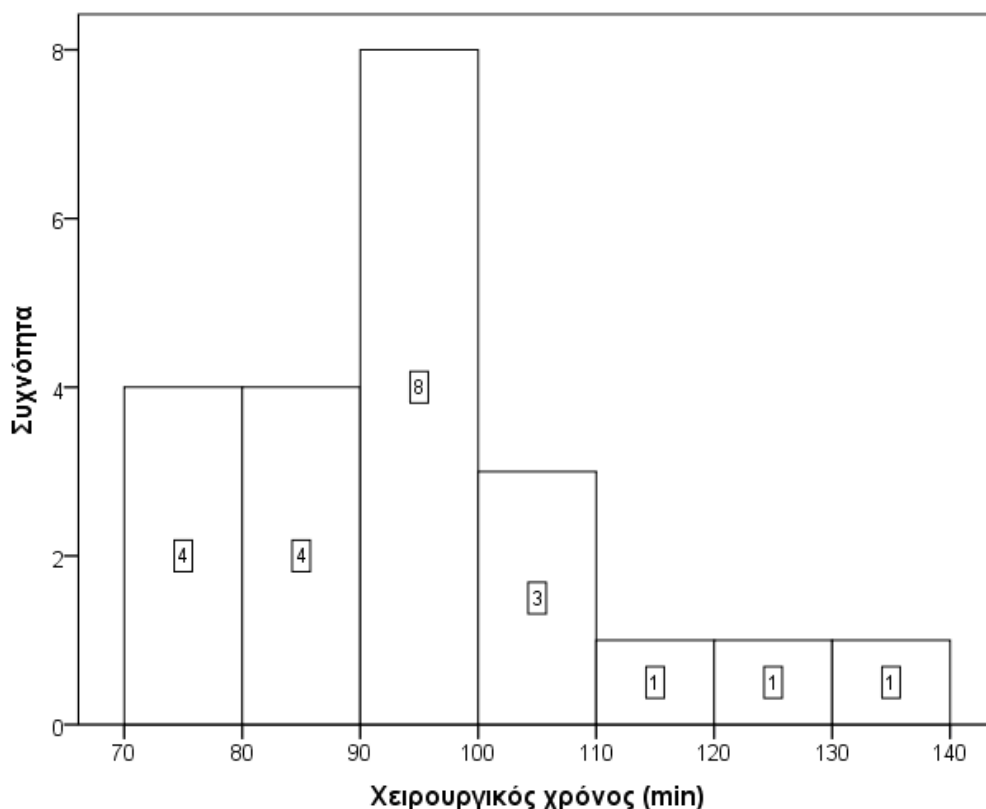
Η μέση ηλικία των ασθενών βρέθηκε $67,32 \pm 12,63$ έτη, ενώ το εύρος βρέθηκε 57 έτη (22 – 79). Η κατανομή των ηλικιών των ασθενών παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.6.

Από το σύνολο των ασθενών, οι 7 ($f = 31,82\%$) χειρουργήθηκαν στο αριστερό γόνατο, ενώ οι υπόλοιποι 15 ($f = 68,18\%$) χειρουργήθηκαν στο δεξί γόνατο, όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 7.7.



Εικόνα 7.7: Ο αριθμός των περιστατικών βάσει του γονάτου που χειρουργήθηκε για τη συμβατική ομάδα.

Ο μέσος καθαρός χειρουργικός χρόνος της συμβατικής ομάδας βρέθηκε $92 \pm 15,65$ λεπτά. Η κατανομή του χειρουργικού χρόνου αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.8.



Εικόνα 7.8: Η κατανομή του καθαρού χειρουργικού χρόνου για τη συμβατική ομάδα.

Κατόπιν του Shapiro – Wilk test, ο καθαρός χειρουργικός χρόνος για την ομάδα Navigator δε βρέθηκε να κατανέμεται κανονικά, σε αντίθεση με τη συμβατική ομάδα της οποίας ο καθαρός χειρουργικός χρόνος ακολουθεί κανονική κατανομή ($W = 0,873$, $p = 0,001$ για την ομάδα Navigator και $W = 0,917$, $p = 0,066$ για τη συμβατική ομάδα).

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 7.1, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στον καθαρό χειρουργικό χρόνο μεταξύ των δύο ομάδων.

Πίνακας 7.1: Σύγκριση του καθαρού χειρουργικού χρόνου μεταξύ της ομάδας Navigator και της συμβατικής ομάδας (Mann – Whitney test).

Χειρουργική ομάδα	Διάμεσος (IQR)	U	p
Navigator	135,00 (30,00)	148,000	<0,001
Συμβατική	112,50 (20,00)		

Ειδικότερα, ο καθαρός χειρουργικός χρόνος της συμβατικής ομάδας βρέθηκε χαμηλότερος από τον αντίστοιχο της ομάδας Navigator σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

Οι τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τους ασθενείς της χειρουργικής ομάδας Navigator προεγχειρητικά, άμεσα μετεγχειρητικά καθώς και 1, 2, 5 και 30 μέρες μετεγχειρητικά αποτυπώνονται στον Πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2: Οι τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.

	Αιματοκρίτης (Hct)	Αιμοσφαιρίνη (Hb)
Προεγχειρητικά	40,88 ± 3,64	13,31 ± 1,25
Άμεσα μετεγχειρητικά	36,42 ± 2,58	11,96 ± 0,91
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	33,06 ± 3,39	10,96 ± 1,15
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	31,63 ± 3,44	10,34 ± 1,18
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	31,37 ± 3,27	10,27 ± 1,17
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	37,31 ± 2,64	12,04 ± 1,00

Στον Πίνακα 7.3 γίνεται έλεγχος για την κανονικότητα των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.

Πίνακας 7.3: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.

	Αιματοκρίτης (Hct)			Αιμοσφαιρίνη (Hb)		
	W	p	Κανονικότητα	W	p	Κανονικότητα
Προεγχειρητικά	0,928	0,020	Όχι	0,932	0,027	Όχι
Άμεσα μετεγχειρητικά	0,983	0,832	Ναι	0,975	0,567	Ναι
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,979	0,704	Ναι	0,968	0,352	Ναι
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,985	0,879	Ναι	0,976	0,607	Ναι
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,926	0,017	Όχι	0,917	0,009	Όχι
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,963	0,248	Ναι	0,968	0,366	Ναι

Όπως διαφαίνεται και στον Πίνακα 7.3, οι τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator προεγχειρητικά και την 5^η μετεγχειρητική ημέρα δε βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή ($p = 0,020$ και $p = 0,017$, αντίστοιχα). Οι τιμές τις υπόλοιπες χρονικές στιγμές ακολουθούσαν κανονική κατανομή.

Ομοίως, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης προεγχειρητικά καθώς και την 5^η μετεγχειρητική ημέρα δε βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά ($p = 0,027$ και $p = 0,009$, αντίστοιχα), ενώ για τις υπόλοιπες χρονικές στιγμές, οι τιμές βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά.

Βάσει του Friedman test, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator ($\chi^2 = 133,571$, $p < 0,005$).

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση ή η διάμεσος και το ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator απεικονίζονται στον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.

	Αιματοκρίτης (Hct)
	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)
Προεγχειρητικά	41,20 (2,35)
Άμεσα μετεγχειρητικά	36,43 ± 2,59
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	33,61 ± 3,40
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	31,63 ± 3,44
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30,80 (4,00)
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	37,31 ± 2,64

Στον Πίνακα 7.5, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα των επιμέρους συγκρίσεων μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator. Οι τιμές του αιματοκρίτη προεγχειρητικά βρίσκονται υψηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές άμεσα μετεγχειρητικά, καθώς και 1, 2, 3, 5 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$). Παρόμοια τάση παρατηρείται για τις τιμές άμεσα μετεγχειρητικά. Βρίσκονται αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές 1, 2, και 5 ημέρες μετεγχειρητικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$). Την 30^η ημέρα μετά το χειρουργείο παρατηρείται μικρή αύξηση των τιμών του αιματοκρίτη σε σχέση με τις τιμές άμεσα μετεγχειρητικά η οποία ωστόσο δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 7.5: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator (Paired samples t-test / Wilcoxon signed rank test).

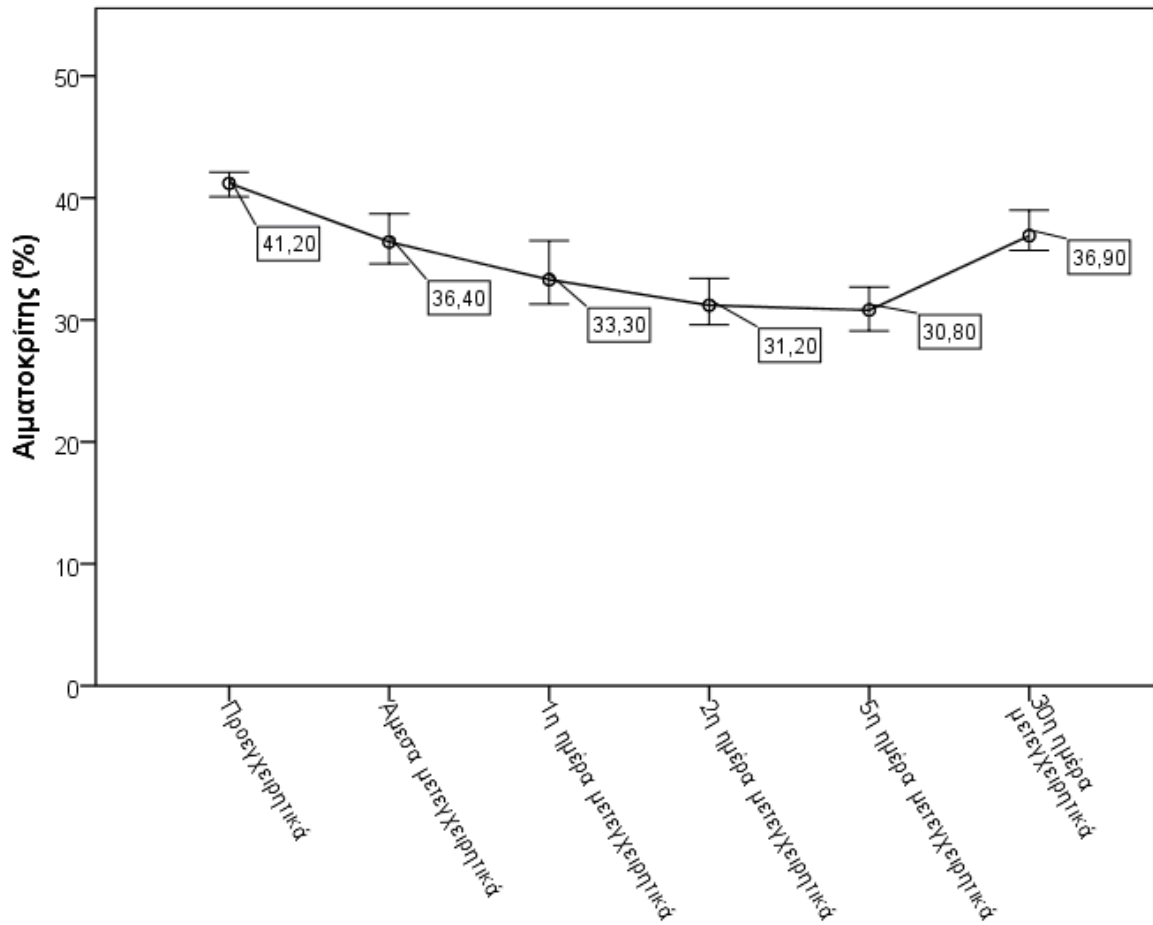
Συγκρίσεις		Z (t)	p
Προεγχειρητικά	Άμεσα μετεγχειρητικά	-5,020	<0,001
	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,723	<0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,258	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,228	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-4,609	<0,001
Άμεσα μετεγχειρητικά	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(6,656)	<0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(8,318)	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,122	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-1,874	0,069
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(5,279)	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-3,470	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(-7,252)	<0,001
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-0,302	0,003
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(-10,956)	<0,001
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,185	<0,001

Οι τιμές του αιματοκρίτη την 1^η ημέρα μετεγχειρητικά βρίσκονται στατιστικά σημαντικά αυξημένες σε σχέση με τις τιμές 2 και 5 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$), ωστόσο (επίσης στατιστικά σημαντικά) χαμηλότερες από τις τιμές 30 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$).

Οι τιμές του αιματοκρίτη κατά τη 2^η ημέρα μετεγχειρητικά είναι ελαφρώς υψηλότερες από ότι 5 ημέρες μετά το χειρουργείο αλλά χαμηλότερες σε σχέση με την 30^η ημέρα μετεγχειρητικά σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p = 0,003$ και $p < 0,001$, αντίστοιχα).

Τέλος, οι τιμές του αιματοκρίτη την 5^η ημέρα μετεγχειρητικά βρίσκονται μειωμένες σε στατιστικά σημαντικό βαθμό σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές 30 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$).

Γενικότερα, οι τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator σημειώνουν μία σταθερή μείωση αμέσως μετά το χειρουργείο καθώς και την 1^η, 2^η και 5^η ημέρα μετεγχειρητικά, ενώ στην 30^η ημέρα μετά το χειρουργείο παρατηρείται μία αύξησή τους, χωρίς να επανέρχονται στα προεγχειρητικά επίπεδα, όπως διαφαίνεται και στην Εικόνα 7.9.



Εικόνα 7.9: Οι τιμές του αιματοκρίτη για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator (οι τιμές που αναγράφονται είναι διάμεσες τιμές και οι μπάρες απεικονίζουν το 1^ο και το 3^ο τεταρτημόριο).

Όσον αφορά στις τιμές της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator, κατόπιν του Friedman test, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας ($\chi^2 = 125,460$, $p < 0,001$).

Στον Πίνακα 7.6 παρουσιάζονται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση ή η διάμεσος και το ενδοτεταρτημοριακό εύρος των τιμών της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.

Πίνακας 7.6: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator.

	Αιμοσφαιρίνη (Hb)
	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)
Προεγχειρητικά	13,50 (1,10)
Άμεσα μετεγχειρητικά	11,96 ± 0,91
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,96 ± 1,15
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,35 ± 1,19
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,20 (1,35)
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	12,05 ± 1,00

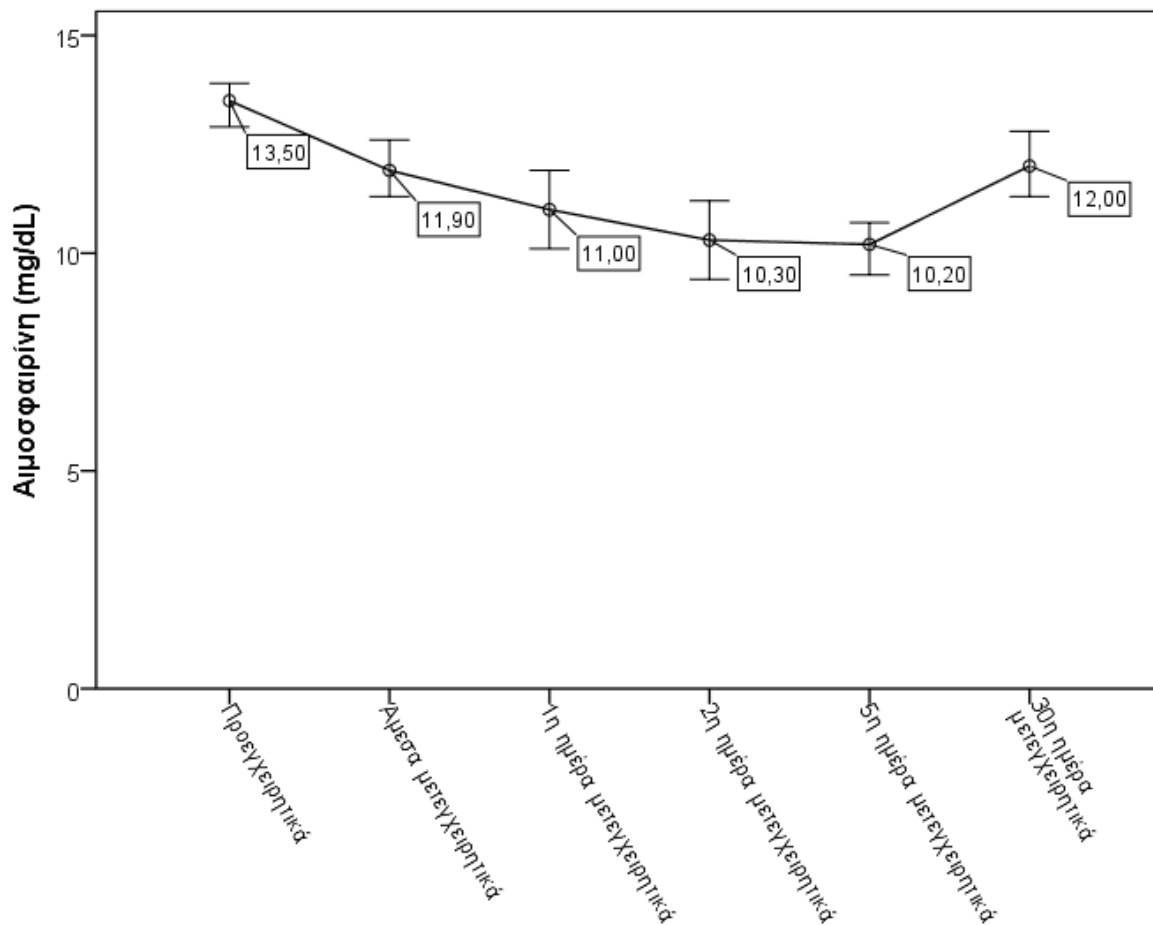
Ο Πίνακας 7.7 συνοψίζει τα αποτελέσματα των επιμέρους συγκρίσεων μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator.

Πίνακας 7.7: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator (Paired samples t-test / Wilcoxon signed rank test).

Συγκρίσεις		Z (t)	p
Προεγχειρητικά	Άμεσα μετεγχειρητικά	-4,852	<0,001
	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,259	<0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,281	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,213	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-4,580	<0,001
Άμεσα μετεγχειρητικά	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(7,794)	<0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(8,881)	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,146	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(-0,473)	0,639
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(5,123)	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-3,221	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(-5,744)	<0,001
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-0,448	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	(-8,732)	<0,001
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-4,998	<0,001

Οι προεγχειρητικές τιμές της αιμοσφαιρίνης βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα από τις τιμές άμεσα μετεγχειρητικά, καθώς και 1, 2, 3, 5 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$). Άμεσα μετεγχειρητικά, παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά αυξημένες τιμές σε σχέση με 1, 2 και 5 μέρες μετεγχειρητικά ($p < 0,001$). Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης 30 ημέρες μετεγχειρητικά βρίσκονται να είναι αυξημένες σε σχέση με τις τιμές άμεσα μετεγχειρητικά αλλά όχι σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. Την 1η ημέρα μετεγχειρητικά, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης, βρίσκονται αυξημένες σε σχέση με τις τιμές 2 και 5 ημέρες μετά το χειρουργείο αλλά χαμηλότερες από τις τιμές 30 ημέρες μετά το χειρουργείο σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$). Κατά τη 2η ημέρα μετεγχειρητικά, παρατηρείται ότι οι τιμές της αιμοσφαιρίνης είναι υψηλότερες σε σχέση με την 5η ημέρα μετά το χειρουργείο, αλλά χαμηλότερες σε σχέση με την 30η ημέρα μετά το χειρουργείο σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($p < 0,001$). Τέλος, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης την 5η ημέρα μετεγχειρητικά βρίσκονται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές την 30η ημέρα μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$).

Συνοψίζοντας, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator μειώνονται σταθερά άμεσα μετεγχειρητικά και 1, 2 και 5 ημέρες μετά το χειρουργείο, ενώ στην 30^η ημέρα μετά το χειρουργείο παρατηρείται μία μικρή αύξηση, χωρίς να επανέρχονται στα προεγχειρητικά επίπεδα. Η τάση αυτή των τιμών της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator απεικονίζεται στην Εικόνα 7.10.



Εικόνα 7.10: Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator (οι τιμές που αναγράφονται είναι διάμεσες τιμές και οι μπάρες απεικονίζουν το 1^ο και το 3^ο τεταρτημόριο).

Οι τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τους ασθενείς της συμβατικής χειρουργικής ομάδας προεγχειρητικά, άμεσα μετεγχειρητικά καθώς και 1, 2, 5 και 30 μέρες μετεγχειρητικά αποτυπώνονται στον Πίνακα 7.8.

Πίνακας 7.8: Οι τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.

	Αιματοκρίτης (Hct)	Αιμοσφαιρίνη (Hb)
Προεγχειρητικά	40,33 ± 3,99	13,25 ± 1,44
Άμεσα μετεγχειρητικά	34,43 ± 3,56	11,37 ± 1,26
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	31,79 ± 3,38	10,45 ± 1,05
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	30,07 ± 3,37	9,90 ± 1,13
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30,98 ± 2,04	10,12 ± 0,61
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	36,12 ± 3,38	11,64 ± 1,16

Στον Πίνακα 7.9 πραγματοποιείται έλεγχος για την κανονικότητα των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.

Πίνακας 7.9: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.

	Αιματοκρίτης (Hct)			Αιμοσφαιρίνη (Hb)		
	W	p	Κανονικότητα	W	p	Κανονικότητα
Προεγχειρητικά	0,974	0,801	Ναι	0,980	0,914	Ναι
Άμεσα μετεγχειρητικά	0,956	0,410	Ναι	0,940	0,199	Ναι
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,982	0,945	Ναι	0,969	0,681	Ναι
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,948	0,287	Ναι	0,947	0,275	Ναι
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,977	0,866	Ναι	0,950	0,323	Ναι
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,982	0,944	Ναι	0,949	0,301	Ναι

Για τη συμβατική ομάδα, τόσο οι τιμές τους αιματοκρίτη όσο και της αιμοσφαιρίνης βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή για τις διάφορες χρονικές στιγμές που πραγματοποιήθηκαν αιμοληψίες (προεγχειρητικά, άμεσα μετεγχειρητικά, 1, 2, 5 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο).

Ο Πίνακας 7.10 συνοψίζει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.

Πίνακας 7.10: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τις τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.

	Αιματοκρίτης (Htc)
	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση
Προεγχειρητικά	40,33 ± 3,99
Άμεσα μετεγχειρητικά	34,43 ± 3,56
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	31,79 ± 3,38
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	30,07 ± 3,37
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30,98 ± 2,04
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	36,12 ± 3,38

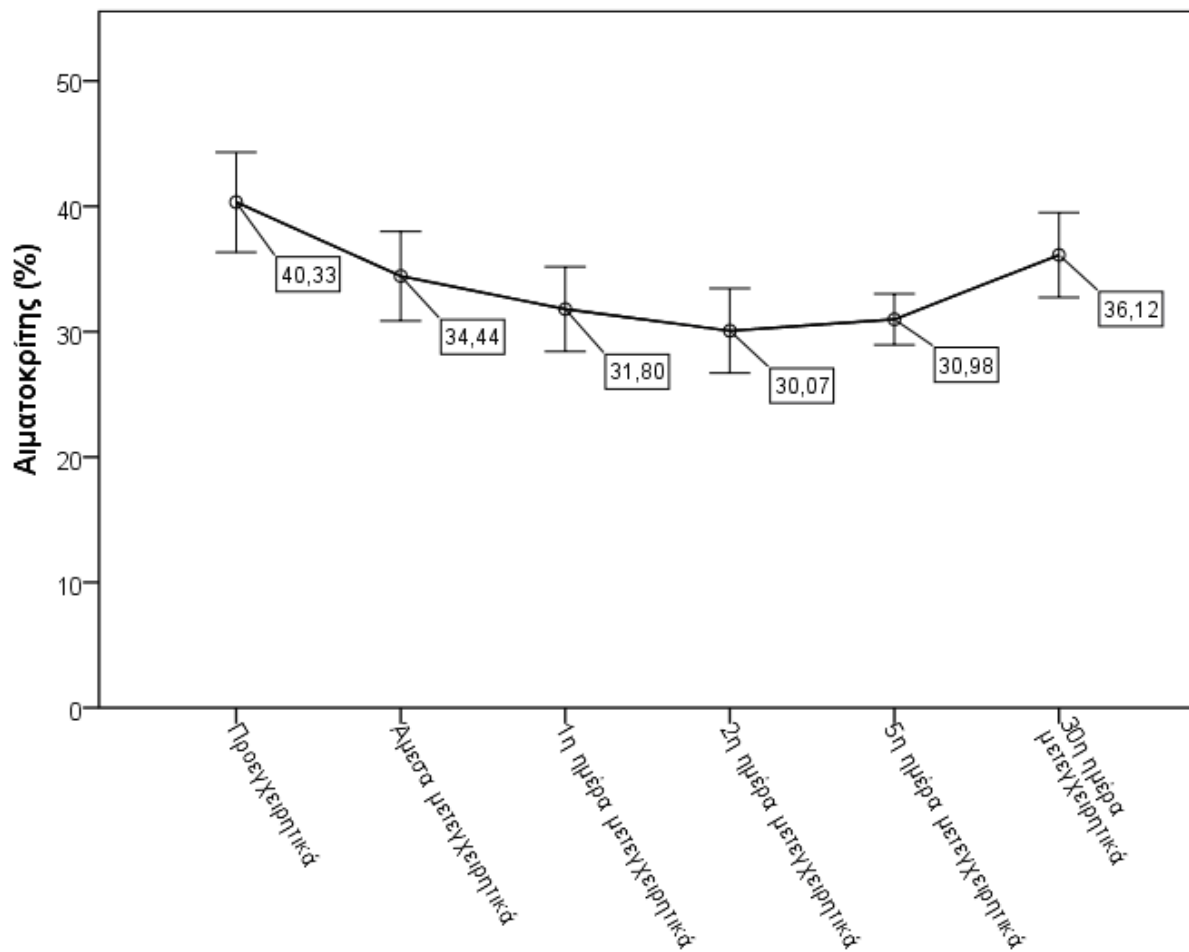
Από την RMANOVA (με διόρθωση Greenhouse – Geisser), προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές του αιματοκρίτη κατά τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική χειρουργική ομάδα ($F = 59,083$, $p < 0,001$).

Στον Πίνακα 7.11 απεικονίζονται τα αποτελέσματα των επιμέρους συγκρίσεων μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές του αιματοκρίτη για τη συμβατική ομάδα. Οι προεγχειρητικές τιμές του αιματοκρίτη παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά αυξημένες σε σχέση με τις τιμές άμεσα μετεγχειρητικά, καθώς και 1, 2, 3, 5 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$). Οι τιμές του αιματοκρίτη άμεσα μετεγχειρητικά βρίσκονται υψηλότερες συγκριτικά με τις τιμές την 1^η, 2^η και 5^η ημέρα μετεγχειρητικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό ($p = 0,001$, $p < 0,001$ και $p = 0,001$, αντίστοιχα). Οι τιμές άμεσα μετεγχειρητικά παρατηρούνται χαμηλότερες σε σχέση με 30 ημέρες μετά το χειρουργείο, ωστόσο η διαφορά δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Οι τιμές της 1^{ης} ημέρας μετεγχειρητικά παρατηρούνται υψηλότερες σε σχέση με τη 2^η μετεγχειρητική ημέρα και χαμηλότερες σε σχέση με την 30^η ημέρα μετά το χειρουργείο σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο ($p = 0,004$ και $p = 0,001$, αντίστοιχα), ενώ η διαφορά τους με την 5^η ημέρα μετεγχειρητικά δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Οι τιμές του αιματοκρίτη τη 2^η ημέρα μετά το χειρουργείο βρέθηκαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες από τις τιμές 30 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$). Οι τιμές της 2^{ης} ημέρας μετεγχειρητικά βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα από τις αντίστοιχες 5 ημέρες μετά το χειρουργείο, ωστόσο η διαφορά δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Κατά την 30^η ημέρα μετά το χειρουργείο παρατηρείται υψηλή αύξηση των τιμών του αιματοκρίτη σε σχέση με την 5^η ημέρα μετεγχειρητικά σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό.

Πίνακας 7.11: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές του αιματοκρίτη για τη συμβατική ομάδα (RMANOVA).

Συγκρίσεις		Διαφορά Μέσων τιμών	p
Προεγχειρητικά	Άμεσα μετεγχειρητικά	5,895	< 0,001
	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	8,536	< 0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,259	< 0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	9,350	< 0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	4,209	< 0,001
Άμεσα μετεγχειρητικά	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	2,641	0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	4,364	< 0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	3,455	0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-1,686	1,000
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	1,723	0,004
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,814	1,000
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-4,327	0,001
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-0,909	1,000
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-6,050	< 0,001
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-5,141	< 0,001

Όπως παρατηρείται και στην Εικόνα 7.11, οι τιμές του αιματοκρίτη για τη συμβατική ομάδα ακολουθούν σταθερή μείωση άμεσα μετεγχειρητικά, 1, 2 και 5 ημέρες μετά το χειρουργείο, ενώ 30 ημέρες μετεγχειρητικά οι τιμές του αυξάνονται χωρίς να επανέρχονται στα προεγχειρητικά επίπεδα.



Εικόνα 7.11: Οι τιμές του αιματοκρίτη για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα (οι τιμές που αναγράφονται είναι μέσες τιμές και οι μπάρες οριοθετούν το διάστημα ± 1 τυπική απόκλιση).

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των τιμών της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα αποτυπώνονται στον Πίνακα 7.12.

Πίνακας 7.12: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα.

	Αιμοσφαιρίνη (Hb)
	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση
Προεγχειρητικά	13,25 ± 1,44
Άμεσα μετεγχειρητικά	11,37 ± 1,26
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,45 ± 1,05
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	9,90 ± 1,13
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,12 ± 0,61
30^η ημέρα μετεγχειρητικά	11,64 ± 1,16

Σύμφωνα με την RMANOVA (με διόρθωση Greenhouse – Geisser), προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές της αιμοσφαιρίνης κατά τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική χειρουργική ομάδα ($F = 43,668$, $p < 0,001$).

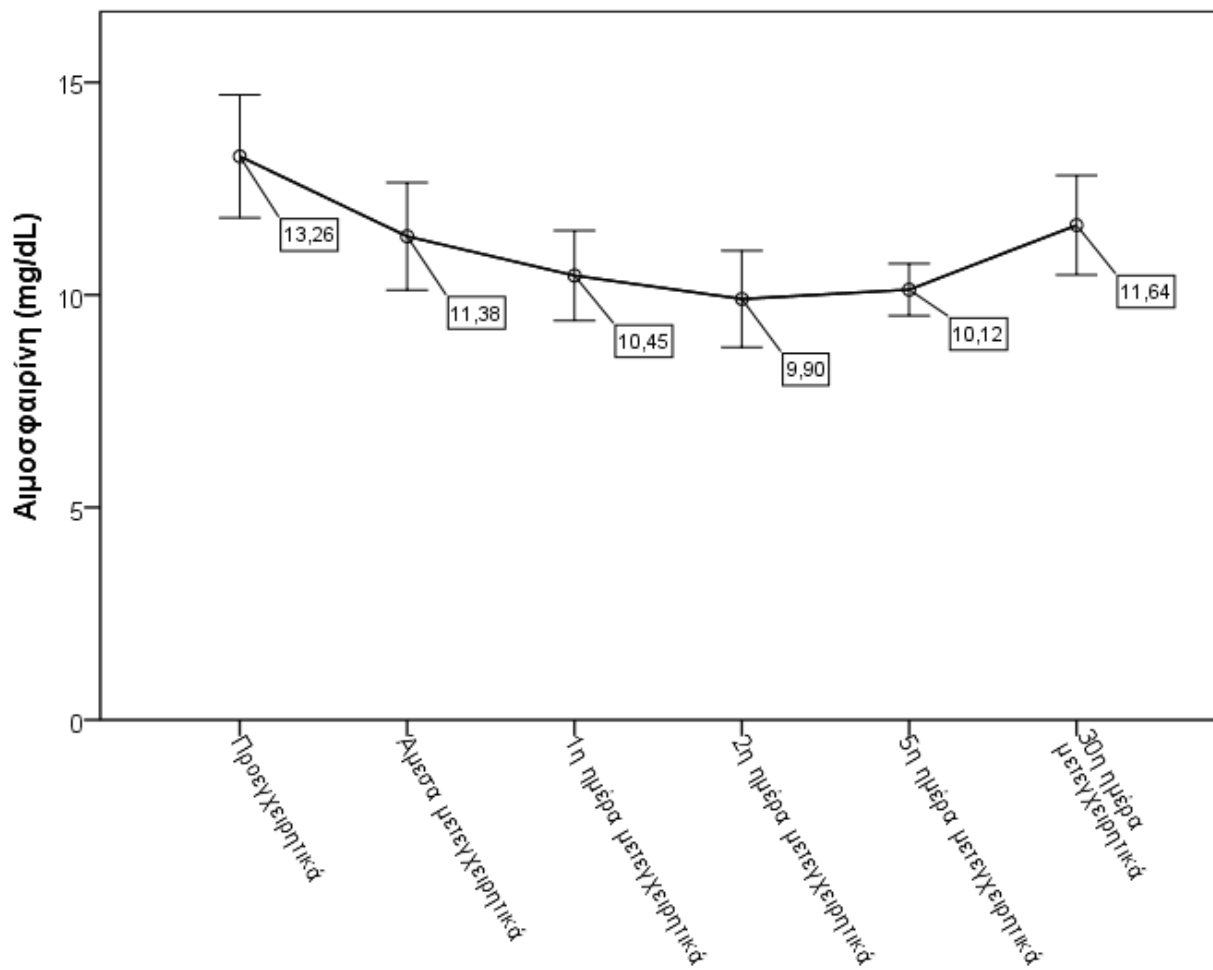
Τα αποτελέσματα των επιμέρους συγκρίσεων μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τη συμβατική ομάδα αποτυπώνονται στον Πίνακα 7.13. Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης προεγχειρητικά κινούνται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές άμεσα μετεγχειρητικά, 1, 2, 3, 5 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$ και $p = 0,001$, αντίστοιχα). Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης άμεσα μετεγχειρητικά παρατηρούνται υψηλότερες συγκριτικά με την 1^η, 2^η, και 5^η ημέρα μετά το χειρουργείο σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p=0,001$, $p < 0,001$ και $p = 0,004$, αντίστοιχα). Αν και την 30^η ημέρα μετεγχειρητικά παρατηρούνται υψηλότερες τιμές αιμοσφαιρίνης σε σχέση με τις τιμές άμεσα μετεγχειρητικά, η διαφορά αυτή δε βρίσκεται στατιστικά σημαντική. Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης 1 ημέρα μετά το χειρουργείο παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές της 2^{ης} ημέρας μετεγχειρητικά ($p = 0,009$), αλλά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες 30 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < 0,001$). Η διαφορά που εντοπίζεται στις τιμές της αιμοσφαιρίνης μεταξύ της 1^{ης} και της 5^{ης} ημέρας μετεγχειρητικά δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Την 2^η ημέρα μετά το χειρουργείο, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης κινούνται σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι 30 ημέρες μετά το χειρουργείο σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($p < 0,001$). Το ίδιο παρατηρείται για τις τιμές 2 ημέρες μετεγχειρητικά σε σχέση με την 5^η ημέρα μετά το χειρουργείο, ωστόσο η διαφορά αυτή δεν βρέθηκε να είναι σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό. Τέλος, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης 5 ημέρες μετά το

χειρουργείο βρίσκονται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες από τις τιμές 30 ημέρες μετά το χειρουργείο ($p < ,001$).

Πίνακας 7.13: Επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών αιμοληψίας για τις τιμές της αιμοσφαιρίνης για τη συμβατική ομάδα (RMANOVA).

Συγκρίσεις		Διαφορά Μέσων τιμών	p
Προεγχειρητικά	Άμεσα μετεγχειρητικά	1,882	<0,001
	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	2,805	<0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	3,355	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	3,136	<0,001
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	1,618	0,001
Άμεσα μετεγχειρητικά	1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,923	0,001
	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	1,473	<0,001
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	1,255	0,004
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-0,264	1,000
1^η ημέρα μετεγχειρητικά	2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,550	0,009
	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0,332	1,000
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-1,186	0,021
2^η ημέρα μετεγχειρητικά	5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-0,218	1,000
	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-1,736	<0,001
5^η ημέρα μετεγχειρητικά	30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	-1,518	<0,001

Συνοψίζοντας, οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τη συμβατική ομάδα παρουσιάζουν συνεχή μείωση άμεσα μετεγχειρητικά, 1, 2 και 5 ημέρες μετά το χειρουργείο σε σχέση με τις προεγχειρητικές τιμές. Την 30η ημέρα μετεγχειρητικά, σημειώνεται αύξηση παραμένοντας, ωστόσο, χαμηλότερες από τα προεγχειρητικά επίπεδα. Τα παραπάνω αποτυπώνονται στην Εικόνα 7.12.



Εικόνα 7.12: Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για τη συμβατική ομάδα (οι τιμές που αναγράφονται είναι μέσες τιμές και οι μπάρες οριοθετούν το διάστημα ± 1 τυπική απόκλιση).

Στον Πίνακα 7.14 παρουσιάζονται οι τιμές του αιματοκρίτη για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας και για τις δύο χειρουργικές ομάδες (συμβατική και Navigator) και πραγματοποιούνται συγκρίσεις μεταξύ των τιμών αυτών. Οι τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator βρίσκονται υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές της συμβατικής ομάδας άμεσα μετεγχειρητικά σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($p = 0,028$). Παρόμοια τάση παρατηρείται και προεγχειρητικά, 1, 2 και 30 ημέρες μετεγχειρητικά, ενώ την 5^η μετεγχειρητική ημέρα, οι τιμές του αιματοκρίτη της ομάδας Navigator εμφανίζονται χαμηλότερες από της συμβατικής ομάδας. Ωστόσο, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων δε βρίσκονται στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 7.14: Οι τιμές του αιματοκρίτη για τις δύο χειρουργικές ομάδες για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test / Independent samples t-test).

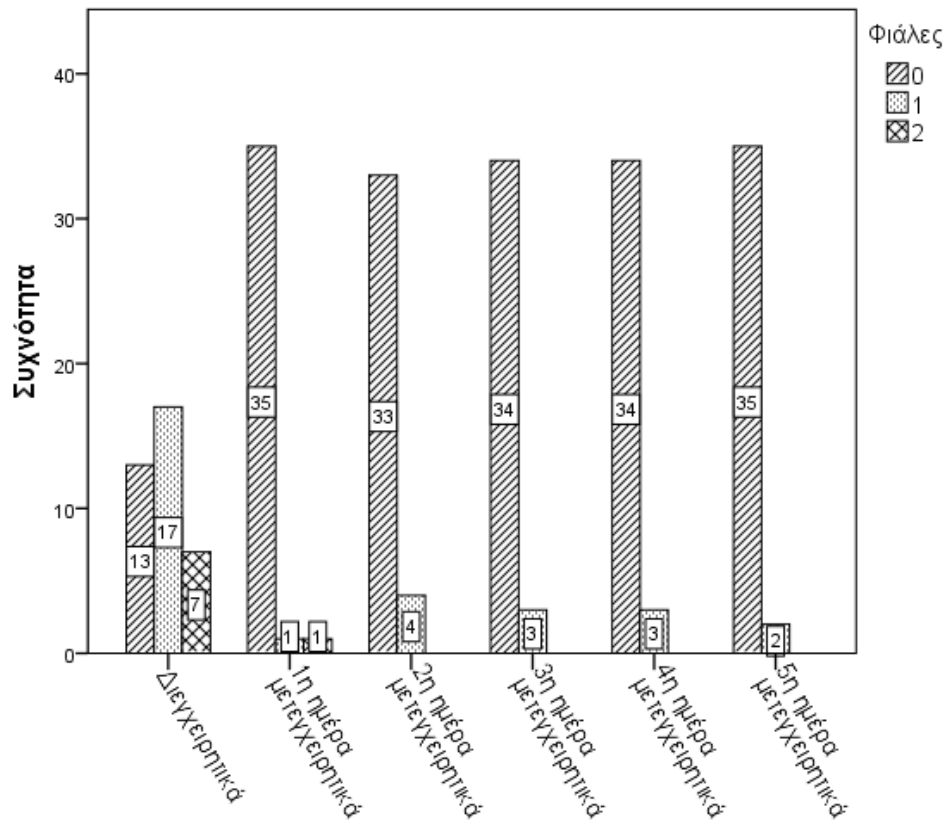
Χρόνος Αιμοληψίας	Αιματοκρίτης (Htc)			
	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)		U (t)	p
	Ομάδα Navigator	Συμβατική Ομάδα		
Προεγχειρητικά	41,20 (2,35)	39,60 (6,60)	377,000	0,638
Άμεσα μετεγχειρητικά	36,42 ± 2,58	34,43 ± 3,56	(2,287)	0,028
1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	33,60 ± 3,39	31,79 ± 3,38	(1,985)	0,053
2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	31,63 ± 3,44	30,07 ± 3,37	(1,704)	0,095
5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	30,80 (4,00)	30,85 (3,05)	403,500	0,960
30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	37,31 ± 2,64	36,12 ± 3,38	(1,413)	0,166

Στον Πίνακα 7.15 παρουσιάζονται οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας και για τις δύο χειρουργικές ομάδες (συμβατική και Navigator) και πραγματοποιούνται συγκρίσεις μεταξύ των τιμών αυτών. Διαφαίνεται ότι οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για την ομάδα Navigator είναι υψηλότερες από της συμβατικής ομάδας τόσο προεγχειρητικά, όσο και άμεσα μετεγχειρητικά, 1, 2, 3 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο. Παρόλα αυτά, οι παραπάνω διαφορές που σημειώνονται δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 7.15: Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις δύο χειρουργικές ομάδες για τις διάφορες χρονικές στιγμές αιμοληψίας και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test / Independent samples t-test).

Χρόνος Αιμοληψίας	Αιμοσφαιρίνη (Hb)			
	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)		U (t)	p
	Ομάδα Navigator	Συμβατική Ομάδα		
Προεγχειρητικά	13,50 (1,10)	13,05 (2,00)	381,000	0,689
Άμεσα μετεγχειρητικά	11,96 ± 0,91	11,37 ± 1,26	(1,893)	0,067
1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,96 ± 1,15	10,45 ± 1,05	(1,729)	0,090
2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,34 ± 1,18	9,90 ± 1,13	(1,427)	0,160
5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	10,20 (1,35)	10,10 (0,85)	398,000	0,892
30 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	12,04 ± 1,00	11,64 ± 1,16	(1,357)	0,183

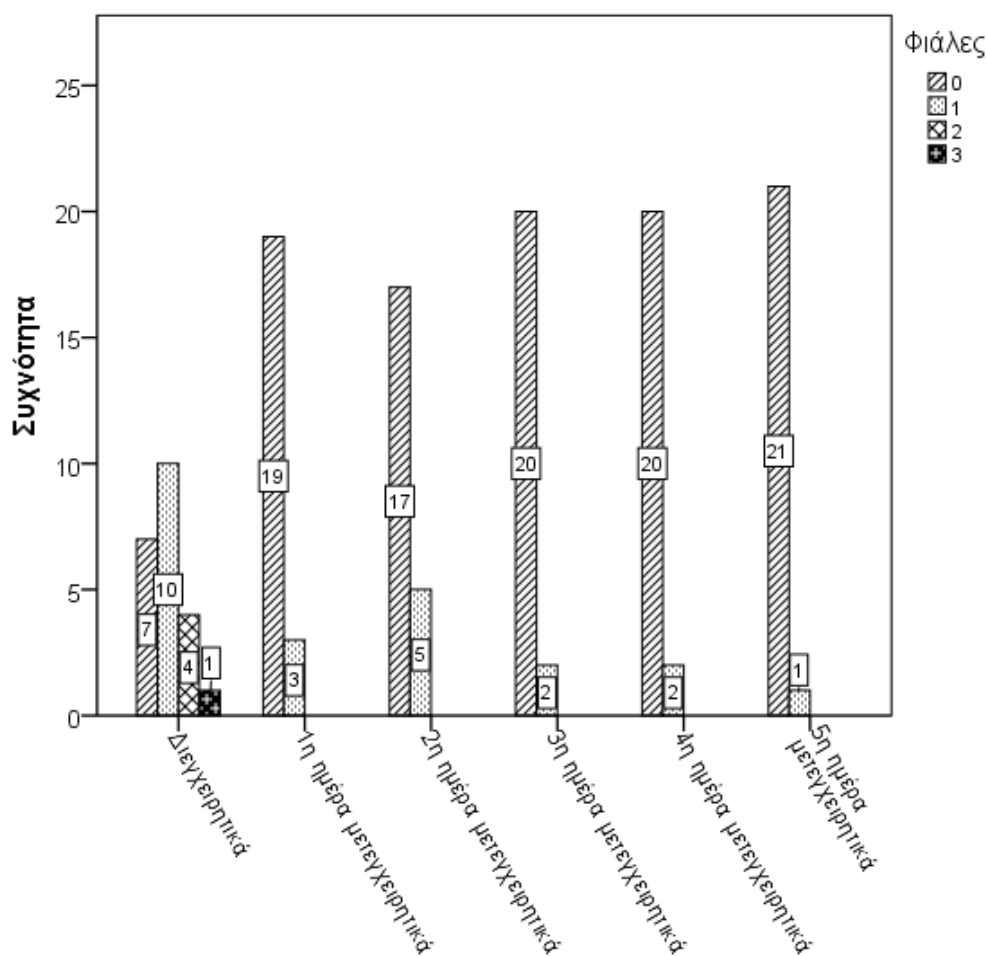
Ο αριθμός φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της χειρουργικής ομάδας Navigator ανά χρονική στιγμή αποτυπώνονται στην Εικόνα 7.13.



Εικόνα 7.13: Αριθμός φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της ομάδας Navigator ανά χρονική στιγμή.

Ο αριθμός φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της συμβατικής ομάδας ανά χρονική στιγμή παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.14.

Ο Πίνακας 7.16 παρουσιάζει τους αριθμούς των φιαλών που χορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο ομάδων (Navigator και συμβατική) κατά τις διάφορες χρονικές στιγμές (διεγχειρητικά, 1^η, 2^η, 3^η, 4^η και 5^η ημέρα μετεγχειρητικά) καθώς και τις συγκρίσεις μεταξύ των αριθμών αυτών. Οι αριθμοί των φιαλών που χορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο ομάδων βρίσκονται ίδιοι και δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά.

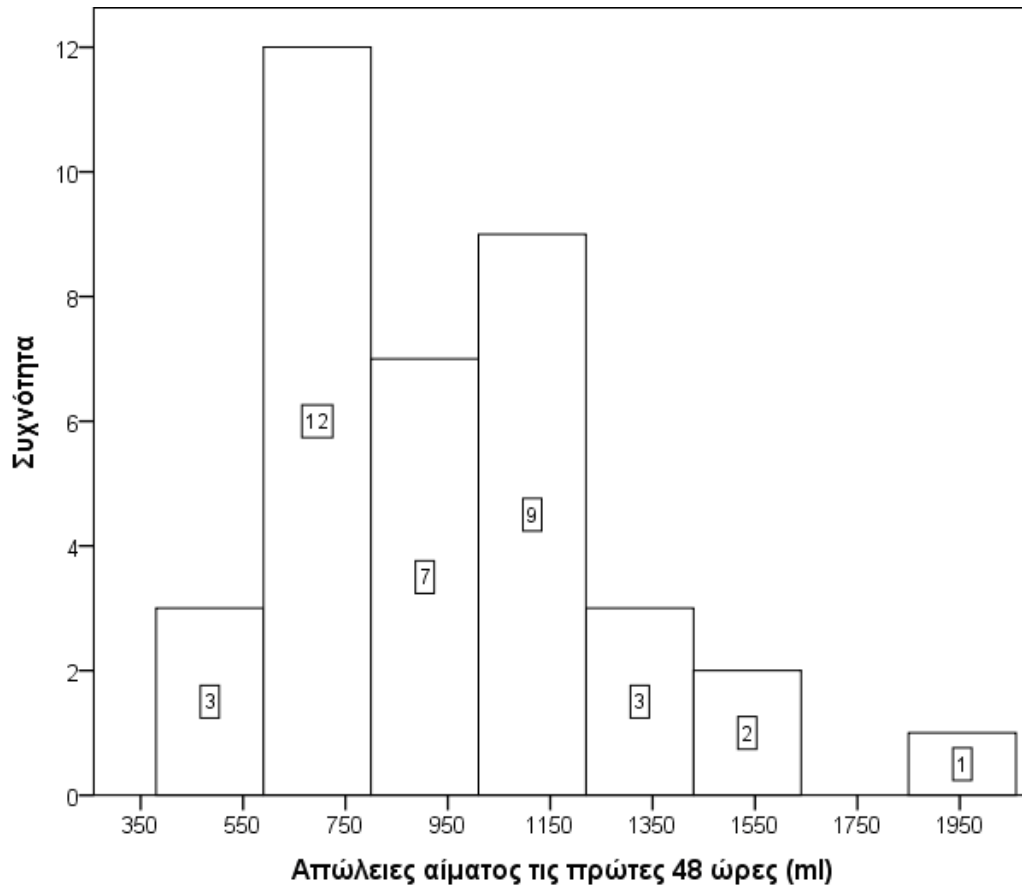


Εικόνα 7.14: Αριθμός φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της συμβατικής ομάδας ανά χρονική στιγμή.

Πίνακας 7.16: Οι αριθμοί των φιαλών που χορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο χειρουργικών ομάδων στις διάφορες χρονικές στιγμές και συγκρίσεις μεταξύ των αριθμών για τις δύο ομάδες (Mann – Whitney test).

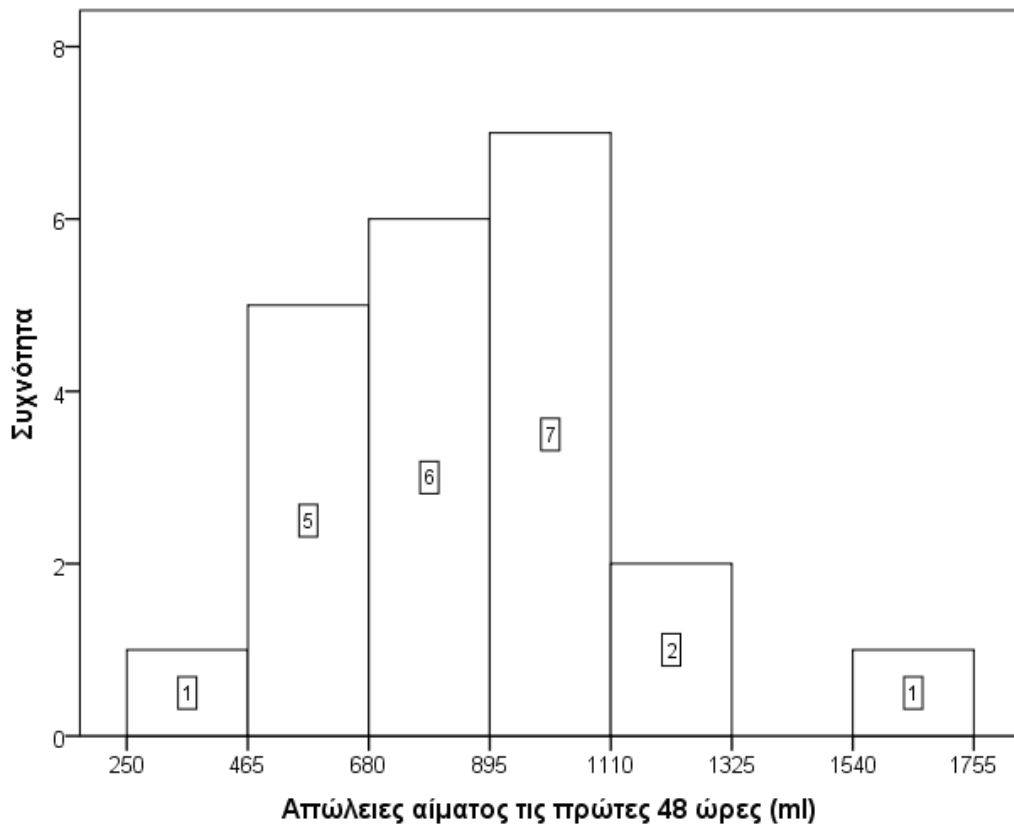
Χρόνος Αιμοληψίας	Φιάλες		U	p
	Διάμεσος (IQR)			
	Ομάδα Navigator	Συμβατική Ομάδα		
Διεγχειρητικά	1 (1)	1 (1)	382,500	0,651
1 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0 (0)	0 (0)	375,000	0,351
2 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0 (0)	0 (0)	358,500	0,272
3 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0 (0)	0 (0)	403,000	1,000
4 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0 (0)	0 (0)	403,000	1,000
5 ^η ημέρα μετεγχειρητικά	0 (0)	0 (0)	403,500	1,000

Οι μέσες απώλειες αίματος από τη συσκευή παροχέτευσης του τραύματος κατά τις πρώτες 48 ώρες για τη χειρουργική ομάδα navigator βρέθηκαν $933,78 \pm 317,87$ ml. Η κατανομή των απωλειών αίματος αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.15.

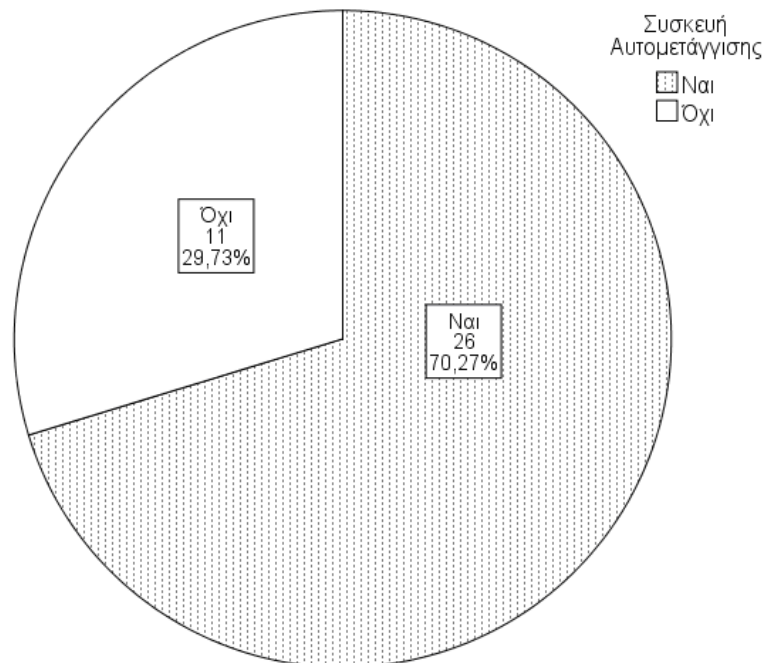


Εικόνα 7.15: Η κατανομή των απωλειών αίματος από την παροχέτευση του τραύματος τις πρώτες 48 ώρες για την ομάδα Navigator.

Οι μέσες απώλειες αίματος από τη συσκευή παροχέτευσης του τραύματος κατά τις πρώτες 48 ώρες για τη συμβατική χειρουργική ομάδα βρέθηκαν $892,73 \pm 305,15$ ml. Η κατανομή τους αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.16. Βάσει του Shapiro – Wilk test, οι απώλειες αίματος από την παροχέτευση του τραύματος κατά τις πρώτες 48 ώρες βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή και για τις δύο ομάδες ($W = 0,940$, $p = 0,134$ για την ομάδα Navigator και $W=0,948$, $p = 0,361$ για τη συμβατική ομάδα). Κατόπιν του Independent samples t-test, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ($t = 0,487$, $p = 0,628$).



Εικόνα 7.16: Η κατανομή των απωλειών αίματος από την παροχέτευση του τραύματος τις πρώτες 48 ώρες για τη συμβατική ομάδα.

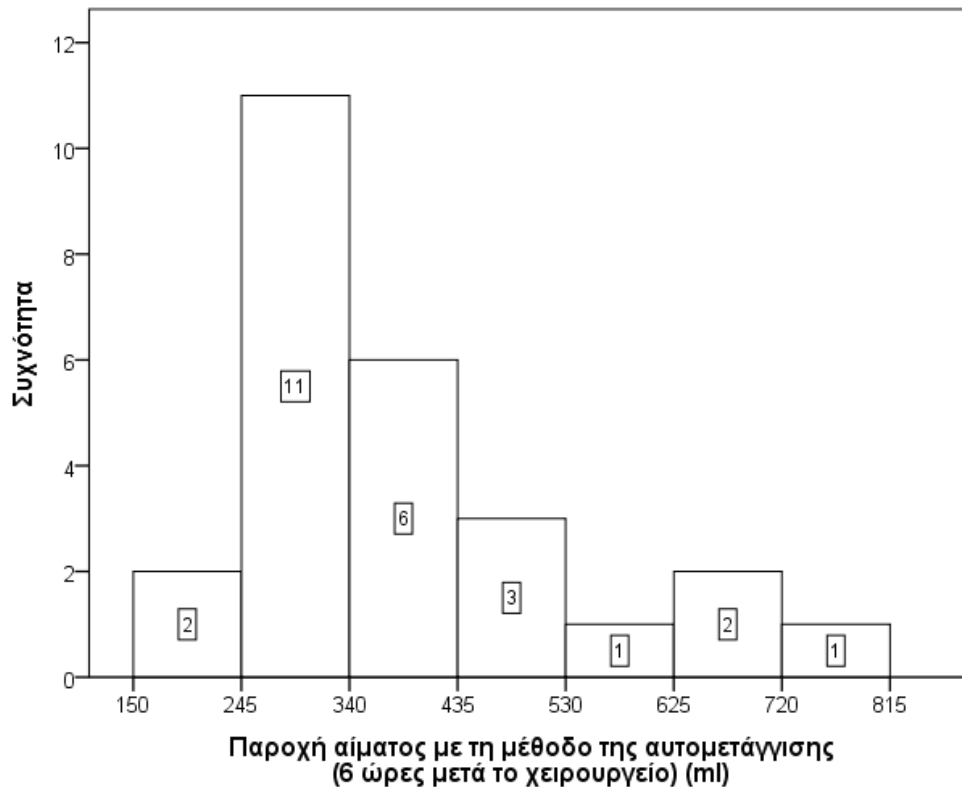


Εικόνα 7.17: Αριθμός ασθενών στους οποίους χορηγήθηκε αίμα με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο για την ομάδα Navigator.

Από τους 37 ασθενείς της ομάδας Navigator, στους 26 ($f = 70,27\%$) χορηγήθηκε αίμα με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο, όπως διαφαίνεται και στην

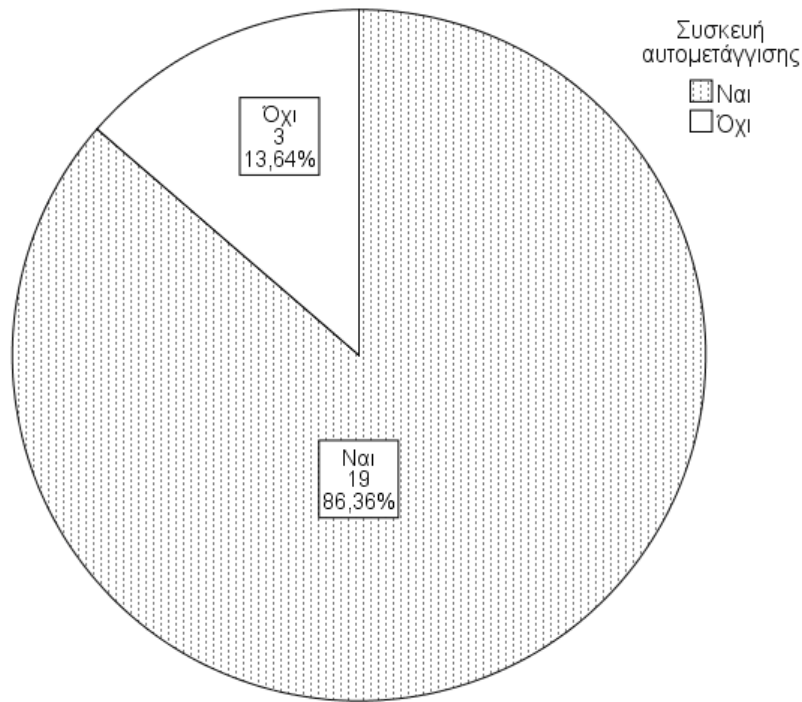
Εικόνα 7.17. Η μέση ποσότητα αίματος που χορηγήθηκε στους ασθενείς της ομάδας Navigator με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης βρέθηκε $381,92 \pm 155,12$ ml.

Η κατανομή των ποσοτήτων αίματος που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης αποτυπώνεται στην Εικόνα 7.18.

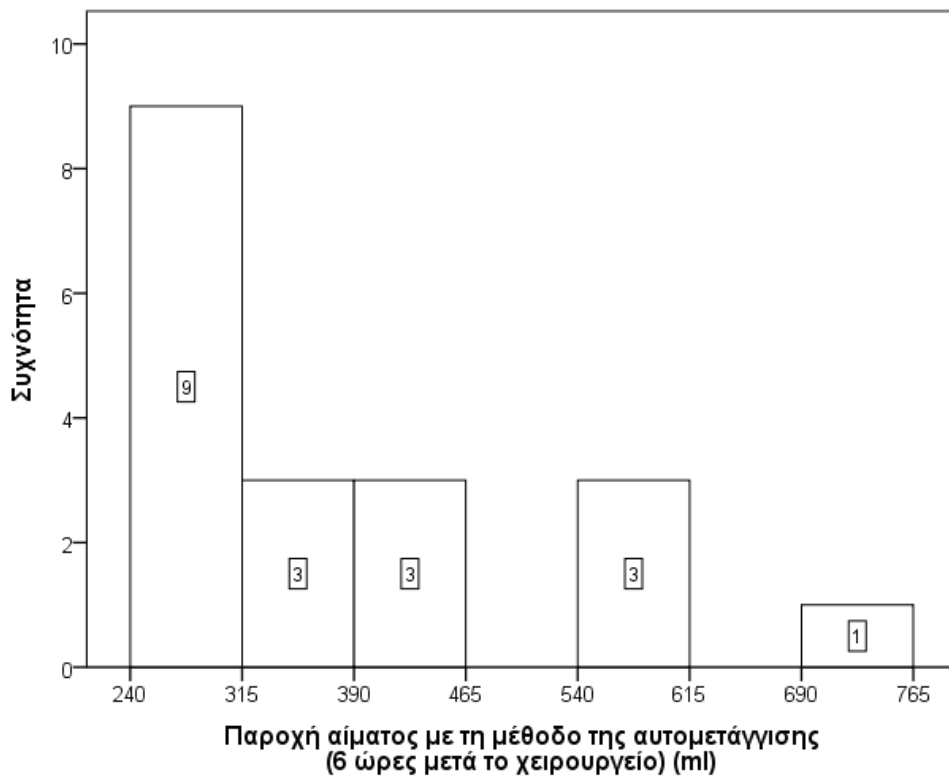


Εικόνα 7.18: Η κατανομή των ποσοτήτων αίματος που χορηγήθηκαν στους ασθενείς της ομάδας Navigator με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο.

Από τους 22 ασθενείς της συμβατικής ομάδας, στους 19 ($f = 86,36\%$) χορηγήθηκε αίμα με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης, όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 7.19. Η μέση ποσότητα αίματος που χορηγήθηκε στους ασθενείς της συμβατικής χειρουργικής ομάδας με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης βρέθηκε $397,72 \pm 153,65$ ml.



Εικόνα 7.19: Αριθμός ασθενών στους οποίους χορηγήθηκε αίμα με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο για τη συμβατική ομάδα.



Εικόνα 7.20: Η κατανομή των ποσοτήτων αίματος που χορηγήθηκαν στους ασθενείς της συμβατικής ομάδας με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης 6 ώρες μετά το χειρουργείο.

Η κατανομή των ποσοτήτων αίματος που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης απεικονίζεται στην Εικόνα 7.20. Όσον αφορά στις ποσότητες

αίματος που επαναχορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο ομάδων με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης, δε βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά για καμία από τις δύο ομάδες, σύμφωνα με το Shapiro – Wilk test ($W = 0,897$, $p = 0,013$ για την ομάδα Navigator και $W = 0,846$, $p = 0,006$ για τη συμβατική ομάδα). Σύμφωνα με το Mann – Whitney test, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ($U = 235,500$, $p = 0,797$).

Στον Πίνακα 7.17 πραγματοποιούνται οι έλεγχοι για κανονικότητα των τιμών της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρου κίνησης για την ομάδα Navigator. Για την ομάδα Navigator, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας βρέθηκαν να μην ακολουθούν κανονική κατανομή, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά ($p = 0,009$ και $p < 0,001$, αντίστοιχα). Ομοίως, οι τιμές του ανατομικού – μηχανικού άξονα βρέθηκαν να μην κατανέμονται κανονικά προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά ($p = 0,002$ και $p = 0,001$, αντίστοιχα). Επιπλέον, οι τιμές της προσθιοπίσθιας κλίσης και της μηριαίας γωνίας δεν προέρχονταν από κανονική κατανομή ($p = 0,007$ και $p=0,001$, αντίστοιχα) σε αντίθεση με τις τιμές του εύρους κίνησης που βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά για την ομάδα Navigator.

Πίνακας 7.17: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για την ομάδα Navigator.

	Προεγχειρητικά			Μετεγχειρητικά		
	W	p	Κανονικότητα	W	p	Κανονικότητα
Κνημιαία γωνία ραιβότητας	0,888	0,009	Όχι	0,796	<0,001	Όχι
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα	0,852	0,002	Όχι	0,841	0,001	Όχι
Προσθιοπίσθια κλίση	-	-	-	0,885	0,007	Όχι
Μηριαία γωνία	-	-	-	0,829	0,001	Όχι
Εύρος κίνησης	-	-	-	0,930	0,075	Ναι

Ο Πίνακας 7.18 συνοψίζει τις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για την ομάδα Navigator.

Πίνακας 7.18: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης.

	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)
Κνημιαία γωνία ραιβότητας (προεγχειρητικά)	83,00 (4,00)
Κνημιαία γωνία ραιβότητας (μετεγχειρητικά)	90,00 (1,00)
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά)	7,00 (1,00)
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (μετεγχειρητικά)	6,50 (1,00)
Προσθιοπίσθια κλίση	4,00 (2,00)
Μηριαία γωνία	1,00 (3,00)
Εύρος κίνησης	116,35 ± 9,22

Κατόπιν του Wilcoxon signed rank test, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας μετεγχειρητικά βρίσκονται αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές προεγχειρητικά για την ομάδα Navigator σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($Z = -4,381$, $p < 0,001$). Αντιθέτως, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά για την ομάδα Navigator. Από τους 26 ασθενείς της ομάδας Navigator, 2 ($f=7,69\%$) παρουσίασαν έλλειμα έκτασης 3 μοιρών.

Ο Πίνακας 7.19 απεικονίζει τους ελέγχους για κανονικότητα των τιμών της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρου κίνησης για τη συμβατική ομάδα. Οι προεγχειρητικές τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας για τη συμβατική ομάδα βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά, σε αντίθεση με τις αντίστοιχες τιμές μετεγχειρητικά οι οποίες δεν ακολουθούσαν κανονική κατανομή ($p=0,028$). Οι τιμές του ανατομικού – μηχανικού άξονα, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά δεν ακολουθούσαν κανονική κατανομή ($p=0,010$ και $p=0,031$, αντίστοιχα). Οι τιμές της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης ακολουθούσαν κανονική κατανομή.

Πίνακας 7.19: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τη συμβατική ομάδα.

	Προεγχειρητικά			Μετεγχειρητικά		
	W	p	Κανονικότητα	W	p	Κανονικότητα
Κνημιαία γωνία ραιβότητας	0,911	0,139	Ναι	0,865	0,028	Όχι
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα	0,833	0,010	Όχι	0,867	0,031	Όχι
Προσθιοπίσθια κλίση	-	-	-	0,946	0,470	Ναι
Μηριαία γωνία	-	-	-	0,932	0,288	Ναι
Εύρος κίνησης	-	-	-	0,884	0,055	Ναι

Στον Πίνακα 7.20 παρουσιάζονται οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τη συμβατική ομάδα.

Πίνακας 7.20: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ή διάμεσος και ενδοτεταρτημοριακό εύρος για τις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τη συμβατική ομάδα.

	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)
Κνημιαία γωνία ραιβότητας (προεγχειρητικά)	84,13 ± 4,67
Κνημιαία γωνία ραιβότητας (μετεγχειρητικά)	90,00 (1,00)
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά)	6,00 (1,00)
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (μετεγχειρητικά)	6,00 (2,00)
Προσθιοπίσθια κλίση	4,60 ± 2,16
Μηριαία γωνία	4,20 ± 2,93
Εύρος κίνησης	112,67 ± 15,56

Σύμφωνα με το Wilcoxon signed rank test, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας μετεγχειρητικά βρίσκονται αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές προεγχειρητικά για

τη συμβατική ομάδα σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($Z = -3,254, p < 0,001$). Ωστόσο, δεν παρατηρείται διαφορά ανάμεσα στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά για τη συμβατική ομάδα σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό. Από τους 15 ασθενείς της συμβατικής ομάδας, έλλειμα έκτασης παρουσίασε 1 ($f = 6,66\%$) ασθενής. Το έλλειμα έκτασης του ασθενή βρέθηκε 4 μοίρες.

Στον Πίνακα 7.21 αποτυπώνονται οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά), της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τις δύο ομάδες καθώς και πραγματοποιούνται συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων.

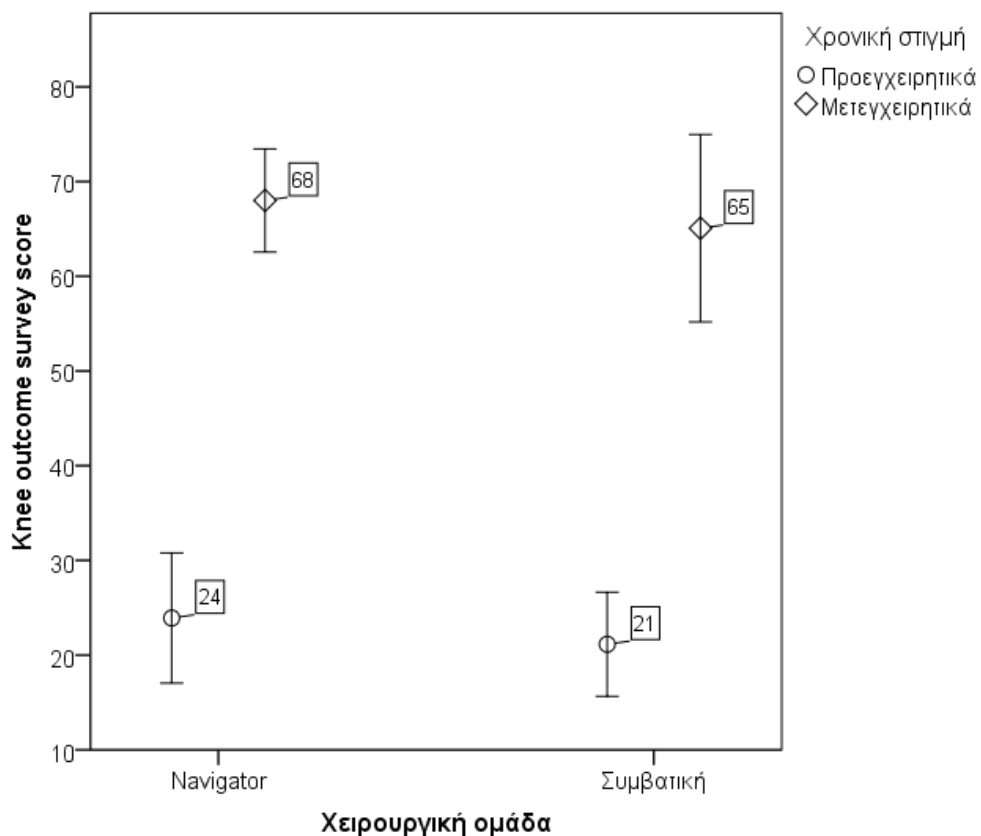
Πίνακας 7.21: Οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας, της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, της προσθιοπίσθιας κλίσης, της μηριαίας γωνίας και του εύρους κίνησης για τις δύο χειρουργικές ομάδες και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test / Independent samples t-test).

	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση / Διάμεσος (IQR)		U (t)	p
	Ομάδα Navigator	Συμβατική Ομάδα		
Κνημιαία γωνία ραιβότητας (προεγχειρητικά)	83,00 (4,00)	85,00 (8,00)	159,500	0,342
Κνημιαία γωνία ραιβότητας (μετεγχειρητικά)	90,00 (1,00)	90,00 (1,00)	191,000	0,921
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (προεγχειρητικά)	7,00 (1,00)	6,00 (1,00)	178,500	0,646
Γωνία ανατομικού – μηχανικού άξονα (μετεγχειρητικά)	6,50 (1,00)	6,00 (2,00)	195,000	1,000
Προσθιοπίσθια κλίση	4,00 (2,00)	5,00 (2,00)	127,500	0,063
Μηριαία γωνία	1,00 (3,00)	4,00 (5,00)	104,500	0,012
Εύρος κίνησης	116,35 ± 9,22	112,67 ± 15,56	(0,835)	0,414

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ των δύο ομάδων που αποτυπώνονται στον Πίνακα 7.21, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας και της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά ανάμεσα στις δύο ομάδες. Επιπλέον, οι τιμές της προσθιοπίσθιας κλίσης και του εύρους κίνησης επίσης δε βρέθηκαν να διαφέρουν σε

στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ των δύο ομάδων. Ωστόσο, οι τιμές της μηριαίας γωνίας για την ομάδα Navigator βρίσκονται σαφώς μειωμένες σε σχέση με τη συμβατική ομάδα σε βαθμό στατιστικά σημαντικό ($p=0,012$). Η μέση τιμή του προεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator βρέθηκε $23,92 \pm 6,87$ ενώ το εύρος ήταν 22 (16 – 38). Η μέση τιμή του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator βρέθηκε $68,00 \pm 5,44$ με εύρος 19 (55 – 74). Η μέση τιμή του προεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε $21,14 \pm 5,50$ ενώ το εύρος ήταν 19 (12 – 31). Η μέση τιμή του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε $65,07 \pm 9,89$ με εύρος 32 (48 – 80).

Οι παραπάνω τιμές αποτυπώνονται στην Εικόνα 7.21.



Εικόνα 7.21: Οι τιμές του knee outcome survey score προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά για τις δύο χειρουργικές ομάδες (οι τιμές που αναγράφονται είναι μέσες τιμές και οι μπάρες οριοθετούν το διάστημα ± 1 τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 7.22 παρουσιάζει τους ελέγχους για κανονικότητα των τιμών του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator και τη συμβατική ομάδα. Οι τιμές των scores για την ομάδα Navigator,

προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά, δεν ακολουθούν κανονική κατανομή ($p = 0,005$ και $p = 0,007$, αντίστοιχα). Αντίθετα, για τη συμβατική ομάδα, τόσο οι προεγχειρητικές όσο και οι μετεγχειρητικές τιμές των scores κατανέμονται κανονικά.

Πίνακας 7.22: Έλεγχος ως προς την κανονικότητα (Shapiro – Wilk test) των τιμών του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator και τη συμβατική ομάδα.

	Ομάδα Navigator			Συμβατική ομάδα		
	W	p	Κανονικότητα	W	p	Κανονικότητα
Προεγχειρητικό score	0,867	0,005	Όχι	0,929	00,293	Ναι
Μετεγχειρητικό score	0,878	0,007	Όχι	0,926	0,271	Ναι

Στον Πίνακα 7.23 συνοψίζονται οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator και πραγματοποιείται έλεγχος μεταξύ των τιμών αυτών. Εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator. Ειδικότερα, το μετεγχειρητικό knee outcome survey score για την ομάδα Navigator κινείται σε αισθητά υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με το προεγχειρητικό score σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

Πίνακας 7.23: Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών αυτών (Wilcoxon signed rank test).

	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	Z	p
Προεγχειρητικό score	21,00 (12,00)	-4,287	<0,001
Μετεγχειρητικό score	70,50 (8,00)		

Σύμφωνα με τον Πίνακα 7.24, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα. Ειδικότερα, το μετεγχειρητικό score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε αρκετά αυξημένο σε σχέση με το προεγχειρητικό score σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

Πίνακας 7.24: Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών αυτών (Paired samples t-test).

	Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	t	p
Προεγχειρητικό score	21,14 ± 5,50	-16,294	<0,001
Μετεγχειρητικό score	65,07 ± 9,89		

Ο Πίνακας 7.25 αποτυπώνει τις τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τις δύο χειρουργικές ομάδες, καθώς και τους ελέγχους μεταξύ των τιμών των ομάδων. Δεν παρατηρείται διαφορά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο στα scores, προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά, για τις δύο χειρουργικές ομάδες.

Πίνακας 7.25: Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τις δύο χειρουργικές ομάδες και συγκρίσεις μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων (Mann – Whitney test).

	Διάμεσος (IQR)		U	p
	Ομάδα Navigator	Συμβατική Ομάδα		
Προεγχειρητικό score	21,00 (12,00)	19,50 (7,00)	133,500	0,302
Μετεγχειρητικό score	70,50 (8,00)	67,00 (17,00)	145,500	0,504

8 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

8.1 Χρόνος χειρουργείου

Σε συστηματική μελέτη επισκόπησης είκοσι τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών, οι Zamora et al. διαπίστωσαν σημαντικά μεγαλύτερο χειρουργικό χρόνο στην ΤΚΑ με χρήση συστημάτων πλοήγησης συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους ($p < 0,05$ όπου αναφέρθηκαν στατιστικές αναλύσεις) [166].

Σε πρόσφατη συγκριτική μετα-ανάλυση που περιελάμβανε τα δεδομένα επεμβάσεων από 2089 ασθενείς, αναφέρεται σημαντική αύξηση του μέσου χειρουργικού χρόνου κατά 16,9 λεπτά στην πλοηγούμενη ΤΚΑ συγκριτικά με την συμβατική τεχνική ($p = 0,046$) (167).

Σε εκτεταμένη βιβλιογραφική αναζήτηση που περιελάμβανε τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες και προοπτικές μελέτες, διαπιστώθηκε σημαντικά υψηλότερος μέσος χειρουργικός χρόνος κατά 32 λεπτά στην ομάδα που χειρουργήθηκε με σύστημα πλοήγησης συγκριτικά με την συμβατική ομάδα ($P < 0,0001$). Ο αυξημένος χειρουργικός χρόνος διαδραματίζει σημαντικό κλινικό ρόλο δεδομένου του κινδύνου εμφάνισης περαιτέρω επιπλοκών, όπως οι λοιμώξεις. Μολαταύτα, από τα δεδομένα της διεξαχθείσας συστηματικής επισκόπησης και μετα-ανάλυσης δεν φαίνεται να προκύπτει κάτι τέτοιο. Ο αυξημένος χρόνος χειρουργείου επηρεάζει ασφαλώς τον αριθμό επεμβάσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε καθημερινή βάση και αυτό σε συνδυασμό με το αυξημένο κόστος του συστήματος πλοήγησης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των νοσοκομειακών δαπανών (168).

Ο χειρουργικός χρόνος στην πλοηγούμενη ΤΚΑ μειώνεται σημαντικά από την στιγμή που ο χειρουργός έχει συσσωρεύσει εμπειρία ως προς την χρήση της νέας μεθόδου (174, 188).

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στον καθαρό χειρουργικό χρόνο μεταξύ των δύο χειρουργικών ομάδων. Ειδικότερα, ο καθαρός χειρουργικός χρόνος της συμβατικής ομάδας ($92 \pm 15,65$ λεπτά) βρέθηκε χαμηλότερος από τον αντίστοιχο της ομάδας Navigator σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).

8.2 Απώλειες αίματος

Οι απώλειες αίματος αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα στις επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος αν και δεν εκτιμάται συχνά η σημασία τους (189). Οι ασθενείς είναι συνήθως άνω των 60 ετών εμφανίζοντας συχνά συνοδές παθολογικές καταστάσεις όπως υπέρταση, σακχαρώδη διαβήτη, καρδιακές παθήσεις κ.α. Οι διεγχειρητικοί και μετεγχειρητικοί κίνδυνοι είναι δυνατόν να αυξηθούν από τις απώλειες αίματος κατά την διάρκεια του χειρουργείου και έπειτα. Οι αυξημένες απώλειες αίματος οφείλονται σε διάνοιξη του ενδομυελικού αυλού (190).

Η λιγότερο επεμβατική προσέγγιση της πλοηγούμενης αρθροπλαστικής γόνατος συνδέεται με μικρότερη διάνοιξη του ενδομυελικού αυλού των οστών της άρθρωσης του γόνατος, μικρότερη αποκόλληση των περιφερειακών μαλακών ιστών αλλά και με αυξημένη ακρίβεια ως προς την τοποθέτηση του εμφυτεύματος (183).

Είναι ευρέως γνωστό από την βιβλιογραφία ότι υπεισέρχονται πολλά εγγενή σφάλματα στην εκτίμηση των πραγματικών απωλειών αίματος μετά από την επέμβαση (192). Η διεγχειρητική απώλεια αίματος υπολογίζεται με βάση μία σειρά εκτιμήσεων όπως η καταμέτρηση και η μέτρηση της μάζας των σπογγωδών οστών, ενώ η μετεγχειρητική απώλεια αίματος πραγματοποιείται με την χρήση φιαλών αναρρόφησης ή παροχέτευσης. Οι μετρήσεις αυτές δεν αντανακλούν την πραγματική ποσότητα αίματος που χάνεται από τον ασθενή αλλά τις φαινομενικές απώλειες. Η ποσοτικοποίηση των απωλειών αίματος διεγχειρητικά εμφανίζει αρκετές δυσκολίες λόγω της παρουσίας περιεγχειρητικών και μετεγχειρητικών αιμορραγιών (190).

Στην παρούσα μελέτη, οι τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator βρίσκονται υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές της συμβατικής ομάδας άμεσα μετεγχειρητικά σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($p = 0,028$). Παρόμοια τάση παρατηρείται και προεγχειρητικά, 1, 2 και 30 ημέρες μετεγχειρητικά, ενώ την 5η μετεγχειρητική ημέρα, οι τιμές του αιματοκρίτη της ομάδας Navigator εμφανίζονται χαμηλότερες από της συμβατικής ομάδας. Ωστόσο, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων δε βρίσκονται στατιστικά σημαντικές.

Οι αριθμοί των φιαλών που χορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο ομάδων βρίσκονται ίδιοι και δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά.

Οι μέσες απώλειες αίματος από τη συσκευή παροχέτευσης του τραύματος κατά τις πρώτες 48 ώρες για τη χειρουργική ομάδα navigator βρέθηκαν $933,78 \pm 317,87$ ml ενώ οι

αντίστοιχες μέσες απώλειες αίματος για τη συμβατική χειρουργική ομάδα βρέθηκαν $892,73 \pm 305,15$ ml. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απώλειες αίματος μεταξύ των δύο ομάδων. Η μέση ποσότητα αίματος που χορηγήθηκε στους ασθενείς της ομάδας Navigator με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης βρέθηκε $381,92 \pm 155,12$ ml ενώ η αντίστοιχη μέση ποσότητα αίματος στους ασθενείς της συμβατικής χειρουργικής ομάδας βρέθηκε $397,72 \pm 153,65$ ml. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων.

Στην πλειοψηφία παλαιότερων μελετών αναφέρεται σημαντική μείωση των απωλειών αίματος στην πλοηγούμενη τεχνική συγκριτικά με την συμβατική μέθοδο. Σε προοπτική μελέτη 70 ασθενών (109), στους οποίους η απώλεια αίματος μετρήθηκε από συσκευή παροχέτευσης, διαπιστώθηκε σημαντικά ελαττωμένη απώλεια αίματος μετά τη χρήση συστήματος πλοήγησης. Σε έτερη μελέτη των Kalairajah et al. επιβεβαιώνονται τα ανωτέρω δεδομένα. Οι Millar et al. παρακολούθησαν 60 ασθενείς με βεβαιωμένη παχυσαρκία και ανέφεραν μειωμένη απώλεια αίματος στην χειρουργική ομάδα που χρησιμοποιήθηκε σύστημα πλοήγησης (109, 193, 194, 195).

Σε συγκριτική μελέτη των απωλειών αίματος για ελάχιστα επεμβατική χειρουργική μέθοδο με ή χωρίς σύστημα πλοήγησης και σε έτερη αναδρομική μη-τυχαιοποιημένη μελέτη 73 ασθενών δεν διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά στην απώλεια αίματος ανάμεσα στην πλοηγούμενη και συμβατική ΤΚΑ (196, 197). Οι Napier et al. αναφέρουν μειωμένη απώλεια αίματος αν η άρθρωση του γόνατος τοποθετηθεί σε κάμψη για 6 ώρες μετά την επέμβαση αρθροπλαστικής συγκριτικά με τις 3 ώρες τοποθέτησης σε πλήρη έκταση (198).

Σε προηγούμενες έρευνες, η ελάττωση στην απώλεια αίματος αποδίδεται στο γεγονός ότι οι πλοηγούμενες χειρουργικές μέθοδοι αποφεύγουν την παραβίαση του μηριαίου ενδομυελικού καναλιού. Μολαταύτα, σε όλες αυτές τις έρευνες οι μελετητές σφράγισαν το άνοιγμα του μηριαίου καναλιού με οστικό κάλυμμα με αποτέλεσμα τον σαφή περιορισμό της αιμορραγίας. Στην πλοηγούμενη με H/Y χειρουργική μέθοδο, απαιτείται η εισαγωγή δύο βελονών στην διάφυση της κνήμης και του μηρού καθώς και επιπλέον εκτομή, κάτι που μπορεί να αποτελεί πιθανή αιτία απώλειας αίματος (191).

Στην πλοηγούμενη με H/Y ΤΚΑ, ο χρόνος ίσχαιμου περιόδου αναφέρεται 15-20 λεπτά μεγαλύτερος αυτού της συμβατικής επέμβασης, γεγονός που μπορεί να συνεισφέρει επίσης στην απώλεια αίματος καθώς η εκτόνωση του επιδέσμου έχει φανεί ότι συνδέεται με θρομβολυτική δραστηριότητα (199). Επιπρόσθετα, η ανοξία πιστεύεται ότι προωθεί την

ενεργοποίηση της αντιθρομβίνης III και των οδών της πρωτεΐνης C, κάτι που μπορεί να προκαλέσει αιμορραγία μετά την αφαίρεση της ισχαιμου περιίδεσης (200). Επομένως, η ελάττωση των απωλειών αίματος από την μη διάνοιξη του μηριαίου αυλού, δρα ανταγωνιστικά με την αύξηση της αιμορραγίας λόγω εκτεταμένου χρόνου χρήσης ισχαιμου περιίδεσης (191).

Σε αναδρομική μελέτη επεμβάσεων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος 143 ασθενών, ο μέσος χρόνος ισχαιμου περιίδεσης ήταν 96 λεπτά στην συμβατική χειρουργική ομάδα και 108 λεπτά στην πλοηγούμενη ομάδα με σημαντική αύξηση κατά 12 λεπτά ($p = 0.01$) [201]. Ο αυξημένος χρόνος ισχαιμου περιίδεσης έχει φανεί ότι συνδέεται με λοιμώξεις στην περιοχή του χειρουργικού τραύματος (Peersman et al., 2006), ισχαιμία ιστών (202), εν τω βάθει φλεβική θρόμβωση (203) (deep vein thrombosis, DVT) και κινδύνους ως προς την κατάσταση αναισθησίας του ασθενούς (204). Επιπρόσθετα, ορισμένες μελέτες προτείνουν την θετική συσχέτιση του αυξημένου χρόνου ισχαιμου περιίδεσης με την αυξημένη περιεγχειρητική απώλεια αίματος (205, 206).

Οι Tai et al. διαπίστωσαν σύνδεση της χρήσης ισχαιμου περιίδεσης με μειωμένη απώλεια αίματος κατά την διάρκεια επεμβάσεων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος, ενώ σύμφωνα με μετα-ανάλυση των Parvizi και Diaz-Ledezma, η χρήση ισχαιμου περιίδεσης οδηγεί σε σημαντική μείωση των απωλειών αίματος (207, 208). Μολαταύτα, οι Li et al., σε μετα-ανάλυση 14 συγκριτικών μελετών ΤΚΑ με ή χωρίς ισχαιμο περιίδεση, διαπίστωσαν ότι η χρήση ισχαιμου περιίδεσης κατά την διάρκεια της επέμβασης μπορεί να είναι αποτελεσματική για την μειωμένη διεγχειρητική απώλεια αίματος, αλλά όχι για την μείωση της μετεγχειρητικής και της πραγματικής ολικής απώλειας αίματος (209). Παρομοίως, σε πρόσφατη μετα-ανάλυση των Zhang et al., σημειώθηκε η μη επίδραση της ισχαιμου περιίδεσης στην πραγματική απώλεια αίματος (210).

8.3 Εύρος κίνησης γόνατος

Στην παρούσα μελέτη, το εύρος κίνησης στην ομάδα ασθενών Navigator ήταν $116,35 \pm 9,22^\circ$ ενώ στην συμβατική ομάδα ήταν $112,67 \pm 15,56^\circ$. Οι τιμές του εύρους κίνησης δε βρέθηκαν να διαφέρουν σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ των δύο ομάδων. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με μεγάλο πλήθος ερευνητικών μελετών, στις οποίες φαίνεται ότι δεν παρουσιάζεται σημαντική βελτίωση των κλινικών αποτελεσμάτων στους ασθενείς που χειρουργήθηκαν με σύστημα πλοήγησης (169, 170, 181, 188, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217).

Σε άρθρο συστηματικής επισκόπησης και μετα-ανάλυσης 6 τυχαιοποιημένων/οιονεί (quasi) τυχαιοποιημένων-ελεγχόμενων μελετών σύγκρισης της απεικονιστικής πλοηγούμενης ΤΚΑ και συμβατικών χειρουργικών τεχνικών, οι Cheng et al. αναφέρουν ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο εύρος κίνησης σε καμία εκ των μελετών. Οι παραπάνω ερευνητές συμπεραίνουν αμελητέα επίδραση της χρήσης εξοπλισμού πλοήγησης στην κλινική εικόνα του ασθενούς (186).

Σε έτερη συστηματική έρευνα επισκόπησης 5 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών, οι Zamora et al. αναφέρουν ότι τέσσερις από αυτές δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές ως προς το εύρος κίνησης ανάμεσα στις ομάδες ασθενών που υποβλήθηκαν σε επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με ή χωρίς σύστημα πλοήγησης (166). Μολαταύτα, σε μία μελέτη αναφέρεται ότι το εύρος κίνησης του γόνατος ήταν σημαντικά καλύτερο στην ομάδα των ασθενών που χειρουργήθηκαν με σύστημα πλοήγησης τις πρώτες 6 εβδομάδες μετεγχειρητικά. Το αποτέλεσμα αυτό παρατηρήθηκε ότι έπαψε να ισχύει μετά από 6 μήνες (218).

8.4 Κλινικό αποτέλεσμα (score)

Το knee outcome survey score είναι ένα ειδικό ερωτηματολόγιο για την άρθρωση του γόνατος, το οποίο αναπτύχθηκε το 1998 με σκοπό την αξιολόγηση των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων συμπτωμάτων σε ασθενείς με κακώσεις του γόνατος και οστεοαρθρίτιδα. Το knee outcome survey score έχει σχεδιαστεί για την εκτίμηση των απόψεων του ασθενούς αναφορικά με τις δυσκολίες κίνησης που αντιμετωπίζει, λόγω των προβλημάτων στην άρθρωση του γόνατος. Ένα υψηλό score υποδεικνύει καλύτερα αποτελέσματα. Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο έχει πιστοποιηθεί ως προς την εγκυρότητά του για την

μέτρηση του κλινικού αποτελέσματος στις επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος (219).

Στην παρούσα εργασία, η μέση τιμή του προεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator βρέθηκε $23,92 \pm 6,87$. Η μέση τιμή του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator βρέθηκε $68,00 \pm 5,44$. Η μέση τιμή του προεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε $21,14 \pm 5,50$. Η μέση τιμή του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε $65,07 \pm 9,89$. Δεν παρατηρείται διαφορά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο στα scores, προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά, για τις δύο χειρουργικές ομάδες. Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνονται βιβλιογραφικά σε πληθώρα συγκριτικών μελετών.

Το knee outcome survey score χρησιμοποιήθηκε πρόσφατα σε συγκριτική μελέτη επεμβάσεων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με ή χωρίς την βοήθεια συστήματος πλοήγησης, σε δείγμα 198 ασθενών Νορβηγικού περιφερειακού νοσοκομείου. Το ερωτηματολόγιο εστάλη στους ασθενείς 2 χρόνια μετεγχειρητικά. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά ή κλινικά σημαντική διαφορά στο knee outcome survey score, αν και παρατηρήθηκε μία τάση για καλύτερα scores (39 από τις 42 ερωτήσεις) στους ασθενείς που χειρουργήθηκαν με σύστημα πλοήγησης. Το μέσο score στην συμβατική ομάδα ήταν 84 ενώ στην ομάδα navigation ήταν 86. Στις αναλύσεις των λεπτομερών ερωτήσεων του knee outcome survey score οι Dyrhovden et al. παρατήρησαν κλινικά σημαντική διαφορά σε τρεις ερωτήσεις οι οποίες αφορούσαν το πόσο συχνά ο ασθενής αντιμετωπίζει πόνο στην άρθρωση του γόνατος ($p = 0.05$), την ικανότητα πλήρους κάμψης ($p = 0.09$) και της δυσκολίες εισόδου/εξόδου από το αυτοκίνητο ($p = 0.03$). Στους ασθενείς που χειρουργήθηκαν με σύστημα πλοήγησης υπήρχε πιο βελτιωμένη απόκριση στις παραπάνω ερωτήσεις (220).

Επιπρόσθετα, σε αρκετά πρόσφατη συστηματική μελέτη επισκόπησης και μετα-ανάλυσης, τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών και προοπτικών μελετών κοορτής, οι Alcelic et al. αναφέρουν τα δεδομένα πέντε ερευνών που δείχνουν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των knee society scores σε ασθενείς που χειρουργήθηκαν με ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές με ή χωρίς τη βοήθεια συστήματος πλοήγησης. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι δεν υπάρχει επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά στα knee society functional scores ανάμεσα στις δύο χειρουργικές ομάδες (168).

Σε προοπτική τυχαιοποιημένη δοκιμή του 2014, οι Cip et al. αναφέρουν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά αναφορικά με τα κλινικά αποτελέσματα της

συμβατικής και της υποβοηθούμενης με H/Y χειρουργικής τεχνικής σύμφωνα με τα knee society scores 5 χρόνια μετεγχειρητικά (169).

Οι Nakano et al. χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά το knee society knee scoring system (KSKSS) δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά την αξιολόγηση του κλινικού αποτελέσματος επεμβάσεων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με ή χωρίς σύστημα πλοήγησης 10 χρόνια μετεγχειρητικά (170).

8.5 Διόρθωση μηχανικού άξονα

Επικρατεί η άποψη ότι η διόρθωση του μηχανικού άξονα συνεπικουρεί στην βελτίωση της ανθεκτικότητας του εμφυτεύματος και της λειτουργίας του ασθενούς μετεγχειρητικά (171). Το 2009, οι Fang et al. προχώρησαν σε αναδρομική αξιολόγηση για το αν οι καλώς-ευθυγραμμισμένες επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος οδηγούν σε καλύτερη βιωσιμότητα συγκριτικά με αυτές που παρουσιάζουν αποκλίσεις ($>3^\circ$ ραιβότητα ή βλαισότητα). Οι μελετητές διεπίστωσαν ότι σε σύνολο 6.070 επεμβάσεων υπήρχαν 51 αποτυχημένες ως προς την τοποθέτηση της πρόθεσης; 21 με μηδενική γωνία απόκλισης (0,5% του αντίστοιχου γκρουπ), 18 με ραιβότητα (1,8% του αντίστοιχου γκρουπ) και 12 με βλαισότητα (1,5% του αντίστοιχου γκρουπ). Κοινό συμπέρασμα και στις τρεις ομάδες ήταν ότι οι ασθενείς με απόκλιση του μηχανικού άξονα μεταξύ $2,4$ και $7,2^\circ$ σε βλαισότητα είχαν την βέλτιστη βιωσιμότητα πρόθεσης. Παρατηρήθηκε ότι τα ραιβά γόνατα οδηγούσαν σε έσω κνημιαία καθίζηση ενώ η βλαισή ευθυγράμμιση αποτύγχανε κυρίως λόγω της συνδεσμικής αστάθειας (172).

Σε προοπτική τυχαιοποιημένη μελέτη οι Choong et al αξιολόγησαν το αν η ακριβής ανατομική ευθυγράμμιση οδηγεί σε καλύτερη λειτουργία και ποιότητα ζωής. Οι μελετητές διερεύνησαν 115 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε επέμβαση ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με συμβατική μέθοδο ή με την βοήθεια H/Y. Αναφέρθηκε ότι σε 50 ασθενείς (88% του γκρουπ στο οποίο η επέμβαση πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια H/Y) σημειώθηκε επιτυχής ευθυγράμμιση εντός 3° του ουδετέρου άξονα, συγκριτικά με 33 ασθενείς (61%) στο γκρουπ που η επέμβαση πραγματοποιήθηκε με συμβατική μέθοδο. Οι μελετητές ανέφεραν ότι στους ανωτέρω ασθενείς σημειώθηκε σημαντική αύξηση του International Knee Society Score και του Short-Form 12 physical Scores από 6 εβδομάδες έως 12 μήνες μετεγχειρητικά συγκριτικά με τους υπόλοιπους ασθενείς στους οποίους δεν συνέβη κάτι τέτοιο (173).

Παρά την ομοφωνία μεταξύ των ορθοπεδικών χειρουργών για την σημασία της ορθά ευθυγραμμισμένης (εντός 3° του μηχανικού άξονα) ολικής αρθροπλαστικής γόνατος στην βελτίωση του κλινικού αποτελέσματος, πολλές πρόσφατες μελέτες αναφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα. Σε μελέτη των Khan et al., εξετάστηκε αναδρομικά η σχέση μεταξύ του μηχανικού άξονα του γόνατος, μέσω του λειτουργικού του τόξου, και τα λειτουργικά αποτελέσματα στους ασθενείς. Ανέφεραν ότι από τους 76 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με την βοήθεια H/Y, οι 65 πέτυχαν ευθυγράμμιση του λειτουργικού τόξου 3° ή λιγότερο και οι 11 εμφάνιζαν αποκλίσεις. Οι μελετητές δεν διεπίστωσαν κάποια συσχέτιση ανάμεσα στις δύο ομάδες ασθενών και στα Western Ontario και McMaster University Scores (WOMAC) ή Short-Form 12 surveys outcomes. Μολαταύτα, αναγνωρίστηκε το γεγονός ότι οι ασθενείς που είχαν μεγαλύτερες αξονικές αποκλίσεις των 3° εμφάνιζαν αυξημένες δυσκολίες σε δραστηριότητες της καθημερινότητας ($p = 0,05$) (174).

Παρόμοια, σε μελέτη των Parratte et al., εξετάστηκε η σχέση μεταξύ της ευθυγράμμισης της πρόθεσης και της βιωσιμότητας σε 398 επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος. Οι ερευνητές δεν διαπίστωσαν κάποια διαφορά στις 15ετείς αξιολογήσεις βιωσιμότητας Kaplan-Meier μεταξύ των προθέσεων που τοποθετήθηκαν εντός του ορίου των 3° βλαισότητας ή ραιβότητας συγκριτικά με τις προθέσεις που ευθυγραμμίστηκαν εκτός αυτής της κλίμακας (175).

Στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά για την ομάδα Navigator. Από τους ασθενείς της ομάδας Navigator, 2 ($f=7,69\%$) παρουσίασαν έλλειμα έκτασης 3 μοιρών. Για τη συμβατική ομάδα δεν παρατηρείται διαφορά ανάμεσα στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό. Από τους ασθενείς της συμβατικής ομάδας, έλλειμα έκτασης παρουσίασε 1 ($f = 6,66\%$) ασθενής. Το έλλειμμα έκτασης του ασθενή βρέθηκε 4 μοίρες. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά ανάμεσα στις δύο ομάδες.

Η βιβλιογραφική μελέτη παρουσιάζει έντονη διχογνωμία ως προς τις διαφορές στην αξονική απόκλιση στις δύο ομάδες ασθενών. Υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν σημαντικά μικρότερη αξονική απόκλιση με τη χρήση συστήματος πλοήγησης (108, 112, 176, 177, 178, 179, 180). Μολαταύτα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνονται από

πληθώρα ερευνών, οι οποίες δεν διαπιστώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις της γωνίας του μηχανικού άξονα σε επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με ή χωρίς τη βοήθεια συστήματος πλοήγησης (113, 121, 181, 182).

Σε μετα-ανάλυση 33 μελετών συγκριτικής αξιολόγησης της συμβατικής και της πλοηγούμενης ΤΚΑ, οι Bauwens et al δεν βρήκαν κάποιο σημαντικό πλεονέκτημα της πλοηγούμενης ΤΚΑ στην ευθυγράμμιση της πρόθεσης (183). Οι Mason et al. δημοσίευσαν επίσης μετα-ανάλυση 29 ερευνών οι οποίες περιλαμβάνονταν στην μετα-ανάλυση των Bauwens et al. Οι Mason et al. έφτασαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση συστήματος πλοήγησης οδηγεί σε σημαντική βελτίωση του προσανατολισμού της πρόθεσης και διόρθωσης του μηχανικού άξονα. Στη συγκεκριμένη δημοσίευση, οι Mason et al. σημειώνουν ότι πιστεύουν πως οι διαφορές με τα συμπεράσματα των Bauwens et al οφείλονται σε αναλυτικά σφάλματα (119). Δύο πρόσφατες μετα-ανάλυσεις οδηγήθηκαν στο ίδιο συμπέρασμα: η πλοηγούμενη με Η/Υ ΤΚΑ βελτιώνει την διόρθωση του μηχανικού άξονα και τον προσανατολισμό της πρόθεσης (174, 184).

Το 2010 οι Novicoff et al. δημοσίευσαν μετα-ανάλυση, η οποία περιελάμβανε συγκριτικές μελέτες αξιολόγησης των συστημάτων πλοήγησης στην ΤΚΑ από το 1990 ως το 2008. Η ανάλυση 22 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών έδειξε σαφές πλεονέκτημα στην ευθυγράμμιση με την χρήση συστήματος πλοήγησης. Μολαταύτα, καμία μελέτη δεν αξιολογούσε τις συνδέσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών και της λειτουργίας των ασθενών με βάση των βαθμό απόκλισης σε μικρό χρονικό διάστημα μετεγχειρητικά (185).

Το 2011 δημοσιεύθηκαν δύο μετα-αναλύσεις. Οι Cheng et al. ανέλυσαν έξι μελέτες πριν το 2008, χωρίς να διαπιστώνουν διαφορές στην λειτουργία του γόνατος ή επιπλοκές. Ανέφεραν ότι δεν υπάρχει κάποιο βραχυπρόθεσμο κλινικό λειτουργικό πλεονέκτημα από την χρήση της πλοηγούμενης ΤΚΑ (186). Οι Brin et al συνδυάζοντας 20 μελέτες αναφέρουν 80% ελάττωση των αποκλίσεων του μηχανικού άξονα μετά από χρήση συστήματος πλοήγησης στην ΤΚΑ (187).

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα της παρούσας συγκριτικής έρευνας των αποτελεσμάτων ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με συμβατικές μεθόδους και με συστήματα πλοήγησης, δύναται να συνοψιστούν ως εξής:

- Τα δημογραφικά στοιχεία των ασθενών του πληθυσμού μελέτης επιβεβαιώνουν τη βιβλιογραφικά μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης της οστεοαρθρίτιδας στις γυναίκες παρά στους άνδρες, αφού και στις δύο ομάδες μελέτης οι γυναίκες ήταν 3-4 φορές περισσότερες από τους άνδρες ασθενείς.
- Η κατανομή των ηλικιών των ασθενών και των δύο ομάδων επιβεβαιώνουν τα επιδημιολογικά δεδομένα της βιβλιογραφίας που συνδέουν την παρουσία οστεοαρθρίτιδας και στα δύο φύλα με την αύξηση της ηλικίας.
- Ο καθαρός χειρουργικός χρόνος για την ομάδα Navigator ήταν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο της συμβατικής ομάδας. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προγενέστερες μελέτες που διαπιστώνουν σημαντικά μεγαλύτερο χειρουργικό χρόνο στην ΤΚΑ με χρήση συστημάτων πλοήγησης συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους.
- Αν και ο αυξημένος χειρουργικός χρόνος διαδραματίζει σημαντικό κλινικό ρόλο δεδομένου του κινδύνου εμφάνισης περαιτέρω επιπλοκών, όπως οι λοιμώξεις, τα δεδομένα της βιβλιογραφικής έρευνας αλλά και τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν έδειξαν επιπλοκές που σχετιζόνταν με τον πρόσθετο χρόνο χειρουργείου.
- Αν και η συσσώρευση εμπειρίας μειώνει το χρόνο κάθε επεμβατικής τεχνικής, ειδικά για την περίπτωση των συστημάτων πλοήγησης ΤΚΑ απαιτείται η εξοικείωση του ιατρού στη χρήση τους η οποία είναι ικανή να μειώσει σημαντικά τον χειρουργικό χρόνο στην πλοηγούμενη ΤΚΑ.
- Ο αυξημένος χρόνος χειρουργείου επηρεάζει ασφαλώς τον αριθμό επεμβάσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε καθημερινή βάση και σε συνδυασμό με το αυξημένο κόστος του συστήματος πλοήγησης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των νοσοκομειακών δαπανών.

- Οι τιμές του αιματοκρίτη για την ομάδα Navigator βρέθηκαν υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές της συμβατικής ομάδας άμεσα μετεγχειρητικά σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($p = 0,028$). Παρόμοια τάση παρατηρείται και προεγχειρητικά, 1, 2 και 30 ημέρες μετεγχειρητικά, ενώ την 5η μετεγχειρητική ημέρα, οι τιμές του αιματοκρίτη της ομάδας Navigator εμφανίζονται χαμηλότερες από της συμβατικής ομάδας. Ωστόσο, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των τιμών των δύο ομάδων δε βρίσκονται στατιστικά σημαντικές.
- Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης για τις χρονικές στιγμές αιμοληψίας για την ομάδα Navigator είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές της συμβατικής ομάδας τόσο προεγχειρητικά, όσο και άμεσα μετεγχειρητικά, 1, 2, 3 και 30 ημέρες μετά το χειρουργείο. Μολαταύτα, οι παραπάνω διαφορές που σημειώνονται δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές.
- Η απώλεια αίματος κατά την ΤΚΑ είναι μεγάλης σημασίας αφού οι ασθενείς είναι συνήθως άνω των 60 ετών εμφανίζοντας συχνά συνοδές παθολογικές καταστάσεις όπως υπέρταση, σακχαρώδη διαβήτη, καρδιακές παθήσεις κ.α. Οι διεγχειρητικοί και μετεγχειρητικοί κίνδυνοι είναι δυνατόν να αυξηθούν από τις απώλειες αίματος κατά την διάρκεια του χειρουργείου και έπειτα. Οι αυξημένες απώλειες αίματος οφείλονται στη διάνοιξη του ενδομυελικού αυλού.
- Η λιγότερο επεμβατική προσέγγιση της πλοηγούμενης αρθροπλαστικής γόνατος συνδέεται με μικρότερη διάνοιξη του ενδομυελικού αυλού των οστών της άρθρωσης του γόνατος, μικρότερη αποκόλληση των περιφερειακών μαλακών ιστών αλλά και με αυξημένη ακρίβεια ως προς την τοποθέτηση του εμφυτεύματος.
- Στην πλειοψηφία παλαιότερων μελετών αναφέρεται σημαντική μείωση των απωλειών αίματος στην πλοηγούμενη τεχνική συγκριτικά με την συμβατική μέθοδο. Η ελάττωση στην απώλεια αίματος αποδίδεται στο γεγονός ότι οι πλοηγούμενες χειρουργικές μέθοδοι αποφεύγουν την παραβίαση του μηριαίου ενδομυελικού καναλιού.
- Σε αντίθεση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που υποστηρίζουν μικρότερες απώλειες αίματος στην πλοηγούμενη τεχνική, ο αριθμός των φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της ομάδας Navigator ανά χρονική στιγμή βρέθηκε ίδιος με το αριθμό που μεταγγίστηκε στη συμβατική ομάδα και δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά.

- Στην πλοηγούμενη με H/Y χειρουργική μέθοδο, απαιτείται η εισαγωγή δύο βελονών στην διάφυση της κνήμης και του μηρού καθώς και επιπλέον εκτομή, κάτι που μπορεί να αποτελεί πιθανή αιτία απώλειας αίματος. Φαίνεται επίσης ότι η ελάττωση των απωλειών αίματος από την μη διάνοιξη του μηριαίου αυλού κατά την πλοηγούμενη τεχνική, δρα ανταγωνιστικά με την αύξηση της αιμορραγίας λόγω εκτεταμένου χρόνου χρήσης ίσχειμου περιδέσης.
- Βάσει του Shapiro – Wilk test, οι απώλειες αίματος από την παροχέτευση του τραύματος κατά τις πρώτες 48 ώρες βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή και για τις δύο ομάδες ($W = 0,940$, $p = 0,134$ για την ομάδα Navigator και $W=0,948$, $p = 0,361$ για τη συμβατική ομάδα). Κατόπιν του Independent samples t-test, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ($t = 0,487$, $p = 0,628$).
- Όσον αφορά στις ποσότητες αίματος που επαναχορηγήθηκαν στους ασθενείς των δύο ομάδων με τη μέθοδο της αυτομετάγγισης, δε βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά για καμία από τις δύο ομάδες, σύμφωνα με το Shapiro – Wilk test ($W = 0,897$, $p = 0,013$ για την ομάδα Navigator και $W = 0,846$, $p = 0,006$ για τη συμβατική ομάδα). Σύμφωνα με το Mann – Whitney test, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ($U = 235,500$, $p = 0,797$).
- Για την ομάδα Navigator, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας βρέθηκαν να μην ακολουθούν κανονική κατανομή, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά ($p = 0,009$ και $p < 0,001$, αντίστοιχα). Ομοίως, οι τιμές του ανατομικού – μηχανικού άξονα βρέθηκαν να μην κατανέμονται κανονικά προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά ($p = 0,002$ και $p = 0,001$, αντίστοιχα). Επιπλέον, οι τιμές της προσθιοπίσθιας κλίσης και της μηριαίας γωνίας δεν προέρχονταν από κανονική κατανομή ($p = 0,007$ και $p=0,001$, αντίστοιχα) σε αντίθεση με τις τιμές του εύρους κίνησης που βρέθηκαν να κατανέμονται κανονικά για την ομάδα Navigator.
- Κατόπιν του Wilcoxon signed rank test, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας μετεγχειρητικά βρίσκονται αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές προεγχειρητικά για την ομάδα Navigator σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($Z = -4,381$, $p < 0,001$). Αντιθέτως, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα προεγχειρητικά και

μετεγχειρητικά για την ομάδα Navigator. Από τους ασθενείς της ομάδας Navigator, το 7,69% παρουσίασε έλλειμμα έκτασης 3 μοιρών.

- Σύμφωνα με το Wilcoxon signed rank test, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας μετεγχειρητικά βρίσκονται αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές προεγχειρητικά για τη συμβατική ομάδα σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ($Z = -3,254$, $p < 0,001$). Ωστόσο, δεν παρατηρείται διαφορά ανάμεσα στις τιμές της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά για τη συμβατική ομάδα σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό. Από τους ασθενείς της συμβατικής ομάδας, έλλειμμα έκτασης παρουσίασε το 6,66%. Το έλλειμμα αυτό έκτασης βρέθηκε 4 μοίρες.
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ των δύο ομάδων, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας και της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά ανάμεσα στις δύο ομάδες. Επιπλέον, οι τιμές της προσθιοπίσθιας κλίσης και του εύρους κίνησης επίσης δε βρέθηκαν να διαφέρουν σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ των δύο ομάδων. Ωστόσο, οι τιμές της μηριαίας γωνίας για την ομάδα Navigator βρίσκονται σαφώς μειωμένες σε σχέση με τη συμβατική ομάδα σε βαθμό στατιστικά σημαντικό ($p=0,012$).
- Στην παρούσα μελέτη, το εύρος κίνησης στην ομάδα ασθενών Navigator ήταν $116,35 \pm 9,22$ ενώ στην συμβατική ομάδα ήταν $112,67 \pm 15,56$. Οι τιμές του εύρους κίνησης δε βρέθηκαν να διαφέρουν σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ των δύο ομάδων.
- Η μέση τιμή του προεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator βρέθηκε $23,92 \pm 6,87$ ενώ το εύρος ήταν 22 (16 – 38). Η μέση τιμή του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator βρέθηκε $68,00 \pm 5,44$ με εύρος 19 (55 – 74). Η μέση τιμή του προεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε $21,14 \pm 5,50$ ενώ το εύρος ήταν 19 (12 – 31). Η μέση τιμή του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε $65,07 \pm 9,89$ με εύρος 32 (48 – 80)
- Οι τιμές των scores για την ομάδα Navigator, προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά, δεν ακολουθούν κανονική κατανομή ($p = 0,005$ και $p = 0,007$, αντίστοιχα). Αντίθετα, για τη συμβατική ομάδα, τόσο οι προεγχειρητικές όσο και οι μετεγχειρητικές τιμές των scores κατανέμονταν κανονικά.

- Όσον αφορά τις τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για την ομάδα Navigator, εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score. Ειδικότερα, το μετεγχειρητικό knee outcome survey score για την ομάδα Navigator κινείται σε αισθητά υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με το προεγχειρητικό score σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).
- Όσον αφορά τις τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τη συμβατική ομάδα, παρόμοια με την ομάδα Navigator, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score. Ειδικότερα, το μετεγχειρητικό score για τη συμβατική ομάδα βρέθηκε αρκετά αυξημένο σε σχέση με το προεγχειρητικό score σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$).
- Οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score για τις δύο χειρουργικές ομάδες, δεν παρουσιάζουν διαφορά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο στα scores, προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά. Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνονται βιβλιογραφικά σε πληθώρα συγκριτικών μελετών.
- Υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν σημαντικά μικρότερη αξονική απόκλιση με τη χρήση συστήματος πλοήγησης. Ωστόσο, η απουσία σημαντικών διαφορών στην αξονική απόκλιση από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνεται από πληθώρα ερευνών, οι οποίες δεν διαπιστώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις της γωνίας του μηχανικού άξονα σε επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος με ή χωρίς τη βοήθεια συστήματος πλοήγησης.
- Συνολικά, δεν φαίνονται σημαντικές διαφορές στα κλινικά αποτελέσματα των δύο τεχνικών. Αν και οι υπέρμαχοι της χρήσης της πλοηγούμενης τεχνικής επικαλούνται πλεονεκτήματα ως προς την βελτιωμένη ακρίβεια ευθυγράμμισης του σκέλους και προσανατολισμού των προθετικών στοιχείων, την μείωση της απώλειας αίματος και την χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης ενδοκρανιακών μικροεμβολικών επεισοδίων συγκριτικά με την συμβατική χειρουργική, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν αποδεικνύουν τα πλεονεκτήματα αυτά. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με μεγάλο πλήθος ερευνητικών μελετών, στις οποίες φαίνεται ότι δεν παρουσιάζεται σημαντική βελτίωση των κλινικών αποτελεσμάτων στους ασθενείς που χειρουργήθηκαν με σύστημα πλοήγησης.

- Ο αυξημένος χρόνος χειρουργείου, η απαίτηση υψηλής εξοικείωσης με τη χρήση της τεχνικής, το μεγάλο κόστος του συστήματος και η απουσία σημαντικών διαφορών ανάμεσα στις κλινικές παραμέτρους των δύο τεχνικών αλλά και στο συνολικό κλινικό αποτέλεσμα δεν υποστηρίζουν την υιοθέτηση των συστημάτων πλοήγησης ολικής αρθροπλαστικής γόνατος από τους σύγχρονους χειρουργούς.
- Η ανάπτυξη πιο ευαίσθητων συστημάτων μέτρησης, όπως το νέο Σύστημα Βαθμολόγησης της Εταιρείας Γόνατος ή η ανάλυση βάδισης ίσως μελλοντικά να μπορέσουν να αναδείξουν πλεονεκτήματα της πλοηγούμενης τεχνικής που δεν είναι ορατά με την χρήση των πρόσφατων μεθόδων αξιολόγησης.
- Η ανάπτυξη λιγότερο επεμβατικών μεθόδων, με την χρήση ρομποτικών συστημάτων, ίσως τελικά αναιρέσει προσωρινά εμπόδια και επιφυλάξεις για τη χρήση της πλοηγούμενης τεχνικής έναντι της συμβατικής και οδηγήσει σε ταχύτερους χρόνους ανάρρωσης και αυξημένη μετεγχειρητική λειτουργικότητα του ασθενούς. Στο μέλλον, οι χειρουργοί θα είναι σε θέση να αποκαθιστούν τις αρθρώσεις του γόνατος μέσω ακόμα μικρότερων τομών ακριβείας, σχεδιασμένων με ρομποτική υποβοήθηση, καθιερώνοντας με αυτό τον τρόπο τα ρομποτικά συστήματα πλοήγησης στην αρθροπλαστική.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υπόθεση: Η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος είναι ο πιο συνήθης τύπος αρθροπάθειας του ενήλικου πληθυσμού. Η προχωρημένη οστεοαρθρίτιδα του γόνατος αντιμετωπίζεται συνήθως με ολική αρθροπλαστική, η οποία, δεδομένης της μη αναστρέψιμης φύσης της, συνιστάται μόνο σε ασθενείς στους οποίους échουν αποτύχει ή αντενδείκνυνται οι υπόλοιπες τεχνικές αντιμετώπισης. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το λειτουργικό αποτέλεσμα, όπως και την διάρκεια επιβίωσης των εμφυτευμάτων, είναι η αξονική ευθυγράμμιση της άρθρωσης και του σκέλους και ο σωστός προσανατολισμός των επιφανειών φόρτισης των εμφυτευμάτων. Για την μικρότερη δυνατή απώλεια οστού σε συνδυασμό με την ακριβέστερη τοποθέτηση των εμφυτευμάτων, το βέλτιστο λειτουργικό αποτέλεσμα, την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και την πρόληψη της χαλάρωσης της πρόθεσης έχει αναπτυχθεί η καθοδηγούμενη με ηλεκτρονικό υπολογιστή χειρουργική τεχνική. Ωστόσο, τα μέχρι σήμερα δημοσιευμένα αποτελέσματα δεν ήταν ξεκάθαρα ως προς τα ευεργετικά λειτουργικά αποτελέσματα από την χρήση των συστημάτων πλοήγησης. Σε αυτή τη βάση, στην παρούσα τυχαίοποιημένη μελέτη διερευνάται ο τρόπος τοποθέτησης των εμφυτευμάτων, η αξονική ευθυγράμμιση του σκέλους και η συνδεσμική εξισορρόπηση της άρθρωσης τόσο μετά από συμβατική, όσο και μετά από καθοδηγούμενη με σύστημα πλοήγησης ολική αρθροπλαστική γόνατος.

Υλικό & Μέθοδοι: Για το σκοπό αυτό, 37 ασθενείς υποβλήθηκαν σε ολική αρθροπλαστική γόνατος με σύστημα πλοήγησης (ομάδα Navigator) και 22 με τη συμβατική μέθοδο. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν $67,32 \pm 12,63$ έτη στην ομάδα του συστήματος πλοήγησης και $68,24 \pm 6,48$ έτη στην ομάδα της συμβατικής μεθόδου. Για την διαδικασία της ηλεκτρονικής πλοήγησης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Orthopilot της Aescular και η πρόθεση Columbus, ενώ η δεύτερη ομάδα περιελάμβανε αρθροπλαστικές γόνατος που εκτελέστηκαν μόνο με συμβατικά καθοδηγητικά εργαλεία (συμβατικές προθέσεις Advance της Wright στους 10 ασθενείς, NexGen της Zimmer στον έναν ασθενή και First της Zimmer στους 11 ασθενείς). Η χειρουργική τεχνική που εφαρμόστηκε στις επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής γόνατος ήταν η ίδια και για τις δύο ομάδες. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SPSS (έκδοση 21.0).

Αποτελέσματα: Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο καθαρός χειρουργικός χρόνος για την ομάδα Navigator ήταν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο της

συμβατικής ομάδας. Παράλληλα, συνολικά, δεν φαίνονται σημαντικές διαφορές στα κλινικά αποτελέσματα των δύο τεχνικών. Αναλυτικά, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των τιμών του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης των δύο ομάδων δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές και ο αριθμός των φιαλών που μεταγγίστηκαν στους ασθενείς της ομάδας Navigator ανά χρονική στιγμή βρέθηκε ίδιος με το αριθμό που μεταγγίστηκε στη συμβατική ομάδα. Επίσης, οι τιμές της κνημιαίας γωνίας ραιβότητας και της γωνίας ανατομικού – μηχανικού άξονα, τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά, οι τιμές της προσθιοπίσθιας κλίσης και του εύρους κίνησης και οι τιμές του προεγχειρητικού και του μετεγχειρητικού knee outcome survey score, δεν βρέθηκαν να διαφέρουν σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ των δύο ομάδων.

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα αυτά, σε συνδυασμό με το κόστος του συστήματος, αποθαρρύνουν την υιοθέτηση των συστημάτων πλοήγησης ολικής αρθροπλαστικής γόνατος από τους σύγχρονους χειρουργούς. Η ανάπτυξη πιο ευαίσθητων συστημάτων μέτρησης ίσως μελλοντικά να μπορέσει να αναδείξει πλεονεκτήματα της πλοηγούμενης τεχνικής που δεν είναι ορατά με την χρήση των πρόσφατων μεθόδων αξιολόγησης.

Λέξεις κλειδιά: Οστεοαρθρίτιδα, Ολική αρθροπλαστική γόνατος, Συστήματα πλοήγησης, Συμβατικές μέθοδοι

ABSTRACT

Background: Knee osteoarthritis is the most common joint disorder of the adult population. The last stage of the disease is usually treated with total knee arthroplasty, which, given its irreversible nature, is recommended only when the rest of treatments have failed. The functional effect and the implant survival depend on factors like the axial alignment of the joint and the leg and the correct orientation of the implant charging surfaces. Computer-assisted navigation systems have been developed to minimal bone loss in combination with the more accurate placement of the implants and aiming an optimum operating result, the longer life and the prevention of the implant abruption. However, the published results are conflicting about the beneficial operational results of Computer-assisted navigation systems. On this basis, the present randomized study investigates the implant placement, the axial alignment of the leg and the ligament balancing both after conventional and computer-assisted navigated total knee replacement.

Methods: For this purpose, 37 patients underwent total knee arthroplasty with a navigation system (Navigator group) and 22 with the conventional method. The average age was 67.32 ± 12.63 years in the Navigator group and 68.24 ± 6.48 years in the conventional group. The process of electronic navigation took place using Orthopilot by Aesculap and Columbus knee implant, while the second group included knee replacements performed only with conventional tools (conventional implants Advance by Wright in 10 patients, NexGen by Zimmer in a patient and First by Zimmer in 11 patients). The surgical technique performed in total knee replacement surgery was the same for both groups. The statistical processing of data and the presentation of results were made with the statistical software package SPSS (version 21.0).

Results: Results showed that the operative time for the Navigator group was statistically significantly greater than the operative time of the conventional group. On the other hand, overall, there were no significant differences in the clinical outcomes of both techniques. Specifically, the differences between hematocrit and hemoglobin values of the two groups were not statistically significant and the number of vials transfused in the Navigator group per time was the same as in the conventional group. Also, the tibial varus angle and the anatomical - mechanical axis angle, both preoperatively and postoperatively, the values of intramedullary inclination, the range of motion and the values of preoperative and

postoperative knee outcome survey score, were not found to differ statistically between the two groups.

Conclusions: These results, combined with the high cost of the navigation systems, discourage the adoption of this technique for total knee arthroplasty by modern surgeons. Perhaps, the development of more sensitive evaluation systems might be able to highlight the advantages of the computer-assisted navigation systems that are not visible with the use of the current evaluation methods.

Keywords: Osteoarthritis, Total knee arthroplasty, Navigation systems, Conventional methods

Βιβλιογραφία

- (1) Warwick P. Warwick R. Dyson M. Bannister L. Grays Anatomy Churchill Livingstone, 27th Edition 1989; 174-175.
- (2) Σάββας Α. Επίτομη Ανατομική του Ανθρώπου και Άτλας. Δ' Έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη 1989.
- (3) Johnson, M. W. Acute knee effusions: A systematic approach to Diagnosis, *Am. Fam. Physician*, 2000, 15; **61**(8): 2391-2400.
- (4) Chhabra A, Elliot C, Miller M.D. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med. Arthrosc*, 2002, **9**: 166-177.
- (5) Insall-Scott. *Surgery of the Knee*. 3rd Edition: Churchill Livingstone, 2001.
- (6) Hungerford D. S. Krackow K.A. Kenna R.V. *Total Knee Arthroplasty: A Comprehensive Approach*, Lippincott Williams and Wilkins (December 1, 1984), pages 12-13.
- (7) Kapandji I.A. *The Physiology of the Joints, Vol II*, Churchill Livingstone, New York, 1970(5).
- (8) Κατσένης, Δ. Λ. "Η εφαρμογή των κυκλικών συστημάτων εξωτερικής οστεοσύνθεσης στην αντιμετώπιση των υψηλής ενεργείας καταγμάτων του άνω πέρατος της κνήμης", 2003, Διδακτορική διατριβή, Ιατρική Σχολή, Πάτρα, σελ. 16-23.
- (9) Moore KL. Clinically oriented anatomy, William and Wilkins, 3rd edition, 1992: 477-485.
- (10) Evans, B.G. and Zawadsky, M.W. The Knee, In: *Essentials of Orthopaedic Surgery*, S.W. Diesel and J.N. Delahay (eds), 2010, Springer Science, 435-438.
- (11) Κορρές Δ.Σ. Λυρίτης Γ.Π. Σουκάκος Π.Ν. Ορθοπαιδική και Τραυματολογία του Μυοσκελετικού συστήματος, Κωνσταντάρας, 2010: 345-347.
- (12) Bucwalter J.A. Mankin H.J. Grodzinky A.J. Articular cartilage and osteoarthritis, *Instr. Course Lect.* 2005; **54**: 465-480.

- (13) Carter D.R. Beaupre G.S. Wong B. Smith R.L. Andriacchi T.P. Schuman D.J. The mechanobiology of articular cartilage development and degeneration. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2004; 69-77.
- (14) Dieppe P. Chard J. Lohmander S. Smith C. Osteoarthritis. *Clin Evid.* 2002; 1071-1090.
- (15) <http://kneeinjuryinfo.com> (Πρόσβαση στις 27-11-2015)
- (16) Kapandji, I.A. "Η λειτουργική ανατομική των αρθρώσεων", 2000, 5^η έκδοση, Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη, Αθήνα, σελ. 94-136.
- (17) Victor, J.M.K. Biomechanics of the Knee and Alignment. In: *The Knee: A Comprehensive Review*, Scuderi, G.L. and Tria, A.J. (eds), (2014), World Scientific Publishing, p. 37.
- (18) Knapp, K. The Knee, In: *Forensic Biomechanics*, Hannon, P. and Knapp, K. (eds), (2006), Lawyers and Hudge Publishing Company, p. 265-266.
- (19) Buechel, F.F. and Pappas, M.J. The Knee, In: *Principles of Human Joint Replacement: Design and Clinical application*, 2nd edition, (2015), Springer, p 267-281.
- (20) Nakagawa, S. et al. Tibial-Femoral Movement 3: Full Flexion in the Living Knee Studied by MRI. *JBJS*, (2000), 82B(8), 1199-1203.
- (21) Grood E.S. Noyes F.R. Butler D.L. Suntay W.J. Ligamentous and capsular restraints preventing straight medial and lateral laxity in intact human cadaver knees. *J Bone Joint Surg.* 1981; **63A**: 1257-1269.
- (22) Kornistek R.D. Dennis D.A. Mahfouz M. In vivo fluoroscopic analysis of the normal human knee. *Clin Orthop.* 2003, **410**: 69-81.
- (23) Renstrom, P. And Johnson, R.L. Anatomy and biomechanics of the menisci, *Clinical Sports Medicine*, (1990), 9(3), 523–528.
- (24) Hehne H.J. Biomechanics of the patellofemoral joint and its clinical relevance. *Clin Orthop.* 1990; **258**: 73-85.
- (25) Smidt G.L. Biomechanical analysis of the knee. *J Biomech.* 1973; **6**: 79-102.
- (26) Morrison, J.B. The mechanics of the knee joint in relation to normal walking, *Journal of Biomechanics*, (1970), 3, 51–61.

- (27) American Academy of Orthopaedic Surgeons, Committee on Biomedical Engineering, The patella in TKR - biomedical considerations. Scientific Exhibit, *59th Annual Meeting of the AAOS*, (1992).
- (28) Felson D.T. Couropmitree N.N. Chaisson C.E. et al.: Evidence for a Mendelian gene in a segregation analysis of generalized radiographic osteoarthritis. The Framingham Study. *Arthr Rheum.*, 1998; **41**: 1064–71.
- (29) Andrianakos A.A. Kontelis L.K. Karamitsos D.G. et al.: Prevalence of symptomatic knee, hand and hip osteoarthritis in Greece. The ESORDIG study. *J. Rheumatology*, 2006; **33**: 2507–13.
- (30) D’Ambrosia R.D: Epidemiology of osteoarthritis. *Orthopedics*, 2005; **28** (Suppl. 2): p. 201–205.
- (31) Michael J.W.-P. Schluter-Brust K.U. Eysel P. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis and Treatment of Osteoarthritis of the Knee, *Dtsch Arztebl Int.*, 2010; **107** (9): 152-62.
- (32) Spector T.D. Cicuttini J. Baker J. et al.: Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. *BMJ*. 1996; **312**: 940–44.
- (33) Grotle M. Hagen K.B. Natvig B. Dahl F.A. Kvien T.K. Obesity and osteoarthritis in knee, hip and/or hand: An epidemiological study in the general population with 10 years follow-up. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008; **9**: 132.
- (34) Hackenbroch M.H. *Arthrosen*. Georg Thieme Verlag, 2002.
- (35) Adatia A. Rainsford K.D. Kean W.F. Osteoarthritis of the knee and hip. Part I: aetiology and pathogenesis as a basis for pharmacotherapy. *J Pharm Pharmacol*. 2012; **64**: 617-625.
- (36) Πουρνάρας, Ι. *Ορθοπαιδική Χειρουργική*. 2^η Έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη 2009.
- (37) Felson, D.T. Osteoarthritis of the Knee. *N Engl J Med*. 2006; **354**: 841-8.
- (38) Kellgren J.H. Lawrence J.S. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 1957; **16**: 494–501.
- (39) Crawford D.C. Miller L.E. Block J.E. Conservative management of symptomatic knee osteoarthritis: a flawed strategy? *Orthopedic Reviews*, 2013; **5**:e2.

- (40) Zhang W. Moskowitz R.W. Nuki G. et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis, Part II: OARSI evidence-based, expert consensus guidelines. *Osteoarthritis Cartilage*, 2008; **16**: 137-62.
- (41) AAOS, *Treatment of Osteoarthritis of the Knee, Evidence-Based Guideline*, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2nd Edition, 2013.
- (42) Zhang W. Nuki G. Moskowitz R.W. et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: part III: changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009. *Osteoarthritis Cartilage*, 2010; **18**: 476-99.
- (43) Scott D.L. Berry H. Capell H. et al. The longterm effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs in osteoarthritis of the knee: a randomized placebo-controlled trial. *Rheumatology*, (Oxford) 2000;39:1095-101.
- (44) Rutjes A.W. Juni P. da Costa B.R. et al. Viscosupplementation for osteoarthritis of the knee: a systematic review and metaanalysis. *Ann Intern Med*. 2012; **157**: 180-91.
- (45) Zhang W. Moskowitz R.W. Nuki G. et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis, part I: critical appraisal of existing treatment guidelines and systematic review of current research evidence. *Osteoarthritis Cartilage*, 2007; **15**: 981-1000.
- (46) Snijders G.F. den Broeder A.A. van Riel P.L. et al. Evidence-based tailored conservative treatment of knee and hip osteoarthritis: between knowing and doing. *Scand J Rheumatol*. 2011; **40**: 225-31.
- (47) Bennell K.L. Bowles K.A. Payne C. et al. Lateral wedge insoles for medial knee osteoarthritis: 12 month randomised controlled trial. *BMJ*, 2011; **342**: d2912.
- (48) Warden S.J. Hinman R.S. Watson M.A. Jr. et al. Patellar taping and bracing for the treatment of chronic knee pain: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Rheum*. 2008; **59**: 73-83.
- (49) Ding C. Cicuttini F. Jones G. Do NSAIDs affect longitudinal changes in knee cartilage volume and knee cartilage defects in older adults? *Am J Med*. 2009; 122: 836-42.
- (50) Briem K. Axe M.J. Snyder-Mackler L. Medial knee joint loading increases in those who respond to hyaluronan injection for medial knee osteoarthritis. *J Orthop Res*. 2009; **27**: 1420-5.

- (51) Felson D.T. The sources of pain in knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 2005; **17**: 624-8.
- (52) Ronn K. Reischl N. Gautier E. Jacobi M. Current Surgical Treatment of Knee Osteoarthritis. *Arthritis*. 2011; Hindawi Publishing Corporation, p. 1-9.
- (53) Widuchowski W. Lukasik P. Kwiatkowski G. et al. Isolated full thickness chondral injuries. Prevalance and outcome of treatment. A retrospective study of 5233 knee arthroscopies. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*, 2008; 75 (5), pp. 382–386.
- (54) Mithoefer K. Mcadams T. Williams R.J. Kreuz P.C. and Mandelbaum B.R. Clinical efficacy of the microfracture technique for articular cartilage repair in the knee: an evidence-based systematic analysis,” *American Journal of Sports Medicine*, 2009; **37**(10): pp. 2053–2063.
- (55) Hangody L. Vasarhelyi G. Hangody L.R. et al. Autologous osteochondral grafting-Technique and long-term results. *Injury*, 2008; **39**(1): pp. 32–39.
- (56) Brittberg M. Lindahl A. Nilsson A. Ohlsson C. Isaksson O. Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *The New England Journal of Medicine*, 1994; **331**(14): pp. 889–895.
- (57) Saris D.B.F. Vanlauwe J. Victor J. et al. Characterized chondrocyte implantation results in better structural repair when treating symptomatic cartilage defects of the knee in a randomized controlled trial versus microfracture. *American Journal of Sports Medicine*, 2008; **36**(2): pp. 235–246.
- (58) Aqueskirchner J.D. Bernau A. Burkart A.C. Imhoff A.B. Knee instability and varus malangulation—simultaneous cruciate ligament reconstruction and osteotomy (indication,planning and operative technique, results). *Zeitschrift fur Orthopadie und Ihre Grenzgebiete*, 2002; **140**(2), pp. 185–193.
- (59) Staubli A. E. De Simoni C. Babst R. Lobenhoffer P. TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia—early results in 92 cases. *Injury*, 2003; **34**, (2), pp. SB55–SB62.
- (60) Wagner M. Frenk A. Frigg R. New concepts for bone fracture treatment and the LockingCompression Plate. *Surgical Technology International*, 2004; **12**, pp. 271–277.

- (61) Murray D. W. Unicompartamental knee replacement: now or never?" *Orthopedics*, 2000; **23** (9): pp. 979–980.
- (62) Ridgeway S. R. McAuley J. P. Ammeen D. J. Engh G. A., "The effect of alignment of the knee on the outcome of unicompartamental knee replacement," *Journal of Bone and Joint Surgery B*, 2002; **84**(3): pp. 351–355.
- (63) Borus T. Thornhill T. Unicompartamental knee arthroplasty. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 2008; **16**(1), pp. 9–18.
- (64) Boehler N. M. "Unicompartamental knee arthroplasty," in *Knee Arthroplasty*, T. Sculco and E. Martucci, Eds., pp. 113–119, *Springer*, New York, NY, USA, 2001.
- (65) Koskinen E. Paavolainen P. Eskelinen A. Pulkkinen P. Remes V. Unicondylar knee replacement for primary osteoarthritis: a prospective follow-up study of 1,819 patients from the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthopaedica*, 2007; **78**(1), pp. 128–135.
- (66) Keating E. M. Meding J. B. Faris P. M. Ritter M. A. Long-term followup of nonmodular total knee replacements. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2002; **404**, pp. 34–39.
- (67) Rand J. A. Ilstrup D. M. Survivorship analysis of total knee arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery A*, 1991; **73**(3), pp. 397–409.
- (68) Lundblad H. Kreicbergs A. Jansson K. A. Prediction of persistent pain after total knee replacement for osteoarthritis. *Journal of Bone and Joint Surgery B*. 2008; **90**(2), pp. 166–171.
- (69) Ritter M. A. Lutgring J. D. Davis K. E. Berend M. E. Pierson J. L. Meneghini R. M. The role of flexion contracture on outcomes in primary total knee arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 2007; **22**(8), pp. 1092–1096.
- (70) Lonner J. H. Lotke P. A. Aseptic complications after total knee arthroplasty," *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 1999; **7**(5): pp. 311–324.
- (71) Kane R.L. Saleh K.J. Wilt T.J. *et al.* Total knee replacement. *Evidence Report/Technology Assessment (Summary)*, 2003; **86**, 1–8.
- (72) Gluck T. *Arch Klin Chin*. 1891; **41**: 186.

- (73) Wilson F.C. Total replacement of the knee in rheumatoid arthritis. A prospective study of the results of treatment with the Walldius prosthesis. *J Bone Joint Surg.* 1972; **54**(7): 1429–1443.
- (74) Shiers L.G. Arthroplasty of the knee; preliminary report of new method. *J Bone Joint Surg Br.* 1954; **36-B**(4): 553–560.
- (75) Deburge A. Aubriot J.H. Genet J.P. Current status of a hinge prosthesis (GUEPAR). *Clin Orthop Relat Res.* 1979; **145**: 91–93.
- (76) Ranawat A.S. Ranawat A.S. Ranawat C.S. The history of total knee arthroplasty, In: *The Knee Joint*, M. Bonnin et al., Springer-Verlag, France, Paris 2012.
- (77) Gunston F.H. Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic simulation of normal knee movement. *J Bone Joint Surg Br.* 1971; **53**(2): 272–277.
- (78) Ranawat C.S. History of total knee replacement. *J South Orthop Assoc.* 2002; **11**(4):218–226.
- (79) Freeman M.A. Swanson S.A. Todd R.C. Total replacement of the knee using the Freeman-Swanson knee prosthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1973; **94**: 153–170.
- (80) Freeman M.A. Swanson S.A. Todd R.C. Total replacement of the knee design considerations and early clinical results. *Acta Orthop Belg.* 1973; **39**(1): 181–202.
- (81) Freeman M.A. Todd R.C. Bamert P. Day W.H. ICLH arthroplasty of the knee: 1968–1977. *J Bone Joint Surg Br.* 1978; **60-B**(3): 339–344.
- (82) Wilson P.D. Jr. Levine D.B. Hospital for special surgery. A brief review of its development and current position. *Clin Orthop Relat Res.* 2000; **374**: 90–106.
- (83) Ranawat C.S. Scuiclo T.P. History of the development of total knee prosthesis at the Hospital for Special Surgery. In: *Ranawat CS (ed.) Total condylar knee arthroplasty.* Springer-Verlang, New York 1985.
- (84) Ranawat C.S. Shine J.J. Duo-condylar total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1973; **94**: 185–195
- (85) Insall J. Scott W.N. Ranawat C.S. The total condylar knee prosthesis. A report of two hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg.* 1979; **61**(2):173–180.
- (86) Robinson R.P. The early innovators of today's resurfacing condylar knees. *J Arthroplasty* 2005; **20**(1 Suppl1): 2–26.

- (87) Insall J.N. Lachiewicz P.F. Burstein A.H. The posterior stabilized condylar prosthesis: a modification of the total condylar design. Two to four-year clinical experience. *J Bone Joint Surg.* 1982; **64**(9): 1317-1323.
- (88) Bartel D.L. Burstein A.H. Santavicca E.A. Insall J.N. Performance of the tibial component in total knee replacement. *J Bone Joint Surg.* 1982; **64**(7): 1026–1033.
- (89) Eftekhar N.S. Total knee-replacement arthroplasty. Results with the intramedullary adjustable total knee prosthesis. *J Bone Joint Surg.* 1983; **65**(3): 293–309.
- (90) Murray D.G. Total knee replacement-state of the art. *Jefferson Orthop J.* 1979; IX: 6.
- (91) Murray D.G. Total knee replacement with a variable axis knee prosthesis. *Orthop Clin North Am.* 1982; **13**(1): 155–172.
- (92) Yamamoto S. Total knee replacement with the Kodama-Yamamoto knee prosthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1979; **145**: 60–67.
- (93) Robinson R. *History of total knee replacements.* Orthopaedics, Virginia Mason Medical Center, Seattle, Washington 2001.
- (94) Seedham B. Longton E. Dowson D. *et al.* Designing a total knee prosthesis. *End Med.* 1972; 1: 28.
- (95) Cloutier J.M. Results of total knee arthroplasty with a non-constrained prosthesis. *J Bone Joint Surg.* 1983; **65**(7): 906–919.
- (96) Townley C. Hill L. Total knee replacement. *Am J Nurs.* 1974; **74**(9): 1612–1617.
- (97) Townley C.O. The anatomic total knee resurfacing arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1985; **192**: 82–96.
- (98) Hungerford D.S. Kenna R.V. Krackow K.A. The porous-coated anatomic total knee. *Orthop Clin North Am.* 1982; **13**(1): 103–122.
- (99) Hungerford D.S. Krackow K.A. Total joint arthroplasty of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1985; **192**: 23–33.
- (100) Jeffery R. Morris R. Denham R. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br,* 1991, **73**(5), pp. 709-714.

- (101)Stulberg S.D. Loan P. Sarin B. Sarin V. Computer-assisted navigation in total knee replacement: Results of an initial experience in thirty-five patients. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, **84**(2), pp. 90-98.
- (102)Fosco, M. Ben Ayad R. Fantasia R. Dallari D. And Tigani D. Concepts in Computer Assisted Total Knee Replacement Surgery. In: *Recent Advances in Hip and Knee Arthroplasty*, Fokter S.K. (ed.).2012, InTech.
- (103)Buechel F.F. Long term follow up after mobile-bearing total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 2002, 404, pp.404:40.
- (104)Robertsson O. Knutson K. Iewold S. et al. The Swedish knee arthroplasty register 1975-1997: an update with special emphasis on 41,223 Knees operated on in 1988-1997. *Acta Orthop Scand.*, 2001, **72**(5), pp.503-13.
- (105)Rand J.A. Coventry M.B. Ten years evaluation of geometric total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 1988, **232**, pp.168-73.
- (106)Bathis H. Perlick L. Tingart M. Lóring C. Zurakowski D. Grifka J. Alignment in total knee arthroplasty. A comparison of computer-assisted surgery with the conventional technique. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, **86**(5), pp.682-7.
- (107)Chauhan S.K. Clark G.W. Lioyd S. Scott R.G. Breidahl W. Sikorski J.M. Computer assisted total knee replacement. A controlled cadaver study using multi-parameter quantitative CT assessment of alignment (the Perth CT protocol). *J Bone Joint Surgery Br*, 2004, **86**(6), pp.818-23.
- (108)Chin P.L. Yang K.Y. Yeo S.J. Lo N.N. Randomized control trial comparing radiographic total knee arthroplasty implant placement using computer navigation versus conventional technique. *J Arthroplasty*, 2005, **20**(5), pp.618-26.
- (109)Decking R. Markmann Y. Fuchs J. Puhl W. Scharf H.P. Leg axis after computer-navigated total knee arthroplasty: a prospective randomized trial comparing computer-navigated and manual implantation. *J Arthroplasty*, 2005, **20**(3), pp.282-8.
- (110)Haaker R.G. Stockheim M. Hamp M. Proff G. Breitenfelder J. Ottersbach A. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, pp.152-9.

- (111)Stulberg S.D. Yaffe M.A. Koo S.S. Computer-Assisted Surgery versus Manual Total Knee Arthroplasty: A Case-Controlled Study. *J Bone Joint Surg Am*, 2006, **88**(4), pp.47-54.
- (112)Picard F. Leitner F. Saragaglia D. Cinquin P. Mise en place d'une prothese totale du genou assiste par ordinateur: A propos de 7 implantations sur cadavre. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1997, **83**.
- (113)Saragaglia D. Picard F. Chaussard C. Montbarbon E. Leitner F. Cinquin P. Computer assisted knee arthroplasty: comparison with a conventional procedure. Results of 50 cases in a prospective randomized study. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2001. **87**(1), pp.18-28.
- (114)Chauhan SK, Scott RG, Breidahl W, Beaver RJ. Computer-assisted knee arthroplasty versus a conventional jig-based technique: a randomised, prospective trial. *J Bone Joint Surg Br*. 2004; **86**(3):372-7.
- (115)Delp S.L. Stulberg S.D. Davies B. Picard F. Leitner F. Computer assisted knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 1998, **354**, pp.49-56.
- (116)Chauchan R.G.S Breidhal W. Computer-assisted knee arthroplasty versus a conventional jig-based technique. A randomised, prospective trial. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, **86**(3), pp.372-7.
- (117)Mason T.K.F. Estok R. Banel Y.D. and Fahrbach K. Meta-Analysis of Alignment Outcomes in Computer-Assisted Total Knee Arthroplasty Surgery. *J Arthroplasty*, 2007, **22**(8) pp.1097-106.
- (118)Mielke U.C Jens J.H. Kershally S. Navigation in knee endoprosthesis implantation: preliminary experiences and prospective comparative study with conventional implantation technique. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2001, **139**(2), pp.109-16.
- (119)Kim Y.-H. Kim J.-S. and Yoon S.-H. Alignment and orientation of the components in total knee replacement with and without navigation support. *J Bone Joint Surg Br*, 2007, **89**(4), pp. 471-476.
- (120)Sparmann M. Czupalla H. Zink A. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. *J Bone Joint Surg Br*. 2003, **85**(6), 830-835.
- (121)Jenny J.Y. Boeri C. Navigated implantation of total knee endoprosthesis: a comparative study with conventional instrument. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2001, **139**(2), pp.117-9.

- (122)Nizard R. Computer assisted surgery for total knee arthroplasty. *Acta Orthopaedica Belgica*, 2002, **68**(3), pp.215-30.
- (123)Picard F. Moody J. Jaramax B. DiGioia A. Nikou C. LaBarca R. A classification proposal for computer assisted knee systems. Poster 93. In: *International CAOSSymposium*, Davos, 2001.
- (124)Tenbusch M. Lahmer A. Wiesel U. Borner M. First results using the Robodoc® system for total knee replacement. Poster 13. In : *International CAOS-Symposium*, Davos, 2001.
- (125)Lionberger D.R. The attraction of electromagnetic computer-assisted navigation in orthopedic surgery. In: *Navigation and MIS in orthopedic surgery*, Stiehl J. Konermann W. Haaker R. Di Gioia A. (Eds.). 2006, pp.44-53, Springer, Heidelberg.
- (126)<http://www.bbraun.de> (Πρόσβαση στις 24-08-2015)
- (127)Nizard R. First experience with a computer-assisted surgery system for total knee arthroplasty. In: *Proceedings of the 5th EFORT Meeting*, Rhodes, 2001.
- (128)Yoshioka Y., Siu D., Scudamore R., Cooke T. Tibial anatomy and functional axes. *J Orthop Res.*, 1989, **7**(1), pp.132-137.
- (129)Arima J. Whiteside L.A. McCarthy D.S. White S.E. Femoral rotational alignment, based on the anteroposterior axis, in total knee arthroplasty in a valgus knee. A technical note. *J Bone Joint Surg Am*, 1995, **77**(9), pp. 1331-34.
- (130)Katz M.A. Beck T.D. Silber J.S. Seldes R.M. Lotke P.A. Determining femoral rotational alignment in total knee arthroplasty. Reliability of techniques. *J Arthroplasty*, 2001, **16**(3), pp.301-5.
- (131)Clemens U. Miehke R. Jens J. Computer integrated instrumentation in knee arthroplasty-the first 100 cases with the orthopilot knee navigation system. Poster 6. In: *International CAOS-Symposium*, Davos, 2001.
- (132)Kiefer H. Langemeyer D. Schmerwitz U. Krause F. Computer aided knee arthroplasty versus conventional technique. First results. Poster 132. In: *International CAOS-Symposium*, Davos, 2001.

- (133) Tigani D, Sabbioni G, Ben Ayad R, Filanti M, Rani N, Del Piccolo N. Comparison between two computer-assisted total knee arthroplasty: gapbalancing versus measured resection technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Apr 14.
- (134) Aesculap Orthopaedics (Columbus®), Instructions for use/Technical description: *Knee Endoprosthesis System TKA 4.2*. In: www.bbraun.co.in (Πρόσβαση στις 24-08-2015).
- (135) Saragaglia D. and Picard F. Computer-Assisted Implantation of Total Knee Endoprosthesis with no Preoperative Imaging: the Kinematic Model. In: *Navigation and Robotics in Total Joint and Spine Surgery*, Stiehl J. Konermann W. Haaker R. (Eds.). 2004, pp.226-233, Springer, Heidelberg.
- (136) Plaskos C. Hodgson A. J. Inkpen K. and McGraw R.W. “Bonecutting errors in total knee arthroplasty,” *Journal of Arthroplasty*, 2002, **17**(6), pp. 698–705.
- (137) Bathis H. Perlick L. Tingart M. Perlick C. Luring C. and Grifka J. “Intraoperative cutting errors in total knee arthroplasty,” *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2005, **125**(1), pp. 16–20.
- (138) Netravali N.A Shen F. Park Y. Bargar W. A Perspective on Robotic Assistance for Knee Arthroplasty, *Advances in Orthopedics*, Hindawi Publishing Corporation, 2013.
- (139) Song E.K. Seon J. K. Park S. J.. Jung W. B Park H.W. and Lee G.W. “Simultaneous bilateral total knee arthroplasty with robotic and conventional techniques: a prospective, randomized study,” *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2011, **19**(7), pp.1069–1076.
- (140) Song E.-K. Seon J.-K. Yim J.-H. Netravali N. A. and Bargar W. L. “Robotic-assisted TKA reduces postoperative alignment outliers and improves gap balance compared to conventional TKA knee,” *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2013, **471**(1), pp. 118–126.
- (141) Pearle A. D. “Directions for future research,” *Journal of Bone and Joint Surgery A*, 2009, **91** (1), pp. 159–160.
- (142) Pearle A. D. Padhraig F. O’Loughlin M. D. and Kendoff D.O. “Robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty,” *The Journal of Arthroplasty*, 2010, **25**(2), pp. 230–237.

- (143) Conditt M. A. and Roche M. W. "Minimally invasive robotic arm-guided unicompartmental knee arthroplasty," *The Journal of Bone and Joint Surgery A*, 2009, **91**(1), pp. 63–68.
- (144) Chun Y. S. Kim K. I. Cho Y. J. Kim Y. H. Yoo M. C. and Rhyu K. H. "Causes and patterns of aborting robot-assisted arthroplasty," *Journal of Arthroplasty*, 2011, **26**(4), pp. 621–625.
- (145) Sinha R. K. "Outcomes of robotic arm-assisted unicompartmental knee arthroplasty," *American Journal of Orthopedics*, 2009, **38**(2), pp. 20–22.
- (146) Swank M. L. Alkire M. Conditt M. and Lonner J. H. "Technology and cost-effectiveness in knee arthroplasty: computer navigation and robotics," *The American Journal of Orthopedics*, 2009, **38**(2), pp. 32–36.
- (147) Noble P. C. Scuderi G. R. Brekke A. C. et al., "Development of a new Knee Society Scoring System," *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 2012, **470**, pp. 20–32.
- (148) Krackow KA. *The Technique of Total Knee Arthroplasty*. St. Louis, Mo: The CV Mosby Company; 1990.
- (149) Babazadeh S. et al. The relevance of ligament balancing in total knee arthroplasty: how important is it? a systematic review of the literature. *Orthopedic Reviews*. (2009), **1**: e26.
- (150) Χαλίδης, Β. "Περιορισμένης επεμβατικότητας ολική αρθροπλαστική του γόνατος έναντι της κλασικής. Συγκριτική μελέτη", 2009, Διδακτορική διατριβή, Ιατρική Σχολή, Θεσσαλονίκη, σελ. 51-58.
- (151) Jenny J, Boeri C. Image-free computer-assisted total knee prosthesis implantation: A radiological matched-paired comparison with surgeon-controlled instrumentation. Poster 431. In: *American Academy of Orthopaedic Surgeons*, San Francisco, 2001
- (152) Patel S. Hossain F.S. Paton B. Haddad F.S. The effects of a non-operative multimodal programme on osteoarthritis of the knee. *Ann R Coll Surg Engl*. 2010; **92**: 467-71.
- (153) Garcia-Rodriguez L.A. Hernandez-Diaz S. Relative risk of upper gastrointestinal complications among users of acetaminophen and nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *Epidemiology*, 2001; **12**: 570-576.

- (154)Rahme E. Barkun A. Nedjar H. et al. Hospitalizations for upper and lower GI events associated with traditional NSAIDs and acetaminophen among the elderly in Quebec, Canada. *Am J Gastroenterol.* 2008; **103**: 872-82.
- (155)Fored C.M. Ejerblad E. Lindblad P. et al. Acetaminophen, aspirin, and chronic renal failure. *N Engl J Med.* 2001; **345**: 1801-8.
- (156)Avouac J. Gossec L. Dougados M. Efficacy and safety of opioids for osteoarthritis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoarthritis Cartilage*, 2007; **15**: 957-65.
- (157)Caldwell B. Aldington S. Weatherall M. et al. Risk of cardiovascular events and celecoxib: a systematic review and meta-analysis. *J R Soc Med.* 2006; **99**: 132-40.
- (158)Reichenbach S. Blank S. Rutjes A.W. et al. Hylan versus hyaluronic acid for osteoarthritis of the knee: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Rheum.* 2007; **57**: 1410-8.
- (159)Grodstein F. Levine R. Troy L. et al. Three-year follow-up of participants in a commercial weight loss program. Can you keep it off? *Arch Intern Med.* 1996; **156**: 1302-6.
- (160)Siparsky P. Ryzewicz M. Peterson B. and Bartz R. Arthroscopic treatment of osteoarthritis of the knee: are there any evidence-based indications? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2007; **455**, pp. 107–112.
- (161)Laupattarakasem W. Laopaiboon M. Laupattarakasem P. Sumananont C. “Arthroscopic debridement for knee osteoarthritis,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, no.1, Article ID CD005118, 2008.
- (162)Reichenbach S. Rutjes A.W. Nuesch E. Trelle S. Juni P. Joint lavage for osteoarthritis of the knee, *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. **5**, Article ID CD007320, 2010.
- (163)Zamora LA, Humphreys KJ, Watt AM, Forel D, Cameron AL Systematic review of computer-navigated total knee arthroplasty. *ANZ J Surg.* 2013 Jan; **83** (1-2):22-30.
- (164)Shi J, Wei Y, Wang S, Chen F, Wu J, Huang G, Chen J, Wei L, Xia J. Computer navigation and total knee arthroplasty. *Orthopedics.* 2014 Jan; **37**(1):e39-43.

- (165) Alcelik IA, Blomfield MI, Diana G, Gibbon AJ, Carrington N, Burr S. A Comparison of Short-Term Outcomes of Minimally Invasive Computer-Assisted vs Minimally Invasive Conventional Instrumentation for Primary Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Arthroplasty*. 2015 Sep 18. pii: S0883-5403.
- (166) Cip, J. et al. Conventional Versus Computer-Assisted Technique for Total Knee Arthroplasty: A Minimum of 5-Year Follow-up of 200 Patients in a Prospective Randomized Comparative Trial, *The Journal of Arthroplasty*, 2014, **29** (9), 1795 – 1802.
- (167) Nakano N, Matsumoto T, Ishida K, Tsumura N, Kuroda R, Kurosaka M. Long-term subjective outcomes of computer-assisted total knee arthroplasty. *International Orthopaedics*. 2013; **37**(10):1911-1915.
- (168) Boonen B, Schotanus MG, Kerens B, van der Weegen W, van Drumpt RA, Kort NP. Intra-operative results and radiological outcome of conventional and patient-specific surgery in total knee arthroplasty: a multicentre, randomised controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:2206.
- (169) Fang DM, Ritter MA, Davis KE. Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it? *J Arthroplasty*. 2009; **24** (6 Suppl):39.
- (170) Choong PF, Dowsey MM, Stoney JD. Does accurate anatomic alignment result in better function and quality of life? Comparing conventional and computer-assisted total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2009; 24:560.
- (171) Hetaimish BM, Khan MM, Simunovic N, Al-Harbi HH, Bhandari M, Zalzal PK. Meta-analysis of navigation vs conventional total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2012 Jun; **27**(6):1177-82.
- (172) Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, Berry DJ. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:2143.
- (173) Bolognesi, M, and Hofmann, A. "Computer navigation versus standard instrumentation for TKA: A single-surgeon experience". *Clinical Orthopaedics and Related Research*, no. 440 (2005): 162-169.

- (174) Ensini A, Catani F, Leardini A, Romagnoli M, Giannini S. Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Apr; 457: 156-62.
- (175) Kim SJ, MacDonald M, Hernandez J, Wixson RL: Computer assisted navigation in total knee arthroplasty: improved coronal alignment. *J Arthroplasty*, 2005, 20(7): 123–131.
- (176) Laskin RS, Beksaç B. Computer-assisted navigation in TKA: where we are and where we are going. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 452: 127-31.
- (177) Weng, Yi-Jan et al. Comparison of Computer-Assisted Navigation and Conventional Instrumentation for Bilateral Total Knee Arthroplasty, *The Journal of Arthroplasty*, Volume 24, Issue 5, 668 – 673.
- (178) Kim YH, Kim JS, Choi Y, et al. Computer-assisted surgical navigation does not improve the alignment and orientation of the components in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91:14.
- (179) Lützner, J., Krummenauer, F., Wolf, C., Günther, K., & Kirschner, S. (2008). Computer-assisted and conventional total knee replacement. *Bone & Joint Journal*, 90-B(8), 1039-1044.
- (180) Bauwens K, Matthes G, Wich M, Gebhard F, Hanson B, Ekkernkamp A, et al. Navigated total knee replacement. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; **89**(2):261–9.
- (181) Cheng T, Zhao S, Peng X, et al. – Does Computer-Assisted Surgery Improve Postoperative Leg Alignment and Implant Positioning Following Total Knee Arthroplasty? A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20:1307-22
- (182) Novicoff WM, Saleh KJ, Mihalko WM, Wang XQ, Knaebel HP. Primary total knee arthroplasty: a comparison of computer assisted and manual techniques. *Instr Course Lect.* 2010; **59**:109–17.
- (183) Cheng T, Zhang G, Zhang X. Clinical and radiographic outcomes of image-based computer-assisted total knee arthroplasty: an evidence-based evaluation. *Surgical Innovation*, 2011; **18**(1): 15-20.

- (184) Brin YS, Nikolaou VS, Joseph L, Zukor DJ, Antoniou J. Imageless computer assisted versus conventional total knee replacement. A Bayesian meta-analysis of 23 comparative studies. *Int Orthop*. 2011;35:331–339.
- (185) Hiscox CM, Bohm ER, Turgeon TR, Hedden DR, Burnell CD. Randomized trial of computer-assisted knee arthroplasty: impact on clinical and radiographic outcomes. *J Arthroplasty*. 2011; 26: 1259–1264.
- (186) Sehat KR, Evans R, Newman JH. How much blood is really lost in total knee arthroplasty? Correct blood loss management should take hidden loss into account. *Knee*, 2000, **7**(3):151–155.
- (187) Conteduca F, Massai F, Iorio R, Zanzotto E, Luzon D, Ferretti A. Blood loss in computer-assisted mobile bearing total knee arthroplasty. A comparison of computer-assisted surgery with a conventional technique. *Int Orthop*. 2009 Dec; **33**(6): 1609-13.
- (188) Singla A, Malhotra R, Kumar V, Lekha C, Karthikeyan G, Malik V. A Randomized Controlled Study to Compare the Total and Hidden Blood Loss in Computer-Assisted Surgery and Conventional Surgical Technique of Total Knee Replacement. *Clin Orthop Surg*. 2015 Jun; **7**(2):211-6.
- (189) Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. *Anesthesiology*, 1983, **58**:277–280.
- (190) Kalairajah Y, Simpson D, Cossey AJ, Verrall GM, Spriggins AJ. Blood loss after total knee replacement: effects of computer-assisted surgery. *J Bone Joint Surg Br*. 2005; **87**(11): 1480-2.
- (191) Millar NL, Deakin AH, Millar LL, Kinnimonth AW, Picard F. Blood loss following total knee replacement in the morbidly obese: effects of computer navigation. *Knee*. 2011; **18**(2):108- 12.
- (192) McConnell J, Dillon J, Kinninmonth A, Sarungi M, Picard F. Blood loss following total knee replacement is reduced when using computer-assisted versus standard methods. *Acta Orthop Belg*. 2012; **78**(1):75-9.
- (193) Thiengwittayaporn S, Junsee D, Tanavalee A. A comparison of blood loss in minimally invasive surgery with and without electromagnetic computer navigation in total knee arthroplasty. *J Med Assoc Thai*. 2009; **92** Suppl 6:S27-32.

- (194) Mohanlal PK, Sandiford N, Skinner JA, Samsani S. Comparison of blood loss between computer assisted and conventional total knee arthroplasty. *Indian J Orthop*. 2013; **47**(1): 63-6.
- (195) Napier RJ, Bennett D, McConway J, et al. The influence of immediate knee flexion on blood loss and other parameters following total knee replacement. *Bone Joint J*. 2014; **96**(2): 201-9.
- (196) Murphy CG, Winter DC, Bouchier-Hayes DJ. Tourniquet injuries: pathogenesis and modalities for attenuation. *Acta Orthop Belg*. 2005; **71**(6):635-45.
- (197) Petaja J, Myllynen P, Myllyla G, Vahtera E. Fibrinolysis after application of a pneumatic tourniquet. *Acta Chir Scand*. 1987; **153**(11-12):647-51.
- (198) Ajwani SH, Jones M, Jarratt JW, Shepard GJ, Ryan WG. Computer assisted versus conventional total knee replacement: a comparison of tourniquet time, blood loss and length of stay. *Knee*. 2012 Oct; **19**(5):606-10.
- (199) Langkamer VG. Local vascular complications after knee replacement: a review with illustrative case reports. *Knee*, 2001; **8**(4):259–64.
- (200) Hitos K, Fletcher JP. Venous thromboembolism following primary total knee arthroplasty. *Int Angiol* 2006; **25**(4):343–51.
- (201) Memtsoudis SG, Rosenberger P, Walz JM. Critical care issues in the patient after major joint replacement. *J Intensive Care Med* 2007; **22**(2):92–104.
- (202) Prasad N, Padmanabhan V, Mullaji A. Blood loss in total knee arthroplasty: an analysis of risk factors. *Int Orthop* 2007; **31**(1):39–44.
- (203) Smith T.O, Hing C.B. Is a tourniquet beneficial in total knee replacement surgery? A meta-analysis and systematic review. *Knee* 2010; **17**(2):141–7.
- (204) Tai TW, Chang CW, Lai KA, Lin CJ, Yang CY. Effects of tourniquet use on blood loss and soft-tissue damage in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; **94**(24):2209-15.
- (205) Parvizi J, Diaz-Ledezma C. Total knee replacement with the use of a tourniquet: more pros than cons. *Bone Joint J*. 2013; **95**(11 Suppl A):133-4.

- (206) Li X, Yin L, Chen ZY, et al. The effect of tourniquet use in total knee arthroplasty: grading the evidence through an updated meta-analysis of randomized, controlled trials. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014; **24**(6):973-86.
- (207) Zhang W, Li N, Chen S, Tan Y, Al-Aidaros M, Chen L. The effects of a tourniquet used in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2014; **9**(1):13.
- (208) Burnett, R. Stephen J., and Robert L. Barrack. "Computer-Assisted Total Knee Arthroplasty Is Currently of No Proven Clinical Benefit: A Systematic Review." *Clinical Orthopaedics and Related Research* 471.1 (2013): 264–276.
- (209) T. Cheng, X.-Y. Pan, X. Mao, G.-Y. Zhang, and X.-L. Zhang, "Little clinical advantage of computer-assisted navigation over conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty at early follow-up," *The Knee*, (2012), vol. 19, no. 4, pp. 237–245.
- (210) Johnson, Derek R. et al. Evaluation of Total Knee Arthroplasty Performed With and Without Computer Navigation: A Bilateral Total Knee Arthroplasty Study, *The Journal of Arthroplasty*, (2013), Volume 28, Issue 3, 455 – 458.
- (211) Gøthesen, Øystein et al. "Short-Term Outcome of 1,465 Computer-Navigated Primary Total Knee Replacements 2005–2008: A Report from the Norwegian Arthroplasty Register". *Acta Orthopaedica* 82.3 (2011): 293–300. *PMC*. Web. 4 Feb. 2016.
- (212) Lützner J, Dixel J, Kirschner S. No difference between computer-assisted and conventional total knee arthroplasty: five-year results of a prospective randomised study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21:2241.
- (213) Xie C, Liu K, Xiao L, Tang R. Clinical Outcomes After Computer-assisted Versus Conventional Total Knee Arthroplasty. *ORTHOPEDICS*. 2012; **35**: e647-e653.
- (214) M. Yaffe, M. Luo, N. Goyal et al., "Clinical, functional, and radiographic outcomes following total knee arthroplasty with patient-specific instrumentation, computer-assisted surgery, and manual instrumentation: a short-term follow-up study," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, (2013), vol. 9, no. 5, pp. 837–844.
- (215) Zhang X.L, Zhang W, Shao J.J. Rotational alignment in total knee arthroplasty: nonimage-based navigation system versus conventional technique. *Chin. Med. J. (Engl.)* 2012; 125: 236–43.

- (216)Roos EM, Toksvig-Larsen S. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) – validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2003;1:17.
- (217)Dyrhovden et al. Is the use of computer navigation in total knee arthroplasty improving implant positioning and function? A comparative study of 198 knees operated at a Norwegian district hospital. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2013, 14:321.

