



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ-ΚΛΙΝΙΚΟΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ - ΙΣΤΟΛΟΓΙΑΣ -
ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΤΩΝ ΚΑΘΕΚΤΙΚΩΝ
ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΑΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ
ΜΕ ΤΟ ΕΞΑΡΘΡΗΜΑ ΤΗΣ
ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΑΣ**

**ΛΕΩΝΙΔΑΣ Δ. ΜΗΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΕΙΔΙΚΕΥΟΜΕΝΟΣ ΙΑΤΡΟΣ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΗΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2019



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ-ΚΛΙΝΙΚΟΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ - ΙΣΤΟΛΟΓΙΑΣ -
ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΤΩΝ ΚΑΘΕΚΤΙΚΩΝ
ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΑΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ
ΜΕ ΤΟ ΕΞΑΡΘΡΗΜΑ ΤΗΣ
ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΑΣ**

**ΛΕΩΝΙΔΑΣ Δ. ΜΗΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΕΙΔΙΚΕΥΟΜΕΝΟΣ ΙΑΤΡΟΣ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΗΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2019

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

Ημερομηνία αίτησης του κ. Μητρογιάννη Λεωνίδα: 6-5-2014

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 766^α/10-7-2014

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων

Κιτσούλης Παναγιώτης, Επίκουρος Καθηγητής Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη

Καναβάρος Παναγιώτης Καθηγητής Ανατομίας που καλύπτει και την Ιστολογία-Εμβρυολογία του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μπαρμπούτη Αλεξάνδρα, Λέκτορας Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 11-9-2014

«Ανατομική μελέτη και εμβιομηχανική ανάλυση των καθεκτικών συνδέσμων της επιγονατίδας και η σχέση τους με το εξάρθημα της επιγονατίδας»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 887^α/12-3-2019

Καναβάρος Παναγιώτης	Καθηγητής Ανατομίας που καλύπτει και την Ιστολογία-Εμβρυολογία του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Γελαλής Ιωάννης	Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής με Έμφαση στη Χειρουργική Σπονδυλικής Στήλης και Επανορθωτική Χειρουργική Ενηλίκων του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Κιτσούλης Παναγιώτης	Αναπληρωτής Καθηγητής Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Παρασκευάς Γεώργιος	Αναπληρωτής Καθηγητής Περιγραφικής Ανατομικής του Τμήματος Ιατρικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
Καλαμίδας Στέφανος	Επίκουρος Καθηγητής Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Μπαρμπούτη Αλεξάνδρα,	Επίκουρη Καθηγήτρια Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Χαρχαντή Αντωνία	Επίκουρη Καθηγήτρια Ανατομίας-Ιστολογίας-Εμβρυολογίας με έμφαση στην Ηλεκτρονική Μακροσκοπία του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 20-3-2019

Ιωάννινα 21-3-2019

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Άννα Μπατιστάτου

Καθηγήτρια Παθολογικής Ανατομίας



Η Γραμματέας του Τμήματος

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΙΤΟΠΟΥΛΟΥ

*Στους γονείς μου Δημήτρη και Τατία και στα αδέρφια μου Γιώργο και Γιάννη,
που με στήριξαν στη δύσκολη αυτή πορεία.*

Στην Άννα, που με στηρίζει και με καταλαβαίνει...

Πρόλογος

Το εξάρθρημα της επιγονατίδας αποτελεί ένα συχνό τραυματισμό στα παιδιά και τους έφηβους (15-19 ετών), κυρίως θήλεα, και χαρακτηρίζεται από την προς τα έξω παρεκτόπιση της επιγονατίδας, η οποία ακολουθείται συνήθως από αυτόματη ανάταξη. Η επίπτωσή της σε κάθε ηλικία είναι 5.8/100.000, παρόλα αυτά για ηλικίες 10-17 ετών αυξάνεται σε 29/100.000 [1, 2].

Κατά τη διάρκεια του εξαρθήματος, τα μαλακά μέρη που περιβάλλουν την επιγονατίδα τραυματίζονται, οδηγώντας σε καθέξιν εξαρθήματα και σημαντικά προβλήματα στην καθημερινή ζωή του πάσχοντος [2]. Οι βασικές αυτές δομές σταθεροποίησης είναι ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (MPFL), ο οποίος αποτελεί τον κύριο παράγοντα σταθερότητας, με συμβολή έως 50-60% στην σταθερότητα της επιγονατίδας [3, 4, 5], ενώ άλλοι λιγότερο σημαντικοί παράγοντες είναι ο έσω επιγονατιδομηνισκικός σύνδεσμος (MPML), με συμβολή έως 24% [3] και ο έσω επιγονατιδοκνημιαίος σύνδεσμος (MPTL) με συμβολή έως 13% [3]. Ο έσω πλατύς μυς (VMO) παίζει βασικό ρόλο στην σταθεροποίηση της επιγονατίδας όπως φάνηκε από διάφορες εμβιομηχανικές μελέτες [6, 7], ενώ η συμβολή του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας (MR) υπολογίζεται περί το 13% [3], μειώνοντας τη δύναμη που χρειάζεται να παρεκτοπίσει την επιγονατίδα προς τα έξω κατά 34%, μετά τη διατομή του, βάση εμβιομηχανικών μελετών [6, 7].

Η συμβολή της αλληλεπίδρασης των οστών βρέθηκε ότι είναι πολύ σημαντική, κυρίως μετά τις 30° κάμψης του γόνατος. Έτσι ανατομικές παραλλαγές, όπως η δυσπλαστική τροχιλία (trochlear dysplasia), η υψηλή θέση της επιγονατίδας (patella alta), η αυξημένη απόσταση κνημιαίου κυρτώματος-τροχιλιακής εντομής (TT-TG distance) και διάφορες στροφικές παραμορφώσεις (αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού, αυξημένη έξω στροφή της κνήμης), προκαλούν αστάθεια στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση [8].

Εξαρθήματα που εμφανίζονται για πρώτη φορά, αντιμετωπίζονται συνήθως συντηρητικά, με εξαίρεση την περίπτωση ύπαρξης χόνδρινου ή οστεοχόνδρινου κατεαγότος τεμαχίου στην άρθρωση, κάνοντας απαραίτητη την MRI απεικόνιση σε ασθενή με πρώτο επεισόδιο εξαρθήματος της επιγονατίδας. Στους ασθενείς με επαναλαμβανόμενα επεισόδια εξαρθημάτων συστήνεται η χειρουργική οδός [9]. Επέμβαση εκλογής αποτελεί η ανακατασκευή του MPFL. Σε περιπτώσεις ανατομικών παραλλαγών όπως η δυσπλασία της τροχιλίας, συστήνεται η παράλληλη διόρθωση αυτών. Ομοίως συστήνεται η επιδιόρθωση παραλλαγών όπως η υψηλή θέση της επιγονατίδας, καθώς οι δύο πιο κοινές αιτίες εμφάνισης αστάθειας τη επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης είναι η δυσπλασία της

τροχιλίας και η υψηλή θέση της επιγονατίδας. Επεμβάσεις μετάθεσης του κνημιαίου κυρτώματος με σκοπό την διόρθωση της TT-TG αποστάσεως, έχουν θέση στη σημερινή χειρουργική πρακτική.

Η ανακατασκευή και ενίσχυση δομών όπως ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος (medial retinaculum reinforcement), σε συνδυασμό ή μη με την χαλάρωση των έξω δομών της επιγονατίδας (lateral retinaculum release), ενισχύουν τη σταθερότητα της άρθρωσης και θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο πλάνο αντιμετώπισης της επιγονατιδομηριαίας αστάθειας [6, 7, 8].

Υπάρχουν αρκετές μελέτες στη βιβλιογραφία που προτείνουν διάφορες μεθόδους ενίσχυσης του έσω καθεκτικού συνδέσμου (reefing [10], plasty [11], imbrication [12], plication [13], thermal shrinkage [14]), αρθροσκοπικές ή μη [4, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Στις περισσότερες μελέτες τα μακροχρόνια αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά, υποστηρίζοντας την υπόθεση ότι ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας παίζει βασικό ρόλο στην σταθερότητά της. Τέλος αρκετές μελέτες συνέκριναν μεθόδους αποκατάστασης του έσω καθεκτικού συνδέσμου και του έσω επιγονατιδομηριαίου συνδέσμου, αναδεικνύοντας τον δεύτερο ως τον ισχυρότερο σταθεροποιητικό παράγοντα, σε χαμηλές γωνίες κάμψης του γόνατος [13].

Το γεγονός ότι στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν λίγες μελέτες πάνω στην εμβιομηχανική συμπεριφορά του έσω καθεκτικού συνδέσμου και της σημασίας του για την σταθερότητα της επιγονατίδας, έδωσε έμπνευση για αυτήν την εμβιομηχανική μελέτη. Τα αποτελέσματά της είναι σε πλήρη συμφωνία με την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία, ενισχύοντας την άποψη ότι επεμβάσεις ενίσχυσης της συγκεκριμένης δομής αποτελούν βασικό παράγοντα σταθεροποίησης της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης και μείωσης των καθέξιν εξάρθρημάτων της επιγονατίδας.

Φτάνοντας στο τέλος αυτής της κοπιαστικής διαδρομής φέρνω στο μυαλό μου τις πρώτες σκέψεις μου στην αρχή αυτής της πορείας. Μεγάλος αριθμός μετρήσεων, ατελείωτες ώρες στο ανατομείο, βραδιές μπροστά από έναν υπολογιστή μελετώντας, κάνοντας υπολογισμούς, συγγράφοντας επιστημονικά άρθρα, παρουσιάσεις σε συνέδρια, άγχος, προετοιμασία, ταξίδια, απογοήτευση, επιτυχία και ο κατάλογος συνεχίζεται. Ότι ακριβώς είχα στο μυαλό μου τότε, στο ξεκίνημα, το βίωσα, σε μεγαλύτερο βαθμό, κάνοντας παράλληλα την ειδικότητα μου, ταξιδεύοντας και εργαζόμενος στο εσωτερικό και το εξωτερικό. Μια διαδρομή γεμάτη εμπόδια αλλά πλήρως εποικοδομητική. Μία διαδρομή που με γέμισε εμπειρίες, με έκανε να γνωρίσω σημαντικούς ανθρώπους, να συνεργαστώ, να διαφωνήσω, να κερδίσω δύο σημαντικές διακρίσεις, να αποτύχω, να απογοητευτώ αλλά στο τέλος να πετύχω.

Κανένας άνθρωπος όμως δεν πετυχαίνει τίποτα μόνος του. Σε αυτή τη διαδρομή στάθηκε δίπλα μου και θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Κιτσούλη Παναγιώτη, που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω αυτή τη διατριβή και ήταν δίπλα μου σε κάθε βήμα και δυσκολία. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Καναβάρο Παναγιώτη για την εμπιστοσύνη και τη στήριξη που μου έδειξε και την Επίκουρο Καθηγήτρια κα Μπαρμπούτη Αλεξάνδρα για την πολύτιμη βοήθεια της. Θερμές ευχαριστίες στον φίλο και συνάδελφο κ. Σερέτη Αριστείδη, ειδικό καρδιολόγο, για τη βοήθεια του στην ανάλυση των δεδομένων και τη συγγραφή των επιστημονικών άρθρων, την κα Ηλίου Καλλιόπη, ειδική ψυχίατρο, για τη βοήθεια της στην ανάλυση των δεδομένων και τη συγγραφή των επιστημονικών άρθρων και τα μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, οι οποίοι με τιμήσαν αποδεχόμενοι να αποτελούν μέλη της. Δεν θα ξεχνούσα τους δασκάλους μου, τον διευθυντή μου στο ΓΝΑ "Ευαγγελισμός" κ. Γαρνάβο Χρήστο και τον Σμήναρχο κ. Παξινό Οδυσσέα για την στήριξή τους. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην κα Πετρίδη Σταυρούλα, γενετίστρια, για τη βοήθεια της σε κάθε δυσκολία και τέλος στα αδέρφια μου κ. Μητρογιάννη Γεώργιο, ειδικευόμενο ορθοπαιδικό, για την ενεργό συμμετοχή του και κ. Μητρογιάννη Ιωάννη, φοιτητή ιατρικής, που χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί αυτή η διατριβή, περνώντας ατελείωτες ώρες μαζί μου στο ανατομείο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος.....	1
1. Ανατομία της άρθρωσης του γόνατος	
1.1. Εισαγωγή.....	6
1.2. Οστά.....	8
1.3. Αρθρικός θύλακος.....	10
1.4. Σύνδεσμοι.....	11
1.5. Μηνίσκοι.....	16
1.6. Αγγεία.....	17
1.7. Νεύρα.....	19
1.8. Εμβιομηχανική και κινηματική της άρθρωσης του γόνατος.....	20
2. Επιγονατιδομηριαία άρθρωση και αστάθεια	
2.1. Έσω δομές της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης.....	21
2.2. Ανατομία των παθητικών παραγόντων σταθερότητας.....	21
2.3. Στρώματα των έσω δομών της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης (Warren & Marshall).....	23
2.4. Στατικοί και ενεργητικοί παράγοντες σταθερότητας.....	25
3. Γενικά στοιχεία κινηματικής της αστάθειας της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης.	31
4. Κλινική εξέταση του γόνατος και της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης.....	32
5. Απεικονιστικός έλεγχος.....	35
6. Θεραπεία της επιγονατιδομηριαίας αστάθειας.....	37
6.1. Συντηρητική θεραπεία.....	38
6.2. Χειρουργική θεραπεία.....	39
7. Σκοπός.....	42

8. Υλικό και μέθοδοι.....	44
8.1. Πρωτόκολλο μελέτης-μετρήσεων.....	45
8.2. Στατιστική ανάλυση.....	52
9. Αποτελέσματα.....	55
10. Συζήτηση.....	57
11. Συμπεράσματα.....	63
12. Περίληψη στην Ελληνική.....	64
13. Περίληψη στην Αγγλική.....	66
14. Βιβλιογραφία.....	68

1. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

1.1. Εισαγωγή [21, 22, 23, 24]:

Το γόνατο αποτελεί μία διάρθρωση τύπου μεντεσέ (hinge type joint), η οποία επιτρέπει την κάμψη και την έκταση (εύρος κίνησης: -5° έως 135°), καθώς επίσης και μικρού βαθμού ολίσθηση και περιστροφή στον οριζόντιο άξονα. Αποτελείται από την αρθρική κοιλότητα, η οποία περιέχει το αρθρικό υγρό, ενώ οι αρθρικές επιφάνειες καλύπτονται από υαλοειδή χόνδρο και περιβάλλονται από τον αρθρικό θύλακο.

Ιστολογικά, ο αρθρικός θύλακος αποτελείται από 2 στοιβάδες:

- Η εξωτερική στοιβάδα αποτελείται από πυκνό συνδετικό ιστό και συγκρατεί σταθερά τα δύο αρθρούμενα οστά και το αρθρικό υγρό.
- Η εσωτερική στοιβάδα αποτελείται από 4-10 κυτταρικά στρώματα και ονομάζεται αρθρικός υμένας.
- Τα κύτταρα του αρθρικού υμένα παρασκευάζουν και εκκρίνουν το αρθρικό υγρό.
- Το αρθρικό υγρό περιέχει πολλές από τις πρωτεΐνες που ανευρίσκονται στο πλάσμα του αίματος.
- Το αρθρικό υγρό περιβάλλει τις αρθρικές επιφάνειες, μειώνει τις τριβές μεταξύ τους, και παρέχει τροφικές ουσίες προς τον αρθρικό χόνδρο.

Οι σύνδεσμοι που προσφύονται μεταξύ των οστών προστατεύουν την άρθρωση από τις υπέρμετρες κινήσεις. Χωρίζονται σε αρθρικούς ή έξω-αρθρικούς και το πάχος τους διαφέρει σημαντικά και εξαρτάται από τις λειτουργικές απαιτήσεις των αρθρώσεων:

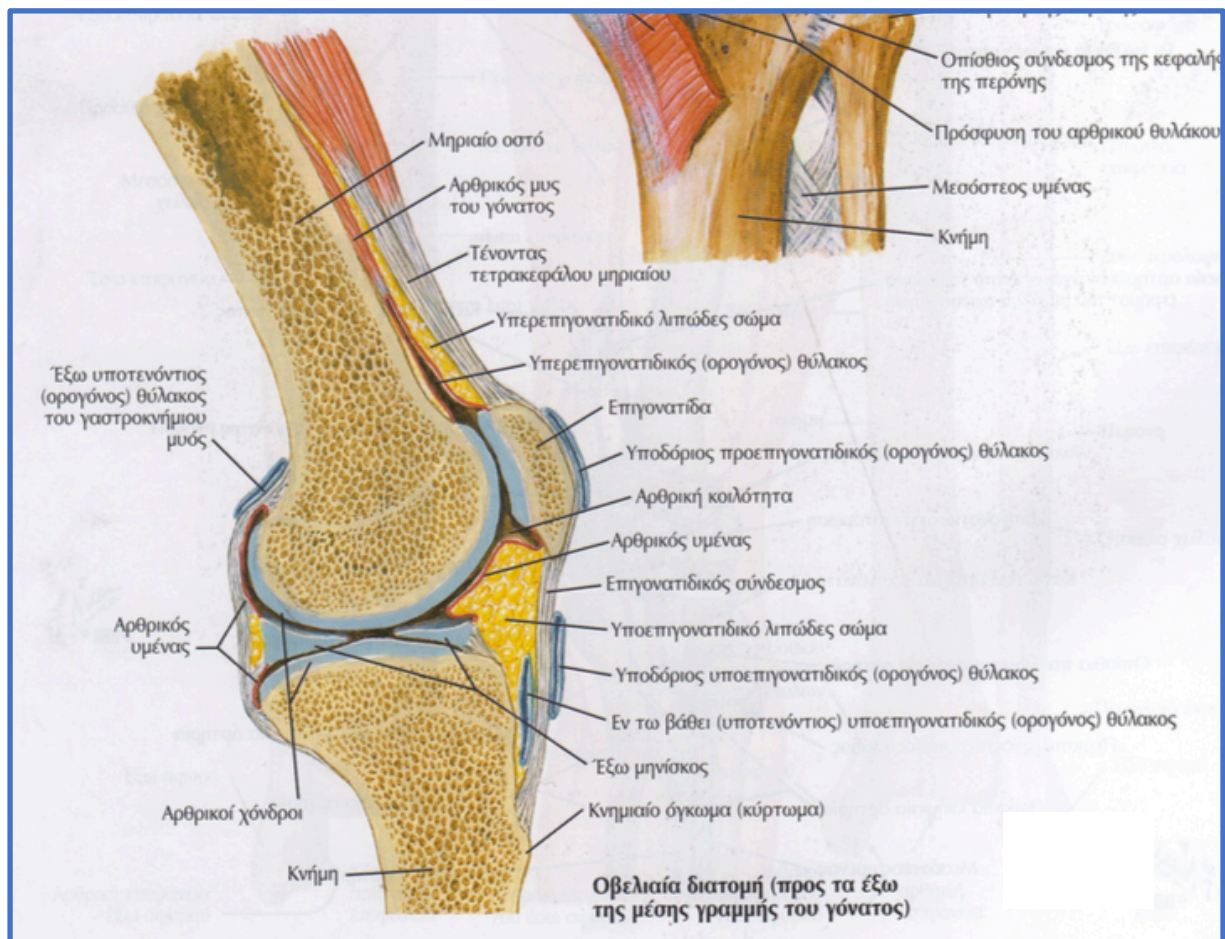
- Οι αρθρικοί σύνδεσμοι είναι συνήθως παχύνσεις του αρθρικού θύλακου όπως π.χ. ο εν τω βάθει έσω πλάγιος σύνδεσμος του γόνατος. Τυπικά είναι πλατιές ινώδεις ταινίες που όταν διατείνονται, ανθίστανται στις κινήσεις δύο ή, συχνά, τριών επιπέδων.
- Οι εξωαρθρικοί σύνδεσμοι μοιάζουν με σχοινιά τα οποία μερικώς ή εξ' ολοκλήρου διαχωρίζονται από τον αρθρικό θύλακο, πχ, ο έξω πλάγιος σύνδεσμος του γόνατος, και είναι οι πλέον ευδιάκριτοι σύνδεσμοι, που περιορίζουν την κίνηση σε ένα ή δύο επίπεδα.

Η αιμάτωση της άρθρωσης γίνεται από αιμοφόρα αγγεία των οποίων τα τριχοειδή αγγεία διαπερνούν τον αρθρικό θύλακο, συνήθως σε βάθος μεταξύ του ινώδους θυλάκου και του αρθρικού υμένα, ενώ τα αισθητικά νεύρα εφοδιάζουν τα εξωτερικά στρώματα του αρθρικού θυλάκου και τους συνδέσμους με υποδοχείς πόνου και ιδιοδεκτικότητας.

Η άρθρωση του γόνατος αποτελείται από τρεις ξεχωριστές αρθρώσεις (εικόνα 1):

- Μηρός-κνήμη (έσω και έξω): Μεταξύ των έσω και έξω μηριαίων και κνημιαίων κονδύλων αντίστοιχα.
- Επιγονατίδα-μηρός (patello-femoral joint)

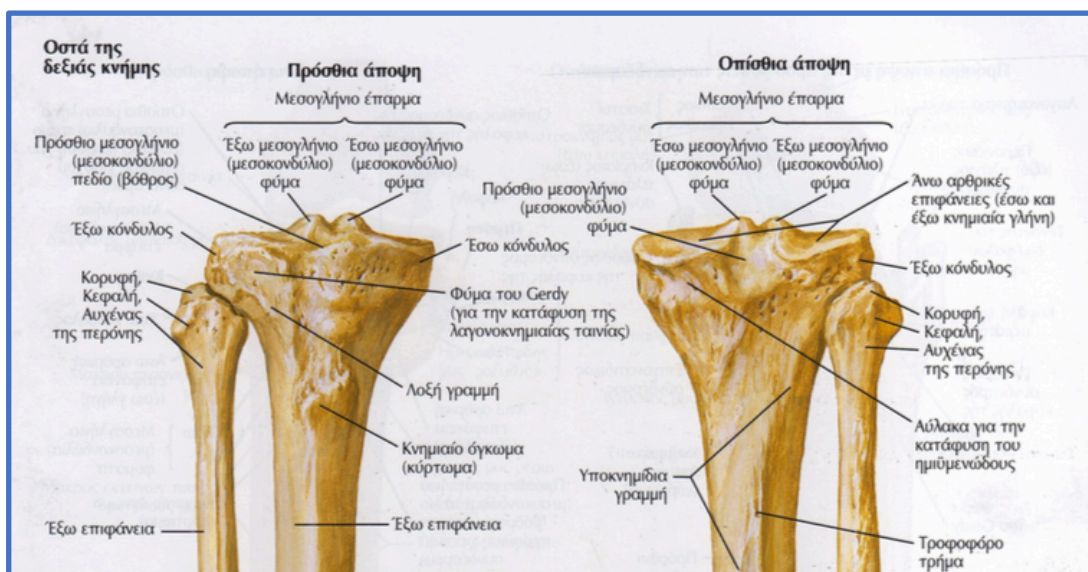
Σημείωση: Η περόνη δεν περιλαμβάνεται στην άρθρωση του γόνατος.



Εικόνα 1. Άρθρωση του γόνατος

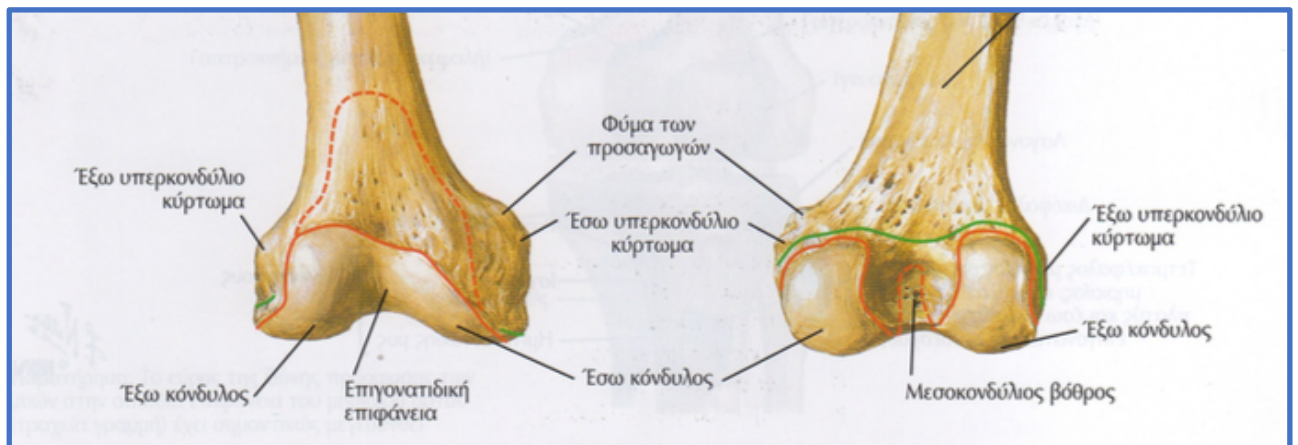
1.2. Οστά [21, 22, 23, 24]:

- Κνήμη (εικόνα 2): Αρθρώνεται με το μηριαίο οστό μέσω των έσω και έξω κονδύλων-πλατών. Ο έσω κνημιαίος κόνδυλος είναι μεγαλύτερος από τον έξω, και έχει σχεδόν επίπεδη ή ελαφρώς υπόκοιλη αρθρική επιφάνεια τόσο στο μετωπιαίο όσο και στο οβελιαίο επίπεδο. Αντίθετα ο έξω κνημιαίος κόνδυλος βρίσκεται 2-3 mm ψηλότερα από τον έσω, και η αρθρική του επιφάνεια είναι υπόκυρτη όταν απεικονίζεται από τα πλάγια (οβελιαίο επίπεδο), ενώ έχει υπόκοιλη μορφή όταν απεικονίζεται από μπροστά (μετωπιαίο επίπεδο). Η ανατομική αυτή παραλλαγή, έχει σαν αποτέλεσμα τη σχεδόν επίπεδη απεικόνιση του έξω κνημιαίου κόνδylου στην προσθιο-οπίσθια ακτινογραφία, σε αντίθεση με την εμφανή υπόκοιλη απεικόνιση του έσω κνημιαίου κόνδylου. Το πλάτος των κνημιαίων κόνδylων (μετωπιαίο επίπεδο) στο επίπεδο της άρθρωσης είναι περίπου ίσο με το αντίστοιχο πλάτος των μηριαίων κόνδylων στο ίδιο επίπεδο. Οι αρθρικές επιφάνειες των κνημιαίων κόνδylων καλύπτονται, στο κέντρο τους, από αρθρικό χόνδρο πάχους, περίπου 3 χιλιοστά στον έσω κόνδυλο, και 4 χιλιοστά στον έξω κόνδυλο. Στην περιφέρεια το πάχος του αρθρικού χόνδρου μειώνεται στο 1 χιλιοστό στον έξω κόνδυλο και στα 2 χιλιοστά στον έσω. Στην έξω πλευρά της κνήμης βρίσκεται η κατάφυση της λαγονοκνημιαίας ταινίας (φύμα του Gerdy), ενώ στην πρόσθια επιφάνεια της και κεντρικά βρίσκεται το κνημιαίο κύρτωμα (κατάφυση του επιγονατιδικού τένοντα). Η διάφυση της είναι τριγωνική (εγκάρσια διατομή) και είναι πιο λεπτή στο κάτω τριτημόριο. Περιφερικά αρθρώνεται με τον αστράγαλο και μαζί με έξω σφυρό του οστού της περόνης σχηματίζει την άρθρωση Mortise. Κεντρικά και έξω αρθρώνεται με την περόνη.



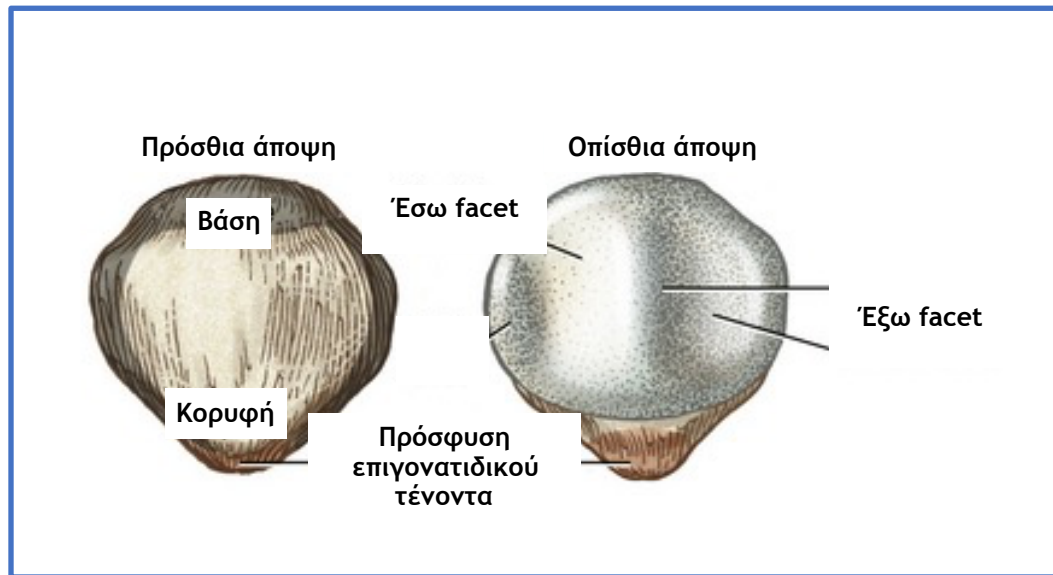
Εικόνα 2. Οστό της κνήμης

- Περώνη: Δεν αποτελεί μέρος της άρθρωσης του γόνατος. Η στυλοειδής απόφυση της κεφαλής αποτελεί την πρόσφυση του έξω πλάγιου συνδέσμου και του τένοντα του δικεφάλου. Κάτω από την κεφαλή βρίσκεται ο αυχέννας της περόνης (γύρω από τον οποίο περιελίσσεται το κοινό περονιαίο νεύρο), ενώ το κάτω άκρο αποτελεί το έξω σφυρό.
- Μηριαίο οστό (εικόνα 3): Οι κόνδυλοι (έσω και έξω) αρθρώνονται με την κνήμη (έσω και έξω κνημιαίοι κόνδυλοι-πλατώ). Οι μηριαίοι κόνδυλοι είναι κυρτοί και στα δύο επίπεδα και ασύμμετροι από άποψη της ακτίνας καμπυλότητάς τους. Στην οπίσθια επιφάνειά τους διαχωρίζονται από τη μεσοκονδύλια εντομή, ενώ πρόσθια συνενούνται σε κοινή αρθρική επιφάνεια, τη μηριαία τροχιλία, η οποία αρθρώνεται με την επιγονατίδα. Στο εγκάρσιο επίπεδο οι επιμήκεις άξονες των αρθρικών επιφανειών των μηριαίων κονδύλων δεν είναι παράλληλοι μεταξύ τους, αλλά συγκλίνουν προς τα μπροστά. Στο ίδιο επίπεδο ο έσω κόνδυλος είναι ελαφρά μεγαλύτερος (μακρύτερος) από τον έξω, ενώ αντίθετα στο μετωπιαίο επίπεδο ο έξω μηριαίος κόνδυλος είναι ελαφρά μεγαλύτερος (πλατύτερος) από τον έσω κόνδυλο. Λόγω της ιδιόμορφης αυτής αρχιτεκτονικής των μηριαίων και κνημιαίων κονδύλων, το έσω διαμέρισμα της μηροκνημιαίας άρθρωσης είναι πιο σταθερό και σχετικά πιο αρμονικό από το έξω διαμέρισμα, καθότι σε αυτό η άρθρωση επιτελείται μεταξύ ενός κυρτού (μηριαίος κόνδυλος) και ενός κοίλου (κνημιαίος κόνδυλος) σχηματισμού (σαν τροχός που κινείται σε επίπεδη ή ελαφρά κοίλη επιφάνεια). Αντίθετα, στο έξω μηροκνημιαίο διαμέρισμα η αντιστοιχία επαφής μεταξύ του έξω μηριαίου (κυρτού) και του έξω κνημιαίου κονδύλου (υπόκυρτου) είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη. Η ανατομική αυτή δυσαρμονία αποκαθίσταται διά της παρεμβολής των μηνίσκων, οι οποίοι έχουν υπόκοιλο σχήμα στην άνω αρθρική τους επιφάνεια ενώ η κάτω επιφάνειά τους είναι επίπεδη.



Εικόνα 3. Μηριαίο οστό

- **Επιγονατίδα (εικόνα 4):** Η επιγονατίδα είναι το μεγαλύτερο σησαμοειδές οστόν του σώματος (σησαμοειδή είναι τα οστά που περικλείονται σε ένα τένοντα) και περικλείεται στον εκτατικό μηχανισμό του γόνατος (καταφυτικός τένοντας του τετρακέφαλου). Η επιγονατίδα φυσιολογικά κινείται προς τα κάτω και πάνω, κατά την κάμψη και έκταση του γόνατος ακολουθώντας την πορεία της μηριαίας τροχιλίας, μιας αύλακας δηλαδή στην πρόσθια επιφάνεια του μηριαίου οστού, σχηματίζοντας έτσι την επιγονατιδομηριαία άρθρωση.



Εικόνα 4. Επιγονατίδα (Πρόσθια-Οπίσθια άποψη)

1.3. Αρθρικός θύλακος [21, 22, 23, 24]:

Αποτελείται από μία εξωτερική ινώδη μεμβράνη και μία εσωτερική αρθρική μεμβράνη, που καλύπτει όλες τις εσωτερικές επιφάνειες της αρθρικής κοιλότητας, που δεν καλύπτονται από αρθρικό χόνδρο:

- Η εξωτερική ινώδης μεμβράνη έχει κάποια πεπαχυσμένα σημεία που αποτελούν τους εγγενείς συνδέσμους του γόνατος. Κεντρικά συνδέεται στο μηριαίο οστό, εγγύς στα αρθρικά όρια των μηριαίων κονδύλων. Οπισθίως περιβάλλει τους μηριαίους κονδύλους και τον μεσοκονδύλιο βόθρο, ενώ έχει ένα άνοιγμα οπισθίως του έξω κνημιαίου κονδύλου για τη διέλευση του ιγνυακού τένοντα, έξω από την άρθρωση για να καταλήξει τελικά στην κνήμη. Περιφερικά συνδέεται στο οστό της κνήμης, στα όρια της αρθρικής επιφάνειας αυτής, εκτός από την περιοχή διέλευσης του ιγνυακού τένοντα. Ο τένοντας του τετρακέφαλου, ο επιγονατιδικός τένοντας και η επιγονατίδα αποτελούν τον πρόσθιο θύλακο.

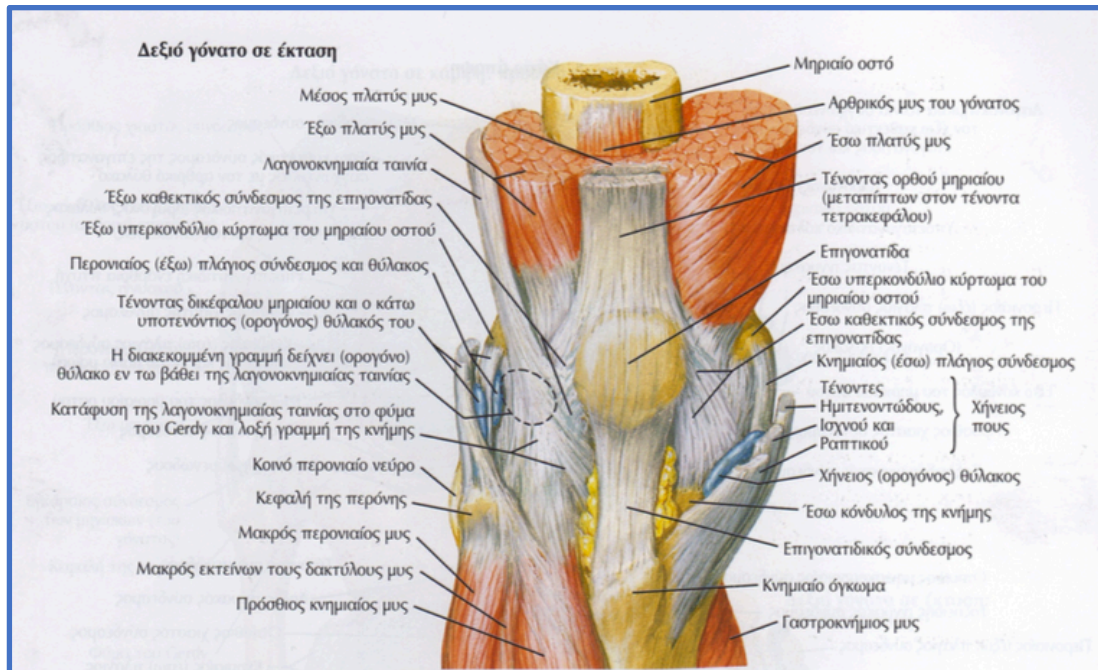
- Η εσωτερική αρθρική μεμβράνη καλύπτει την έσω επιφάνεια του ινώδους θύλακου και συνδέεται στην περιφέρεια της επιγονατίδας και στα άκρα των μηνίσκων. Καλύπτει τον ινώδη θύλακο στην έσω και έξω περιοχή του γονάτου, αλλά κεντρικά χωρίζεται. Καλύπτει την μεσοκονδύλια περιοχή και τους χιαστούς συνδέσμους, ξεκινώντας οπισθίως και πορευόμενη προσθίως, έως το υποεπιγονατιδικό λίπος (infrapatellar fatpad). Με αυτόν τον τρόπο διαχωρίζει την αρθρική κοιλότητα σε έσω και έξω μηρο-κνημιαίες αρθρικές κοιλότητες. Στην έσω και έξω επιφάνεια της άρθρωσης σχηματίζει αναδιπλώσεις (plicae), οι οποίες όταν φλεγμαίνουν δημιουργούν έντονο άλγος και δυσκολία στην κίνηση.
- Κεντρικά της επιγονατίδας η αρθρική κοιλότητα εκτείνεται έως τον μέσο πλατύ μυ, σχηματίζοντας την υπερεπιγονατιδική μεμβράνη (suprapatellar bursa).

1.4. Σύνδεσμοι [21, 22, 23, 24]:

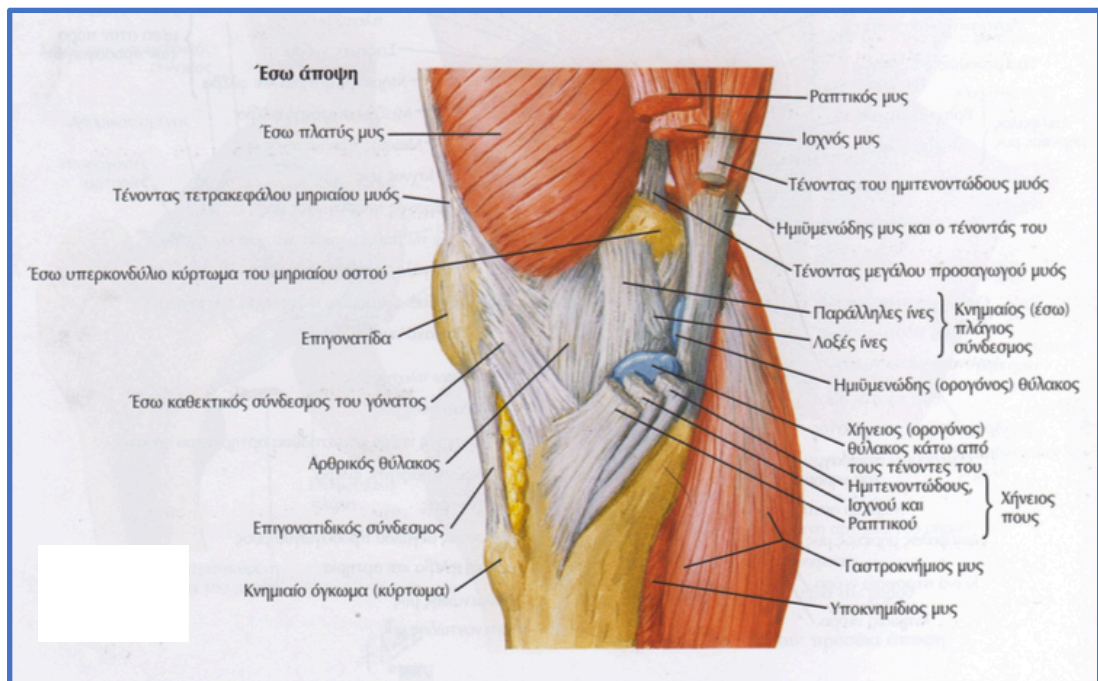
Ο αρθρικός θύλακος (εικόνα 5-7) σχηματίζει 5 εγγενείς συνδέσμους (intrinsic):

- Επιγονατιδικός σύνδεσμος (ή τένοντας): Το περιφερικό τμήμα του τετρακέφαλου μυός αποτελεί μία ισχυρή πεπαχυσμένη ταινία ινώδους ιστού, η οποία διέρχεται από την πρόσθια επιφάνεια της επιγονατίδας και την έσω-έξω επιφάνειά της και καταλήγει στο κνημιαίο κύρτωμα. Επί τα εντός και εκτός, δέχεται απονευρωτικές ίνες που προέρχονται από τον έσω και έξω πλατύ μυ αντίστοιχα, καθώς επίσης και από την εν' τω βάθει περιτονία. Αυτές οι ίνες αποτελούν τον έσω και έξω καθεκτικό σύνδεσμο της επιγονατίδας, αντίστοιχα (medial-lateral retinaculum), που παίζουν σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της ευθυγράμμισης της επιγονατίδας σε σχέση με τον μηρό (αρθρική επιφάνεια του μηρού για την επιγονατίδα-trochlear groove).
- Έξω πλάγιος σύνδεσμος (fibular or lateral collateral ligament): Αποτελεί μία ισχυρή, σαν κορδόνι δομή, που εκτείνεται περιφερικά του μηριαίου από τον έξω επικονδύλο και καταλήγει στην έξω επιφάνεια της κεφαλής της περόνης. Ο ιγνυακός τένοντας διέρχεται εν τω βάθει του έξω πλαγίου συνδέσμου και τον διαχωρίζει από τον έξω μηνίσκο, ενώ ο τένοντας του δικεφάλου μηριαίου διαχωρίζεται σε δύο σκέλη από αυτόν.
- Έσω πλάγιος σύνδεσμος (tibial or medial collateral ligament): Αποτελεί μία ισχυρή επίπεδη ταινία που εκτείνεται περιφερικά του μηριαίου, από τον έσω μηριαίο κόνδυλο στον έσω κνημιαίο κόνδυλο (επιπολής μοίρα) και στον έσω μηνίσκο (εν τω βάθει μοίρα).

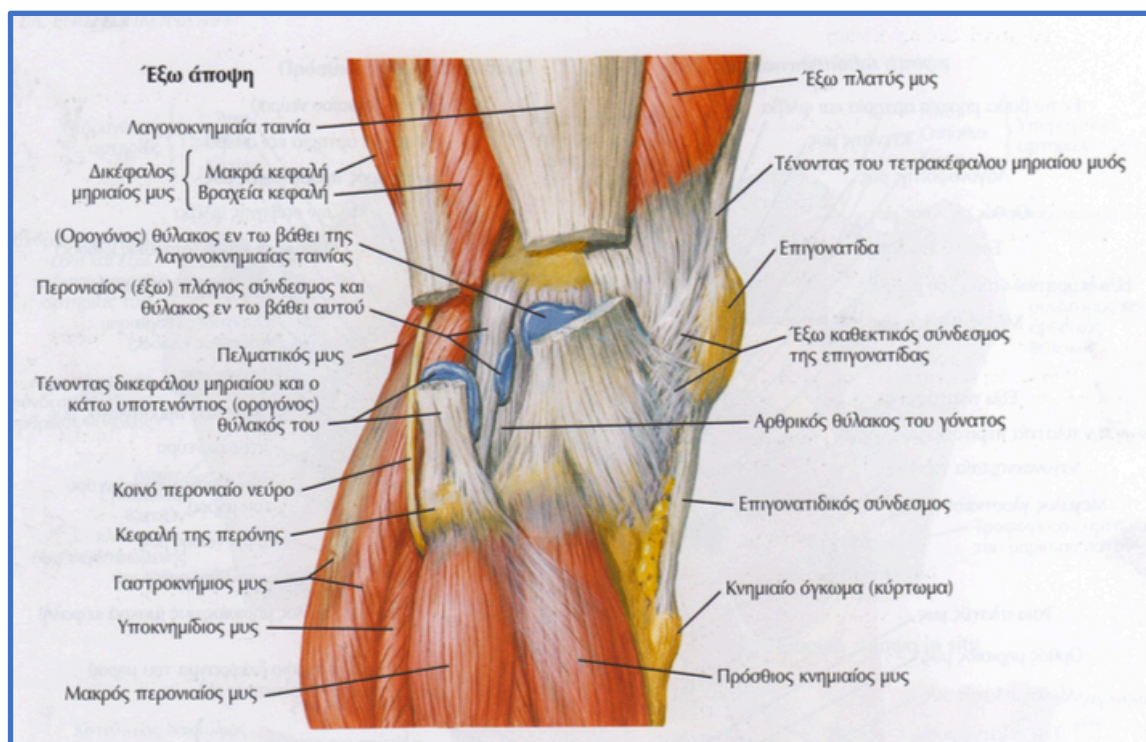
- Λοξός ιγνυακός σύνδεσμος: Αποτελεί επέκταση του ημιμεμβρανώδους μυός και ενισχύει τον θύλακο οπισθίως. Εκφύεται οπισθίως του έσω κνημιαίου κονδύλου και πορεύεται άνω-έξω προς το κεντρικό οπίσθιο τμήμα του θυλάκου και τον έξω μηριαίο κόνδυλο.
- Τοξοειδής σύνδεσμος: Εκφύεται από την οπίσθια επιφάνεια της κεφαλής της περόνης άνω-έσω, πάνω από τον τένοντα του ιγνυακού, και απλώνεται στην οπίσθια επιφάνεια του γόνατος και τον έσω μηριαίο κόνδυλο.



Εικόνα 5. Σύνδεσμοι του γόνατος (Πρόσθια άποψη)



Εικόνα 6. Σύνδεσμοι του γόνατος (Έσω άποψη)

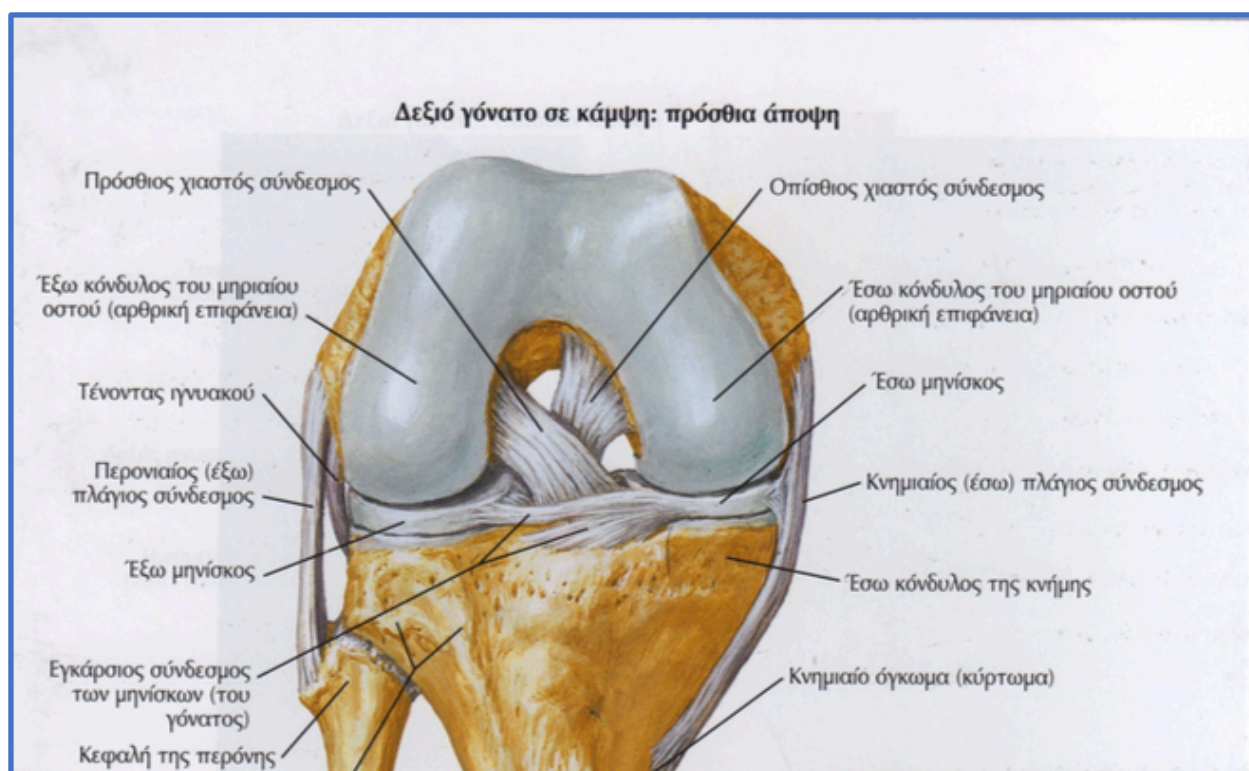


Εικόνα 7. Σύνδεσμοι του γόνατος (Εξω άποψη)

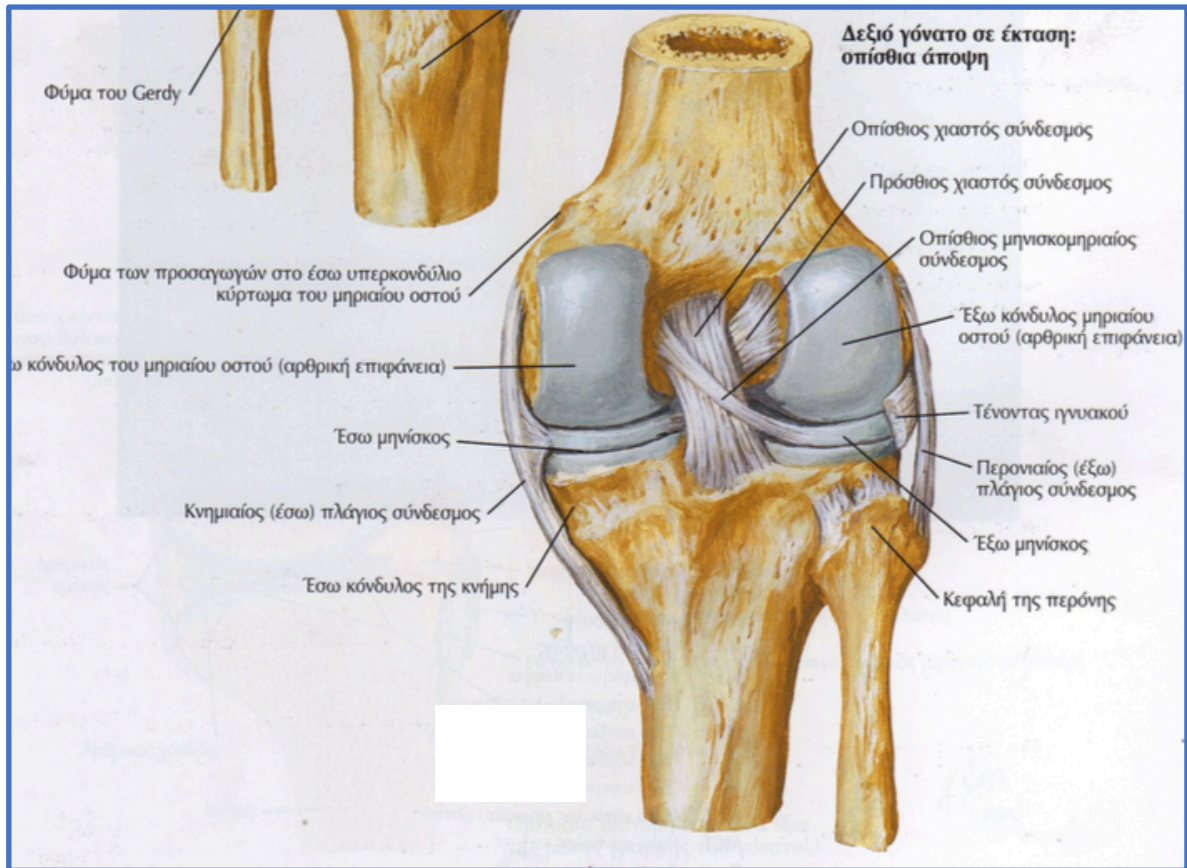
Οι ενδοαρθρικοί σύνδεσμοι του γόνατος είναι (εικόνα 8, 9):

- Χιαστοί (πρόσθιος και οπίσθιος) σύνδεσμοι: Ενώνουν το μηριαίο οστό με την κνήμη. Χιάζονται μέσα στον αρθρικό θύλακο και λόγω αυτού του χιασμού, τυλίγονται μεταξύ τους κατά τη διάρκεια των στροφικών κινήσεων του γόνατου, επιτρέποντας έσω στροφή έως 10° , ενώ η έξω στροφή με το γόνατο σε κάμψη $>90^\circ$, φτάνει μέχρι τις 60° , λόγω του ότι ξετυλίγονται κατά τη διάρκεια αυτής της κίνησης.
 - Πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος (Anterior Cruciate Ligament): Αποτελεί τον πιο αδύναμο από τους χιαστούς συνδέσμους και εκφύεται από την πρόσθια μεσοκονδύλια περιοχή της κνήμης, ακριβώς πίσω από το πρόσθιο κέρασ του έσω μηνίσκου, πορεύεται άνω-οπισθίως και έξω και καταφύεται στην έσω επιφάνεια του οπισθίου τμήματος του έξω μηριαίου κονδύλου. Η αιμάτωσή του είναι πτωχή, ενώ εμποδίζει την προς τα πίσω ολίσθηση των μηριαίων κονδύλων πάνω στο κνημιαίο πλατώ κατά την κάμψη. Επίσης εμποδίζει την οπίσθια παρεκτόπιση του μηρού ως προς την κνήμη και την υπερέκταση του γόνατος. Όταν η άρθρωση είναι σε μερική κάμψη εμποδίζει την έλξη της κνήμης προσθίως ως προς το μηριαίο οστό (Lachman test).

- **Οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος (Posterior Cruciate Ligament):** Αποτελεί τον ισχυρότερο εκ των δύο χιαστών συνδέσμων και εκφύεται από την οπίσθια μεσοκονδύλια περιοχή της κνήμης. Πορεύεται άνω-προσθίως επί της έσω πλευράς του προσθίου χιαστού και καταφύεται στο πρόσθιο τμήμα της έξω επιφάνειας του έσω μηριαίου κονδύλου. Εμποδίζει την προς τα εμπρός ολίσθηση του μηριαίου οστού ως προς το κνημιαίο πλατώ κατά την έκταση. Επίσης εμποδίζει την πρόσθια παρεκτόπιση του μηρού ως προς την κνήμη και την οπίσθια παρεκτόπιση της κνήμης ως προς το μηρό. Επίσης παρεμποδίζει την υπέρμετρη κάμψη του γόνατος. Αποτελεί τον κύριο σταθεροποιητή του γόνατος στο λυγισμένο κάτω άκρο κατά την βάδιση σε κατηφορικό δρόμο.



Εικόνα 8. Χιαστοί σύνδεσμοι (Πρόσθια άποψη)



Εικόνα 9. Χιαστοί σύνδεσμοι (Οπίσθια άποψη)

Άλλοι σύνδεσμοι του γόνατος είναι:

- Στεφανιαίος σύνδεσμος των μηνίσκων (Περιφέρεια μηνίσκων-περιφέρεια της κνήμης)
- Εγκάρσιος σύνδεσμος των μηνίσκων (Πρόσθια-έξω επιφάνεια του έξω μηνίσκου και πρόσθια έσω επιφάνεια του έσω μηνίσκου)
- Μηνισκομηριαίος σύνδεσμος (Οπίσθια-έξω επιφάνεια του έξω μηνίσκου και έσω μηριαίος κόνδυλος)

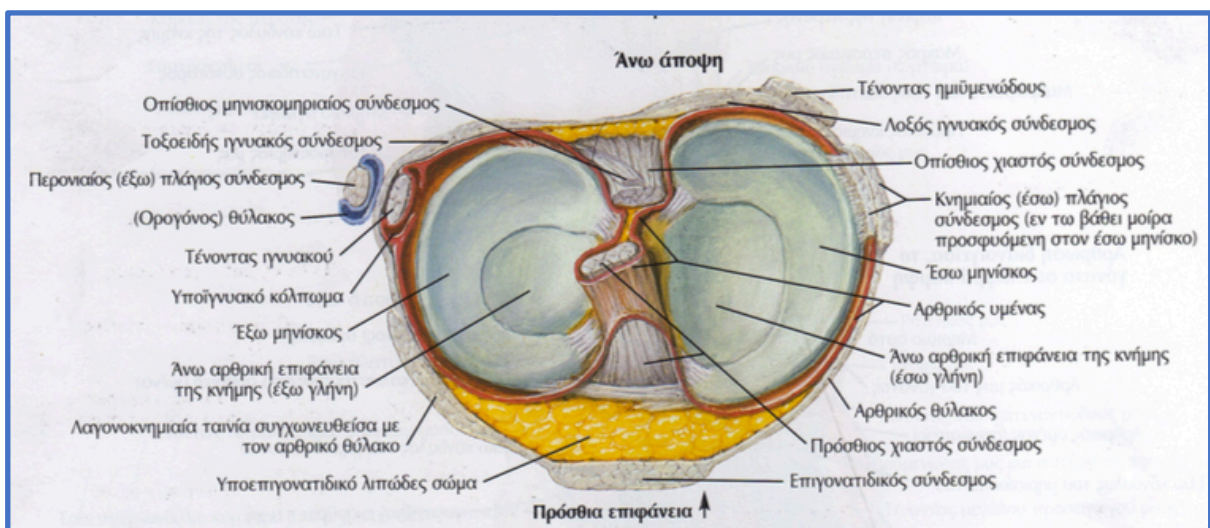
1.5. Μηνίσκοι [21, 22, 23, 24]:

Αποτελούν ινοχόνδρινες δομές με ημισεληνοειδές σχήμα (σφήνα), πάνω στην επιφάνεια της κνήμης (πλατώ-εικόνα 10). Η περιφέρειά τους είναι πιο παχυσμένη και συνδέεται με την ινώδη στοιβάδα του θυλάκου. Οι στεφανιαίοι σύνδεσμοι συνδέουν τους μηνίσκους με την άνω επιφάνεια της κνήμης, ενώ συνδέονται μεταξύ τους προσθίως με τον εγκάρσιο σύνδεσμο των μηνίσκων.

Ο έσω μηνίσκος έχει σχήμα C και είναι πιο φαρδύς οπισθίως. Το πρόσθιο κέρας του ενώνεται με την πρόσθια μεσοκονδύλια περιοχή της κνήμης, προσθίως της έκφυσης του προσθίου χιαστού συνδέσμου. Το οπίσθιο κέρας του ενώνεται με την οπίσθια μεσοκονδύλια περιοχή της κνήμης, προσθίως της έκφυσης του οπισθίου χιαστού συνδέσμου. Επίσης συνδέεται ισχυρά με την εν τω βάθει επιφάνεια του έσω πλαγίου συνδέσμου.

Ο έξω μηνίσκος είναι λιγότερο ημισεληνοειδής και πιο μικρός και ευκίνητος από τον έσω μηνίσκο. Διαχωρίζεται από τον έξω πλάγιο σύνδεσμο με τον τένοντα του ιγνυακού. Συνδέεται με τον οπίσθιο χιαστό σύνδεσμο και την οπίσθια επιφάνεια του έσω μηριαίου κονδύλου με τον μηνισκομηριαίο σύνδεσμο.

Ο καθένας από τους μηνίσκους καλύπτει περίπου τα δύο τρίτα της αντίστοιχης αρθρικής επιφάνειας της κνήμης. Εκτός από την συμβολή τους στην αρμονία και στη σταθερότητα της άρθρωσης, οι μηνίσκοι αυξάνουν την επιφάνεια κατανομής των φορτίων, χρησιμεύουν στην απορρόφηση των κραδασμών κατά την φόρτιση του γόνατος, και τέλος συμμετέχουν στην ύγρανση της άρθρωσης. Στο έξω μηροκνημιαίο διαμέρισμα, σχεδόν όλα τα φορτία κατά την όρθια θέση και βάδιση περνούν διά του έξω μηνίσκου, ενώ αντίθετα τα φορτία που διέρχονται διά του έσω μηροκνημιαίου διαμερίσματος κατανέμονται σχεδόν ισόποσα μεταξύ του έσω μηνίσκου και του μη καλυπτόμενου από το μηνίσκο αρθρικού χόνδρου της κνήμης.

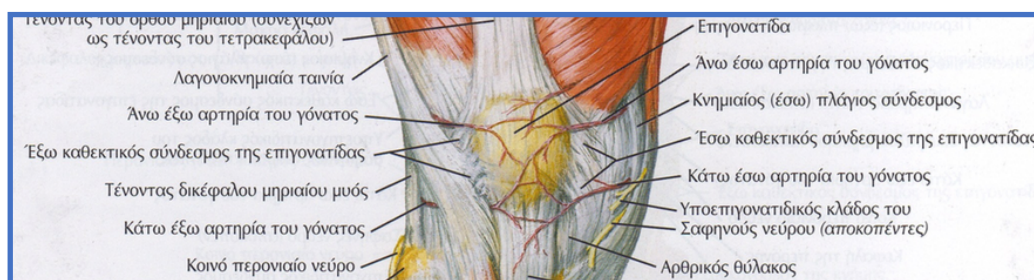


Εικόνα 10. Μηνίσκοι (Άνω άποψη)

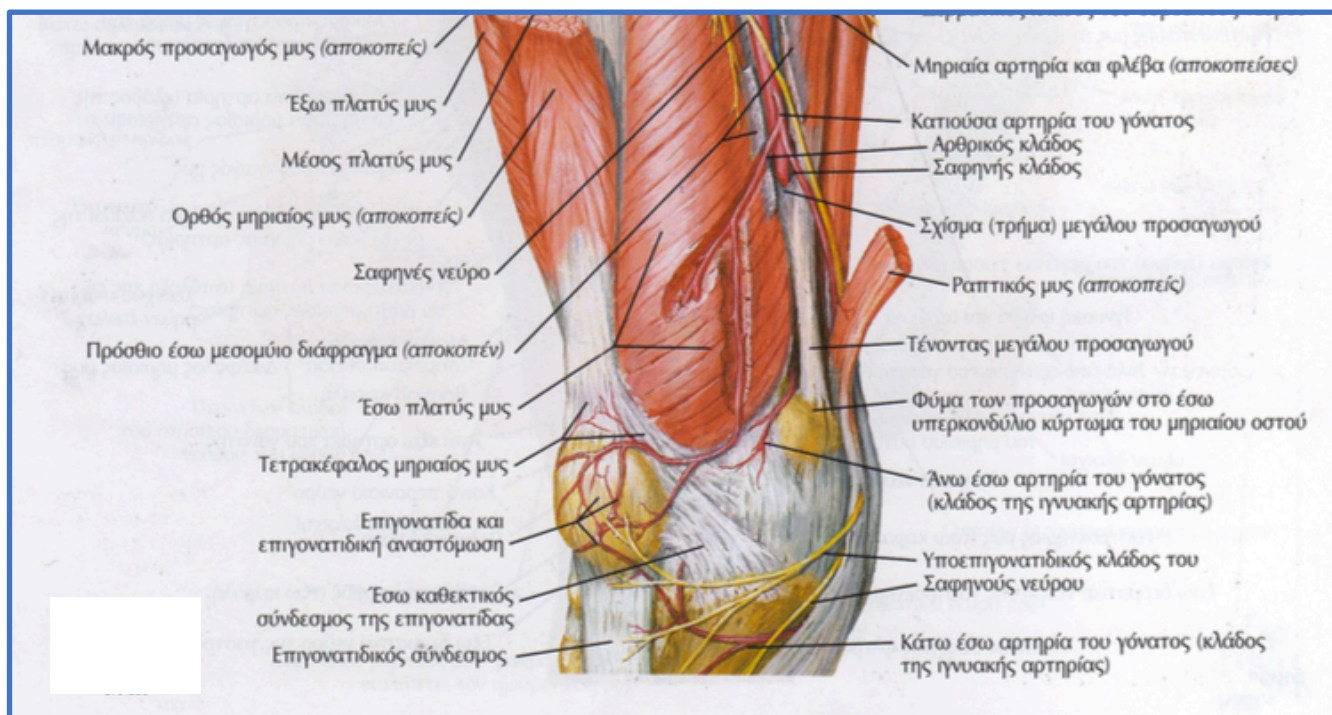
1.6. Αγγεία [21, 22, 23, 24]:

Η ιγνυακή αρτηρία (εικόνα 11a, 11b, 11c) προέρχεται από την μηριαία αρτηρία. Τα όρια της ιγνυακής αρτηρίας είναι προς τα άνω ο δικέφαλος μηριαίος μυς και ο ημιμυενώδης μυς, ενώ προς τα κάτω είναι ο γαστροκνήμιος μυς. Κεντρικά της άρθρωσης, η ιγνυακή αρτηρία διερχόμενη διά των δύο κεφαλών του δικέφαλου μυός, ουσιαστικά εφάπτεται του μηριαίου οστού, με μοναδικούς παρεμβαλλόμενους ιστούς τον αρθρικό θύλακο και μια στιβάδα από λίπος. Ακριβώς πίσω από την άρθρωση, η αρτηρία βρίσκεται επί του λοξού ιγνυακού συνδέσμου. Περιφερικά της άρθρωσης η αρτηρία πορεύεται επί της ιγνυακής περιτονίας και αμέσως μετά την έξοδό της από τη τενόντια ασπίδα του υποκνημίδιου μυός δίνει τους τελικούς κλάδους, την πρόσθια και την οπίσθια κνημιαία αρτηρία (κύριος κλάδος της η περονιαία αρτηρία). Κατά την πορεία της στον ιγνυακό βόθρο, η ιγνυακή αρτηρία ευρίσκεται μεταξύ δύο ανένδοτων σημείων (κεντρικά στο τρήμα των προσαγωγών, και περιφερικά στην ασπίδα του υποκνημίδιου μυός) με συνέπεια ακόμη και μικρή διαταραχή της οστικής ανατομίας της περιοχής να προκαλεί διάταση της αρτηρίας με πιθανή απόφραξη ή ρήξη. Η ιγνυακή αρτηρία δίνει πέντε κλάδους για το γόνατο (άνω-έσω, κάτω-έσω, άνω-έξω, κάτω-έξω και μέση αρτηρία του γόνατος) που αποτελούν το αγγειακό αρδευτικό σύστημα της πρόσθιας επιφάνειας γόνατος. Πρόσθετη αιμάτωση στους ιστούς της περιοχής προσφέρεται από κλάδους της κατιούσας έξω περισπωμένης μηριαίας αρτηρίας και της παλίνδρομης πρόσθιας κνημιαίας αρτηρίας.

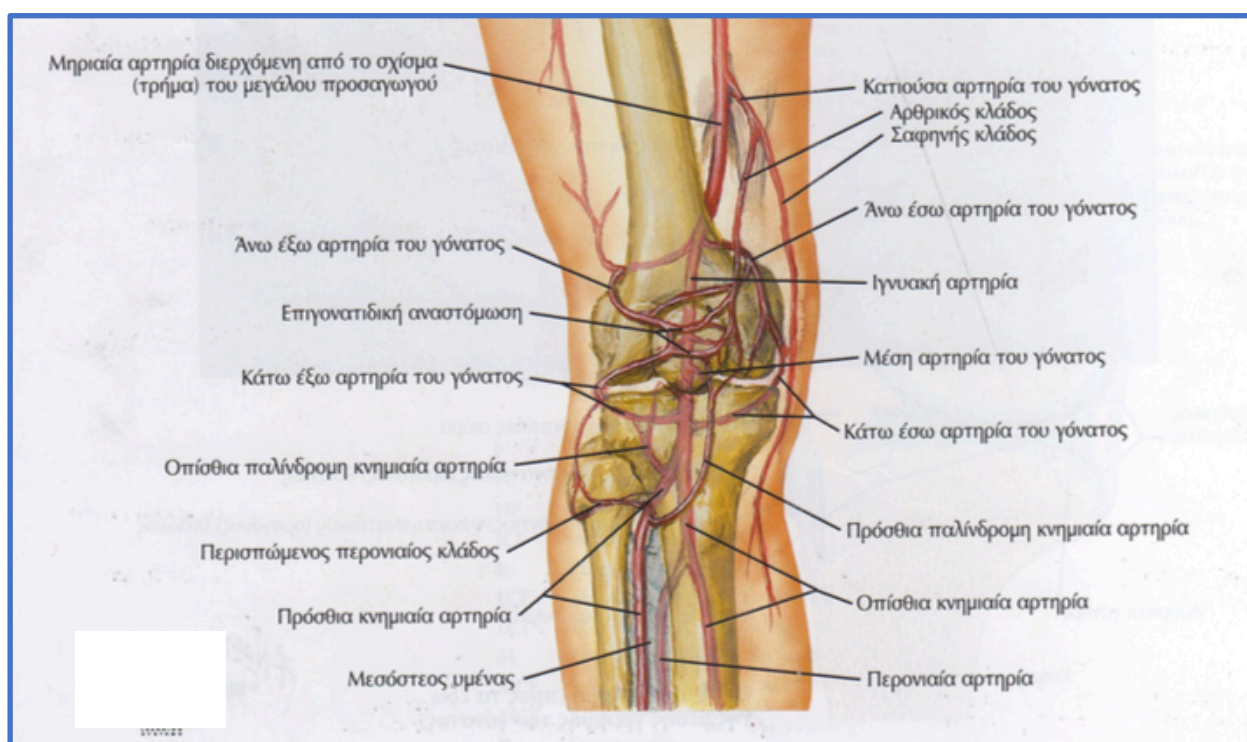
Η έλασσον σαφηνής φλέβα μαζί με δορυφόρες φλέβες την κνημιαίας αρτηρίας διοχετεύουν το φλεβικό αίμα στην ιγνυακή φλέβα και αυτή με τη σειρά της στην μηριαία φλέβα. Η ιγνυακή φλέβα εισέρχεται στον ιγνυακό βόθρο, αρχικά ευρισκόμενη προς τα έξω της αρτηρίας, στη πορεία χιάζεται με την αρτηρία, και κεντρικά του ιγνυακού βόθρου εξέρχεται από την έσω πλευρά της αρτηρίας.



Εικόνα 11a. Αγγεία της πρόσθιας επιφάνειας του γόνατος



Εικόνα 11b. Αγγεία του γόνατος (Πλάγια άποψη)



Εικόνα 11c. Αγγεία του γόνατος

1.7. Νεύρα [21, 22, 23, 24]:

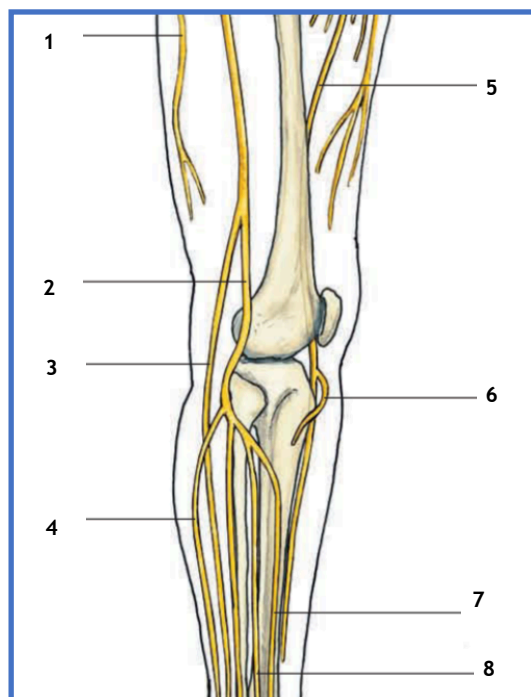
Το κνημιαίο νεύρο (O4-I3) αποτελεί κλάδο του ισχιακού νεύρου (εικόνα 12). Πορεύεται μέσα στη μακρά κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου και εισέρχεται στον ιγνυακό βόθρο, πάνω από τον ιγνυακό μυ. Διασχίζει την ιγνυακή κοιλότητα επιπολής των αγγείων (νεύρο, φλέβα, αρτηρία). Κεντρικά της άρθρωσης ευρίσκεται επί τα εκτός της αρτηρίας, στην πορεία χιάζεται με τα αγγεία και τελικά εξέρχεται περιφερικά του ιγνυακού βόθρου επί τα εντός της αρτηρίας. Νευρώνει τους οπίσθιους μύες της κνήμης και δίνει τον έσω δερματικό κλάδο του γαστροκνήμιου.

Το κοινό περνιαίο νεύρο (O4-I2), αποτελεί μικρότερο κλάδο του ισχιακού νεύρου (εικόνα 12) και πορεύεται επί τα εκτός στον ιγνυακό βόθρο, μεταξύ του έσω ορίου του δικέφαλου και της έξω κεφαλής του γαστροκνήμιου. Περιελίσσεται γύρω από την κεφαλή της περόνης, όπου και αποτελεί σύνηθες σημείο τραυματισμού του. Δίνει το επιπολής και εν τω βάθει περνιαίο νεύρο.

Τα αισθητικά δερματικά νεύρα της οπίσθιας επιφάνειας του γόνατος είναι το έσω δερματικό νεύρο της γαστροκνημίας, κλάδος του κνημιαίου νεύρου, και το έξω δερματικό νεύρο της γαστροκνημίας, κλάδος του κοινού περνιαίου νεύρου. Στην πρόσθια επιφάνεια του γόνατος, βρίσκεται το επιγονατιδικό αισθητικό νευρικό πλέγμα, σχηματιζόμενο κυρίως από κλάδους του έσω, του έξω και του μέσου δερματικού κλάδου του μηριαίου νεύρου, κείμενο επί της επιγονατίδας και επί του επιγονατιδικού τένοντα. Τέλος το σαφηνές νεύρο, κλάδος του μηριαίου νεύρου συνοδεύει την σαφηνή φλέβα κατά μήκος της έσω επιφάνειας του γόνατος δίνοντας και αυτό κλάδους για τον σχηματισμό του επιγονατιδικού αισθητικού πλέγματος.

1. Οπίσθιο δερματικό νεύρο του μηρού
2. Κοινό περνιαίο νεύρο
3. Κνημιαίο νεύρο
4. Έξω δερματικό νεύρο του γαστροκνήμιου
5. Σαφηνές νεύρο
6. Κλάδος σαφηνούς για την επιγονατίδα
7. Εν τω βάθει περνιαίο νεύρο
8. Επιπολής περνιαίο νεύρο

Εικόνα 12. Νεύρα του γόνατος



1.8. Εμβιομηχανική και κινηματική της άρθρωσης του γόνατος [21, 22, 23, 24]:

Στη κνήμη ο ανατομικός άξονας του οστού (τόσο στο μετωπιαίο όσο και στο οβελιαίο επίπεδο) είναι παράλληλος (χωρίς να συμπίπτει) με το μηχανικό, ενώ αντίθετα στο μηριαίο ο ανατομικός άξονας σχηματίζει στο μετωπιαίο επίπεδο γωνία $7\pm 2^\circ$ με τον μηχανικό. Η φυσιολογική βλαιοσκή απόκλιση της διάφυσης του μηριαίου οστού έχει σαν αποτέλεσμα τα φορτία που διέρχονται διά της άρθρωσης του γόνατος να κατανέμονται ανισομερώς μεταξύ των δύο κνημιαίων αρθρικών επιφανειών. Έτσι, κατά τη διάρκεια της στατικής φάσεως (διποδική στήριξη) της βάδισης, ισόποσο ή ελαφρώς μεγαλύτερο βάρος διέρχεται από το έσω μηροκνημιαίο διαμέρισμα του γόνατος σε σχέση με το έξω, κατά τη διάρκεια όμως της δυναμικής φάσεως (μονοποδική στήριξη) της βάδισης το περισσότερο βάρος (περίπου το 65% με 70% των φορτίων) διέρχεται διά του έσω κνημιαίου κονδύλου.

Η κύρια εκούσια κίνηση η οποία επιτελείται στην άρθρωση του γόνατος είναι η κάμψη-έκταση, στο οβελιαίο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της κίνησης του γόνατος από τη πλήρη έκταση στη πλήρη κάμψη, επιτελείται ταυτόχρονη (ακούσια) έσω στροφή της κνήμης σχετικά με το μηριαίο στο μετωπιαίο επίπεδο, καθώς και οπίσθια ολίσθηση των μηριαίων επί των κνημιαίων κονδύλων. Η κνήμη βρίσκεται στη μεγαλύτερη έξω στροφή κατά την πλήρη έκταση του γόνατος, ενώ έρχεται στη μεγαλύτερη έσω στροφή κατά τη πλήρη κάμψη. Το φυσιολογικό εύρος της κίνησης του γόνατος είναι από 5° - 10° υπερέκταση μέχρι 135° κάμψη με ταυτόχρονη 8° - 12° στροφή. Ο σταθερός άξονας περιστροφής του γόνατος κατά την κάμψη-έκταση συμπίπτει με την διά-επικονδύλια γραμμή όπως αυτή καθορίζεται από τα σημεία έκφυσης του έσω και έξω πλάγιου συνδέσμου και διέρχεται ακριβώς κεντρικά του σημείου χιασμού των χιαστών συνδέσμων.

- **Ανατομικός άξονας κνήμης:** Η γραμμή που διχοτομεί το ενδομυελικό κανάλι της κνήμης.
- **Ανατομικός άξονας μηριαίου:** Η γραμμή που διχοτομεί το ενδομυελικό κανάλι του μηριαίου.
- **Μηχανικός άξονας κνήμης:** Ορίζεται ως η γραμμή από το κέντρο της εγγύς κνήμης προς το κέντρο του αστραγάλου.
- **Μηχανικός άξονας του μηριαίου:** Ορίζεται ως η γραμμή από το κέντρο της μηριαίας κεφαλής προς το σημείο που ο ανατομικός άξονας συναντάει τη μεσοκονδύλια εντομή.

2. ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΟΜΗΡΙΑΙΑ ΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΣΤΑΘΕΙΑ

2.1. Έσω δομές της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης:

Η επιγονατιδομηριαία άρθρωση αποτελείται από ένα πολύπλοκο σύστημα παραγόντων σταθεροποίησης της επιγονατίδας ως προς το μηριαίο οστό. Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται σε παθητικούς, ενεργητικούς και στατικούς και ο πιο σημαντικός παθητικός σταθεροποιητής εξ' αυτών είναι ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (Media Patelo-Femoral Ligament ή MPFL) που συμβάλει κατά 50-60% στην σταθεροποίηση της επιγονατίδας στην άρθρωση [3]. Άλλες βασικές δομές σταθεροποίησης είναι ο έσω επιγονατιδοκνημιαίος σύνδεσμος (Medial Patelo Tibial Ligament ή MPFL) με συμβολή 13% [3], ο έσω επιγονατιδομηνισκικός σύνδεσμος (Medial Patelo Meniscal ligament ή MPML) με συμβολή 24% [3], ο έσω πλατύς μυς (Vastus Medialis Obliquus ή VMO), κυρίως πριν από 20° κάμψης του γόνατος και κυρίως λόγω της σύνδεσης των ινών του με αυτών του MPFL και ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας (Medial Retinaculum ή MR) με συμβολή 13% [3]. Όσον αφορά τους στατικούς παράγοντες σταθεροποίησης, ο πιο σημαντικός εξ' αυτών είναι το βάθος της τροχιλίας (επαφή των οστικών δομών, κυρίως μετά τις 30° κάμψης του γόνατος), το ύψος της επιγονατίδας (Patella alta), η απόσταση κνημιαίου κυρτώματος-εντομής τροχιλίας (TT-TG distance) και η γωνία Q (Q-angle), η οποία επηρεάζεται από το anteversion του μηριαίου και την στροφή της κνήμης, καθώς και άλλοι λιγότερο σημαντικοί παράγοντες, που αναλύονται στη συνέχεια.

2.2. Ανατομία παθητικών παραγόντων σταθερότητας:

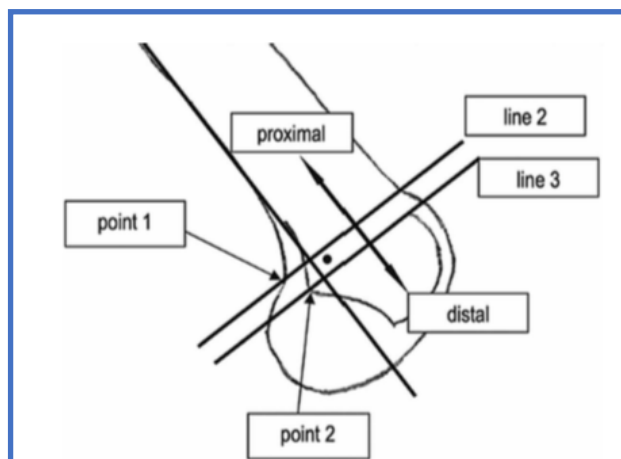
Η πιο ευδιάκριτη ανατομική δομή της έσω επιφάνειας της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης είναι ο MPFL. Το μήκος του κυμαίνεται από 45–55 mm, ενώ το πλάτος του από 10–20 mm στην έκφυση του (έσω μηριαίος επικόνδυλος) σε 20–30 mm στην κατάφυση του στην επιγονατίδα. Εκφύεται από μία περιοχή μεταξύ του φύματος των προσαγωγών και του έσω μηριαίου επικονδύλου (10.6mm εγγύς και 8.8mm οπισθίως του έσω μηριαίου επικονδύλου και 1.9mm προσθίως και 3.8mm περιφερικά του φύματος των προσαγωγών, Schottle point) [5, 25, 26] και καταφύεται στην άνω-έσω πλευρά της επιγονατίδας (ώρα 2-4 σε δεξί γόνατο-εικόνα 13). Σε ανατομικές μελέτες βρέθηκε ότι οι ίνες του πρόσθιου τμήματός του μπλέκονται με αυτές του έσω πλατέος (VMO) και έτσι υπάρχει συνεργασία αυτών των δύο δομών στην σταθεροποίηση της επιγονατίδας κυρίως έως τις 20-30° κάμψης του γόνατος. Οι πορεία των ινών του είναι οριζόντια. Το φορτίο που επιμερίζεται είναι περίπου 208N και εμφανίζει τη μεγαλύτερη τάση σε κάμψη 0°.

Όσον αφορά τους υπόλοιπους συνδέσμους, ο MPTL εκφύεται από της έσω πλευρά της κνήμης, 15–20 mm κάτω από την αρθρική γραμμή και 15–20mm έσω του επιγονατιδικού τένοντα. Καταφύεται στον κάτω πόλο της επιγονατίδας. Στα μέσα της πορείας του προς την κατάφυση του, οι ίνες του μπλέκονται με αυτές του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας. Είναι πολύ λεπτός και το πλάτος του είναι περίπου 4–6mm, ενώ το μήκος του κυμαίνεται μεταξύ 35–45mm. Οι ίνες του πορεύονται λοξά $20-25^\circ$ ως προς τον επιγονατιδικό τένοντα [5].

Ο MPML εκφύεται από τον έσω μηνίσκο και θύλακο και καταφύεται στον κάτω πόλο της επιγονατίδας. Έχει σχήμα στρογγυλεμένου σχοινιού, με πλάτος 3–5mm και μήκος 20–25mm. Οι ίνες του πορεύονται λοξά και σχηματίζουν μια γωνία $15-30^\circ$ με τον επιγονατιδικό τένοντα [5].

Ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας (Layers I και II κατά Warren και Marshall) αποτελεί μια ταινία ινώδους ιστού (κολλαγόνο, ελαστίνη & ινοβλάστες). Οι ίνες του προέρχονται από την εν τω βάθει περιτονία (layer I: το πρώτο επίπεδο περιτονίας αμέσως μετά από τομή του δέρματος), τον τένοντα του έσω πλατέος και τον τετρακέφαλο μυ. Οι περισσότερες ίνες του προέρχονται από τον έσω πλατύ (VMO) και εισέρχονται στον έσω επικόνδυλο της κνήμης, ανάμεσα από την επιγονατίδα και τον έσω πλάγιο σύνδεσμο

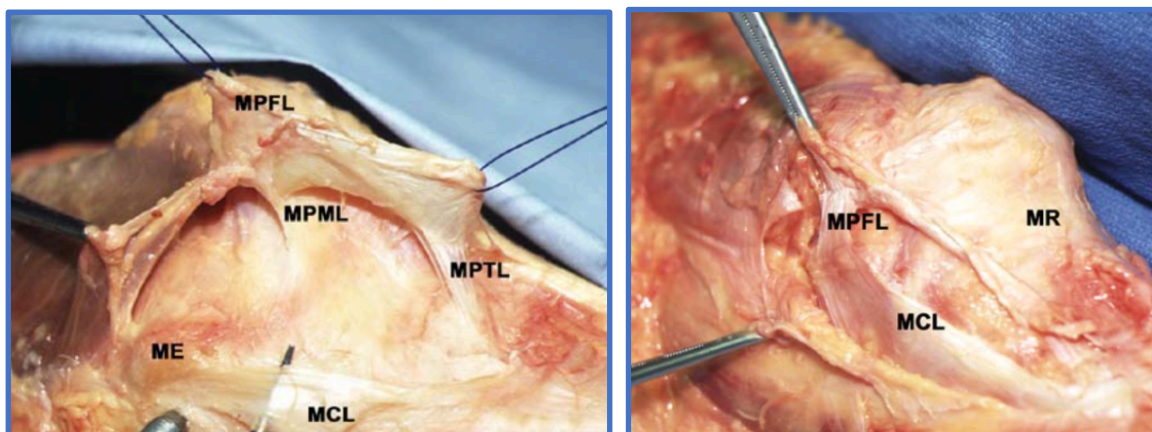
Εικόνα 13. Έκφυση του MPFL στο μηρό (Schottle point)



Schottle point-origins of MPFL on femur:

- Line 1: επέκταση γραμμής οπίσθιου φλοιού μηριαίου οστού.
- Line 2: κάθετη στην line 1, στο σημείο που ο οπίσθιος μηριαίος φλοιός συναντά τον μηριαίο επικόνδυλο.
- Line 3: κάθετη στην line 1, στο πιο οπίσθιο σημείο της γραμμής Blumensaat.

Η έκφυση του MPFL βρίσκεται προσθίως της line 1 και μεταξύ των lines 2-3.



Εικόνα 14. Έσω δομές του γόνατος (Panagiotopoulos et al [5])

(προσθίως αυτού). Οι ίνες του μπλέκονται επίσης με τον επιγονατιδικό τένοντα και τον έσω πλάγιο σύνδεσμο και συναντούν την επιγονατίδα με γωνία 10° - 45° . Ο κύριος ρόλος του είναι ο σχηματισμός της ινώδους κάψας που γεμίζει το κενό μεταξύ επιγονατίδας, επιγονατιδικού τένοντα και έσω πλαγίου συνδέσμου (εικόνα 14) [5].

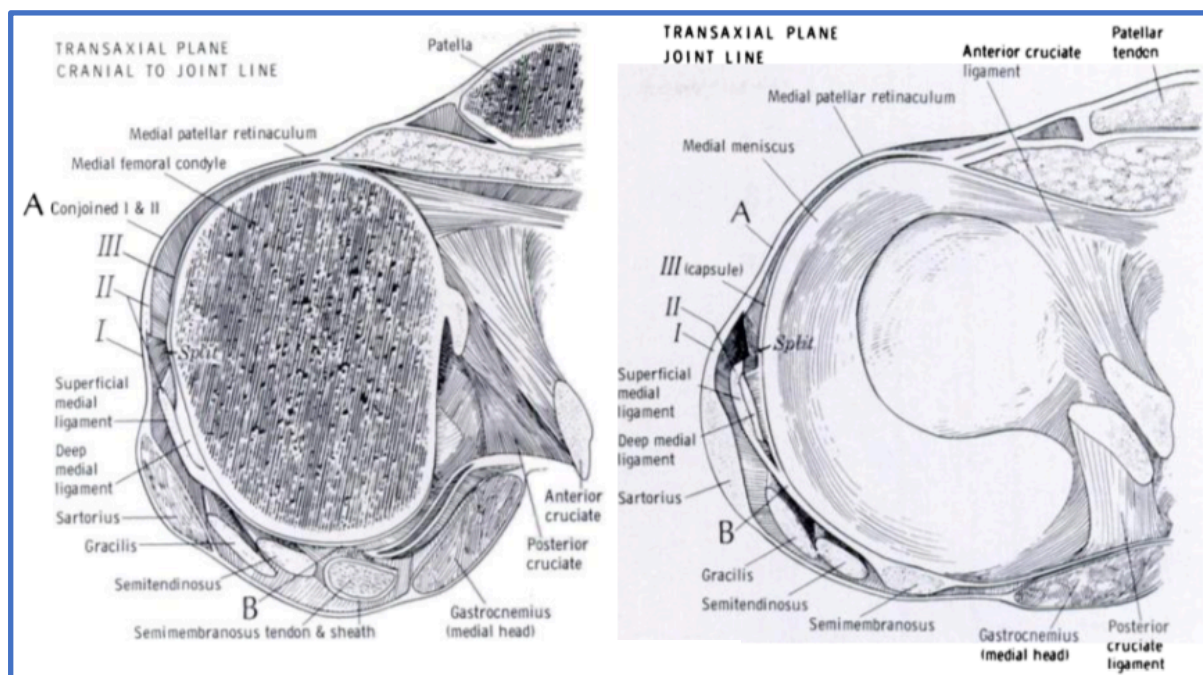
2.3. Στρώματα των έσω δομών της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης (Warren & Marshall):

Το 1979 οι Warren & Marshall [19] ήταν οι πρώτοι που περιέγραψαν με λεπτομέρεια την ανατομία των έσω σταθεροποιητικών δομών της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης, αναγνωρίζοντας ένα μοτίβο 3 στρωμάτων (3 layers pattern-εικόνα 15). Βάση αυτής της ανατομικής μελέτης (154 πτωματικά γόνατα) τα 3 στρώματα της έσω επιφάνειας του γόνατος είναι:

- Στρώμα I: Αποτελεί το πρώτο πεδίο που συναντάμε μετά από την τομή στο δέρμα της έσω επιφάνειας του γόνατος, ανάμεσα από την επιγονατίδα και τον επιγονατιδικό τένοντα προσθίως και την μέση γραμμή του ιγνυακού βόθρου οπισθίως. Το επίπεδό της ορίζεται από της περιτονία του ραπτικού μυός και οπισθίως αποτελεί ένα πολύ λεπτό επικάλυμμα για τις δύο κεφαλές του γαστροκνήμιου μυός και τις δομές του ιγνυακού βόθρου. Προσθίως ενώνεται με τις πρόσθιες ίνες από το στρώμα II, 1-2cm προσθίως της πρόσθιας επιφάνειας του επιπολής έσω πλαγίου συνδέσμου. Το στρώμα I διαχωρίζεται εύκολα από τον υποκείμενο επιπολής έσω πλάγιο σύνδεσμο. Οπισθίως και πιο περιφερικά καλύπτει τους ημιτενοντώδη και ισχνό τένοντα (Βρίσκονται ανάμεσα από τα στρώματα I και II). Προσθίως και περιφερικά το στρώμα I ενώνεται με το περίοστεο της κνήμης, στο σημείο που οι ίνες του ραπτικού μυός εισέρχονται σε αυτή.
- Στρώμα II: Ορίζεται από τις παράλληλες ίνες του επιπολής έσω πλαγίου συνδέσμου. Οπισθίως του πρόσθιου άκρου του τένοντα οι ίνες που ενώνουν το μηρό με την κνήμη γίνονται πιο λοξές. Συνεπώς προσθίως το στρώμα II αποτελείται από παράλληλα κατακόρυφα πορευόμενες ίνες, ενώ οπισθίως αυτές έχουν μια πιο λοξή πορεία. Στην οπίσθια έσω γωνία του γόνατος οι ίνες του στρώματος II ενώνονται με αυτές του στρώματος III και το τενόντιο έλυτρο του ημιμεμβρανώδους μυός. Σε αυτό το σημείο σχηματίζεται ένας χώρος στην οπίσθια έσω γωνία του γόνατος (posteromedial capsule-pouch). Ίνες από το έλυτρο του ημιμεμβρανώδους μυός πορεύονται άνω και κάτω στο στρώμα II και ένα τμήμα τους σχηματίζει τον λοξό ιγνυακό σύνδεσμο. Ένα άλλο τμήμα των ινών του ελύτρου του ημιμεμβρανώδους μυός πορεύονται περιφερικά και ενώνονται με τις ίνες του επιπολής έσω πλαγίου συνδέσμου. Προσθίως των ινών του επιπολής έσω πλαγίου συνδέσμου, το

στρώμα II ποικίλει. Στο πρόσθιο όριο του πλαγίου συνδέσμου οι ίνες του στρώματος II διαχωρίζονται κατακόρυφα. Οι ίνες προσθίως του διαχωρισμού πορεύονται κεφαλικά στον έσω πλατύ μυ και ενώνονται με τις ίνες του στρώματος I σχηματίζοντας τις παραεπιγονατιδικές καθεκτικές ίνες, ενώ οι ίνες οπισθίως του διαχωρισμού σχηματίζουν τον επιπολής έσω πλάγιο σύνδεσμο και πορεύονται κεφαλικά προς τον μηριαίο κόνδυλο. Από το σημείο της κατάφυσης του τένοντα, εγκάρσιες ίνες πορεύονται προς την επιγονατίδα σχηματίζοντας τον έσω επιγονατιδομηριαίο σύνδεσμο (MPFL), ο οποίος πορεύεται εν τω βάθει του έσω πλατέος μυός. Τα πιο κεντρικά και περιφερικά τμήματα του στρώματος II αποτελούν την μηριαία και κνημιαία πρόσφυση του επιπολής έσω πλαγίου τένοντα.

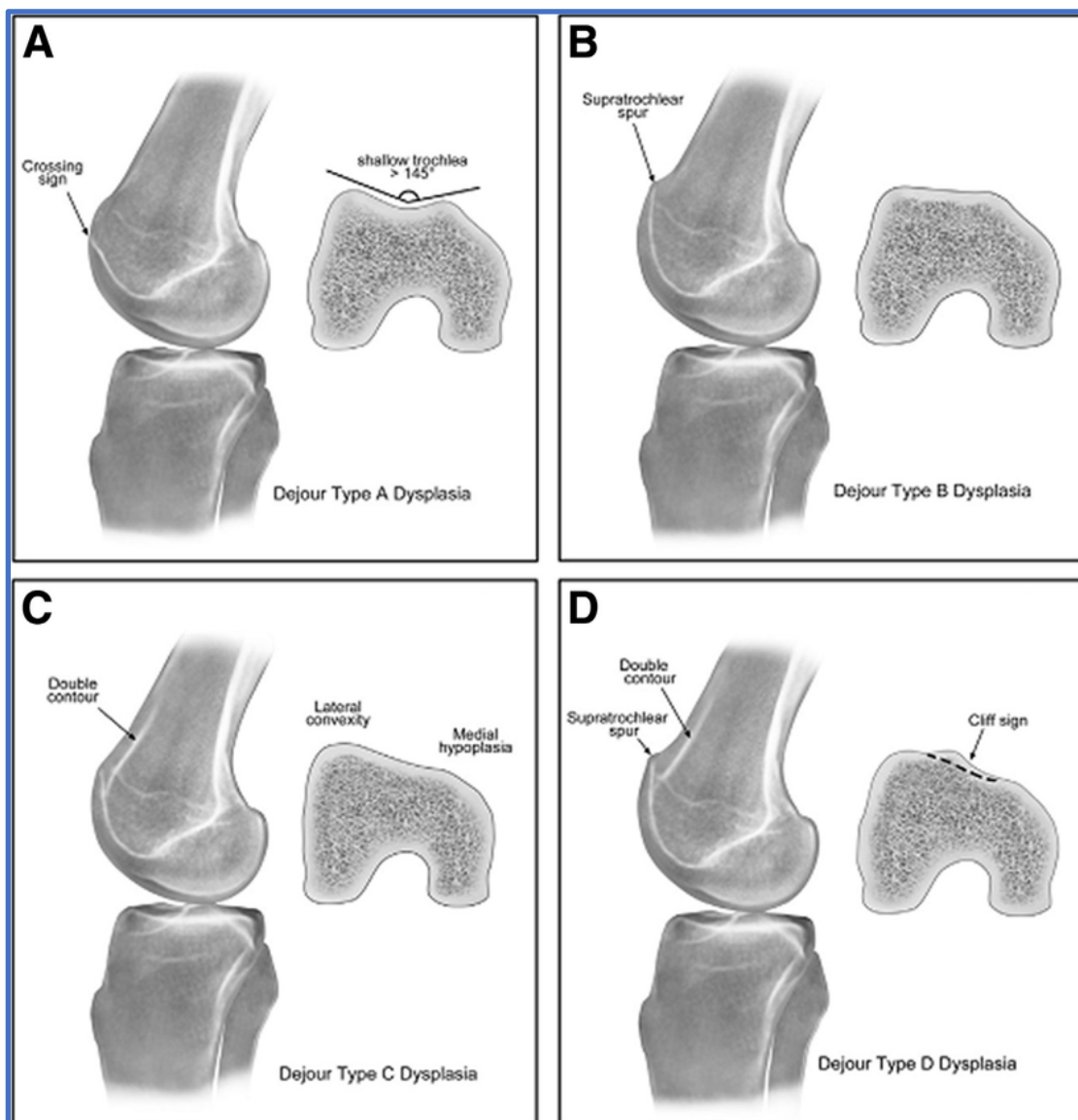
- Στρώμα III: Αποτελεί τον αρθρικό θύλακο του γόνατος. Το πρόσθιο τμήμα του θυλάκου είναι πολύ λεπτό και μπορεί εύκολα να διαπεραστεί από το φως. Από εμβιομηχανικές μελέτες δεν φαίνεται να παίζει σημαντικό σταθεροποιητικό ρόλο. Απεναντίας το τμήμα του στρώματος III κάτω από τον επιπολής έσω πλάγιο σύνδεσμο, είναι πιο πεπαχυσμένο και σχηματίζει μια κατακόρυφα πορευόμενη ισχυρή ταινία ινών, τον εν τω βάθει έσω πλάγιο σύνδεσμο του γόνατος, ο οποίος εκτείνεται από το μηριαίο οστό στη μεσότητα της περιφέρειας του έσω μηνίσκου και της κνήμης. Το υπόλοιπο κομμάτι του στρώματος III ακολουθεί το μοτίβο της αρθρικής κοιλότητας εκτεινόμενο κεντρικά στο άνω όριο του υπερεπιγονατιδικού χώρου και περιφερικά στον μηνισκοκνημιαίο σύνδεσμο.



Εικόνα 15. 3 στρώματα των έσω δομών του γόνατος (3 layers pattern, Warren and Marshall [19])

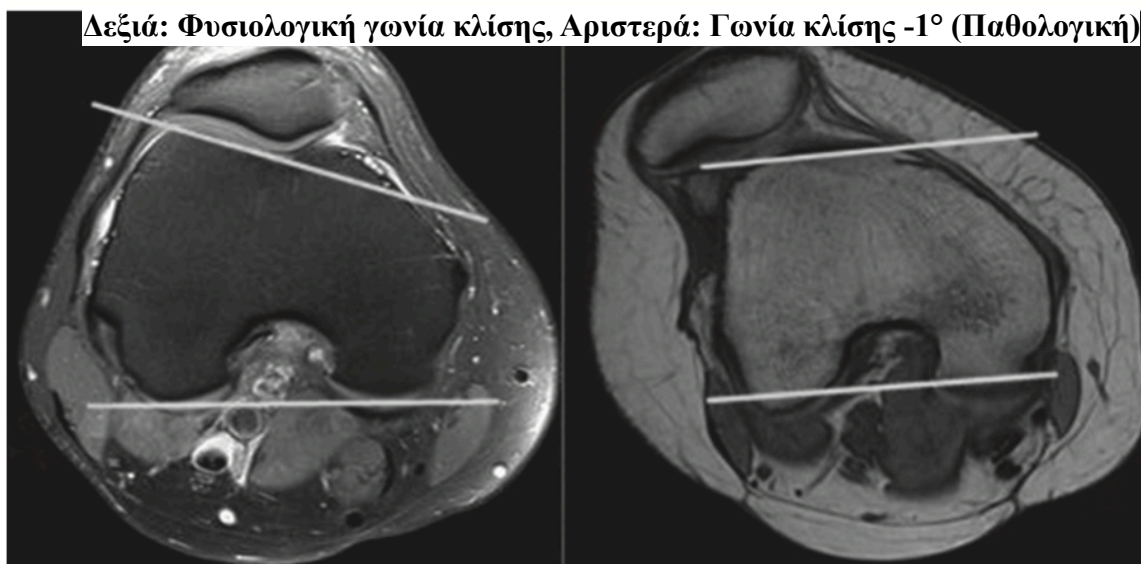
2.4. Στατικοί και ενεργητικοί παράγοντες σταθερότητας:

- Δυσπλασία της τροχιλίας (εικόνα 16): Ορίζεται ως ρηχή, επίπεδη ή ακόμα και κυρτή τροχιλία, με αποτέλεσμα την έλλειψη σταθερής οστικής επαφής με την επιγονατίδα. Η δυσπλαστική τροχιλία θεωρείται ο πιο σημαντικός παράγοντας αστάθειας της επιγονατίδας, όσον αφορά τους στατικούς παράγοντες σταθερότητας και ο επιπολασμός της είναι περί το 35-95% σε ασθενείς με αστάθεια επιγονατίδας, συγκρινόμενος με το 3-4% σε ασυμπτωματικούς ασθενείς. Εμφανίζεται κυρίως στο εγγύς τμήμα της τροχιλίας, ενώ η πρώτη κατηγοριοποίηση έγινε από τον Dejour [27, 28], βασισμένη στην ακτινολογική εικόνα. Βάση αυτής η δυσπλασία της τροχιλίας κατατάσσεται σε 4 ήδη (Grade A, B, C, D). Άλλες κατηγοριοποιήσεις έγιναν από τους Howell et al [29], βασισμένη σε MRI εικόνες, διακρίνοντας 4 ήδη (χωρίς δυσπλασία, ρηχή αλλά κοίλη τροχιλία, επίπεδη τροχιλία, κυρτή τροχιλία), καθώς και από τους Steensen et al [30]. Επίσης ασθενείς με δυσπλαστική τροχιλία και υψηλή επιγονατίδα εμφάνισαν αυξημένα ποσοστά επιγονατιδομηριαίας αρθρίτιδας.



Εικόνα 16. Δυσπλασία τροχιλίας κατά Dejour

- Η προς τα έξω γωνία κλίσης της τροχιλίας (lateral trochlear inclination angle-εικόνα 17) [31]: Είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου του υποχόνδριου οστού του έξω τροχλιακού facet και μίας εφαπτομένης γραμμής διά των οπισθίων μηριαίων κονδύλων. Μία γωνία $<11^\circ$ θεωρείται ενδεικτική τροχλιακής δυσπλασίας.



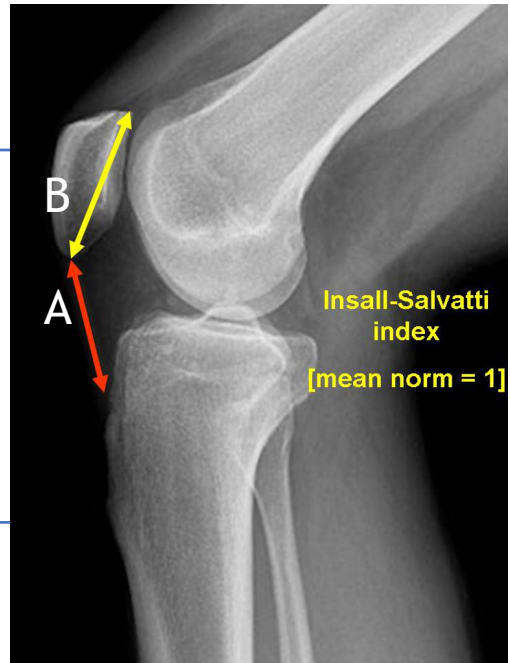
Εικόνα 17. Έξω γωνία κλίσης της τροχιλίας

- Ασυμμετρία τροχιλίας [31]: Αποτελεί μία σχετικά καινούρια μέτρηση και ορίζεται ως η αναλογία μεταξύ του εύρους του έσω τροχλιακού facet προς το εύρος του έξω, μετρούμενα στο αξονικό επίπεδο. Μία αναλογία <0.4 θεωρείται ενδεικτική τροχλιακής δυσπλασίας.
- Το βάθος της τροχιλίας [31] αποτελεί μία ακόμα μέτρηση (Σε πλάγια ακτινογραφία), και μία μέτρηση $<3\text{mm}$ θεωρείται παθολογική.
- Η γωνία sulcus [31] ορίζεται ως η γωνία μεταξύ της διασταύρωσης των γραμμών που περνούν από τα έσω και έξω τροχλιακά facet στο εγκάρσιο επίπεδο (σε απλή ακτινογραφία). Μέση τιμή: $138^\circ \pm 6^\circ$, ενώ τιμές $>145^\circ$ θεωρούνται παθολογικές. Μειώνεται από κεντρικά προς περιφερικά και διαφέρει μεταξύ χόνδρου και οστού.
- Υψηλή θέση επιγονατίδας (Patella alta) [31]: Αποτελεί τον 2ο πιο σημαντικό εμβιομηχανικό στατικό παράγοντα αστάθειας, καθώς μία επιγονατίδα τοποθετημένη υψηλότερα μέσα στην τροχιλία (κεφαλικά), έχει μικρότερη επαφή με το κοίλο της τροχιλίας. Κατά την κάμψη του γόνατος υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση έως ότου η επιγονατίδα αρχίσει να έρχεται σε οστική επαφή με την τροχιλία. Κατά το χρονικό διάστημα αυτό, δυνάμεις παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω, είναι εύκολο να την

παρεκτοπίσουν. Ασθενείς με Insall-Salvati Ratio (ISR) >1.2 (εικόνα 18), είχαν αυξημένα ποσοστά παρεκτόπισης της επιγονατίδας [32].

Εικόνα 18. Insall-Salvati ratio

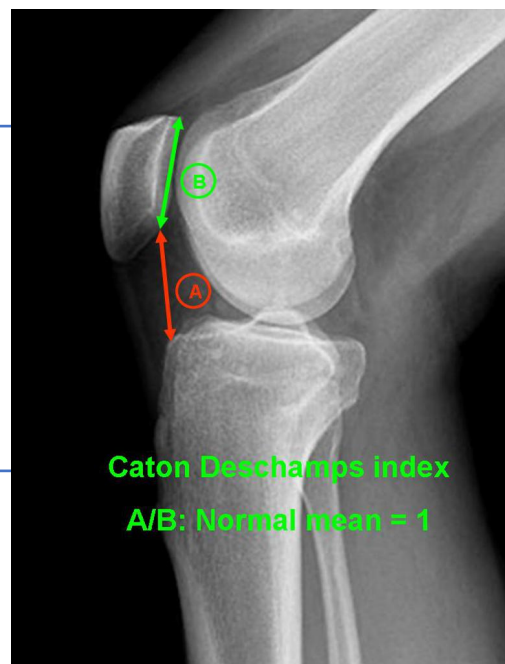
1. Μήκος επιγονατιδικού τένοντα [A]: Απόσταση (οπίσθια επιφάνεια του τένοντα) από τον κάτω πόλο της επιγονατίδας έως την κατάφυση του στην κνήμη.
 2. Μήκος επιγονατίδας [B]: Μέγιστη απόσταση από πόλο σε πόλο.
- ◆ Insall-Salvati ratio = A/B (30° κάμψη)
 - ◆ Φυσιολογικές τιμές: 0.8-1.2:
 - patella baja: <0.8
 - patella alta: >1.2 (perhaps >1.5)



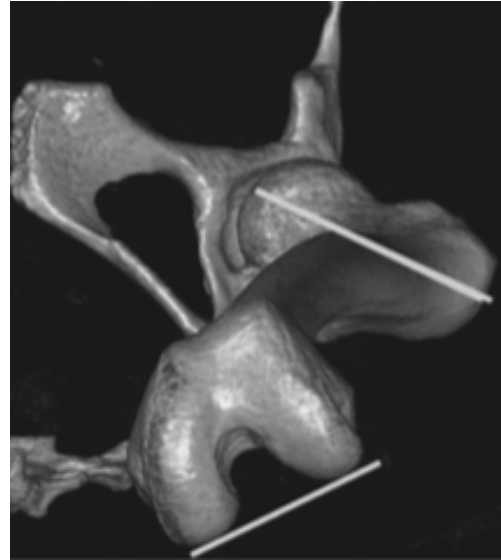
- ◆ Ένας άλλος τρόπος εκτίμησης του ύψους της επιγονατίδας είναι το Caton-Deschamps index (εικόνα 19) [33]. Η μέτρηση γίνεται σε μία πλάγια ακτινογραφία ή σε οβελιαίες τομές CT ή MRI. Για τη μέτρηση το γόνατο πρέπει να είναι σε κάμψη 20°-80° (προτιμώμενη γωνία 30°). Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε παιδιατρικούς ασθενείς με κάποιες διορθώσεις ως προς την ηλικία, διότι η οστεοποίηση της επιγονατίδας ξεκινάει από το εγγύς κομμάτι της.

Εικόνα 19. Caton-Deschamps index

1. Απόσταση A: Απόσταση από τον κάτω πόλο της επιγονατίδας έως το άνω όριο της κνήμης.
 2. Απόσταση B: Αρθρική επιφάνεια της επιγονατίδας.
- ◆ Caton-Deschamps index = A/B
 - ◆ Φυσιολογικές τιμές: 0.6-1.3:
 - patella baja: <0.6
 - patella alta: >1.3 (perhaps >1.5)

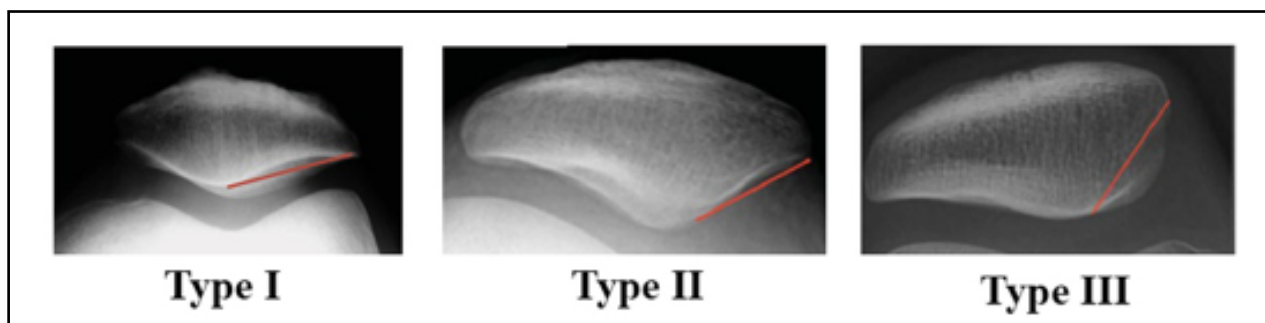


- Ο επιγονατιδο-τροχιλιακός δείκτης (κατά Biedert και Albrecht [34]) αποτελεί τη μοναδική μέτρηση αντιπροσωπευτική της πραγματικής παθολογοανατομίας του προβλήματος, περιγράφοντας τη θέση της αρθρικής επιφάνειας της επιγονατίδας σε σχέση με τον αρθρικό χόνδρο της τροχιλίας (με τη χρήση MRI). Αν η επικάλυψη είναι $<12.5\%$, με το γόνατο στις 0° κάμψη, είναι ενδεικτική υψηλής επιγονατίδας (patella alta).
- Αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού (εικόνα 20) [31]: Αυτή η ανατομική παραλλαγή έχει σαν αποτέλεσμα την έσω στροφή του μηριαίου περιφερικά, προκαλώντας αυξημένες δυνάμεις παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω από τους παρακείμενους ιστούς, οδηγώντας σε αυξημένα ποσοστά αστάθειας της επιγονατίδας, άλγους στο πρόσθιο τμήμα του γόνατος (anterior knee pain) και αυξημένα ποσοστά φθοράς του χόνδρου της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης, άρα και αρθρίτιδας με την πάροδο του χρόνου. Ο Staheli [35] αναφέρει ότι το anteversion του μηριαίου οστού μειώνεται από την παιδική ηλικία στην μετάβαση στην ενήλικη ζωή. Ο υπολογισμός του γίνεται με τη βοήθεια CT ή MRI και ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του άξονα των μηριαίων κονδύλων (γραμμή παράλληλη στις οπίσθιες επιφάνειες των κονδύλων) και του άξονα της κεφαλής του μηριαίου οστού (24° , SD 17°).
- Σε αρκετές περιπτώσεις αυτή η ανατομική παραλλαγή συνδυάζεται με αυξημένη έξω στροφή της κνήμης, πράγμα το οποίο οδηγεί σε ακόμα μεγαλύτερες δυνάμεις παρεκτόπισης στην επιγονατίδα (Miserable Malalignment Syndrome) [36, 37].
- Το σχήμα της επιγονατίδας (εικόνα 21) ίσως παίζει κάποιο ρόλο στην σταθερότητά της, αλλά αυτό δεν έχει επιβεβαιωθεί απολύτως βιβλιογραφικά. Πάντως ασθενείς με επιγονατίδα τύπου Wiberg C, έχουν και αυξημένα ποσοστά δυσπλαστικής τροχιλίας [31].



Εικόνα 20. Anteversion μηριαίου οστού

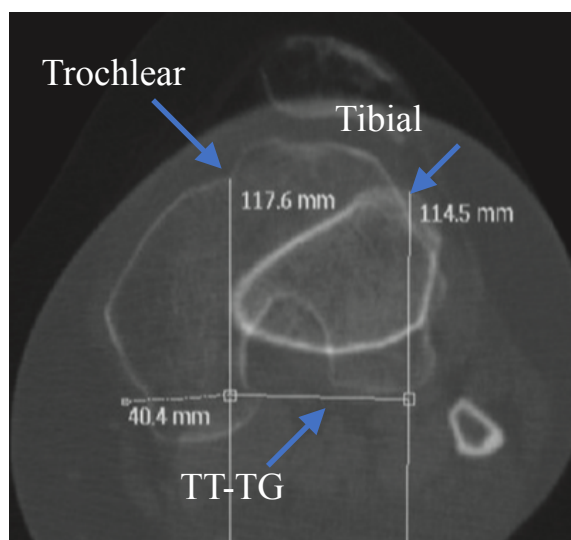
Εικόνα 21. Wiberg classification



Η κατηγοριοποίηση του σχήματος της επιγονατίδας κατά Wiberg βασίζεται κυρίως στην ασυμμετρία μεταξύ των έσω και έξω facet αυτής σε αξονικές προβολές της.

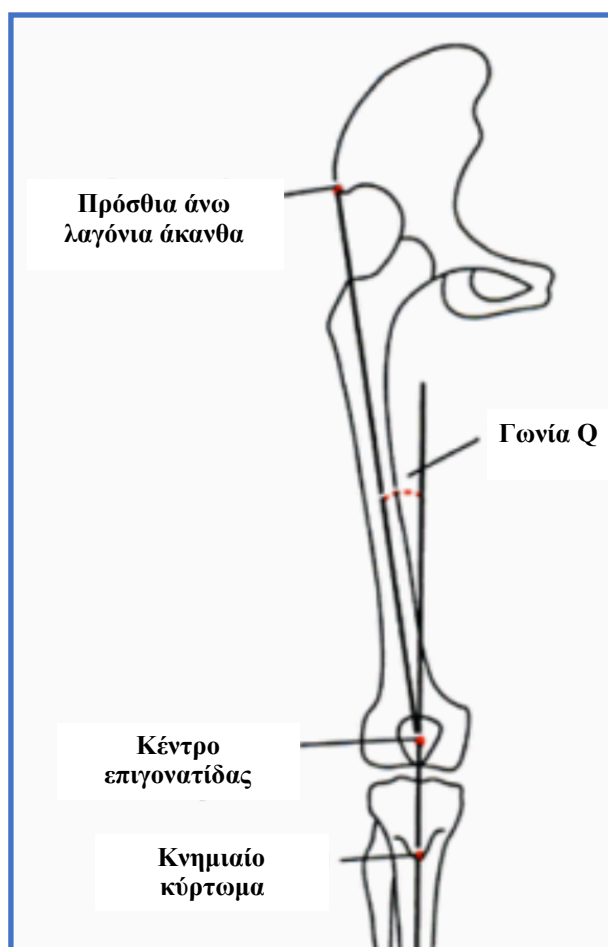
- Type A: Τα facets είναι κοίλα, συμμετρικά και ίσων μεγεθών.
- Type B: Το έσω facet είναι μικρότερο από το έξω και επίπεδο ή ελάχιστα κυρτό. Το έξω facet είναι κοίλο,
- Type C: Το κυρτό έσω facet είναι σημαντικά μικρότερο από το κοίλο έξω facet. και η γωνία μεταξύ έσω και έξω facets είναι σχεδόν 90°.

- Απόσταση κνημιαίου κυρτώματος-τροχιλίας (TT-TG distance) (Goutallier) [38]: Υπολογίζεται μέσω CT ή MRI σε αξονικές λήψεις, χρησιμοποιώντας αλληλοεπικαλυπτόμενες τομές μεταξύ του ανώτερου σημείου του κνημιαίου κυρτώματος και της εγγύς τροχιλίας (βαθύτερο σημείο, χρησιμοποιώντας χόνδρινα σημεία για οδηγό-εικόνα 22). Λόγω της δυσκολίας να οριστούν επακριβώς τα σημεία μετρήσεων, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ακριβώς πώς έγινε η μέτρηση όταν μελετάμε διαφορετικές μετρήσεις από διαφορετικούς μελετητές. Παθολογική TT-TG απόσταση ανευρίσκεται συνήθως σε ασθενείς με κνημιαίο κύρτωμα σε θέση πιο έξω από το κανονικό (lateralization of tibial tubercle), τροχιλιακή εντομή με θέση πιο έσω από το κανονικό (medialization of trochlear groove) και αυξημένη έξω στροφή της κνήμης. Τιμές TT-TG distance >20mm θεωρούνται παθολογικές.



Εικόνα 22. Απόσταση TT-TG

- Κλίση της επιγονατίδας (Patellar tilt): Μετράται με τον τετρακέφαλο σε σύσπαση και μη, σε CT ή MRI. Ορίζεται ως η γωνία από τον εγκάρσιο άξονα της επιγονατίδας και μία εφαπτόμενη γραμμή στην οπίσθια επιφάνεια των μηριαίων κονδύλων. Επηρεάζεται από το σχήμα της επιγονατίδας και της τροχιλίας, την χαλάρωση ή μη των έσω και έξω δομών της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης, αλλά ο κύριος παράγοντας επιρροής είναι η δυσπλασία της τροχιλίας. Γωνίες $>20^\circ$ θεωρούνται παθολογικές [3].
- Γωνία Q (Q-angle) [3]: Ορίζεται ως η γωνία μεταξύ της γραμμής από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα προς το κέντρο της επιγονατίδας και αυτής από το κέντρο της επιγονατίδας προς το κνημιαίο κύρτωμα (εικόνα 23). Είναι συνήθως μεγαλύτερη στα θήλεα (15° - 20°) σε σχέση με τους άρρενες (8° - 15°), το οποίο εξηγεί τον λόγο για τον οποίο η επιγονατιδομηριαία αστάθεια είναι πιο συνήθης στα θήλεα. Μεγαλύτερες γωνίες Q αναμένονται επίσης σε ασθενείς με αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού ή αυξημένη έξω στροφή της κνήμης. Μία μεγάλη γωνία Q προκαλεί πιο μεγάλη δύναμη παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω, κυρίως κατά την έκταση, καθώς η κνήμη στρέφεται προς τα έξω σε αυτή τη θέση και η επιγονατίδα βρίσκεται ελεύθερη, χωρίς περιορισμό από την τροχλιακή εντομή και την σταθεροποιητική δύναμη του τετρακέφαλου μύος (ενεργητικός παράγοντας σταθερότητας).



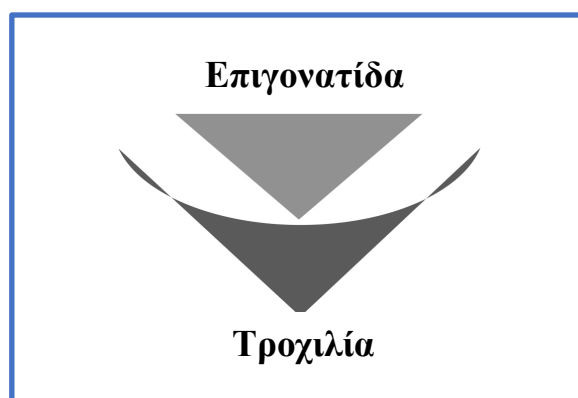
Εικόνα 23. Γωνία Q

3.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΟΜΗΡΙΑΙΑΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ [39]

Η επιγονατίδα αποτελεί ένα σησαμοειδές οστόν, το οποίο στη κάτω οπίσθια επιφάνεια φέρει δύο αρθρικές επιφάνειες (facets), την έσω και έξω (medial & lateral facets) σε σχήμα V, που εφαρμόζει στην υποκείμενη τροχιακή εντομή. Η τροχιακή εντομή του μηριαίου οστού έχει σχήμα V, σχηματιζόμενο από τα δύο τροχιακά facets (έσω και έξω) και εξυπηρετεί στο να υποδέχεται την επιγονατίδα κατά την κίνηση του γόνατος. Η γωνία μεταξύ των δύο τροχιακών facets ονομάζεται sulcus angle και κυμαίνεται περί τις $138^{\circ} \pm 6^{\circ}$ ($<145^{\circ}$), κοιτάζοντας το γόνατο από κεφαλικά προς περιφερικά, σε μικρή κάμψη. Μια βαθιά τροχιακή εντομή (deep sulcus) σε συνδυασμό με ένα υψηλό έξω facet της τροχίας εξασφαλίζει σωστή τοποθέτηση της επιγονατίδας μέσα στην τροχιακή εντομή κατά την κάμψη του γόνατος (normal patellar tracking).

Στην έκταση η επιγονατίδα συγκρατείται μέσα στην εντομή με τη συμβολή των πέριξ μαλακών μορίων, με κύριο εκπρόσωπο τον MPFL. Στις 10° κάμψης η επιγονατίδα έρχεται σε άμεση επαφή με την τροχία επί τα εκτός του μηριαίου οστού. Στη συνέχεια και μετά τις 20° - 30° κάμψης του γόνατος, οι κύριοι σταθεροποιητές της επιγονατίδας μέσα στην τροχιακή εντομή είναι τα ίδια τα οστά, μειώνοντας στο ελάχιστο τη συμβολή των μαλακών μορίων ως παραγόντων σταθεροποίησης της επιγονατίδας.

Συνεπώς ανατομικές παθολογίες όπως η τροχιακή δυσπλασία, η υψηλή επιγονατίδα, υψηλή TT-TG απόσταση, όπως επίσης στροφικές παραμορφώσεις της κνήμης και του μηρού (αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού ή/και αυξημένη έξω στροφή της κνήμης), καθώς επίσης αυξημένη τάση των έξω μαλακών μορίων του γόνατος ή/και χαλαρότητα των έσω δομών, προκαλούν μια ανισορροπία κατά τη διάρκεια της κίνησης του γόνατος με αποτέλεσμα να ασκούνται αυξημένες δυνάμεις προς τα έξω στην επιγονατίδα και μειωμένη οστική επαφή μεταξύ επιγονατίδας και τροχιακής εντομής κατά την κάμψη. Το τελικό αποτέλεσμα είναι αστάθεια της επιγονατίδας ως προς το μηριαίο οστό και εξάρθρημα αυτής προς τα έξω.



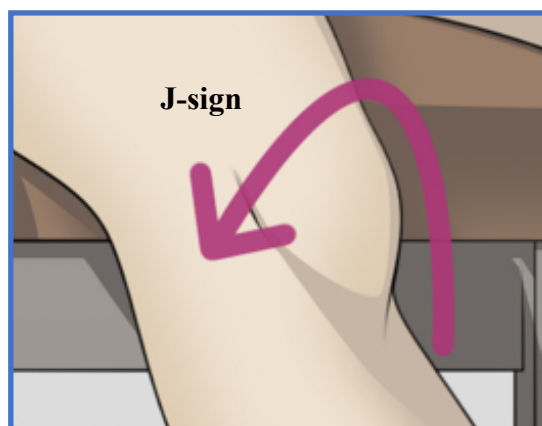
4. ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΟΜΗΡΙΑΙΑΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ [40]

Συνήθως σε ασθενείς που πάσχουν από εξάρθρημα επιγονατίδας προηγούνται χρόνια συμπτώματα όπως άλγος (κυρίως στο πρόσθιο τμήμα του γόνατος), η αίσθηση της αστάθειας του γόνατος (giving way) και σε περιπτώσεις αθλητών παρατηρείται χαμηλή αυτοπεποίθηση και μειωμένες επιδόσεις.

Η κλινική εξέταση περιλαμβάνει τη λήψη πλήρους ιστορικού με επικέντρωση σε διαφορές επιπλοκές κατά τη γέννηση, την ύπαρξη διαφόρων συνδρόμων ή δυσπλασιών, την περιγραφή του τραυματισμού (ο ασθενής περιγράφει ένα ήχο κατά τη διάρκεια του τραυματισμού), την ύπαρξη ή όχι αίσθησης αστάθειας, και την ύπαρξη στροφικής δύναμης κατά τη διάρκεια του τραυματισμού (κάκωση χιαστών συνδέσμων). Το φύλο παίζει βασικό ρόλο, καθώς τα θήλεα είναι πιο επιρρεπή σε αστάθεια της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης. Η εξέταση του μυοσκελετικού συστήματος πρέπει να είναι διεξοδική, επικεντρώνοντας στην ύπαρξη υπερκινησίας, υπερελαστικότητας των αρθρώσεων, την ανεύρεση στροφικών ή άλλων παραμορφώσεων που αφορούν το ισχίο-μηριαίο οστό ή την κνήμη (κυρίως την άνω επιφάνειά της).

Η άρθρωση του γόνατος πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά:

- **Επισκόπηση:** Παρατηρούμε για ερυθρότητα και οίδημα (ενδεικτικά φλεγμονής), εκροή υγρού, οίδημα και τάση (ενδεικτικό ύπαρξης υγρού στην αρθρική κοιλότητα), παραμορφώσεις του γόνατος (ραιβό, βλαισό γόνατο, recurvatum), παραμορφώσεις του άκρου (στροφικές και στο στεφανιαίο επίπεδο), και κυρίως τη θέση της επιγονατίδας (patella alta-baja, παρεκτοπισμένη επιγονατίδα προς τα έσω-έξω, patellar tilt). Βασικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι η συμμετρία και ευθυγραμμία του άκρου, ο τετρακέφαλος μυς και κυρίως ο έσω πλατύς μυς (VMO), η γωνία Q και η ύπαρξη J-sign (Γόνατο σε 45° κάμψη και ζητούμε από τον ασθενή να τεντώσει το γόνατο. Αν η επιγονατίδα κινηθεί προς τα έξω δίνοντας την εντύπωση του αγγλικού γράμματος J, τότε το σημείο είναι θετικό και φανερώνει αστάθεια της επιγονατίδας προς τα έξω-εικόνα 24).

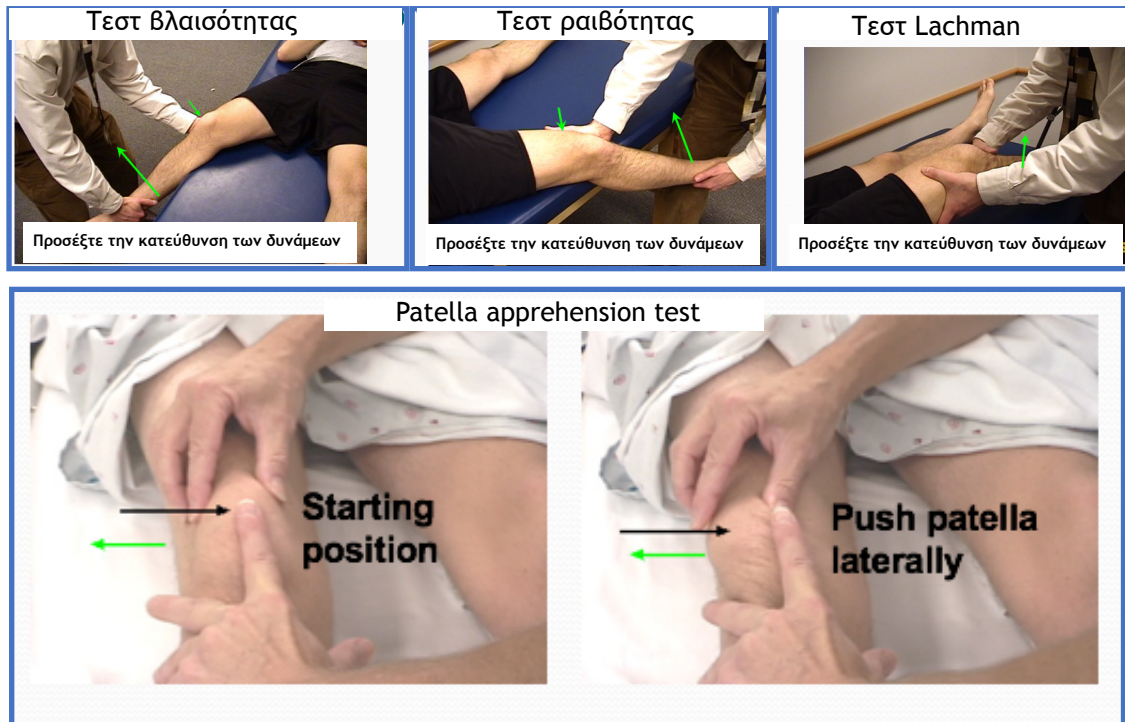


Εικόνα 24. Σημείο J

- Ψηλάφηση: Ανεύρεση άλγους, θερμότητας, παραμορφώσεων, ύπαρξη αυξημένης ποσότητας ενδαρθρικού υγρού. Οίδημα και άλγος των έσω δομών είναι ενδεικτικά πρόσφατου εξαρθήματος της επιγονατίδας [41].
- Παθητική-Ενεργητική κίνηση-Βάδιση: Πάντα βάζουμε τον ασθενή να βαδίζει (ανεύρεση παραμορφώσεων όπως βλαισό-ραιβό γόνατο, χωλότητα, αδυναμία βάδισης). Επίσης παρατηρούμε το εύρος παθητικής και ενεργητικής κάμψης (ROM) του γονάτου και ολόκληρου του σκέλους (ακόμα και το ισχίο και τη σπονδυλική στήλη), καθώς πολλές παθολογίες του ισχίου και της σπονδυλικής στήλης αντανακλούν με άλγος στην περιοχή του γονάτου (πχ κήλη μεσοσπονδύλιου δίσκου, αρθρίτιδα ισχίου).
- Κλινικές δοκιμασίες: Ένας πλήρης έλεγχος του γόνατος συμπεριλαμβάνει την εκτίμηση της ακεραιότητας των συνδέσμων του, κυρίως των χιαστών (Τεστ πρόσθιου συρταριού, Lachman test και το Pivot shift test για τον πρόσθιο χιαστό και τεστ οπίσθιου συρταριού για τον οπίσθιο χιαστό), αλλά και των έσω και έξω πλαγίων συνδέσμων (τεστ ραιβότητας για τον έξω πλάγιο σύνδεσμο και τεστ βλαισότητας για τον έσω πλάγιο σύνδεσμο), καθώς και εκτίμηση των μηνίσκων (McMurray test, Thesally test) (εικόνα 25a).
- Για την επιγονατίδα [41, 42] το apprehension test (εκτελείται σε 30° κάμψη) αποτελεί έναν καλό δείκτη (εικόνα 25a), αλλά πιο αξιόπιστο τεστ είναι το moving patellar apprehension test των Ahmad et al. [43], με υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα. Η εξέταση ξεκινάει με το γόνατο σε πλήρη έκταση και ο εξεταστής μετακινεί με τον αντίχειρά του την επιγονατίδα προς τα έξω. Στη συνέχεια το γόνατο κάμπτεται στις 90° και επαναφέρεται ξανά στην έκταση, ενώ η δύναμη παρεκτόπισης από τον αντίχειρα διατηρείται. Στο δεύτερο σκέλος του τεστ επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία αλλά αυτή τη φορά η επιγονατίδα παρεκτοπίζεται προς τα έσω. Το τεστ θεωρείται θετικό όταν ο ασθενής προφορικά αναφέρει στο πρώτο τμήμα του τεστ ότι ένιωσε αίσθημα αστάθειας της επιγονατίδας και μερικές φορές ενεργοποιηθεί ο τετρακέφαλος ως αντίδραση σε αυτό. Στο δεύτερο τμήμα του τεστ, ο ασθενής δεν πρέπει να νιώσει αίσθημα αστάθειας.

Ασθενείς με πρώτο επεισόδιο εξαρθήματος επιγονατίδας εμφανίζουν έντονο οίδημα και άλγος. Αυτό δε συμβαίνει πάντα σε καθέξιν εξαρθήματα. [31]

Διάφορα εργαλεία εκτίμησης της αστάθειας της επιγονατίδας έχουν περιγραφεί στη βιβλιογραφία και προσφέρουν κάποια βοήθεια στην εκτίμηση αυτών των ασθενών (πχ το Norwich score-εικόνα 25b και το Banff patella instability instrument). [44, 45]



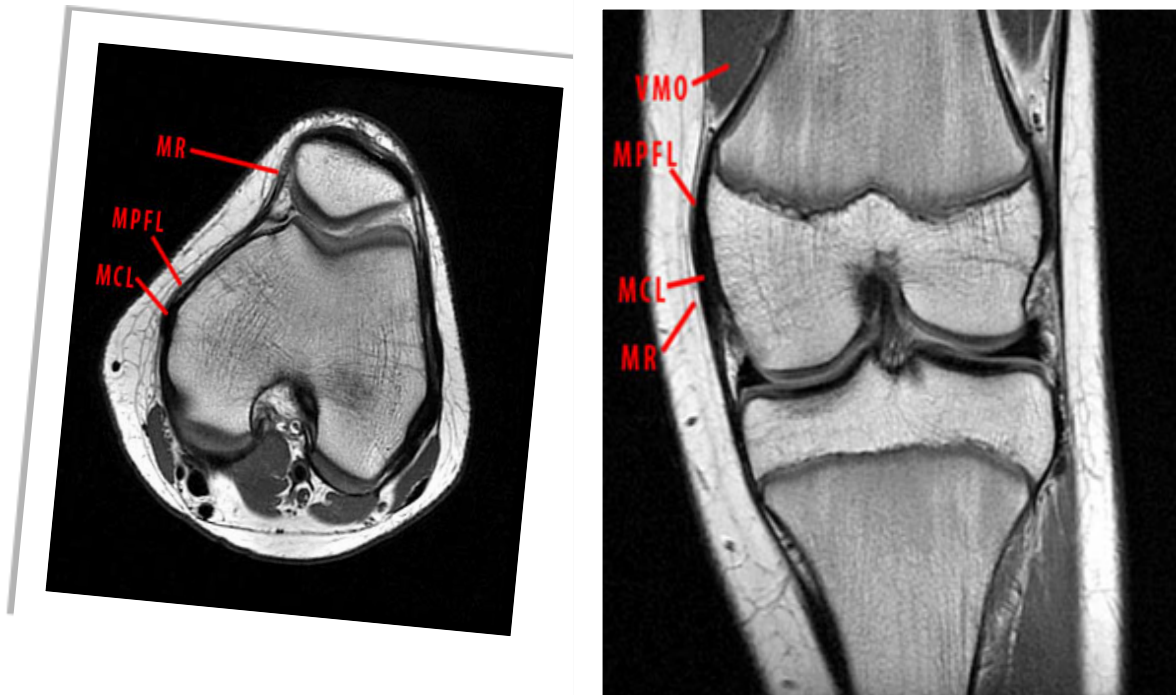
Εικόνα 25a. Κλινική εξέταση του γόνατος (Τεστ βλαισότητας-ραιβότητας, Lachman test, patellar apprehension test)

#	Question	Always	Often	Sometimes	Rarely	Never	Do Not Do
1.	Twisting/changing direction during sports/games						
2.	Changing direction when running						
3.	Running in a straight line on <i>uneven</i> surfaces						
4.	Walking on slippery, wet or icy surfaces						
5.	Running sideways						
6.	Hopping						
7.	Jumping						
8.	Running in a straight line on <i>even</i> surfaces						
9.	Going down stairs						
10.	Squatting						
11.	Kneeling						
12.	Walking in a straight line on <i>uneven</i> surfaces						
13.	Climbing stairs						
14.	Stepping onto or over a high step						
15.	Crossing your legs when sitting						
16.	Walking in a straight line on <i>even</i> surfaces						
17.	Getting into or out of a car						
18.	Turning a heavy trolley round a supermarket aisle						
19.	Turning to look over your shoulder						

Εικόνα 25b. Norwich score-Above is a list of activities which may cause your knee cap to feel like it will “pop out” of joint or feel unstable.

5. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

- Απλή προσθιοπίσθια (ή οπισθιοπρόσθια σε 45°-Rosenberg) ακτινογραφία σε όρθια θέση: Βοηθάει στην εκτίμηση την ευθυγραμμίας του άκρου (εύρεση ραιβότητας, βλαισότητας), καθώς επίσης στην διάγνωση αρθρίτιδας του γόνατος. Αν η ποιότητα της ακτινογραφίας είναι καλή, βοηθάει στην ανεύρεση ελεύθερων σωμάτων ή αποσπαστικών καταγμάτων από την έσω επιφάνεια της επιγονατίδας [41, 46].
- Απλή πλάγια ακτινογραφία σε 30° κάμψη: Βοηθάει στην ανεύρεση υψηλής θέσης της επιγονατίδας (patella alta), στην ανεύρεση παθολογικής κλίσης της επιγονατίδας (patellar tilt), στην ανεύρεση υπεξάρθρηματος του γόνατος και ύπαρξης αρθρίτιδας. Επίσης είναι πολύ χρήσιμη στην εκτίμηση δυσπλασίας της τροχιλίας κατά Dejour (εικόνα 27) [41, 42].
- Λήψη Merchant (Merchant view)-Αξονικές λήψεις: Με τον ασθενή σε ύπτια θέση στο ακτινοσκοπικό τραπέζι και το γόνατο σε κάμψη 45° γίνεται λήψη ακτινογραφίας με κατεύθυνση της δέσμης από άνω προς τα κάτω ως προς το γόνατο. Χρησιμοποιείται για να αναδείξει δυσπλασία της τροχιλίας (δεν θεωρείται πολύ αξιόπιστη λήψη για αυτό το σκοπό [31]), υπεξάρθρημα της επιγονατίδας, παθολογική κλίση της επιγονατίδας (patellar tilt) και κυρίως εκφυλιστικές-αρθριτικές αλλοιώσεις της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης. Βοηθάει επίσης στη μέτρηση της sulcus angle. [3, 42]
- Μαγνητική τομογραφία (MRI) και Αξονική τομογραφία (CT) (εικόνα 26): Είναι κοινώς αποδεκτό στη διεθνή βιβλιογραφία ότι ασθενείς με εξάρθρημα επιγονατίδας που εμφανίζεται για πρώτη φορά πρέπει να υποβληθούν σε MRI για πιθανή ανεύρεση οστεοχόνδρινων ή χόνδρινων τμημάτων στην άρθρωση του γόνατος [1, 47, 48]. Η MRI προτιμάται σε περιπτώσεις που ενδείκνυται η απεικόνιση του χόνδρου και των μαλακών μορίων (πχ βλάβες του MPFL και των λοιπών μαλακών μορίων). Χρησιμοποιείται επίσης για τη μέτρηση της TT-TG απόστασης [41] και τη μέτρηση του ύψους της επιγονατίδας με την μέθοδο των Biedert and Albrecht [34]. Η CT έχει την ίδια χρησιμότητα με την MRI όσον αφορά την εκτίμηση της TT-TG απόστασης (η MRI υστερεί της CT) και της κλίσης της επιγονατίδας, καθώς και τη μέτρηση του βάθους της τροχιλίας, και χρησιμοποιείται επιπλέον στην μελέτη στροφικών και άλλων παραμορφώσεων του άκρου. [31, 46]



Εικόνα 26. MRI απεικόνιση-T1 weighted image (Ανάδειξη του έσω επιγονατιδομηριαίου συνδέσμου-MPFL, έσω καθεκτικού συνδέσμου-MR, έσω πλαγίου συνδέσμου-MCL, έσω πλατέος μύος-VMO)

Type A	crossing sign			shallow trochlea >145°
Type B	supra trochlear spur			flat trochlea
Type C	double contour			lateral convexity medial hypoplasia
Type D	double contour supra trochlear spur			cliff

Εικόνα 27. Δυσπλαστική τροχλία κατά Dejour (Ακτινογραφική απεικόνιση)

6. ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΟΜΗΡΙΑΙΑΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ

Η θεραπεία της αστάθειας της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης (εξάρθρωμα της επιγονατίδας) διακρίνεται σε συντηρητική και χειρουργική. Η απόφαση μεταξύ συντηρητικής και χειρουργικής αντιμετώπισης βασίζεται στους εξής παράγοντες (American Journal of Sports Medicine, 2017 [48]):

- Το πρώτο επεισόδιο εξάρθρωματος της επιγονατίδας αντιμετωπίζεται σχεδόν πάντα συντηρητικά εκτός και αν η MRI αποκαλύψει οστεοχόνδρινο ή χόνδρινο κομμάτι στην άρθρωση, το οποίο απαιτεί χειρουργική αφαίρεση. Γι' αυτό το λόγο σε κάθε ασθενή με πρωτοεμφανιζόμενο εξάρθρωμα της επιγονατίδας συστήνεται MRI απεικόνιση για την ανεύρεση τυχόν ελεύθερων σωμάτων μέσα στην άρθρωση. Αυτή η απόφαση είναι ανεξάρτητη της ηλικίας του ασθενούς (ανοιχτές ή κλειστές επιφύσεις αναλόγως του σταδίου ανάπτυξης) και ανεξάρτητη της ανατομίας του ασθενούς (τυχόν ύπαρξης ανατομικών παραλλαγών), με κάποιες μελέτες να υποστηρίζουν το αντίθετο σχετικά με την ύπαρξη δυσπλασίας της τροχιλίας [49, 50, 51] και μη (meta-analysis cohort of 627 knees, Nwachukwu [52]).
- Σε περίπτωση που η MRI αναδείξει ελεύθερο κομμάτι μέσα στην άρθρωση, παράλληλα με την χειρουργική αφαίρεση του, συστήνεται και η χειρουργική αποκατάσταση της αστάθειας της άρθρωσης.
- Σε ασθενείς με καθέξιν επεισόδια αστάθειας προς τα έξω (καθέξιν εξάρθρωματα) συστήνεται η χειρουργική αποκατάσταση τουλάχιστον των έσω σταθεροποιητικών δομών της άρθρωσης (έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος-MPFL ή έσω τένοντας του τετρακέφαλου-μηριαίος σύνδεσμος-MQTFL). Όσον αφορά τις χειρουργικές τροποποιήσεις των οστικών δομών (σε περιπτώσεις ανατομικών παραλλαγών όπως αβαθής τροχιλία, υψηλή επιγονατίδα), φαίνεται ότι η τροχιλιοπλαστική παίζει κάποιο σημαντικό ρόλο, καθώς επίσης και οι επεμβάσεις μετατόπισης του κνημιαίου κυρτώματος (αλλαγής TT-TG απόστασης).
- Κατά την χειρουργική ανακατασκευή του MPFL, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η ηλικία του ασθενούς και το στάδιο ανάπτυξης (ανοικτές ή κλειστές επιφύσεις). Το ίδιο ισχύει και για την τροχιλιοπλαστική.
- Η χαλάρωση των έξω δομών της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης δεν ενδείκνυται ποτέ σαν μεμονωμένη θεραπεία για την επιγονατιδομηριαία αστάθεια.

6.1. Συντηρητική Θεραπεία:

Ιστορικά το εξάρθημα της επιγονατίδας αντιμετωπιζόταν με ακινητοποίηση του γόνατος με νάρθηκα, σε έκταση και χωρίς φόρτιση [40]. Αυτό οδηγούσε σε αποδυνάμωση του τετρακέφαλου και δυσκαμψία του γόνατος [47, 53]. Σήμερα αρκετοί συγγραφείς προτείνουν την άμεση κινητοποίηση με πλήρη φόρτιση ή φόρτιση αναλόγως της ανοχής του ασθενούς, με χρήση ενός σταθεροποιητικού νάρθηκα (patella-supporting brace) για 2-6 εβδομάδες [41, 42], με δυνατότητα κάμψης-έκτασης του γόνατος (χωρίς δυστυχώς να υπάρχουν αρκετά στοιχεία στη βιβλιογραφία για τη χρήση των ναρθήκων [54]) ή ακόμα και με τη χρήση μιας απλής ελαστικής περιίδεσης [40].

Ο πρωταρχικός στόχος της συντηρητικής θεραπείας είναι να συγκρατηθεί η επιγονατίδα μέσα στην τροχιακή εντομή καθόλη τη διάρκεια της κίνησης του γόνατος [3, 55, 56]. Αυτό μπορεί να γίνει με την ενδυνάμωση των σταθεροποιητών της επιγονατίδας, όπως ο τετρακέφαλος μυς και κυρίως ο έσω πλατύς μυς (VMO), με τη χρήση ταινιών περιίδεσης της επιγονατίδας (taping), η οποία αυξάνει τη ροπή του τετρακέφαλου στην άρθρωση και ενεργοποιεί τον έσω πλατύ μυ πιο πρώιμα από τον έξω πλατύ κατά τη διάρκεια ανόδου ή καθόδου σε κλίμακα. Από την άλλη η περιίδεση των γλουτιαίων μυών αποτρέπει την βάδιση κάποιων ασθενών σε προσαγωγή και έσω στροφή (λόγω αδυναμίας των προσαγωγών), η οποία θα αύξανε την γωνία Q και συνεπώς τις δυνάμεις παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω.

Φυσικοθεραπείες και αυστηρό πρωτόκολλο ασκήσεων ενδυνάμωσης κυρίως του τετρακέφαλου (με έμφαση στον έσω πλατύ) και των γλουτιαίων μυών πρέπει να ακολουθείται άμεσα, όταν το οίδημα και η φλεγμονή υποχωρήσουν. Συγκεκριμένα υποστηρίζεται ότι ο έσω πλατύς μυς πρέπει να ενεργοποιείται πιο γρήγορα και ισχυρά (έως τέσσερις φορές) από τα υπόλοιπα τμήματα του τετρακέφαλου μύος, ενώ η ενδυνάμωση των γλουτιαίων μειώνει τις δυνάμεις παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω με το μηχανισμό που περιγράφεται παραπάνω [3, 42, 55, 56]. Οι φυσικοθεραπείες γενικά αυξάνουν την ισχύ των σταθεροποιητικών μυών, βελτιώνουν το εύρος κίνησης, μειώνουν το οίδημα, βελτιώνουν τη βάδιση και την ιδιοδεκτικότητα της άρθρωσης του γόνατος και πρέπει να περιλαμβάνουν ισομετρικές ασκήσεις, ασκήσεις ισορροπίας, στατικό ποδήλατο καθώς και νευρομυϊκή διέγερση με ηλεκτρισμό [31, 39].

Όσον αφορά τους αθλητές, η απόφαση για την επιστροφή στην ενεργό δράση εξαρτάται από στοιχεία όπως η έλλειψη άλγους, το πλήρες εύρος κίνησης, η συμμετρική ενδυνάμωση των μυών και η δυναμική σταθερότητα [42, 57]. Συγκεκριμένα ακολουθούνται τα στάδια κατά Respizzi και Cavallin [58]:

- Στάδιο 1: πλήρης εξάλειψη του άλγους, οιδήματος και φλεγμονής.
- Στάδιο 2: επαναφορά πλήρους εύρους κίνησης και ευκαμψίας.
- Στάδιο 3: επαναφορά μυϊκής ισχύος.
- Στάδιο 4: επαναφορά των μοτίβων κίνησης και συντονισμού.
- Στάδιο 5: επαναφορά στις αθλητικές δραστηριότητες.

Τα στάδια 1-3 αποτελούν βασικά στάδια για κάθε ασθενή που πάσχει από αστάθεια επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης, ενώ τα στάδια 4-5 είναι βασικά για την επιστροφή στις αθλητικές δραστηριότητες, για τους αθλητές.

6.2. Χειρουργική θεραπεία:

Υπάρχουν δυο φιλοσοφίες στην χειρουργική θεραπεία της επιγονατιδομηριαίας αστάθειας. Η πρώτη υποστηρίζει ότι το εξάρθρημα της επιγονατίδας αποτελεί μία μεμονωμένη πάθηση που απαιτεί μία μεμονωμένη παρέμβαση και η δεύτερη λαμβάνει υπόψη τυχόν υποκείμενες ανατομικές παραλλαγές που θα έπρεπε να διορθωθούν για να μειώσουν τον κίνδυνο καθέξιν εξάρθρημάτων [59]. Σε οποιαδήποτε περίπτωση το βασικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι το στάδιο της ανάπτυξης του ασθενούς (ανοιχτές ή κλειστές επιφύσεις). Η ανάπτυξη συνήθως επηρεάζεται από επεμβάσεις που παρεμβαίνουν στο οστό, όπως πχ η αλλαγή της TT-TG αποστάσεως με μεταφορά του κνημιαίου κυρτώματος, η ανακατασκευή του MPFL (τοποθέτηση ενδοστικά) και φυσικά η τροχιλιοπλαστική.

Οι επεμβάσεις αλλαγής της αυξημένης TT-TG αποστάσεως μπορούν να εκτελεστούν με ασφάλεια μετά την ηλικία των 14 ετών [60, 61]. Η επέμβαση Roux-Goldthwaite [62, 63] αποτελεί μία ασφαλή για τον αναπτυσσόμενο σκελετό μέθοδο, στην οποία ο επιγονατιδικός τένοντας χωρίζεται κατά μήκος του και το περιφερικό τμήμα του έξω μισού περνάει κάτω από το έσω μισό με αποτέλεσμα την επανευθυγράμμιση του επιγονατιδικού τένοντα χωρίς παρεμβολή στο οστό. Παρόλα αυτά συγκρινόμενη με άλλες μεθόδους όπως η ανακατασκευή του MPFL εμφανίζει αυξημένα ποσοστά μετεγχειρητικού άλγους και οστεοαρθρίτιδας [64, 65]. Επίσης η μεταφορά του κυρτώματος προς τα έσω φάνηκε να αυξάνει τα ποσοστά αρθρίτιδας [60, 66, 67].

Η ενδυνάμωση των έσω δομών της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης, σε συνδυασμό με τη χαλάρωση των έξω δομών αποτελούσε την κυρίαρχη μέθοδο θεραπείας στο παρελθόν [40]. Σήμερα η ανακατασκευή του MPFL αποτελεί την κύρια μέθοδο, χωρίς φυσικά να αποκλείονται πάντα οι άλλες δομές, παράλληλα με αυτή τη δομή. Όσον αφορά το έσω καθεκτικό σύνδεσμο, περιγράφονται διάφορες τεχνικές στη βιβλιογραφία, στην πλειοψηφία τους αρθροσκοπικές (reefing [10], plasty [11], imbrication [12], plication [13], thermal shrinkage [14]). Ο κύριος σκοπός τους είναι η ενίσχυση ή και επιδιόρθωση σε περίπτωση ρήξης του έσω καθεκτικού συνδέσμου, με αποτέλεσμα την αύξηση ή αποκατάσταση της σταθεροποιητικής δύναμης που ασκεί αυτός ο σύνδεσμος, έναντι στην προς τα έξω παρεκτόπιση της επιγονατίδας, πάντα επικουρικά στον κύριο σταθεροποιητή (MPFL).

Η ανακατασκευή του MPFL αποτελεί τη μέθοδο εκλογής σε ασθενείς με καθέξιν εξarthρήματα ή με ύπαρξη οστεοχόνδρινου ή χόνδρινου ελεύθερου σώματος στην άρθρωση (εκτελείται παράλληλα με την αφαίρεση του ελεύθερου σώματος). Βασική προϋπόθεση της επέμβασης είναι η εύρεση και τοποθέτηση του MPFL στο ανατομικό του σημείο στο μηριαίο και η ισομετρική ανακατασκευή του (η ανακατασκευή πρέπει να γίνεται στις 20°-45° κάμψης του γόνατος [48]). Η ύπαρξη όμως του αναπτυσσόμενου σκελετού προκαλεί πρόβλημα ως προς την τοποθέτηση του MPFL στο οστό. Μελέτες έδειξαν ότι η έκφυση του MPFL σε νεαρούς ασθενείς βρίσκεται περίπου 6mm περιφερικά των επιφύσεων [68], μέχρι την ηλικία των 10 ετών, ενώ μετά βρίσκεται πάνω σε αυτές [69].

Υπάρχουν δύο μέθοδοι ανακατασκευής του MPFL, η έξω-οστική και η ενδο-οστική. Στην έξω-οστική ανακατασκευή κάποιοι συγγραφείς χρησιμοποιούν τον περιφερικό κομμάτι του μεγάλου προσαγωγού για μόσχευμα, αφήνοντας ακέραιο το σημείο εισόδου του στο μηριαίο οστό [70]. Άλλοι συγγραφείς χρησιμοποιούν το σημείο εισόδου στο μηριαίο οστό του έσω πλαγίου συνδέσμου ή μόσχευμα από τους γαστροκνήμιους. Η σταθεροποίηση των μοσχευμάτων στην επιγονατίδα γίνεται με άγκυρες ή τούνελ. Η ενδο-οστική ανακατασκευή εκτελείται πάντα με τη χρήση C-arm και με την προϋπόθεση η ανάπτυξη του σκελετού να έχει ολοκληρωθεί ή να είναι στα τελικά στάδια [71, 72, 73]. Η τοποθέτηση του μοσχεύματος (επιγονατιδικός τένοντας, τένοντας του τετρακέφαλου, γαστροκνήμιος κα) στο μηρό γίνεται με βίδα, δίνοντας βαρύτητα στην ισομετρία του μοσχεύματος. Σε κάθε περίπτωση η βίδα τοποθετείται περιφερικά των επιφύσεων με τη βοήθεια του C-arm [74, 75, 76, 77]. Βασική προϋπόθεση είναι η σωστή τοποθέτηση, μήκος και τάση του μοσχεύματος, για να αποφύγουμε ανισορροπία φορτίων στη επιγονατιδομηριαία άρθρωση, πράγμα που θα οδηγούσε σε άλγος και εκφυλιστικές αλλοιώσεις με το χρόνο.

Οι επιπλοκές περιλαμβάνουν το άλγος, κυρίως στο έσω τμήμα του γόνατος, λόγω αυξημένης τάσης του μοσχεύματος ή λάθος σημείου τοποθέτησης του μηριαίου τούνελ, καθώς και το εξάρθημα παρά τη θεραπεία λόγω ύπαρξης δυσπλαστικής τροχιλίας ή αποτυχίας του μοσχεύματος [78].

Η υψηλή επιγονατίδα διορθώνεται με τη μεταφορά του κνημιαίου κυρτώματος περιφερικότερα, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή να μην αυξήσουμε τα φορτία σε αρθρώσεις που ήδη έχουν εκφυλιστικές αλλαγές [41]. Διάφορες τεχνικές έχουν περιγραφεί στη βιβλιογραφία με πιο γνωστές αυτές των Elmslie & Trillat [79, 80] και των Fulkerson et al [81] η οποία βελτιώνει την πορεία της επιγονατίδας μέσα στην τροχιλία (patella tracking) και μειώνει τα φορτία στην περιφερική-έξω αρθρική επιφάνεια της επιγονατίδας.

Αν υπάρχουν στροφικές παραμορφώσεις, όπως αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού ή αυξημένη έξω στροφή της κνήμης, τότε διάφορες διορθωτικές οστεοτομίες έχουν θέση [82].

Η τροχλιοπλαστική περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Albee το 1915 [83]. Η πιο κοινή τεχνική είναι αυτή από τους Dejour και Bareiter, ενώ τα τελευταία χρόνια η αρθροσκοπική τεχνική κερδίζει έδαφος [84, 85, 86]. Ενδείξεις αποτελούν οι τροχιλίες τύπου B ή D κατά Dejour και καθέξιν εξαρθήματα της επιγονατίδας [39]. Οι κίνδυνοι που ενέχει αυτή η τεχνική είναι η αποτυχία αναγέννησης του χόνδρου και η αναστολή της ανάπτυξης σε νέους ασθενείς, καθώς και η πιθανότητα ανάπτυξης αρθριτικών αλλοιώσεων με την πάροδο του χρόνου.

Η αποκατάσταση μετά τη χειρουργική θεραπεία ποικίλει αναλόγως του χειρουργού και του ασθενή. Κάποιοι συγγραφείς προτείνουν ακινητοποίηση για 1-2 εβδομάδες με νάρθηκα και μερική φόρτιση, χωρίς κίνηση του γόνατος [87], ενώ άλλοι επιτρέπουν κίνηση του γόνατος άμεσα μετεγχειρητικά [88, 89]. Πλήρης φόρτιση και εύρος κίνησης επιτρέπεται μετά τις 4-10 εβδομάδες. Η φυσικοθεραπεία περιλαμβάνει ενδυνάμωση του τετρακέφαλου και των προσαγωγών μυών, οι οποίοι έμμεσα ενδυναμώνουν το έσω πλατύ (VMO) [90].

7. ΣΚΟΠΟΣ

Το εξάρθημα της επιγονατίδας αποτελεί μία πολύ συχνή πάθηση σε παιδιά και εφήβους, χαρακτηριζόμενο από την προς τα έξω παρεκτόπιση της επιγονατίδας, έξω από την τροχλιακή εντομή. Συνήθως ακολουθείται από αυτόματη ανάταξη. Κατά τη διάρκεια του εξάρθρηματος της επιγονατίδας, τα μαλακά μόρια που περιβάλλουν και σταθεροποιούν αυτή τη δομή τραυματίζονται. Συνεπώς δομές όπως ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (MPFL), ο έσω επιγονατιδομηνισκικός σύνδεσμος (MPML), ο έσω επιγονατιδοκνημιαίος σύνδεσμος (MPTL), οι ίνες του έσω πλατέος μυός (VMO), καθώς επίσης και ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας (MR) τραυματίζονται, οδηγώντας συνήθως σε καθέξιν εξάρθρηματα της επιγονατίδας [2].

Ο MPFL αποτελεί τον πιο σημαντικό παθητικό σταθεροποιητικό παράγοντα της επιγονατίδας, με συμβολή έως 50-60% [4, 5]. Άλλοι λιγότερο σημαντικοί παράγοντες είναι ο MPML με συμβολή έως 24% και ο MPTL με συμβολή έως 13% [5], καθώς επίσης και ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας με συμβολή έως 13% [6].

Πολλές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία προτείνουν την χειρουργική ενίσχυση-ανακατασκευή του έσω καθεκτικού συνδέσμου (reefing [10], plasty [11], imbrication [12], plication [13], thermal shrinkage [14]), αρθροσκοπικά [4, 15, 16, 17, 18, 19, 20] ή ανοικτά. Τα αποτελέσματα των περισσότερων μελετών ήταν θετικά, αποδεικνύοντας ότι ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας παίζει σημαντικό ρόλο ως σταθεροποιητικός παράγοντας της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης.

Άλλες μελέτες συνέκριναν μεθόδους χειρουργικής αποκατάστασης και ενίσχυσης του έσω καθεκτικού και χειρουργικής επιδιόρθωσης άλλων έσω δομών σταθεροποίησης της άρθρωσης, όπως ο έσω πλατύς (VM) [91] και ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (MPFL) [13], αναδεικνύοντας τον MPFL ως τον βασικότερο παθητικό σταθεροποιητή. Μελέτες επικεντρωμένες στην χειρουργική αποκατάσταση μόνο του MPFL έδειξαν θετικά αποτελέσματα, ενισχύοντας την άποψη ότι ο MPFL αποτελεί τον πιο ισχυρό παθητικό σταθεροποιητή [3, 4, 5], κυρίως σε γωνίες κάμψης του γόνατος <math><30^\circ</math>.

Ο κύριος σκοπός αυτής της ανατομικής-εμβιομηχανικής μελέτης είναι να εκτιμηθεί η συμβολή του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας, ως έσω σταθεροποιητικός παράγοντας, έναντι στην προς τα έξω παρεκτόπιση αυτής. Η αρχική υπόθεση της μελέτης ήταν ότι ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας προσφέρει επαρκή σταθερότητα έναντι σε δυνάμεις παρεκτόπισης αυτής προς τα έξω, όντας ακέραιος.

Βάση της προαναφερόμενης βιβλιογραφίας, οι χειρουργικές τεχνικές αποκατάστασης του έσω καθεκτικού συνδέσμου επιφέρουν καλά αποτελέσματα

ως προς την σταθερότητα της επιγονατίδας, κυρίως σε περιπτώσεις καθέξιν εξarthρημάτων. Το γεγονός ότι μπορούν να εκτελεστούν αρθροσκοπικά, μειώνοντας έτσι το ποσοστό επιπλοκών, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αποτελούν καλή επιλογή σε τέτοιες περιπτώσεις ασθενών. Με την ανατομική-εμβιομηχανική επιβεβαίωση της συμβολής του έσω καθεκτικού, θέλουμε να ενισχύσουμε αυτή την άποψη.

8. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα ανατομική-εμβιομηχανική ανάλυση, μελετήθηκαν 50 πτωματικά γόνατα, τα οποία δεν παρουσίαζαν κάποια γνωστή ανατομική παραλλαγή. Τα πτωματικά δείγματα τοποθετούνταν στο πάγκο ανατομικών παρασκευών του ανατομείου το πρωί της ημέρας πριν από την ημέρα της μελέτης, ώστε να αποκτήσουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Τα δείγματα αποτελούνταν από τμήμα κάτω άκρου και περιελάμβαναν το περιφερικό 1/3 του μηρού (μηριαίο οστό, μύες, τένοντες, αγγεία, νεύρα, δέρμα) και το κεντρικό 1/3 της κνήμης (οστό της κνήμης, μύες, τένοντες, αγγεία, νεύρα, δέρμα) και το κεντρικό 1/3 του οστού της περόνης με τα στοιχεία που την περιβάλλουν.

Όλα τα γόνατα υπεβλήθησαν σε ακτινογραφίες (προσθιοπίσθια, πλάγια και Merchant) για την επιβεβαίωση μη ύπαρξης ανατομικών παραλλαγών οι οποίες θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα της μελέτης. Η επιβεβαίωση έγινε και κατά τη διάρκεια της ανατομικής παρασκευής των πτωματικών δειγμάτων.

Την ημέρα της μελέτης, ελέγχονταν η κατάσταση απόψυξης των δειγμάτων και αν κρίνονταν επαρκής, ακολουθούσε η ανατομική παρασκευή και μελέτη του δείγματος. Αυτή περιελάμβανε την αφαίρεση του δέρματος που περιβάλλει την άρθρωση του γόνατος και τον διαχωρισμό των τεσσάρων τμημάτων του τετρακέφαλου μυός (έσω πλατύς, έξω πλατύς, μέσος πλατύς, ορθός μηριαίος) καθώς και την παρασκευή των κεντρικών άκρων του για την τοποθέτηση ραμμάτων ethibond (ράμμα T). Στη συνέχεια γινόταν ανεύρεση του έσω καθεκτικού συνδέσμου στα στρώματα I και II κατά Warren και Marshall και οριοθέτηση του με μαρκαδόρο. Η έξω επιφάνεια της επιγονατίδας χωριζόταν σε δύο τμήματα και ακριβώς στη συμβολή τους (κέντρο της έξω επιφάνειάς της) τοποθετούνταν ένα ισχυρό ράμμα ethibon (ράμμα E). Ακολουθούσε το πρωτόκολλο της μελέτης (περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω) και μετά το πέρας των μετρήσεων, γινόταν περαιτέρω ανατομική παρασκευή των δειγμάτων για την ανεύρεση και των υπόλοιπων στοιχείων της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης (κυρίως του MPFL, αλλά και των MPML, MPTL) (εικόνες 30-34). Τέλος ακολουθούσε διάνοιξη της άρθρωσης και μελέτη της οστικής ανατομίας, για ανεύρεση πιθανών ανατομικών παραλλαγών, όπου ήταν δυνατόν, οι οποίες θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Τέλος ακολουθούσε συρραφή της άρθρωσης και τοποθέτηση των δειγμάτων στον καταψύκτη του ανατομείου, αφού πρώτα είχαν σημειωθεί ως μελετημένα.

8.1. Πρωτόκολλο μελέτης-μετρήσεων:

Τα ανατομικά παρασκευασμένα πτωματικά δείγματα (αφαίρεση δέρματος, διαχωρισμός μοιρών του τετρακέφαλου και ανατομική παρασκευή-προετοιμασία για τοποθέτηση ραμμάτων, εύρεση κέντρου επιγονατίδας και κέντρου της έξω επιφάνειας αυτής), τοποθετούνταν στον ειδικά διαμορφωμένο πάγκο μελέτης σε πλάγια θέση, με την έξω επιφάνεια της επιγονατίδας προς τα άνω.

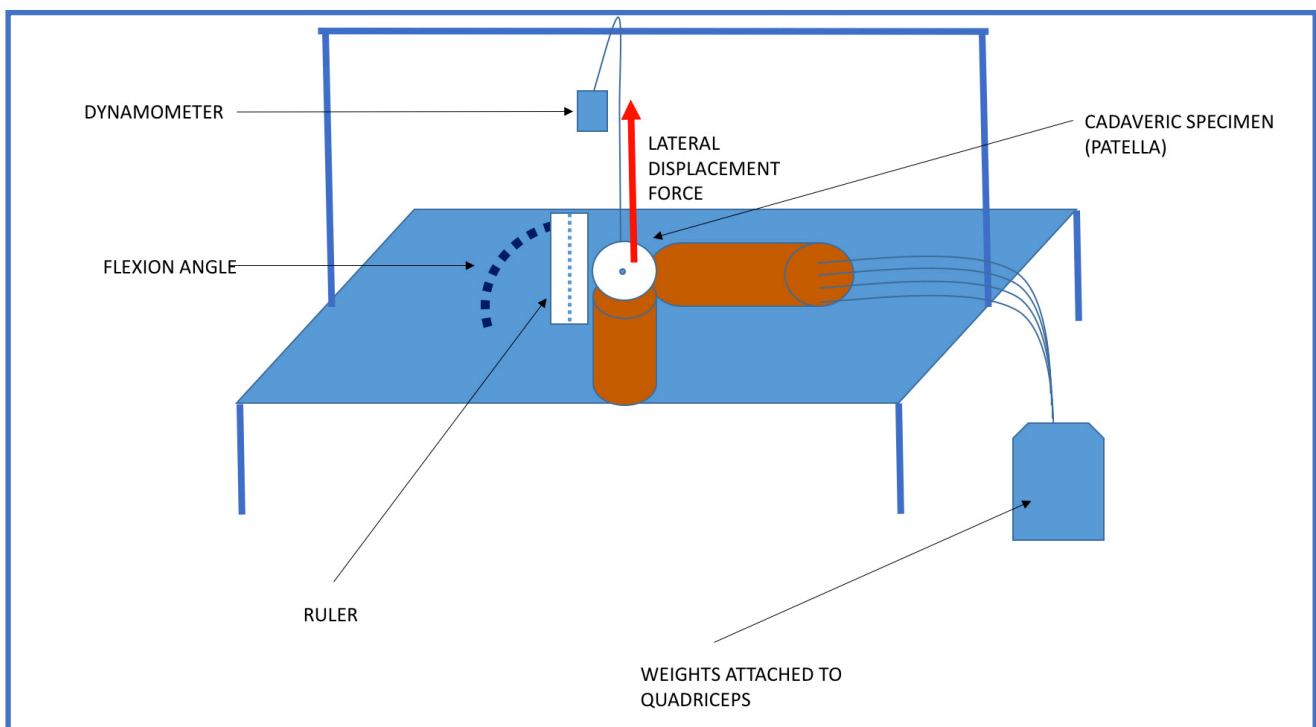
Ο πάγκος της μελέτης (εικόνα 28, 29), σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλογράμμου, ήταν κατασκευασμένος από σίδηρο και στην επιφάνεια του είχε οπές σε σχήμα ημικυκλίου για την τοποθέτηση σιδερένιων ράβδων μεταξύ της πρόσθιας και οπίσθιας επιφάνειας της κνήμης, με σκοπό την σταθεροποίηση αυτής σε συγκεκριμένες γωνίες κάμψης ως προς το μηριαίο οστό. Στην μία άκρη του υπήρχε μηχανισμός σταθεροποίησης του μηριαίου οστού με ξύλινη σφήνα και σιδερένια λαβίδα περιβρογχισμού του μηριαίου οστού (clamp-εικόνα 39). Μία σιδερένια κατασκευή σε σχήμα Π, με τις δύο βάσεις να σταθεροποιούνται στα δύο άκρα της επιφάνειας του πάγκου μελέτης, τοποθετούνταν πάνω ακριβώς από το πτωματικό δείγμα, παράλληλα στον άξονα του μηριαίου οστού.

Μετά την τοποθέτηση και σταθεροποίηση του μηριαίου οστού, γινόταν έλεγχος της ελευθερίας της κνήμης να καμφθεί έως τις 90°. Στη συνέχεια γινόταν τοποθέτηση ενός ράμματος στο κέντρο της επιγονατίδας (οδηγός για την παρεκτόπιση αυτής, ράμμα Κ, εικόνα 40). 4 ισχυρά ράμματα ethibon (ράμμα Τ) περνούσαν μέσα από την κεντρική μυϊκή μάζα των τεσσάρων τμημάτων του τετρακέφαλου, στη συνέχεια περιελίσσονταν γύρω από τη μυϊκή μάζα, περιβρογχίζοντας την και ξανά μέσα από αυτήν για ασφαλή και ισχυρή σταθεροποίηση (εικόνα 35, 36). Το άλλο άκρο των τεσσάρων αυτών ραμμάτων συνδεόταν σε βάρη 2.5kg (24.51N) κρεμάμενα έξω και κάτω από τον πάγκο μελέτης, προσομοιάζοντας εν μέρει τη σταθεροποιητική δύναμη του τετρακέφαλου στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση. Το ράμμα που είχε τοποθετηθεί στην έξω πλευρά της επιγονατίδας (ράμμα Ε-εικόνα 37, 38), περνούσε πάνω από τη σιδερένια κατασκευή, σχήματος Π, και το τελικό του άκρο συνδεόταν με ένα ηλεκτρονικό δυναμόμετρο (με άγκιστρα και στις δύο πλευρές του). Στην άλλη άκρη του δυναμόμετρου συνδεόταν ένα άλλο ράμμα (ράμμα Δ) με το τελικό του άκρο να συνδέεται σε μία μηχανοκίνητη τροχαλία, στην οποία τυλιγόταν όταν αυτή λειτουργούσε. Τέλος ένας χάρακας τοποθετούνταν δίπλα στο σημειωμένο με ράμμα (ράμμα Κ-εικόνα 40) κέντρο της επιγονατίδας για την μέτρηση της παρεκτόπισης αυτής.

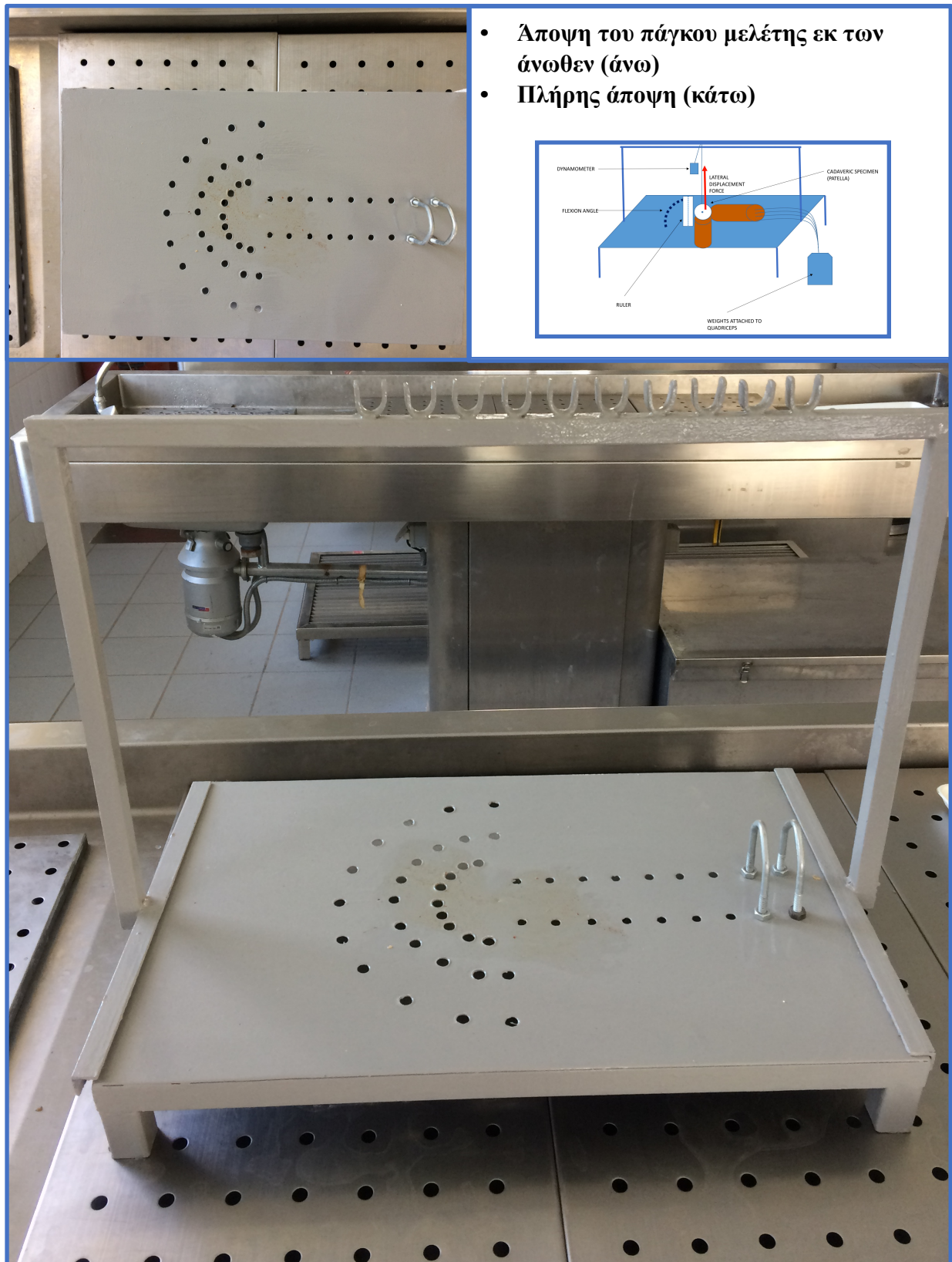
Ακολουθούσαν τρεις μετρήσεις με το γόνατο σε έκταση (0°) και κάμψη (45° και 90°), με τον έσω καθεκτικό ακέραιο. Η μέτρηση γινόταν ως εξής: Ετίθετο σε λειτουργία η μηχανοκίνητη τροχαλία η οποία άρχιζε να τυλίγει το ράμμα Δ

γύρω της, ασκώντας έλξη στο ράμμα Ε και αυτό με τη σειρά του στην κεντρική-έξω πλευρά της επιγονατίδας. Η δύναμη που ασκούνταν μέσω της τροχαλίας ήταν σταθερά αυξανόμενη. Όταν το κέντρο της επιγονατίδας (ράμμα Κ) παρεκτοπιζόταν κατά 5mm, σταματούσε η λειτουργία της τροχαλίας και γινόταν καταγραφή της μέτρησης στο ηλεκτρονικό δυναμόμετρο (lateral displacement force).

Οι ανωτέρω μετρήσεις επαναλαμβάνονταν με τον έσω καθεκτικό διατμημένο (τομή παράλληλη με τον άξονα του άκρου με νυστέρι), με το γόνατο σε έκταση (0°) και κάμψη (45° και 90°). Οι μετρήσεις καταγραφόταν σε τετράδιο και στη συνέχεια σε υπολογιστικό φύλο Excell.

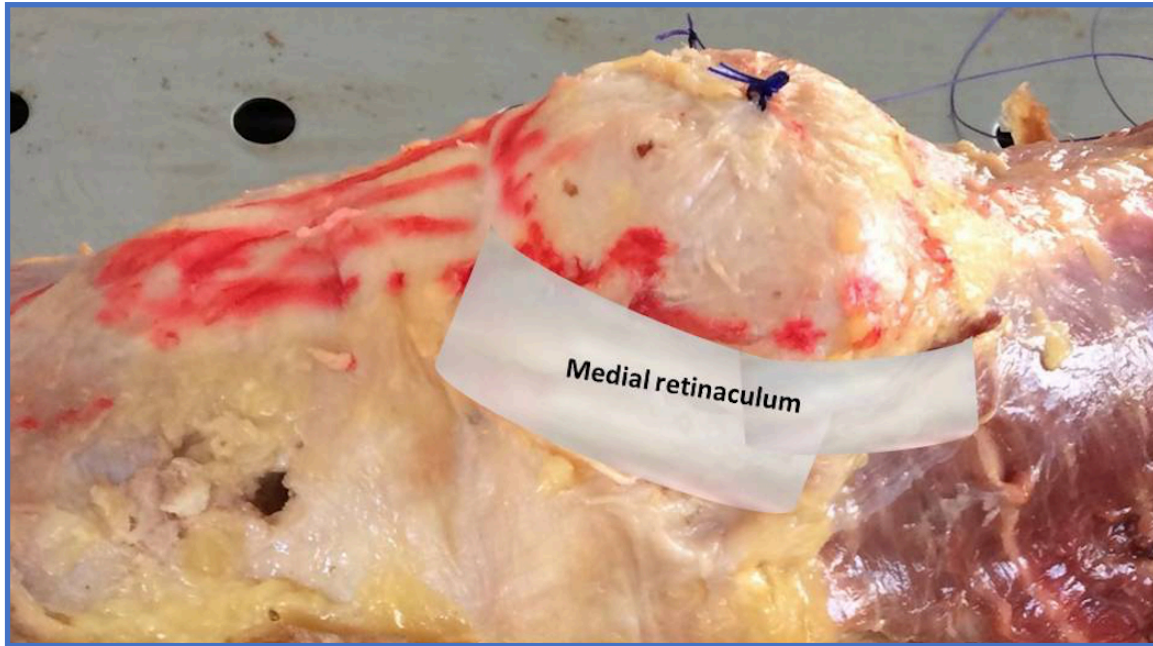


Εικόνα 28. Σχηματική απεικόνιση τράπεζας μελέτης



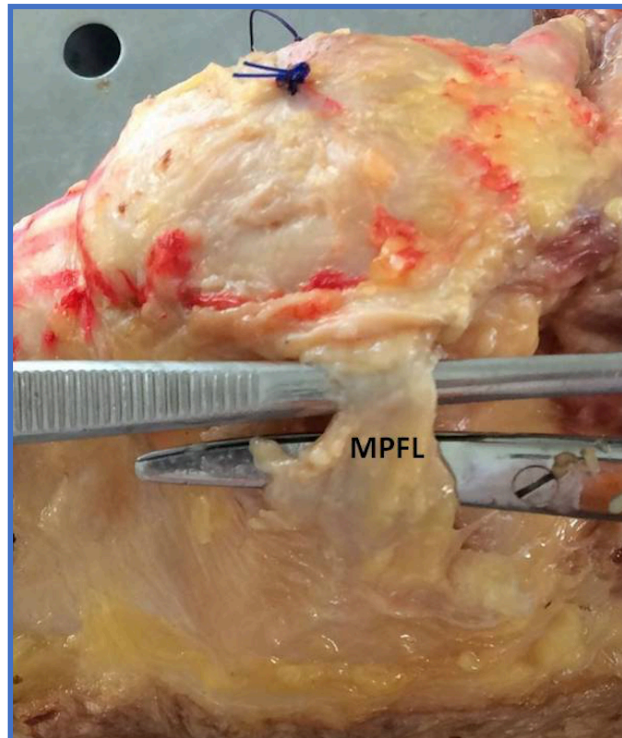
Εικόνα 29. Τράπεζα μελέτης

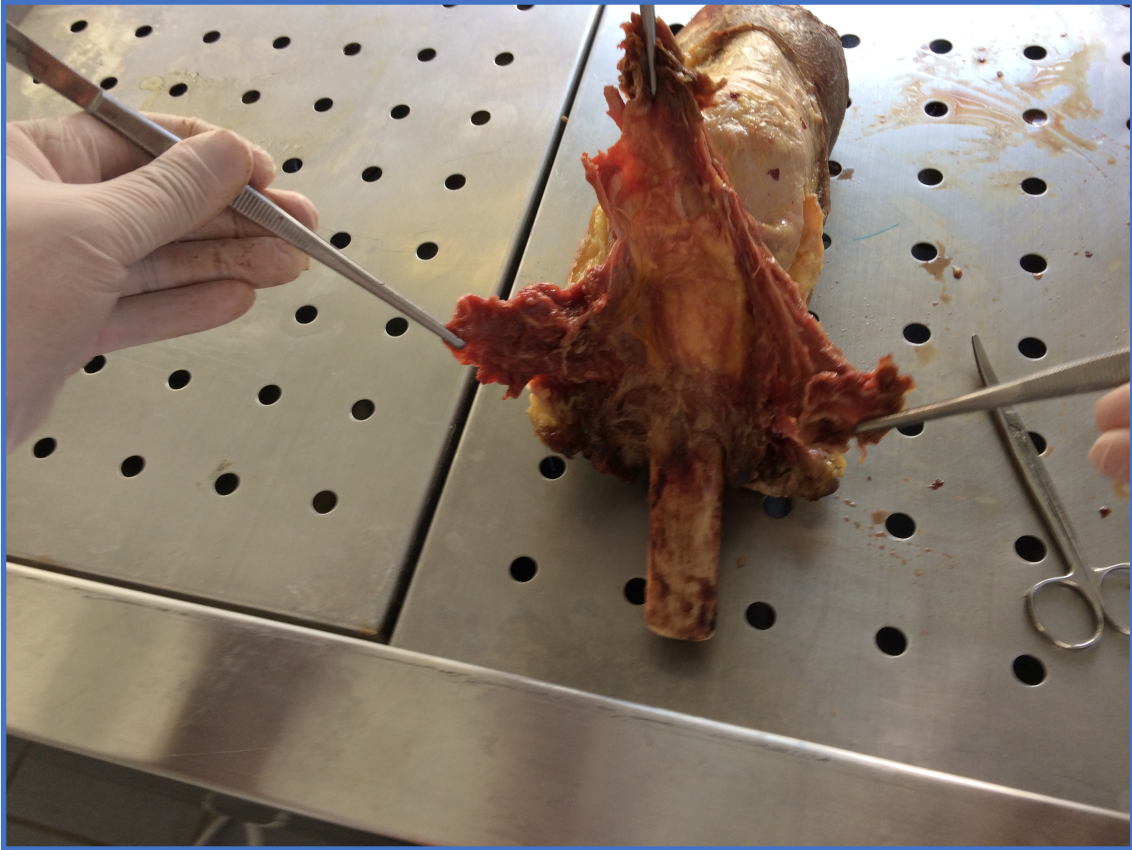
Εικόνες από την ερευνητική μέθοδο



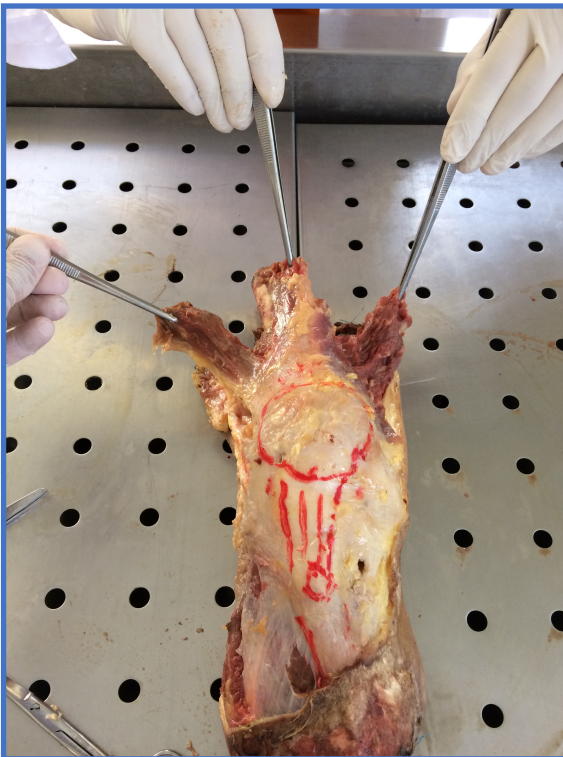
Εικόνα 30. Έσω καθεκτικός σύνδεσμος-Medial retinaculum

Εικόνα 31. Έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος-MPFL

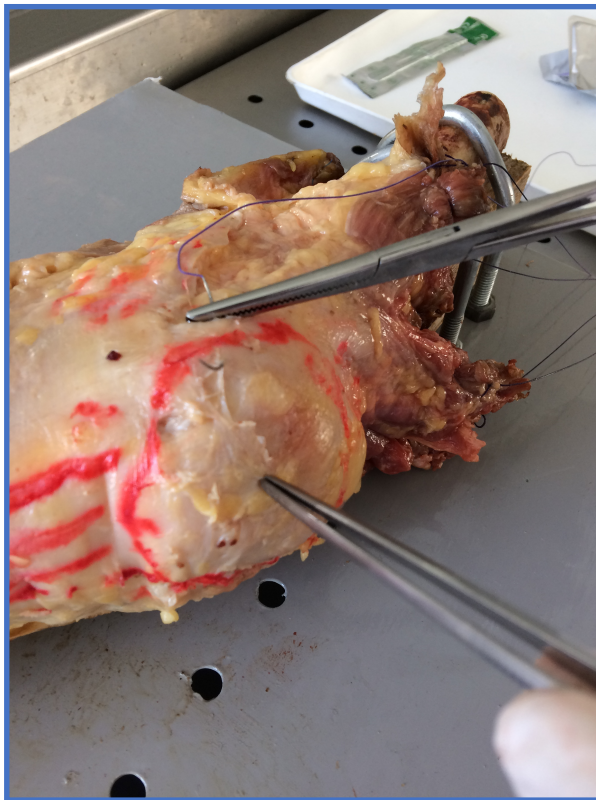
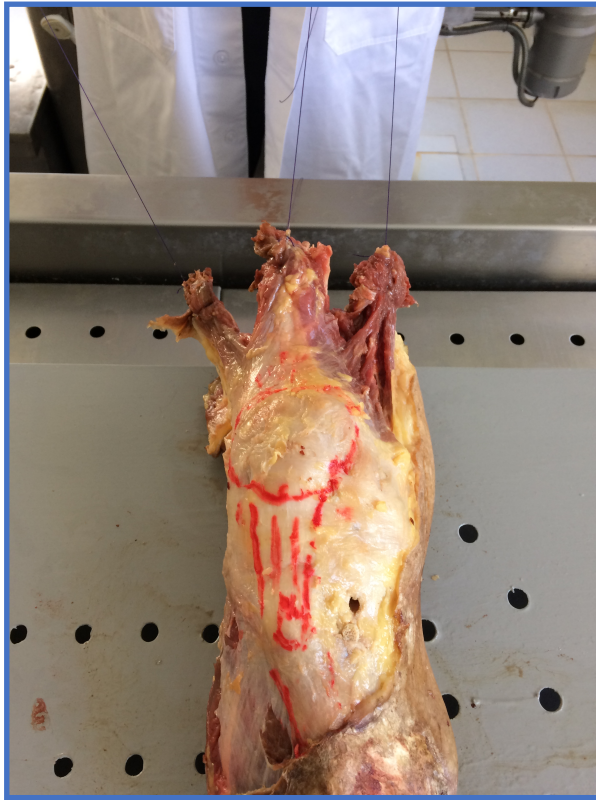




Εικόνα 32. Μοίρες τετρακέφαλου μύος



Εικόνα 33. Επιγονατίδα και τένοντας της, μοίρες τετρακέφαλου μύος (Δεξιά)
Εικόνα 34. Έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας (Αριστερά)



Εικόνα 35 & 36. Ράμματα ethibond σε μοίρες του τετρακέφαλου μύος-ράμμα T (Άνω)

Εικόνα 37 & 38. Ράμμα ethibond στο έξω κεντρικό τμήμα της επιγονατίδας-ράμμα E (Κάτω)



Εικόνα 39. Πτωματικό παρασκεύασμα σε θέση μελέτης



Εικόνα 40. Πτωματικό παρασκεύασμα σε θέση μελέτης

8.2. Στατιστική ανάλυση:

Τα δεδομένα των μετρήσεων (50 γόνατα x 6 μετρήσεις = 300 μετρήσεις) αναλύθηκαν στατιστικά με το πρόγραμμα SPSS (version 24, Chicago, USA for OsX). Χρησιμοποιήθηκαν το Wilcoxon signed rank test, λόγω σχετικά μικρού δείγματος και διότι τα δεδομένα ήταν τοποθετημένα κατά ζεύγη (paired data). Το Kolmogorov-Smirnov test κανονικότητας των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε για να ελέγξουμε αν η κατανομή των δεδομένων ήταν κανονική. P value <0.05 θεωρήθηκε ως στατιστικά σημαντικό, ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης ήταν 95%.

Wilcoxon signed rank test:

Αποτελεί ένα μη παραμετρικό τεστ ελέγχου στατιστικής υπόθεσης που χρησιμοποιείται για να συγκρίνει δύο σχετιζόμενα δείγματα (σε ζεύγη) ή επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε ένα δείγμα και να εκτιμήσει αν οι μέσες τιμές των πληθυσμών αυτών διαφέρουν.

Οι συγκρίσεις των δεδομένων που έγιναν ήταν οι εξής (βλ. πίνακα μετρήσεων, γράφημα):

- Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε έκταση VS Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε έκταση. (Σύγκριση 1)
- Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 45° κάμψη VS Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 45° κάμψη. (Σύγκριση 2)
- Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 90° κάμψη VS Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 90° κάμψη. (Σύγκριση 3)
- Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε έκταση VS Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 45° κάμψη. (Σύγκριση 4)
- Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 45° κάμψη VS Γόνατα με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 90° κάμψη. (Σύγκριση 5)
- Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε έκταση VS Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 45° κάμψη. (Σύγκριση 6)
- Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 45° κάμψη VS Γόνατα με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο και σε 90° κάμψη. (Σύγκριση 7)

Πίνακας μετρήσεων

Πτωματικά παρασκευάσματα Δύναμη παρετόπισης (Newton)	Έσω καθεκτικός ακέραιος-0° κάμψη	Έσω καθεκτικός διατμημένος-0° κάμψη	Έσω καθεκτικός ακέραιος-45° κάμψη	Έσω καθεκτικός διατμημένος-45° κάμψη	Έσω καθεκτικός ακέραιος-90° κάμψη	Έσω καθεκτικός διατμημένος-90° κάμψη
		4,13	3,04	6,99	6,36	13,18
	3,55	2,62	4,43	3,55	9,27	9,02
	3,13	1,87	3,99	3,39	10,8	8,88
	1,67	1,01	4,41	2,78	7,93	7,89
	2,18	1,2	3,9	2,94	9,42	8,71
	3,14	2,14	4,24	4,68	9,83	9,12
	4,22	3,06	6,02	5,42	9,89	9,11
	4,16	3,2	6,34	5,38	9,04	8,7
	2,67	1,39	4,01	3,01	8,99	8,1
	3,02	1,7	4,2	3,23	8,9	8,12
	4,02	3	7,23	6,45	14	8,92
	3,1	2,42	4,7	3,56	9,8	8,56
	3,9	2,01	4,01	3,67	10	8,45
	1,67	1,01	4,41	3	8,02	7,45
	2	1,18	3,75	2,94	9,52	8,8
	3,6	2,34	4,32	4,12	9,85	8,9
	4,9	3,18	6,23	5,67	10,01	8,99
	4,2	3,3	6,45	5,78	9,45	8,7
	2,69	1,48	4,01	3,03	9,34	8,46
	3,29	1,8	4,5	3	9,1	8,34
	4,51	3,3	6,49	6,13	14,02	9
	4,02	2,31	4,8	3,44	9,56	9,01
	3,5	1,9	4,01	3,45	11,02	8,76
	1,72	1,01	4,56	2,45	7,45	7,7
	2,54	1,17	3,92	2,67	9,43	8,89

Πίνακας μετρήσεων (συνέχεια)

Πτωματικά παρασκευάσματα Δύναμη παρετόπισης (Newton)	Έσο καθεκτικός ακέραιος-0° κάμψη	Έσο καθεκτικός διατμημένος-0° κάμψη	Έσο καθεκτικός ακέραιος-45° κάμψη	Έσο καθεκτικός διατμημένος-45° κάμψη	Έσο καθεκτικός ακέραιος-90° κάμψη	Έσο καθεκτικός διατμημένος-90° κάμψη
	3,2	2,34	4,56	4,67	9,67	9
	4,25	3,01	6,63	5,62	9,34	9,23
	4,54	3,21	6,36	5,1	9,78	9
	2,8	1,41	4,45	2,9	9	8,3
	3,8	1,98	4,2	2,89	9,03	9
	4,2	3,06	7,23	6,78	13,54	8,95
	3,6	2,82	4,89	3,67	9,56	9,23
	3,2	1,6	3,89	3,78	10,67	8,77
	1,85	1	4,41	2,79	7,45	7,98
	2,1	1,24	3,57	3	9,56	8,52
	4,01	2,4	4,56	4,23	10,01	9,01
	4,22	3,01	6,56	5,98	10,01	9,11
	4,3	3,02	6,43	5,34	9,59	8,6
	2,7	1,7	4,64	3,03	9,66	8,01
	3,05	1,69	4,2	3,45	8,67	8,05
	4,81	3,04	3,7	2,9	14,44	9,01
	3,4	2,31	3,78	3,21	9,58	8,78
	3,01	1,59	4,43	3,01	10,45	8,66
	1,37	1,21	4,45	2,88	7,34	7,44
2,43	1,2	3,76	3,01	9,35	8,63	
3,17	2,6	4,58	4,02	9,45	9,34	
4,32	2,92	6,78	5,67	9,98	8,81	
4	3,03	6,89	5,76	8,76	8,44	
2,24	1,57	4,02	3,35	8,66	8,34	
3	1,83	4,65	3,26	8,45	7,23	

9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

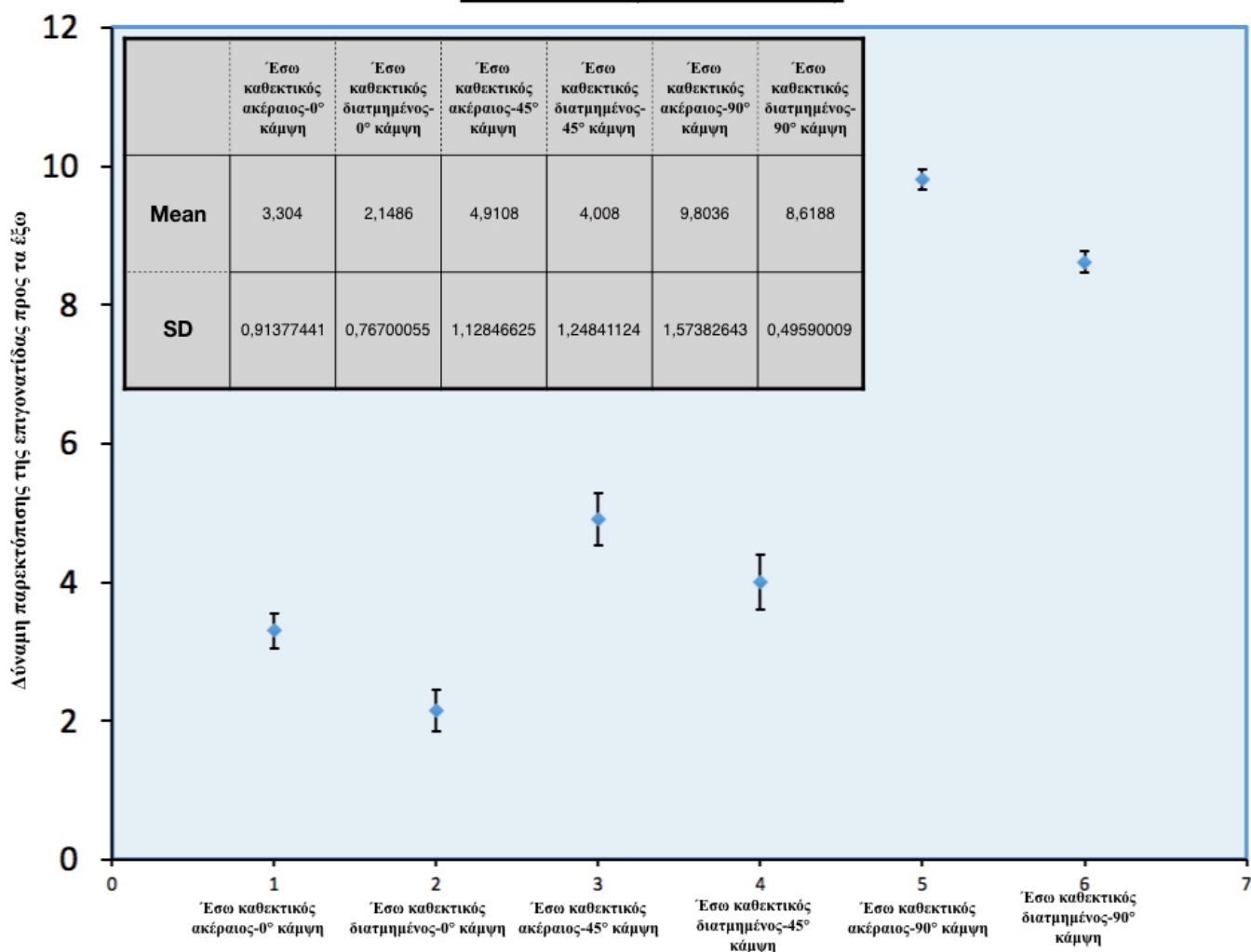
Όπως φαίνεται από τον πίνακα μετρήσεων και το γράφημα, μετά την στατιστική ανάλυση των δεδομένων (50 πτωματικά γόνατα x 6 μετρήσεις = 300 μετρήσεις):

- Η δύναμη που απαιτείται να περεκτοπίσει την επιγονατίδα προς τα έξω κατά 5mm (laterall displacement force), μειώνεται μετά τη διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου στις 0°, 45° και 90° κάμψης του γόνατος (Όπως προκύπτει από τις συγκρίσεις 1, 2, 3), P value<0.05. Αναλυτικά τα P values ήταν:
 - P value<0.001 (Γόνατο σε έκταση, πριν και μετά τη διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου, σύγκριση 1)
 - P value<0.001 (Γόνατο σε 45° κάμψη, πριν και μετά τη διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου, σύγκριση 2)
 - P value<0.001 (Γόνατο σε 90° κάμψη, πριν και μετά τη διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου, σύγκριση 3)
- Η δύναμη που απαιτείται να περεκτοπίσει την επιγονατίδα προς τα έξω κατά 5mm (laterall displacement force), αυξάνεται κατά την κάμψη του γόνατος, ανεξαρτήτως της ακεραιότητας του έσω καθεκτικού συνδέσμου (Όπως προκύπτει από τις συγκρίσεις 4, 5 και 6, 7), P value<0.05. Αναλυτικά τα P values ήταν:
 - P value<0.001 (Γόνατο με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο, από έκταση σε 45° κάμψη, σύγκριση 4)
 - P value<0.001 (Γόνατο με ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο, από 45° κάμψη σε 90° κάμψη, σύγκριση 5)
 - P value<0.001 (Γόνατο με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο, από έκταση σε 45° κάμψη, σύγκριση 6)
 - P value<0.001 (Γόνατο με διατμημένο έσω καθεκτικό σύνδεσμο, από 45° κάμψη σε 90° κάμψη, σύγκριση 7)

Τα παραπάνω αποτελέσματα, όντας στατιστικά σημαντικά (P values<0.05) επιβεβαιώνουν την αρχική μας υπόθεση ότι ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας, αποτελεί σημαντικό παράγοντα σταθεροποίησης, σε γόνατα χωρίς κάποια άλλη σημαντική ανατομική παραλλαγή (πχ δυσπλασία τροχλίας, υψηλή επιγονατίδα) και χωρίς κάποια ανεπάρκεια των άλλων παραγόντων σταθεροποίησης (πχ MPFL). Η δεύτερη παρατήρηση, ότι η δύναμη παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω (laterall displacement force),

αυξάνει με την αύξηση της γωνίας κάμψης του γόνατος, συμφωνεί με την κοινώς αποδεκτή παραδοχή ότι μετά τις 30° κάμψης του γόνατος, βασικούς παράγοντες σταθεροποίησης αποτελούν η επαφή των οστών (επιγονατίδα με τροχιακή εντομή).

ΓΡΑΦΗΜΑ (Mean with SE)



10. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η στατιστική επιβεβαίωση της αρχικής υπόθεσης οδηγεί στο ασφαλές συμπέρασμα ότι ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας παίζει σημαντικό ρόλο ως παράγοντας σταθεροποίησης της άρθρωσης, κυρίως σε χαμηλές γωνίες κάμψης του γόνατος. Μετά τις 20°-30° κάμψης της άρθρωσης, η συμβολή των οστικών δομών ενισχύεται κατά πολύ [5, 6, 7]. Ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (MPFL) και ο έσω επιγονατιδομηνισκικός σύνδεσμος (MPML) αποτελούν τους πιο ισχυρούς παράγοντες σταθεροποίησης, συμβάλλοντας στη σταθερότητα της άρθρωσης έως 50-60% και 24% αντίστοιχα. Άλλες δομές όπως ο έσω επιγονατιδοκνημιαίος σύνδεσμος (MPTL), έχουν λιγότερη συμβολή, έως 13%, ενώ ο έσω καθεκτικός έχει βρεθεί ότι συμβάλλει με τη σειρά του έως 13% [5, 6, 7]. Η συμβολή του έσω πλατέος (VMO) είναι και αυτή σημαντική, κυρίως κατά τη διάρκεια των πρώτων 20°-30° κάμψης, εξαιτίας της ανάμειξης των μυϊκών ινών του με αυτές του MPFL, ενισχύοντας τη σταθεροποιητική δράση του τελευταίου [5].

Σε 2 τυχαιοποιημένες μελέτες από τους Bitar et al [71] και Camanho et al [92], αποδείχθηκε η σημαντικότητα της χειρουργικής αποκατάστασης του MPFL, ως προς τα ποσοστά επανεμφάνισης της αστάθειας και το Kujala score, συγκριτικά με την συντηρητική θεραπεία.

Σε μία μετα-ανάλυση από τους Smith et al [93] η οποία επικεντρώθηκε στη σύγκριση μεταξύ χειρουργικής και συντηρητικής θεραπείας σε ασθενείς με πρώτο επεισόδιο εξάρθρηματος της επιγονατίδας, βρέθηκαν μειωμένα ποσοστά επανεμφάνισης της αστάθειας στους χειρουργηθέντες αλλά από την άλλη αυξημένα ποσοστά αρθρίτιδας με τη πάροδο του χρόνου.

Η χειρουργική αποκατάσταση του MPFL, αν και αποτελεί θεραπεία εκλογής, ενέχει το κίνδυνο αναστολής της ανάπτυξης σε ασθενείς με αναπτυσσόμενο σκελετό. Από την άλλη η ισομετρική και ανατομική τοποθέτηση του μοσχεύματος αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιτυχία της μεθόδου, καθώς μια μη ισομετρική-ανατομική τοποθέτηση του μοσχεύματος, κυρίως στο μηριαίο οστό, μπορεί να οδηγήσει σε ανισορροπία στην άρθρωση και δημιουργία άλγους, καθέξιν εξάρθρημάτων και αρθρίτιδας με την πάροδο του χρόνου. Συνεπώς η επιλογή μεταξύ ισομετρικής-ανατομικής τοποθέτησης του μοσχεύματος και του σημείου σταθεροποίησης του στο μηριαίο οστό αποτελούν θέμα συζήτησης σε έναν νέο αναπτυσσόμενο ασθενή.

Οι Nelitz et al [68] διεξήγαγαν μια ακτινολογική μελέτη σε 27 παιδιά (μέση ηλικία 14.3 ετών) και έδειξαν ότι το σημείο εισόδου του MPFL στο μηριαίο οστό ήταν περίπου 6mm (2.9-8.5mm) περιφερικά της επίφυσης. Σε μία άλλη μελέτη οι Shea et al [69] μελέτησαν 6 πτωματικά γόνατα παιδιών (ηλικίας 1 μηνών-11 ετών) και έδειξαν ότι το σημείο εισόδου του MPFL στο μηριαίο οστό

ήταν περιφερικά της επίφυσης σε μικρότερη ηλικία αλλά πάνω σε αυτήν στην ηλικία των δέκα ετών. Συνεπώς η τοποθέτηση του μοσχεύματος πρέπει να γίνεται περιφερικά της επίφυσης σε νεότερους ασθενείς, όταν χρησιμοποιείται η ενδο-οστική τεχνική τοποθέτησης του μοσχεύματος και πάντα με τη χρήση C-arm [71, 72, 73, 74, 75, 76, 77]. Από την άλλη η έξω-οστική τεχνική δίνει τη δυνατότητα μη παρέμβασης στο αναπτυσσόμενο οστό [70], χρησιμοποιώντας μοσχεύματα δομών που είναι ήδη συνδεδεμένα με το μηριαίο οστό, όπως τον περιφερικό τένοντα του μείζονα προσαγωγού μυός ή του έσω πλαγίου συνδέσμου. Το μειονέκτημα φυσικά είναι η μη ανατομική και ίσως μη ισομετρική τοποθέτηση του μοσχεύματος. Οι Parikh et al [75] εντόπισαν 38 επιπλοκές σε 179 γόνατα με αποκατάσταση του MPFL (16.2%), με μέση ηλικία 14.5 έτη, μεταξύ των οποίων ήταν καθέξιν εξάρθρηματα, δυσκαμψία με έλλειμμα κάμψης, κατάγματα επιγονατίδας, άλγος και αρθρίτιδα της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης.

Τα μοσχεύματα που χρησιμοποιούνται είναι μονής ή διπλής δεσμίδας (single-double band) και αυτόλογα ή συνθετικά [94, 95, 96, 97], ενώ δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη τεχνική σαν gold standard. Τα αποτελέσματα μελετών για την ανακατασκευή του MPFL είναι γενικώς ικανοποιητικά, όσον αφορά τη σταθερότητα και τη λειτουργικότητα. Οι Shah et al [98] σε μια ανασκόπηση έδειξαν ότι το ποσοστό επιπλοκών ήταν 26.1%, με κύρια επιπλοκή την δυσκαμψία. Οι Enderlein et al [99] σε μια μελέτη 240 ασθενών έδειξαν ότι το 30% αυτών εμφάνιζε άλγος στον έσω επικόνδυλο και το 43% αυτών είχε ακόμα επεισόδια αστάθειας.

Βασικός παράγοντας επιτυχίας των επεμβάσεων αυτών είναι η ύπαρξη ή μη δυσπλαστικής τροχιλίας. Οι Wagner et al [100] και Hopper et al [101], έδειξαν ότι σε ασθενείς με δυσπλαστική τροχιλία, η ανακατασκευή του MPFL δεν επέφερε σημαντική βελτίωση. Από την άλλη οι Howell et al [31] ανέφεραν εξαιρετικά αποτελέσματα σε 219 γόνατα, αποκλείοντας από τη μελέτη ασθενείς με δυσπλαστική τροχιλία και υψηλή επιγονατίδα. Τέλος οι Kita et al [102] έδειξαν ότι η τροχιλιακή δυσπλασία αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα αστάθειας μετά από χειρουργική αποκατάσταση του MPFL.

Όσον αφορά την χειρουργική αποκατάσταση του έσω καθεκτικού, πολλές τεχνικές έχουν περιγραφεί (reefing, augmentation, thermal shrinkage, plication, plasty). Η λογική τους είναι η αύξηση της τάσης-ενίσχυση των έσω δομών της επιγονατίδας. Οι Lee et al [103] ανέφεραν καλά μακροχρόνια αποτελέσματα σε ασθενείς που υπεβλήθησαν σε ενίσχυση των έσω δομών σε συνδυασμό με χαλάρωση των έξω δομών, με ποσοστά επανεμφάνισης της αστάθειας 10%, αποκλείοντας ασθενείς με προδιαθεσικούς για αστάθεια παράγοντες. Από την άλλη τρεις τυχαιοποιημένες μελέτες [26, 104, 105] δεν έδειξαν κάποια υπεροχή αυτής της τεχνικής σε σχέση με ασθενείς που αντιμετωπίστηκαν συντηρητικά. Σε μία συστηματική ανασκόπηση των Song et al [106], φάνηκε ότι η ενίσχυση

των έσω δομών επέφερε ισότιμα αποτελέσματα με την χειρουργική αποκατάσταση του MPFL, ως προς τα ποσοστά επανεμφάνισης της αστάθειας και το Kujala score, σε ασθενείς χωρίς προδιαθεσικούς παράγοντες. Τέλος πολλές μελέτες έδειξαν ότι η αποκατάσταση των έσω δομών σαν μεμονωμένη τεχνική δεν αποφέρει πάντα καλά αποτελέσματα και δεν συνίσταται. Για παράδειγμα οι Palmu et al [104] σε μία τυχαιοποιημένη μελέτη σε 36 ασθενείς έδειξαν ένα ποσοστό επανεμφάνισης της αστάθειας περί το 71%, ενώ οι Ma et al [107] ποσοστό 30%. Οι Hartmann et al [108] ανέφεραν καλύτερα αποτελέσματα σε 33 ασθενείς, με ποσοστά επανεμφάνισης της αστάθειας περί το 12%.

Οι Edmonds και Glase et al [109] σε μία εμβιομηχανική μελέτη, συνέκριναν την αποκατάσταση-ενίσχυση των έσω δομών της επιγονατίδας με αυτή του MPFL, ως προς τις δυνάμεις που ασκούνται στη άρθρωση κατά την κίνηση και έδειξαν ότι η αποκατάσταση των έσω δομών προκάλεσε αύξηση στις δυνάμεις και απέτυχε να επαναφέρει την φυσιολογική κίνηση στην άρθρωση, σε αντίθεση με τον MPFL.

Η χαλάρωση των έξω δομών της επιγονατίδας δε συνίσταται ποτέ σαν μεμονωμένη τεχνική παρά μόνο σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές ενίσχυσης των έσω δομών [110, 111].

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η αποκατάσταση των έσω δομών της επιγονατίδας, κυρίως του έσω καθεκτικού, φέρουν καλά αποτελέσματα, όχι όμως σαν μεμονωμένη θεραπεία, αλλά σε συνδυασμό με την αποκατάσταση των βασικών σταθεροποιητών (MPFL).

Σημαντική θέση στην σταθερότητα της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης έχουν και οι στατικοί και ενεργητικοί σταθεροποιητές. Η επαφή των οστικών δομών κυρίως μετά τις 20°-30° κάμψης του γόνατος, αποτελεί το βασικό παράγοντα σταθερότητας. Αυτή επιτυγχάνεται μέσω:

- Μίας ανατομικά ορθής τροχλιακής εντομής (Απουσία δυσπλαστικής τροχιλίας).
- Του σωστού ύψους της επιγονατίδας (Απουσία υψηλής θέσης επιγονατίδας).
- Της σωστής θέσης καταφύσεως του επιγονατιδικού τένοντα (Απουσία μεγάλης αποστάσεως TT-TG).
- Της σωστής γωνίας Q του τετρακέφαλου μυός (Ο τετρακέφαλος αποτελεί ενεργητικό παράγοντα σταθερότητας).

- Ενός σωστού-ισορροπημένου μυϊκού συστήματος (τετρακέφαλος μυς και κυρίως έσω πλατύς μυς, μύες του ισχίου-ενεργητικοί παράγοντες σταθερότητας).
- Της σωστής ανατομίας της επιγονατίδας (Απουσία αυξημένης κλίσης της επιγονατίδας).
- Ενός ανατομικά ορθού κάτω σκέλους (Απουσία αυξημένου anteversion του μηριαίου οστού ή αυξημένης έξω στροφής της κνήμης).

Όσον αφορά τις επεμβάσεις κινητοποίησης του κνημιαίου κυρτώματος (προς τα έσω, προς την περιφέρεια), οι χειρουργοί πρέπει και εδώ να λάβουν υπόψη τον αναπτυσσόμενο σκελετό. Ο Harrison [61] έδειξε ότι είναι ασφαλές να εκτελεστεί μία τέτοια επέμβαση μετά την ηλικία των 13 ετών, ενώ οι Crosby και Insall et al [60], έδειξαν το ίδιο (ηλικία >14 έτη), σε δείγμα περισσότερων ασθενών. Η επεμβάσεις αυτές σε μικρότερες ηλικίες οδηγούσαν σε παραμόρφωση του άκρου (recurvatum deformity) σε κάποιους ασθενείς. Το αποτέλεσμα των επεμβάσεων αυτών είναι η μείωση της TT-TG αποστάσεως και η εξομάλυνση της στροφικής γωνίας του κνημιαίου κυρτώματος (Tibial Tubercle Rotational Angle). Πολλές μελέτες έχουν γίνει με σκοπό την μελέτη των μακροχρόνιων αποτελεσμάτων αυτών των παρεμβάσεων. Γενικά τα αποτελέσματα ως προς την σταθερότητα και το λειτουργικό αποτέλεσμα είναι καλά, αλλά σε μακροχρόνια βάση παρατηρούνται αυξημένα ποσοστά άλγους και αρθρίτιδας της επιγνατιδομηριαίας άρθρωσης (>50%) και αρκετοί ασθενείς συνεχίζουν να παρουσιάζουν αστάθεια [112, 113, 114].

Οι Payne et al [115] σε μια συστηματική ανασκόπηση 19 μελετών σχετιζόμενες με την οστεοτομία και κινητοποίηση του κνημιαίου κυρτώματος, ανέφεραν ποσοστό επιπλοκών περί το 4,6%. Η πιο σημαντική επιπλοκή ήταν το non-union. Επίσης οι Tecklemburg et al και Koeter et al ανέφεραν πολύ καλά αποτελέσματα [116, 117]. Είναι γενικά αποδεκτό ότι σε περιπτώσεις υψηλής TT-TG αποστάσεως (>20mm) προτείνεται η μεταφορά του κνημιαίου κυρτώματος προς τα έσω (medialization), εκτός και αν συνυπάρχει δυσπλαστική τροχιλία, οπότε τότε απαιτείται η διόρθωση αυτής της ανατομικής παραλλαγής πρώτα.

Σε περιπτώσεις ασθενών με υψηλή επιγονατίδα η μετακίνηση του κνημιαίου κυρτώματος περιφερικότερα αποτελεί την κύρια επιλογή. Σε μια συστηματική ανασκόπηση από τους Magnussen et al [118] σε ασθενείς με αστάθεια επιγονατίδας και υψηλή επιγονατίδα, τα αποτελέσματα αυτών των επεμβάσεων ήταν πολύ καλά. Σε άλλες μελέτες από τους Benoit et al, Marteau et al και Mayer et al [119, 120, 121], τα αποτελέσματα ήταν επίσης ικανοποιητικά. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί για την αποφυγή υπερδιόρθωσης που θα οδηγούσε σε χαμηλή θέση της επιγονατίδας (patella baja) και συνεπώς άλγος.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η ανακατασκευή του έσω επιγονατιδομηριαίου συνδέσμου (MPFL), μειώνει παράλληλα και το ύψος της επιγονατίδας, βάση μίας μελέτης των Fabricant et al [122], που σημαίνει ότι σε περιπτώσεις μικρού βαθμού υψηλής επιγονατίδας, δεν κρίνονται απαραίτητες επεμβάσεις μετακίνησης του κνημιαίου κυρτώματος. Συνεπώς παράλληλη επιδιόρθωση του MPFL και μετακίνηση του κυρτώματος περιφερικά, μπορεί να οδηγήσει σε υπερδιόρθωση και προβλήματα με την πάροδο του χρόνου.

Η δυσπλαστική τροχλία αποτελεί βασικότατο παράγοντα αστάθειας της επιγονατίδας, με την τροχλιοπλαστική (deepening trocleoplasty) να αποτελεί τη μέθοδο εκλογής για την αποκατάστασή της. Κατά τη διάρκεια της επέμβασης η νέα εντομή μπορεί να τοποθετηθεί λίγο πιο έσω, μειώνοντας παράλληλα την TT-TG απόσταση [47, 123]. Επίσης πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι η παράλληλη αποκατάσταση του MPFL επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα [124, 125]. Η τροχλιοπλαστική επιφέρει γενικά πολύ καλά αποτελέσματα [126, 127, 128], χωρίς βέβαια να στερείται επιπλοκών όπως η εμφάνιση αρθρίτιδας. Οι Rouanet et al [129], σε μία μελέτη σε ασθενείς με τροχλιοπλαστική, έδειξαν ότι 53% των ασθενών εμφάνιζε άλγος μετά την επέμβαση και σε 20/34 περιπτώσεις βρέθηκαν ακτινολογικά σημεία οστεοαρθρίτιδας. Σε περιπτώσεις ασθενών με ανατομική δυσπλασία της επιγονατίδας θα πρέπει να τελείται παράλληλα και διορθωτική οστεοτομία αυτής [130].

Όσον αφορά τις στρωφικές παραμορφώσεις, όπως το αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού, μέθοδοι όπως η διορθωτική περιφερική οστεοτομία του μηριαίου οστού (derotational distal external femoral osteotomy) σε συνδυασμό με οστεοτομίες της κνήμης επιφέρουν καλά αποτελέσματα βάση μελετών [131, 132, 133].

Η συγκεκριμένη ανατομική και εμβιομηχανική μελέτη προσπάθησε να ποσοτικοποιήσει τη συμβολή του έσω καθεκτικού συνδέσμου στην σταθερότητα της επιγονατίδας. Λίγες παρόμοιες εμβιομηχανικές μελέτες υπάρχουν στην βιβλιογραφία [6, 7, 134] τα αποτελέσματα των οποίων έδειξαν ότι η διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου μείωσε την δύναμη παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω κατά 34%, σε γόνατα σε έκταση. Αυτό δεν ίσχυε για γωνίες κάμψης $>30^{\circ}$ - 45° , πράγμα το οποίο συμφωνεί και με τη μελέτη των Heegaard et al [135]. Από την άλλη οι μελέτες αυτές έδειξαν ότι η συμβολή του τετρακέφαλου ήταν καθολική σε όλες τις γωνίες κάμψης του γόνατος και ότι η ενίσχυση του έσω πλατέος μυός (VMO), αύξανε την σταθερότητα, έναντι της προς τα έξω παρεκτόπισης της επιγονατίδας.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σε πλήρη συμφωνία με τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα, αν και περιορισμένα. Παρόλα αυτά, η in vitro αυτή μελέτη έχει από τη φύση της κάποιες αδυναμίες. Η βασικότερη όλων

είναι η χρήση των πτωματικών υλικών. Η φυσιολογική λειτουργία της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης κατά την κάμψη στηρίζεται στην πολύπλοκη αλληλεπίδραση των μαλακών μορίων και της γεωμετρίας των οστικών δομών. Συνεπώς οι δυνάμεις που συμβάλλουν στην σταθερότητα της επιγονατίδας από τα γύρω μαλακά μόρια, όπως πχ το δέρμα δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν υπόψη, καθότι έπρεπε να γίνει χειρουργική αποκάλυψη των έσω δομών. Επίσης η συμβολή των διαφόρων μυϊκών ομάδων, όπως του τετρακέφαλου διαφέρει μεταξύ ζώντος περιπατητικού ασθενούς και ενός πτωματικού άκρου. Πρώτη βασική διαφορά είναι ότι οι δυνάμεις που ασκούν η κάθε μοίρα του τετρακέφαλου μυός διαφέρουν. Από την άλλη βέβαια η δύναμη που ασκείται στην επιγονατίδα μέσω του μυός είναι ενιαία μέσω του τένοντά του. Δεύτερη διαφορά αποτελεί το γεγονός ότι *in vitro* ήταν αδύνατον να ασκηθούν οι δυνάμεις που φυσιολογικά ασκεί ο τετρακέφαλος σε ζώντα περιπατητικό γόνατο, οι οποίες μπορεί να φτάνουν έως και $>700\text{N}$ [7], λόγω της απόσχισης των ραμμάτων από τις ίνες του τετρακέφαλου. Βέβαια σε μελέτες που έγιναν με μεγαλύτερες δυνάμεις (175, 350N) [7] δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα, τα οποία συμφωνούν με αυτά της παρούσας μελέτης. Οι δυνάμεις σταθεροποίησης από δομές όπως η λαγονοκνημιαία ταινία και ο μείζων προσαγωγός, δεν μπορούσαν να εκτιμηθούν επίσης, αλλά θεωρήθηκαν δευτερεύουσας σημασίας καθώς θα δρούσαν σε συνδυασμό με τις ήδη ασκούμενες δυνάμεις από τον τετρακέφαλο.

Παρά την ύπαρξη αυτών των αδυναμιών, η συγκεκριμένη μελέτη ανέδειξε την αλλαγή που υφίσταται η δύναμη παρεκτόπισης της επιγονατίδας προς τα έξω, μετά τη διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου και επιβεβαίωσε τις ανατομικές παρατηρήσεις πάνω στις έσω δομές της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης. Τα αποτελέσματα της είναι σε συμφωνία με την υπάρχουσα βιβλιογραφία [6, 7] κάνοντας σαφές ότι οποιαδήποτε χειρουργική παρέμβαση επιδιόρθωσης-ενίσχυσης του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας, πάντα σε συνδυασμό με χειρουργική αποκατάσταση του MPFL και πιθανών ανατομικών παραλλαγών (δυσπλαστική τροχιλία, υψηλή επιγονατίδα, αυξημένη TT-TG απόσταση), προσφέρει υψηλά ποσοστά σταθερότητας σε ασθενής με αστάθεια της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης και μειώνει τον κίνδυνο επανεμφάνισης αυτής.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά το γεγονός ότι ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (MPFL) αποτελεί τον κύριο παράγοντα σταθεροποίησης της επιγονατιδομηριαίας άρθρωσης και οι κύρια αντιμετώπιση αστάθειας αυτής είναι η ανακατασκευή της συγκεκριμένης δομής, καθώς επίσης χειρουργικές τεχνικές ανακατασκευής των διαφόρων ανατομικών παραλλαγών που ίσως υπάρχουν, ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας αποτελεί μία δομή σημαντική για την σταθερότητα της επιγονατίδας, πράγμα το οποίο έχει αποδειχθεί με τα θετικά αποτελέσματα διαφόρων μελετών ανακατασκευής και ενίσχυσης αυτού. Με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ενισχύεται και επιβεβαιώνεται αυτή η άποψη. Συνεπώς η χρήση διαφόρων χειρουργικών τεχνικών αποκατάστασης και ενίσχυσης του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας, σε συνδυασμό συνήθως με χειρουργική αποκατάσταση των κυρίων σταθεροποιητών της άρθρωσης (MPFL), χαλάρωση των έξω σταθεροποιητικών δομών και πιθανώς, αν ενδείκνυται, ανατομικών τροποποιήσεων (τροχιλιοπλαστική), αποτελεί σημαντικό όπλο στην φαρέτρα των ορθοπεδικών χειρουργών, προσθέτοντας επιπλέον σταθερότητα στην άρθρωση και μειώνοντας τα επεισόδια καθέξιν εξάρθρημάτων. Το γεγονός ότι αυτές οι τεχνικές μπορούν να διενεργηθούν και αρθροσκοπικά, μειώνει τις επιπλοκές και το χειρουργικό στρες, πράγμα επιθυμητό στην σημερινή χειρουργική πρακτική.

Η επιβεβαίωση πειραματικά της συμβολής της αλληλεπίδρασης των οστών κατά την κάμψη του γόνατος, αποτελεί άλλον έναν σημαντικό παράγοντα που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τους χειρουργούς, καθώς μετά τις 20°-30° κάμψης του γόνατος η συμβολή των μαλακών μορίων στην άρθρωση μειώνεται σημαντικά. Οποιαδήποτε επέμβαση επιδιόρθωσης ή ενίσχυσης αυτών των δομών συμβάλλει στη σταθερότητα και μειώνει τις πιθανότητες καθέξιν εξάρθρημάτων σε γωνίες κάμψης έως 20°-30°. Από εκεί και πέρα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ανατομία και η διευθέτηση οποιασδήποτε ανατομικής παραλλαγής, με αποτέλεσμα να έχουμε ευνοϊκούς παράγοντες για την κίνηση της επιγονατίδας στην τροχιλία (patella tracking), σε όλο το εύρος της κίνησης του γόνατος.

12. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Εισαγωγή:

Το εξάρθρημα της επιγονατίδας αποτελεί ένα συχνό τραυματισμό στα παιδιά και τους έφηβους, κυρίως θήλεα, και χαρακτηρίζεται από την προς τα έξω παρεκτόπιση της επιγονατίδας, η οποία ακολουθείται συνήθως από αυτόματη ανάταξη. Το πρώτο επεισόδιο αντιμετωπίζεται συνήθως συντηρητικά, με κάποιες εξαιρέσεις όπως η ύπαρξη ελεύθερου σώματος στην άρθρωση, ενώ τα καθέξιν εξαρθήματα αντιμετωπίζονται χειρουργικά.

Κατά τη διάρκεια του εξαρθήματος, τα μαλακά μόρια που περιβάλλουν την επιγονατίδα τραυματίζονται. Οι βασικές αυτές δομές σταθεροποίησης είναι ο έσω επιγονατιδομηριαίος σύνδεσμος (MPFL), ο οποίος αποτελεί τον κύριο παράγοντα σταθερότητας, με συμβολή έως 50-60% στην σταθερότητα της επιγονατίδας, ενώ άλλοι λιγότερο σημαντικοί παράγοντες είναι ο έσω επιγονατιδομηνισκικός σύνδεσμος (MPML), με συμβολή έως 24% και ο έσω επιγονατιδοκνημιαίος σύνδεσμος (MPTL) με συμβολή έως 13%. Ο έσω πλατύς μυς (VMO) παίζει βασικό ρόλο στην σταθεροποίηση της επιγονατίδας, ενώ η συμβολή του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας (MR) υπολογίζεται περί το 13%.

Η συμβολή της αλληλεπίδρασης των οστών βρέθηκε ότι είναι πολύ σημαντική, κυρίως μετά τις 30° κάμψης του γόνατος, συνεπώς ανατομικές παραλλαγές, όπως η δυσπλαστική τροχιλία (trochlear dysplasia), η υψηλή θέση της επιγονατίδας (patella alta), η αυξημένη απόσταση κνημιαίου κυρτώματος-τροχιλιακής εντομής (TT-TG distance) και διάφορες στροφικές παραμορφώσεις (αυξημένο anteversion του μηριαίου οστού, αυξημένη έξω στροφή της κνήμης), προκαλούν αστάθεια στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση.

Σκοπός:

Να αναλύσουμε τον εμβιομηχανικό ρόλο του έσω καθεκτικού συνδέσμου της επιγονατίδας, στην σταθεροποίηση της στην άρθρωση του γόνατος και στην προστασία που προσφέρει όσον αφορά το εξάρθρημα της, σε διάφορες γωνίες λειτουργικής κάμψης του γόνατος.

Υλικό & Μέθοδοι:

Χρησιμοποιήθηκαν πενήντα πτώματικά γόνατα, χωρίς προηγούμενη γνωστή παθολογία ή ανατομική παραλλαγή, στα οποία μετά από χειρουργική παρασκευή, μετρήθηκε η δύναμη, μέσω ισχυρών ραμμάτων ethibond και χρήση ηλεκτρονικού δυναμομέτρου, που απαιτείται για την παρεκτόπιση της επιγονατίδας προς τα έξω κατά 5mm, σε διάφορες γωνίες κάμψης του γόνατος (0° - 45° - 90°), με τον έσω καθεκτικό σύνδεσμο ακέραιο και διατμημένο. Παράλληλα ασκούνταν δύναμη 24.51Newton στις 4 μοίρες του τετρακέφαλου μυός. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το Wilcoxon signed rank test (SPSS, version 24, Chicago-USA). P value<0,05 θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική.

Αποτέλεσμα:

Η δύναμη που παρεκτοπίζει την επιγονατίδα προς τα έξω, μειώνεται με τη διατομή του έσω καθεκτικού συνδέσμου, με το γόνατο σε 0° , 45° , 90° κάμψη ($p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$ αντίστοιχα). Επίσης παρατηρούμε ότι η δύναμη παρεκτόπισης αυξάνεται με τη κάμψη του γόνατος, με ακέραιο και μη ακέραιο έσω καθεκτικό σύνδεσμο ($p<0.001$).

Συμπεράσματα:

Ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας συμβάλλει στη σταθεροποίηση της στην άρθρωση, κυρίως με το γόνατο σε έκταση και λιγότερο σε κάμψη, οπότε εκεί προστίθενται και άλλοι παράγοντες σταθερότητας, όπως για παράδειγμα η επαφή της επιγονατίδας με την πρόσθια επιφάνεια του μηριαίου οστού. Άρα συμβάλλει στη σταθεροποίηση της επιγονατίδας και προλαμβάνει το εξάρθρημα της, όντας ακέραιος, κάνοντας σαφές ότι μέθοδοι ενίσχυσης του, σε συνδυασμό με την αποκατάσταση και των υπόλοιπων βασικών σταθεροποιητών της άρθρωσης (MPFL) ή/και τη διευθέτηση ανατομικών παραλλαγών (δυσπλαστική τροχιλία, υψηλή θέση επιγονατίδας, αυξημένη TT-TG απόσταση) προλαμβάνουν εξαρθήματα της σε διάφορες περιπτώσεις ασθενών.

13. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ

Title: Anatomic study and biomechanic analysis of the medial retinaculum of the knee and its relation to patella dislocation.

Author: Leonidas Mitrogiannis

Background:

Lateral patellar dislocation is a frequent injury in childhood and adolescence. During patella dislocation, soft-tissue structures, such as medial patellofemoral ligament (MPFL), medial patellomeniscal ligament (MPML), medial patellotibial ligament (MPTL) medial retinaculum (MR) and vastus medialis obliquus muscle fibers (VMO), are usually injured, leading usually to recurrent dislocations. The first dislocation is usually treated conservatively with some exceptions, such as the presence of osteochondral fragments. Recurrent and chronic dislocations are usually treated by medial structures repair.

Patello-femoral joint is a system of stabilising factors. The most important is MPFL contributing up to 50-60% to the stability of the patella. MPML contributes up to 24%, while MPTL and MR contribute up to 13%. As far as MR is concerned, a few cadaveric studies have been published, regarding its contribution to the stability of the patella and methods of surgical reinforcement of it, such as reefing, plasty, imbrication, plication, thermal shrinkage, arthroscopic or not.

Other important stabilising factors of the patella are the depth of the trochlear groove (trochlear dysplasia), the height of the patella (patella alta), TT-TG distance, Q-angle, the anteversion of the femur and the increased external rotation of the tibia.

Objectives:

To analyse the biomechanical role of medial retinaculum, as a stabilising factor against lateral patellar dislocation, for several flexion angles of the knee joint.

Study Design & Methods:

The patellae of fifty cadaveric knees were surgically exposed and the medial retinaculum of each one was located and marked. A stable 24,51N force was applied to the four parts of the quadriceps muscle and an increasing lateral displacing force was applied to the patella, using ethibond stich, up to 5mm dislocation. The study was repeated for 0°, 45°, 90° of knee flexion, with medial retinaculum intact and dissected. The lateral displacement force was measured using a dynamometer. Wilcoxon signed rank test was used for data analysis. A p value <0,05 was considered as statistical significant.

Results:

After the dissection of medial retinaculum, the lateral displacement force was lower in every angle of knee flexion ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$ respectively). The lateral displacement force increased as the flexion angle increased ($p < 0.001$), regardless of medial retinaculum integrity.

Conclusions:

Medial retinaculum acts as a stabilising factor to the patella, against its lateral dislocation in lower flexion angles. Therefore, methods of surgical reinforcement or repair of medial retinaculum, usually combined with other structures reinforcement of relaxation, could provide protection against recurrent patellar dislocation.

14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Colvin AC, West RV. Patellar instability. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:2751–2762.
2. Meyers AB, Laor T, Sharafinski M, et al. Imaging assessment of patellar instability and its treatment in children and adolescents. *Pediatr Radiol.* 2016;46(5):618–636. doi:10.1007/s00247-015-3520-8, indexed in Pubmed: 26860094.
3. Alaia MJ, Cohn RM, Strauss EJ. Patellar Instability. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases.* 2014;72(1):6-17.
4. Ebied AM, El-Kholy W. Reconstruction of the medial patello-femoral and patello-tibial ligaments for treatment of patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(5):926–932. doi:10.1007/s00167-011-1659-x, indexed in Pubmed: 21935619.
5. Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M, et al. Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(1):7–12. doi:10.1007/s00167-005-0631-z, indexed in Pubmed: 16001289.
6. Farahmand F, Tahmasbi MN, Amis AA. The contribution of the medial retinaculum and quadriceps muscles to patellar lateral stability—an in-vitro study. *Knee.* 2004;11(2):89-94.
7. Farahmand F, Tahmasbi MN, Amis AA. Lateral force—displacement behaviour of the human patella and its variation with knee flexion — a biomechanical study in vitro. *J Biomech.* 1998;31(12):1147-52.
8. Mitrogiannis L, Barbouti A, Kanavaros P, Paraskevas G, Kitsouli A, Mitrogiannis G, Kitsoulis P. Cadaveric-biomechanical study on medial retinaculum: its stabilising role for the patella against lateral dislocation. *Folia Morphol.* 2018;77(4):742–747. doi:10.5603/FM.a2018.0032.
9. Frosch S, Balcarek P, Walde TA, et al. The treatment of patellar dislocation: a systematic review. *Z Orthop Unfall.* 2011;149(6): 630–645. doi:10.1055/s-0030-1250691, indexed in Pubmed: 21544786.
10. Cerciello S, Lustig S, Costanzo G, et al. Medial retinaculum reefing for the treatment for patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(10):2505–2512, doi:10.1007/s00167-014-3171-6, indexed in Pubmed: 25059335.

11. Ma LF, Wang F, Chen BC, et al. Medial retinaculum plasty versus medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability in adults: a randomized controlled trial. *Arthroscopy*. 2013;29(5):891–897. doi:10.1016/j.arthro.2013.01.030, indexed in Pubmed: 23566568.
12. Shelbourne KD, Urch SE, Gray T. Results of medial retinacular imbrication in patients with unilateral patellar dislocation. *J Knee Surg*. 2012;25(5):391–396. doi:10.1055/s-0032-1313750, indexed in Pubmed: 23150348.
13. Zhao J, Huangfu X, He Y. The role of medial retinaculum plication versus medial patellofemoral ligament reconstruction in combined procedures for recurrent patellar instability in adults. *Am J Sports Med*. 2012;40(6):1355–1364. doi:10.1177/0363546512439193, indexed in Pubmed: 22437282.
14. Coons DA, Barber FA. Thermal medial retinaculum shrinkage and lateral release for the treatment of recurrent patellar instability. *Arthroscopy*. 2006;22(2):166–171. doi:10.1016/j.arthro.2005.08.043, indexed in Pubmed: 16458802.
15. Duchman KR, DeVries NA, McCarthy MA, et al. Biomechanical evaluation of medial patellofemoral ligament reconstruction. *Iowa Orthop J*. 2013;33:64–69, indexed in Pubmed: 24027463.
16. Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y, et al. Clinical results of isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Acta Orthop Belg*. 2006;72(1):65–71, indexed in Pubmed: 16570897.
17. Neri T, Philippot R, Carnesecchi O, et al. Medial patellofemoral ligament reconstruction: clinical and radiographic results in a series of 90 cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(1):65–69. doi:10.1016/j.otsr.2014.09.023, indexed in Pubmed: 25530480.
18. Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Hurschler C, et al. In vitro investigation of the effect of medial patellofemoral ligament reconstruction and medial tibial tuberosity transfer on lateral patellar stability. *Arthroscopy*. 2006;22(3):308–319. doi:10.1016/j.arthro.2005.09.024, indexed in Pubmed: 16517316.
19. Warren LF, Marshall JL. The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(1):56–62, indexed in Pubmed: 759437.

20. Zaffagnini S, Colle F, Lopomo N, et al. The influence of medial patellofemoral ligament on patellofemoral joint kinematics and patellar stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(9):2164–2171. doi:10.1007/s00167-012-2307-9, indexed in Pubmed: 23179455.
21. Rohen JW, Yokochi C, Lütjen-Drecoll E. *Anatomy, a photographic atlas* (8th edition). Germany: Schattauer GmbH and Wolters Kluwer. 2016;462-465.
22. Moore KL, Agur AMR, Dalley AF II. *Essential clinical anatomy* (4th edition). Germany: Schattauer GmbH and Wolters Kluwer. 2010;317-406.
23. Miller MD, Thompson SR, Hart JA. *Review of orthopaedics* (6th edition). Philadelphia: Elsevier. 2012;182-214.
24. Netter FH. *Ανατομία του ανθρώπου* (3η έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης. 2004;488-494.
25. LaPrade RF, Engelbretsen AH, Ly TV, et al. The anatomy of the medial part of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(9):2000-10.
26. Nikku R, Nietosvaara Y, Aalto K, et al. Operative treatment of primary patellar dislocation does not improve medium-term outcome: A 7-year follow-up report and risk analysis of 127 randomized patients. *Acta orthopaedica.* 2005;76:699-704.
27. Dejour H, Walch G, Neyret P, et al. Dysplasia of the femoral trochlea. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1990;76:45-54.
28. Tecklenburg K, Dejour D, Hoser C, et al. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:235-240.
29. Howells NR, Eldridge JD. Medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar instability in patients with hypermobility: A case control study. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94:1655-1659.
30. Steensen RN, Bentley JC, Trinh TQ, et al. The prevalence and combined prevalences of anatomic factors associated with recurrent patellar dislocation: A magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med.* 2015;43:921-927.
31. Lars Blønd. Patellar instability - An update. *Acta Orthop. Belg.* 2017;83: 367-386.

32. Insall J, Salvati E. Patella position in the normal knee joint. *Radiology*. 1971;101:101-104.
33. Caton J, Deschamps G, Chambat P, et al. Patella infera. Apropos of 128 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1982;68:317-325.
34. Biedert RM, Albrecht S. The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14:707-712.
35. Staheli LT. Torsion--treatment indications. *Clin Orthop Relat Res*. 1989; 247:61-66.
36. Bruce WD, Stevens PM. Surgical correction of miserable malalignment syndrome. *J Pediatr Orthop*. 2004;24:392- 396.
37. Parikh S, Noyes FR. Patellofemoral disorders: Role of computed tomography and magnetic resonance imaging in defining abnormal rotational lower limb alignment. *Sports Health*. 2011;3:158-169.
38. Goutallier D, Bernageau J, Lecudonnec B. The measurement of the tibial tuberosity. Patella groove distanced technique and results. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1978;64(5):423-8.
39. Carstensen SE, Menzer HM, Diduch DR. Patellar instability: When is trochleoplasty necessary?. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2017;25:92–99.
40. Clark D, Metcalfe A, Wogan C, et al. Adolescent patellar instability Current concepts review. *Bone Joint J*. 2017;99-B:159–60.
41. Gillespie H. Update on the management of patellar instability. *Curr Sports Med Rep*. 2012;11(5):226-31. doi: 10.1249/JSR.0b013e3182698931.
42. Dixit S, Deu RS. Nonoperative treatment of patellar instability. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2017;25:72–77.
43. Ahmad CS, McCarthy M, Gomez JA, et al. The moving patellar apprehension test for lateral patellar instability. *Am J Sports Med*. 2009;37:791–796.
44. Smith TO, Donnell ST, Clark A, et al. The development, validation and internal consistency of the Norwich Patellar Instability (NPI) score. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22:324-335.

45. Hiemstra L, Kerslake S, Lafave MR, et al. Initial validity and reliability of the banff patella instability instrument. *Am J Sports Med.* 2013;41:1629-1635.
46. Koh JL, Stewart C. Patellar instability. *Orthop Clin N Am.* 2015;46:147–157. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocl.2014.09.011>.
47. Buchner M, Baudendistel B, Sabo D, et al. Acute traumatic primary patellar dislocation: long-term results comparing conservative and surgical treatment. *Clin J Sport Med.* 2005;15:62–66.
48. Liu JN, Steinhaus ME, Kalbian IL, et al. A survey of the international patellofemoral study group. *Am J Sports Med.* 2018;46(13):3299-3306. doi: 10.1177/0363546517732045.
49. Lewallen L, McIntosh A, Dahm D. First-time patellofemoral dislocation: Risk factors for recurrent instability. *J Knee Surg.* 2015;28:303-309.
50. Lewallen LW, McIntosh AL, Dahm DL. Predictors of recurrent instability after acute patellofemoral dislocation in pediatric and adolescent patients. *Am J Sports Med.* 2013;41:575-581.
51. Jaquith BP, Parikh SN. Predictors of recurrent patellar instability in children and adolescents after first-time dislocation. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(7):484-490. doi: 10.1097/BPO.0000000000000674.
52. Nwachukwu BU, So C, Schairer WW, et al. Surgical versus conservative management of acute patellar dislocation in children and adolescents: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:760-767.
53. Appell HJ. Muscular atrophy following immobilisation. A review. *Sports Med.* 1990;10:42–58.
54. Maenpaa H, Lehto MU. Patellar dislocation. The long-term results of nonoperative management in 100 patients. *Am J Sports Med.* 1997;25:213-217.
55. Cowan SM, Bennell KL, Crossley KM, et al. Physical therapy alters recruitment of the vasti in patellofemoral pain syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(12):1879–85.
56. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW. Therapeutic patellar taping changes the timing of vasti muscle activation in people with patellofemoral pain syndrome. *Clin J Sport Med.* 2002;12(6):339–47.

57. Menetrey J, Putman S, Gard S. Return to sport after patellar dislocation or following surgery for patellofemoral instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2320–2326.
58. Respizzi S, Cavallin R. First patellar dislocation: from conservative treatment to return to sport. *Joints.* 2014;2:141–145.
59. Dejour H, Walch G. Pathologie Fémoro-Patellaire. *Journées Lyonnaises de Chirurgie du Genou.* Lyon: Sauramps Medical. 1987;25-33. (In French)
60. Crosby EB, Insall J. Recurrent dislocation of the patella. Relation of treatment to osteoarthritis. *J Bone Joint Surg [Am].* 1976;58-A:9–13.
61. Harrison MH. The results of a realignment operation for recurrent dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg [Br].* 1955;37-B:559–567.
62. Goldthwait JE. V. Permanent dislocation of the patella. The report of a case of twenty years' duration, successfully treated by transplantation of the patella Tendons with the tubercle of the tibia. *Ann Surg.* 1899;29:62–68.
63. Roux C. The classic. Recurrent dislocation of the patella: operative treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;144:4–8.
64. Sillanpää P, Mattila VM, Visuri T, et al. Ligament reconstruction versus distal realignment for patellar dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:1475–1484.
65. Malecki K, Fabis J, Flont P, et al. Preliminary results of two surgical techniques in the treatment of recurrent patellar dislocation : medial patellofemoral ligament reconstruction versus combined technique of vastus medialis advancement, capsular plasty and Roux-Goldthwait procedure in treatment of recurrent patellar dislocation. *Int Orthop.* 2016;40:1869–1874.
66. Lattermann C, Drake GN, Spellman J, et al. Lateral retinacular release for anterior knee pain: a systematic review of the literature. *J Knee Surg.* 2006;19:278– 284.
67. Arnbjörnsson A, Egund N, Rydning O, et al. The natural history of recurrent dislocation of the patella. Long-term results of conservative and operative treatment. *J Bone Joint Surg [Br].* 1992;74-B:140–142.
68. Nelitz M, Dornacher D, Dreyhaupt J, et al. The relation of the distal femoral physis and the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19:2067–2071.

69. Shea KG, Polousky JD, Jacobs JC Jr, et al. The patellar insertion of the medial patellofemoral ligament in children: a cadaveric study. *J Pediatr Orthop*. 2015;35:31–35.
70. Avikainen VJ, Nikku RK, Seppänen-Lehmonen TK. Adductor magnus tenodesis for patellar dislocation. Technique and preliminary results. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;297:12–16.
71. Bitar AC, Demange MK, D’Elia CO, et al. Traumatic patellar dislocation: nonoperative treatment compared with MPFL reconstruction using patellar tendon. *Am J Sports Med*. 2012;40:114–122.
72. Panagopoulos A, van Niekerk L, Triantafillopoulos IK. MPFL reconstruction for recurrent patella dislocation: a new surgical technique and review of the literature. *Int J Sports Med*. 2008;29:359–365.
73. Howells NR, Barnett AJ, Ahearn N, et al. Medial patellofemoral ligament reconstruction: a prospective outcome assessment of a large single centre series. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2012;94-B:1202–1208.
74. Ladenhauf HN, Berkes MB, Green DW. Medial patellofemoral ligament reconstruction using hamstring autograft in children and adolescents. *Arthrosc Tech*. 2013;2:151–154.
75. Parikh SN, Nathan ST, Wall EJ, et al. Complications of medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *Am J Sports Med*. 2013;41:1030–1038.
76. Nelitz M, Dreyhaupt J, Reichel H, et al. Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents with open growth plates: surgical technique and clinical outcome. *Am J Sports Med*. 2013;41:58–63.
77. Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, et al. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2007;35:801–804.
78. Nelitz M, Williams RS, Lippacher S, et al. Analysis of failure and clinical outcome after unsuccessful medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *Int Orthop*. 2014;38:2265–2272.
79. Barber FA, McGarry JE. Elmslie-Trillat procedure for the treatment of recurrent patellar instability. *Arthroscopy*. 2008;24(1):77–81.

80. Trillat A, Dejour H, Couette A. Diagnosis and treatment of recurrent dislocations of the patella. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1964;50:813-24.
81. Fulkerson JP. Anteromedialization of the tibial tuberosity for patellofemoral malalignment. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(177):176-81.
82. Zimmerer A, Sobau C, Balcarek P. Recent developments in evaluation and treatment of lateral patellar instability. *J Exp Orthop.* 2018;5(1):3. doi: 10.1186/s40634-017-0119-z.
83. Albee FH. The bone graft wedge in the treatment of habitual dislocation of the patella. *Med Rec.* 1915;88:257-9.
84. Metcalfe AJ, Clark D, Kemp M, et al. The Bristol experience of the Bereiter trochleoplasty: Indications and technique. *Oper Tech Sports Med.* 2015;23:123-128.
85. Neumann MV, Stalder M, Schuster a J. Reconstructive surgery for patellofemoral joint incongruency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(3):873-878. doi: 10.1007/s00167-014-3397-3. Epub 2014 Oct 31.
86. Ntagiopoulos PG, Dejour D. Current concepts on trochleoplasty procedures for the surgical treatment of trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2531-2539.
87. Asaeda M, Deie M, Fujita N, et al. Knee biomechanics during walking in recurrent lateral patellar dislocation are normalized by 1 year after medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(10):3254–3261. doi: <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4040-2>.
88. Krych AJ, O'Malley MP, Johnson NR, et al. Functional testing and return to sport following stabilization surgery for recurrent lateral patellar instability in competitive athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(3):711-718. doi: 10.1007/s00167-016-4409-2. Epub 2016 Dec 27.
89. Manske RC, Prohaska D. Rehabilitation following medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar instability. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(3):494–511.
90. Smith TO, Davies L, Chester R, et al. Clinical outcomes of rehabilitation for patients following lateral patellar dislocation: a systematic review. *Physiotherapy.* 2010;96(4):269–281. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.02.006>.

91. Zhao J, Huangfu X, He Y, et al. Recurrent patellar dislocation in adolescents: medial retinaculum plication versus vastus medialis plasty. *Am J Sports Med.* 2012;40(1):123–132. doi: 10.1177/0363546511420551, indexed in Pubmed: 21900625.
92. Camanho GL, Viegas A de C, Bitar AC, et al. Conservative versus surgical treatment for repair of the medial patellofemoral ligament in acute dislocations of the patella. *Arthroscopy.* 2009;25:620-625.
93. Smith TO, Song F, Donell ST, et al. Operative versus non-operative management of patellar dislocation. A meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19:988-998.
94. Schöttle PB, Fucentese SF, Romero J. Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13:516-521.
95. Sillanpää PJ, Mäenpää HM, Mattila VM, et al. A mini-invasive adductor magnus tendon transfer technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: a technical note. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17:508-512.
96. Steensen RN, Dopirak RM, Maurus PB. A simple technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft. *Arthroscopy.* 2005;21:365-370.
97. Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli GM, et al. Minimally invasive medial patellofemoral ligament reconstruction with fascia lata allograft: surgical technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;2(10): 2426-2430. doi: 10.1007/s00167-014-2940-6. Epub 2014 Mar 22.
98. Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, et al. A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2012;40:1916-1923.
99. Enderlein D, Nielsen T, Christiansen SE, et al. Clinical outcome after reconstruction of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2458-2464.
100. Wagner D, Pfalzer F, Hingelbaum S, et al. The influence of risk factors on clinical outcomes following anatomical medial patellofemoral ligament

- (MPFL) reconstruction using the gracilis tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21:318-324.
101. Hopper GP, Leach WJ, Rooney BP, et al. Does degree of trochlear dysplasia and position of femoral tunnel influence outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction? *Am J Sports Med.* 2014;42(3):716-722.
 102. Kita K, Tanaka Y, Toritsuka Y, et al. Factors affecting the outcome of double-bundle medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocations evaluated by multivariate analysis. *Am J Sports Med.* 2015;43(12):2988-96. doi: 10.1177/0363546515606102. Epub 2015 Oct 4.
 103. Lee JJ, Lee SJ, Won YG, et al. Lateral release and medial plication for recurrent patella dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20:2438-2444.
 104. Palmu S, Kallio PE, Donell ST, et al. Acute patellar dislocation in children and adolescents: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:463-470.
 105. Sillanpää PJ, Mäenpää HM, Mattila VM, et al. Arthroscopic surgery for primary traumatic patellar dislocation: a prospective, nonrandomized study comparing patients treated with and without acute arthroscopic stabilization with a median 7-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2008;36:2301-2309.
 106. Song JG, Kang SB, Oh SH, et al. Medial soft-tissue realignment versus medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation: Systematic review. *Arthroscopy.* 2015;32(3):507-516
 107. Ma LF, Wang CH, Chen BC, et al. Medial patellar retinaculum plasty versus medial capsule reefing for patellar dislocation in children and adolescents. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132:1773–1780.
 108. Hartmann F, Dietz SO, Rommens PM, et al. Long-term outcome after operative treatment of traumatic patellar dislocation in adolescents. *J Orthop Trauma.* 2014;28:173–180.
 109. Edmonds EW, Glaser DA. Adolescent patella instability extensor mechanics: Insall extensor realignment versus medial patellofemoral ligament reconstruction. *J Pediatr Orthop.* 2016;36:262–267.
 110. Christoforakis J, Bull a MJ, Strachan RK, et al. Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:273-277.

111. Lattermann C, Toth J, Bach Jr. BR, et al. The role of lateral retinacular release in the treatment of patellar instability. *Sports Med Arthrosc.* 2007;15:57-60.
112. Carney JR, Mologne TS, Muldoon M, et al. Long-term evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for patellar instability: a 26-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005;33:1220-1223.
113. Nakagawa K, Wada Y, Minamide M, et al. Deterioration of long-term clinical results after the Elmslie-Trillat procedure for dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84:861-864.
114. Naveed M, Ackroyd CE, Porteous J. Long-term (ten- to 15-year) outcome of arthroscopically assisted Elmslie-Trillat tibial tubercle osteotomy. *J Bone Joint Surg Br.* 2013;95-B:478-485.
115. Payne J, Rimmke N, Schmitt LC, et al. The incidence of complications of tibial tubercle osteotomy: A systematic review. *Arthroscopy.* 2015;31(9):1819-25. doi: 10.1016/j.arthro.2015.03.028. Epub 2015 May 13.
116. Tecklenburg K, Feller J, Whitehead TS, et al. Outcome of surgery for recurrent patellar dislocation based on the distance of the tibial tuberosity to the trochlear groove. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92:1376-1380.
117. Koëter S, Diks MJF, Anderson PG, et al. A modified tibial tubercle osteotomy for patellar maltracking: results at two years. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89:180-185.
118. Magnussen RA, De Simone V, Lustig S, et al. Treatment of patella alta in patients with episodic patellar dislocation: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2545-2550.
119. Benoit B, Laflamme GY, Laflamme GH, et al. Long-term outcome of surgically-treated habitual patellar dislocation in children with coexistent patella alta. Minimum follow-up of 11 years. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89:1172-1177.
120. Marteau E, Burdin P, Brilhault J-MM. Gracilis tendon transfer associated with distal alignment for patella alta with recurrent dislocations: an original surgical technique. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011;97:S5-S11.
121. Mayer C, Magnussen R, Servien E, et al. Patellar tendon tenodesis in association with tibial tubercle distalization for the treatment of episodic patellar dislocation with patella alta. *Am J Sports Med.* 2012;40:346-351.

122. Fabricant PD, Ladenhauf HN, Salvati EA, et al. Medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction improves radiographic measures of patella alta in children. *Knee*. 2014;21:1180-1184.
123. Ntagiopoulos PG, Byn P, Dejour D. Midterm results of comprehensive surgical reconstruction including sulcus-deepening trochleoplasty in recurrent patellar dislocations with high-grade trochlear dysplasia. *Am J Sports Med*. 2013;41:998-1004.
124. Banke IJ, Kohn LM, Meidinger G, et al. Combined trochleoplasty and MPFL reconstruction for treatment of chronic patellofemoral instability: a prospective minimum 2-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22:2591-2598.
125. Blønd L, Haugegaard M. Combined arthroscopic deepening trochleoplasty and reconstruction of the medial patellofemoral ligament for patients with recurrent patella dislocation and trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22:2484-2490.
126. Dejour D, Byn P, Ntagiopoulos PG. The Lyon's sulcus-deepening trochleoplasty in previous unsuccessful patellofemoral surgery. *Int Orthop*. 2013;37:433-439.
127. Donnell ST, Joseph G, Hing CB, et al. Modified Dejour trochleoplasty for severe dysplasia: operative technique and early clinical results. *Knee*. 2006;13:266-273.
128. von Knoch F, Böhm T, Bürgi ML, et al. Trochleaplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia. A 4- to 14-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88:1331-1335.
129. Rouanet T, Gougeon F, Fayard JM, et al. Sulcus deepening trochleoplasty for patellofemoral instability: A series of 34 cases after 15 years postoperative follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101:443-447.
130. Koch PP, Fuchs B, Meyer DC, et al. Closing wedge patellar osteotomy in combination with trochleoplasty. *Acta Orthop.Belg*. 2011;77:116-121.
131. Dickschas J, Harrer J, Reuter B, et al. Osteotomies of the femur. *J Orthop Res*. 2015;33(3):318-324. doi: 10.1002/jor.22758. Epub 2014 Nov 17.
132. Hinterwimmer S, Minzlaff P, Saier T, et al. Biplanar supracondylar femoral derotation osteotomy for patellofemoral malalignment: the anterior closed-wedge technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22:2518-2521.

133. Nelitz M, Dreyhaupt J, Williams SRM, et al. Combined supracondylar femoral derotation osteotomy and patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation and severe femoral anteversion syndrome: surgical technique and clinical outcome. *Int Orthop*. 2015;39(12):2355-62. doi: 10.1007/s00264-015-2859-7. Epub 2015 Jul 10.
134. Conlan T, Garth WP, Lemons JE. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(5):682-93.
135. Heegaard J, Leyvraz PF, van Kampen A, et al. Influence of soft structures on patellar three dimensional tracking. *Clin Orthop*. 1994;299:235-243.