



ATLAS ICONOGRAPHIQUE DE L'IMAGERIE DU GENOU

Dr. ALAMI BADREDDINE
Professeur Agrégé
Spécialiste en Radiologie
CHU Hassan II - Fès

Mémoire présenté par :
Docteur SEKKAT Asmae

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALITE EN MEDECINE

Option : Radiologie

Sous la direction du Professeur Alami Badreddine

Pr. Mustapha
Chef de Service de Radiologie
Hôpital des Spécialités
Fès

Session Septembre 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

**A notre maître, Professeur et Chef du service de
radiologie -Hôpital des spécialités-
Pr Mustapha Maaroufi**



J'ai eu la chance et le privilège de travailler sous votre direction, de profiter de votre savoir, vos compétences professionnelles incontestables ainsi que vos qualités humaines qui vous valent l'admiration et le respect.

Veuillez cher Maître, trouvez dans ce modeste travail l'expression de ma haute considération et mon profond respect pour avoir guider les premiers pas de ma carrière.

**A notre maître, Professeur et Chef du service de
radiologie -Hôpital mère-enfant-
Pr Meryem Boubbou**



Un grand merci pour tout le travail et le temps passé pour nous former.
Les conseils fructueux que vous m'avez prodigué ont été très précieux,
je vous en remercie.

Votre bonté, votre modestie, et votre compréhension surtout ne
peuvent que susciter ma grande estime et mon profond respect.
Veuillez trouver ici, l'assurance de ma reconnaissance et de ma
profonde admiration.

A notre maître, Professeur Moulay Youssef Alaoui Lamrani



Votre dévouement, votre écoute ainsi que vos qualités professionnelles ne peuvent que susciter mon estime et mon profond respect. Veuillez, Cher Maître, trouver dans ce modeste travail, l'expression de ma haute considération et mon profond respect.

A notre maître, Professeur Badr Eddine Alami



Votre compétence, votre dynamique, votre rigueur et vos qualités humaines et professionnelles ont suscité en moi une grande admiration et un profond respect.
Trouvez dans ce travail, l'expression de la haute considération et mon profond respect.

A notre maître, Professeur Nizar El Bouardi



Je vous remercie, vous qui nous avez tant appris. Votre modestie, votre bonté, votre écoute et vos qualités professionnelles mais aussi humaines ne peuvent que susciter mon estime et mon profond respect.

Veillez, Cher Maître, trouvez dans ce modeste travail, l'expression de ma haute considération et mon profond respect.

A notre maître, Professeur Amal Akammar



Votre bonté, votre écoute, ainsi que vos qualités professionnelles ne peuvent que susciter mon estime et mon profond respect.

Veillez trouver dans ce modeste travail, l'expression de ma haute considération

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : Introduction et terminologie.....	3
CHAPITRE 2 : Techniques d'imagerie	5
CHAPITRE 3 : Radioanatomie du genou	13
CHAPITRE 4 : Variantes de la normale, images pièges et découvertes fortuites	54
CHAPITRE 5 : Pathologie du genou	71
I. Contexte traumatique	72
II. Pathologie dégénérative	140
III. Instabilité fémoropatellaire	156
IV. Pathologie ischémique	171
V. Pathologie infectieuse et inflammatoire	189
VI. Pathologie synoviale et bursopathie	202
VII. Pathologie tendineuse	212
VIII. Pathologie tumorale et pseudo-tumorale	225
IX. Autres pathologies	275
X. Quelques particularités pédiatriques	288
XI. Imagerie post opératoire	310
CONCLUSION	376
REFERENCES	377

CHAPITRE I : INTRODUCTION

Le genou est l'articulation la plus explorée en imagerie. Elle représente la plus grosse articulation du corps, mais aussi une des plus complexes, ce qui fait d'elle une véritable merveille d'ingénierie anatomique et fonctionnelle. En effet, il s'agit d'une articulation portante, faite de deux articulations distinctes (fémoro-tibiale et fémoro-patellaire), réunies dans une même enveloppe capsulosynoviale, avec une multitude de structures responsable de sa stabilité et de son mouvement (ligaments, ménisques, tendons).

L'atteinte du genou est le plus souvent liée à l'activité sportive et, ainsi, peut être soit aiguë, ou le résultat de microtraumatismes chroniques à répétition. Par ailleurs, elle peut également être d'origine non traumatique, notamment dégénérative, tumorale, infectieuse, ou inflammatoire.

La pathologie du genou est un motif de consultation assez fréquent, intéressant les différentes tranches d'âge, et responsable d'invalidités assez importantes.

La gonalgie et l'instabilité sont les motifs de consultation les plus fréquents en dehors du contexte traumatique. Leurs étiologies sont multiples et variées, d'où l'intérêt d'une anamnèse et d'un examen clinique soigneux conduisant à des hypothèses diagnostiques pour ainsi choisir le moyen d'imagerie le plus adapté.

L'imagerie du genou est devenue une pièce maîtresse dans la compréhension, le diagnostic et le traitement des affections intéressant cette articulation. La radiographie standard reste toujours la technique d'imagerie de première intention compte tenu de sa disponibilité et rapidité, mais l'IRM est à considérer actuellement comme étant la méthode de référence pour l'exploration de l'articulation du genou. Avec son excellent contraste, et son exploration non invasive et atraumatique, elle représente un outil diagnostique inégalable en pathologie orthopédique, rhumatologique et oncologique. Le scanner est surtout réservé pour l'étude de l'os.

Un niveau de connaissances satisfaisant de radioanatomie, de techniques d'imagerie, et de pathologie est impératif pour le radiologue, permettant ainsi de donner de la valeur au bilan diagnostique.

Ainsi, devant la richesse des informations sur ce sujet, nous avons jugé nécessaire d'établir un recueil informatif mais aussi iconographique détaillé dédié à l'imagerie du genou, illustrant de manière visuelle les diverses pathologies du genou, mais rappelant aussi la radioanatomie et les variantes anatomiques pouvant influencer les diagnostics, et ceci, en utilisant les données de la littérature et l'expérience de notre service de radiologie du CHU Hassan II de Fès.

CHAPITRE II : TECHNIQUES D'IMAGERIE

1. La radiographie standard :

La radiographie standard est l'examen de première intention pour l'exploration du genou. Elle peut être considérée comme moyen d'orientation pour guider la prescription d'autres examens complémentaires, mais peut également être largement suffisante pour établir certains diagnostics.

La variété des pathologies et la difficulté de l'analyse radiographique explique les multiples incidences possibles pour étudier cette articulation, avec diminution de l'intérêt de certaines vu les avancées qu'on connait le scanner et l'IRM. Les principales incidences sont :

Incidence de face :

- En position debout, en charge, avec appui bipodal ou monopodal à chaque fois que l'état du patient le permet. On réalise une incidence antéro-postérieure avec membre inférieur en extension. La position debout uni ou bipodale est la seule position permettant l'étude des interlignes fémoro-tibiaux et la statique frontale en charge.
- En position couchée.

 **Incidence de Schuss** : Incidence de face bilatérale, en charge, avec flexion de 30°, avec rayon postéro-antérieur. Son principal intérêt est de détecter un pincement de l'interligne articulaire en cas d'arthrose débutante. Un pincement peut apparaître ou se majorer en schuss [7].

 **Incidence de profil** : Profil en décubitus latéral, sur le côté à examiner, avec genou en légère flexion, et membre inférieur controlatéral rapporté en avant. C'est une incidence pour étudier les interlignes fémoro-tibiale et fémoro-patellaire, apprécier la hauteur de la rotule et étudier la tension du tendon rotulien, rechercher une translation tibiale si atteinte du pivot central, et étudier les parties molles péri articulaires.

 **Autres profils** : profil externe en charge, décubitus dorsal avec rayon horizontal.

 **Incidence axiale fémoro-patellaire** : ou aussi appelé défilé fémoro-patellaire. Utile pour évaluer l'arthrose fémoro-patellaire. Se fait à 30°, 60°, ou 90°.

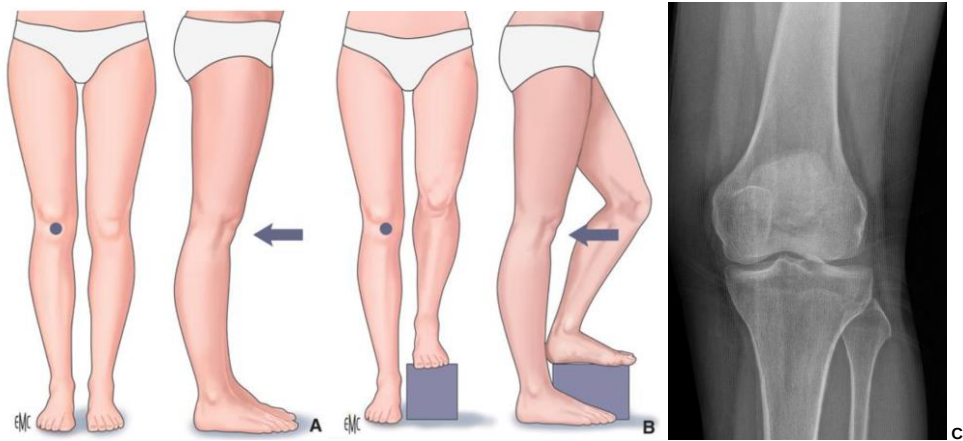
Incidences complémentaires :

- **Incidence ¾** : pour dégager les condyles opposés. Intérêt pour étudier les lésions de l'os sous chondral des condyles et pour localiser les corps étrangers articulaires.
- **Incidence d'échancrure inter condylienne** : explore la face postéro-inférieure des condyles (siège des ostéonécroses), leur face médiale profonde (siège des ostéochondrites) et l'espace inter condylien.

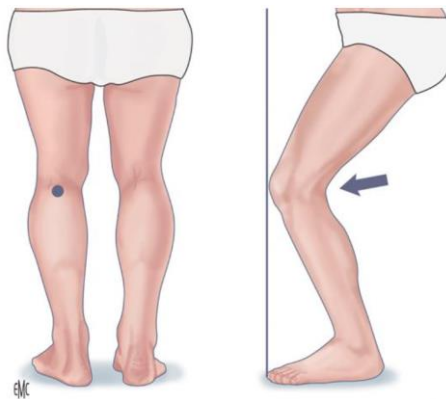
 **Clichés statiques quadriceps décontracté** [17] : étude de la morphologie trochléenne, position de la patella au repos, et étude de l'arthrose fémoro-patellaire latérale débutante.

 **Clichés dynamiques en position forcée** : recherche de lésions ligamentaires.

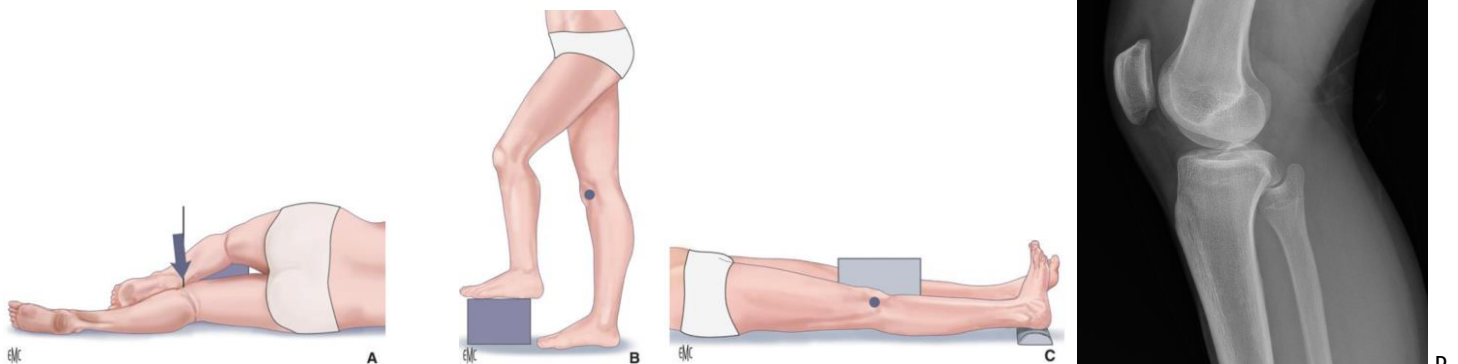
 **Gonométrie** : Radiographie de la hanche jusqu'à la cheville : étude des désaxations (genu varum, genu valgum). L'axe mécanique du fémur relie le centre de la tête fémorale au centre théorique du genou (projection sur la ligne bicondylienne du milieu du segment joignant les 2 épines tibiales). L'axe du tibia relie le centre du genou au centre de la cheville (milieu du segment inter malléolaire tangent au dôme du talus). Le tracé des axes permet de calculer l'angle de déviation angulaire globale.



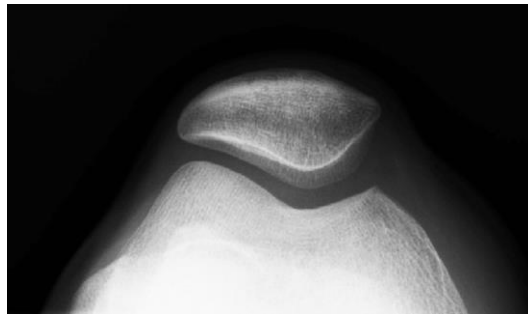
A. Incidence de face unilatérale antéro-postérieure, patient debout en appui bipodal.
 B. Incidence de face unilatérale antéro-postérieure, patient debout en appui monopodal.
 C. Radiographie du genou, incidence de face.



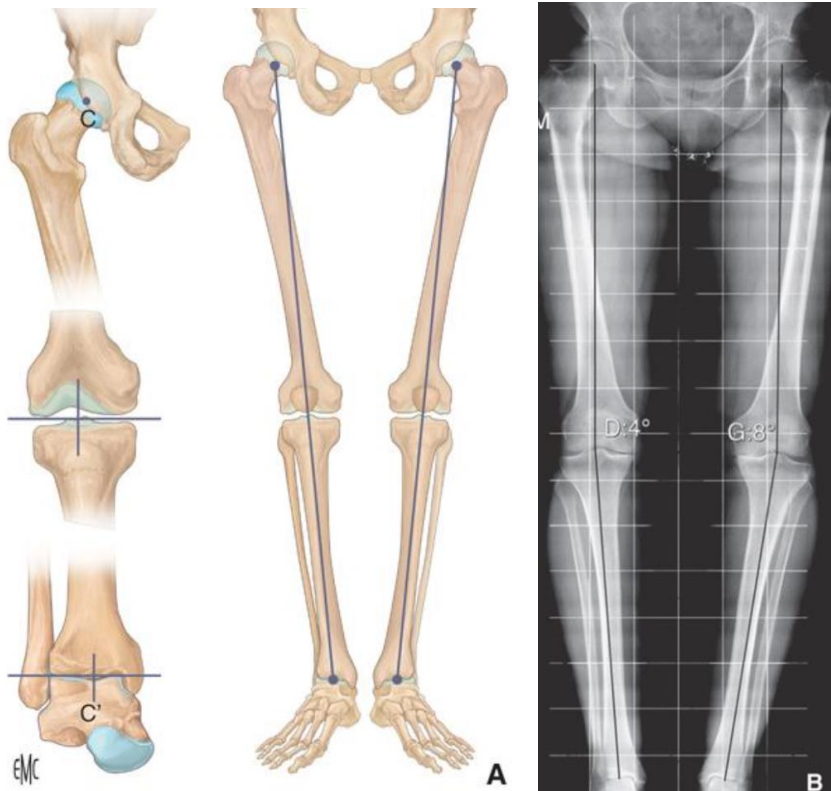
Incidence en « Schuss » : face unilatérale postéro-antérieure, genoux en flexion.



A. Profil externe couché en décubitus latéral. B. Profil externe en charge. C. Profil interne en décubitus dorsal, rayon horizontal.
 D. Radiographie du genou, incidence de profil.



[3] Incidence fémoro-patellaire



[17] A. Détermination des points sur la tête fémorale, le genou et la cheville. B. Exemple de gonométrie : genu varum de 4° à droite et de 8° à gauche.

2. L'arthrographie

Etait autrefois le pilier diagnostique radiologique pour rechercher une atteinte interne du genou. Elle est actuellement dépassée et supplantée par l'IRM.

3. L'échographie

a) Technique :

On utilise une sonde superficielle linéaire de haute fréquence. C'est un examen qui doit être réalisé de façon bilatérale et comparative, avec genou controlatéral comme référence.

b) Intérêt :

- ✓ Utile pour l'étude des structures superficielles du genou (ligaments collatéraux, tendons, rétinaculums ou ailerons patellaires, synoviale, bourse, cartilage patellaire, pédicule poplité, nerfs), mais ne permet pas l'étude de l'os, des ligaments du pivot central, du cartilage ou des ménisques (en dehors d'éventuels kystes méniscaux) [3].
- ✓ Etude de l'appareil extenseur (tendon quadricipital, tendon patellaire).
- ✓ Peut remplacer l'IRM si cette dernière n'est pas réalisable.
- ✓ Intérêt interventionnel : drainage des collections liquidiennes (poplitées ou kystes de Baker), guider l'aspiration ou l'injection intra articulaire.

c) Principales coupes :

Face antérieure du genou	Intérêt et anomalies à rechercher
- Coupes sagittales et axiales du tendon quadricipital et patellaire - Coupe ax de la trochlée - Coupe axiale des rétinaculums patellaires	- Signes de tendinopathie quadricipitale ou patellaire, de conflit ostéotendineux. - Masse ou signes inflammatoires du corps adipeux infrapatellaire. - Instabilité patellaire : anomalie de la trochlée fémorale et de son cartilage, épaissement ou rupture des rétinaculums patellaires. - Epanchement intra articulaire.
Face médiale du genou	Intérêt et anomalies à rechercher
- Coupe axiale et coronale du LCM - Coupe coronale du tendon réfléchi du muscle semi-membraneux. - Coupe coronale et axiale de l'insertion des tendons de la patte d'oie.	- Tendinopathie / ténosynovite du tendon réfléchi du muscle semi-membraneux. - Entorse du LCM (rupture, désinsertion). - Kyste méniscal - Epanchement intra articulaire.
Face latérale du genou	Intérêt et anomalies à rechercher
- Coupe coronale et axiale du tractus ilio-tibial - Coupe axiale du tendon poplité - Coupe coronale du LCL - Coupe coronale de l'insertion du tendon du muscle biceps fémoral	- Pathologie du tendon du biceps fémoral (enthésopathie, tendinopathie, désinsertion distale ou myotendineuse, bursite) - Entorse du LCL (rupture partielle ou totale) - Anomalies d'insertion du tractus ilio-tibial, syndrome de l'essuie-glace : conflit du tractus avec le condyle fémoral latéral. - Lésion ou compression du nerf fibulaire commun.
Face postérieure du genou	Intérêt et anomalies à rechercher
- Coupe sag de l'insertion des gastrocnémiens médial et latéral - Coupe axiale et sagittale du creux poplité - Coupe ax de l'échancrure intercondylienne	- Collections liquidiennes : kyste poplité, kyste synovial de l'échancrure, bursites - Tendinopathies des muscles gastrocnémiens, semi-tendineux, semi-membraneux, biceps fémoral - Anomalies et masses vasculaires (artérielle ou veineuse) et nerveuses - Ganglions et adénopathies

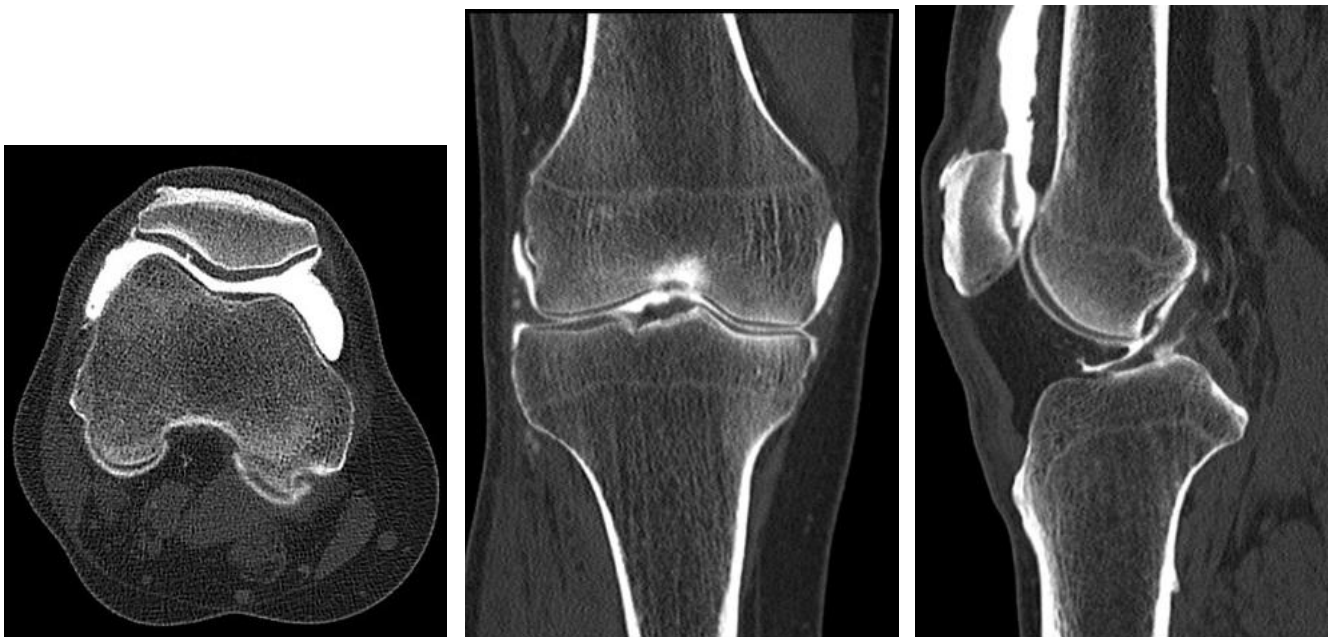
4. Le scanner

a) Intérêt :

- ✓ Principal intérêt : bilan osseux.
- ✓ Etude du genou dans un contexte post traumatique, essentiellement pour caractériser les fractures intra articulaires complexes, en particulier celles du plateau tibial.
- ✓ Etude de lésions ostéolytiques ou condensantes retrouvées sur une radiographie standard.
- ✓ Etude des pathologies dégénératives.
- ✓ Etude des dysplasies trochléennes.

b) Arthroscanner :

- ✓ Installation du patient en décubitus dorsal, avec quadriceps décontracté, genou en extension ou en discrète flexion (éventuellement utiliser une petite cale sous le genou), avec gros orteil au zénith.
- ✓ Accéder à l'articulation par une aiguille par voie latéro-rotulienne externe, après subluxation de la rotule vers l'extérieur (nous permettant d'accéder à l'interligne fémoro-patellaire).
- ✓ Position intra articulaire confirmée soit par aspiration de liquide articulaire, soit par une injection test de produit de contraste (diffusion à distance de l'aiguille).
- ✓ L'injection se fait sous scopie ou sous contrôle échographique, puis remplissage par environ 15-20 ml de PDCI.
- ✓ Réalisation du scanner après l'injection intra articulaire, avec réalisation de coupes fines millimétriques, puis de reconstructions multi planaires dans les différents plans de l'espace.
- ✓ Il s'agit d'un examen invasif et irradiant, dont les indications principales sont le bilan de chondropathies, d'ostéochondrite, ainsi que la recherche de corps étrangers intra articulaires.



Arthroscanner du genou, coupes axiale, coronale et sagittale.

5. L'IRM :

Peut être considérée actuellement comme étant la méthode la plus efficace pour l'exploration de l'articulation du genou [2].

a) Intérêt :

L'IRM permet une bonne étude des structures ligamentaires, tendineuses, méniscales et osseuses (corticale et médullaire).

L'étude en coupes axiales permet l'analyse fémoro-patellaire, de l'ensemble des ligaments, et des parties molles péri articulaires.

Les coupes sagittales permettent l'étude des ménisques et des ligaments croisés essentiellement.

Les séquences en coupes coronales sont complémentaires aux coupes sagittales, afin d'étudier les ménisques et le pivot central, et également pour analyser les ligaments collatéraux et les cartilages fémoro-tibiaux.

b) Technique :

Elle est idéalement réalisée à l'aide d'un aimant à haut champ de 1.5 ou 3 T. On utilise de façon indispensable une antenne type genou, pour obtenir une bonne résolution en contraste, ainsi qu'un bon rapport signal/bruit.

On positionne le patient en décubitus dorsal, avec les pieds introduits en premier dans l'appareil. Le genou à étudier est centré dans le champ, avec positionnement d'une antenne genou émettrice et réceptrice, en position neutre, en extension complète, et en rotation indifférente ou légèrement externe. Des éléments de maintien sont positionnés afin de limiter les artéfacts de mouvements.

L'exploration est systématiquement réalisée dans les 3 plans de l'espace [5], et plusieurs séquences peuvent être utilisées, les principes étant [2] :

	Séquences d'acquisition
Coupes sagittales (3 mm)	Echo de spin en pondération T1 Echo de spin rapide en DP +/- saturation du signal de la graisse Echo de spin rapide en pondération T2
Coupes coronales (2.5 mm)	Echo de spin rapide en DP Echo de spin rapide en DP avec saturation du signal de la graisse
Coupes axiales (2.5 – 2 mm)	Echo de spin rapide en DP et T2 Echo de spin rapide en DP avec saturation du signal de la graisse
Optionnel	Echo de gradient en pondération T2* Séquences injectées

Les séquences DP permettent une bonne analyse des ménisques, ligaments, du cartilage, de l'os médullaire, de la synoviale, et des parties molles péri-articulaires.

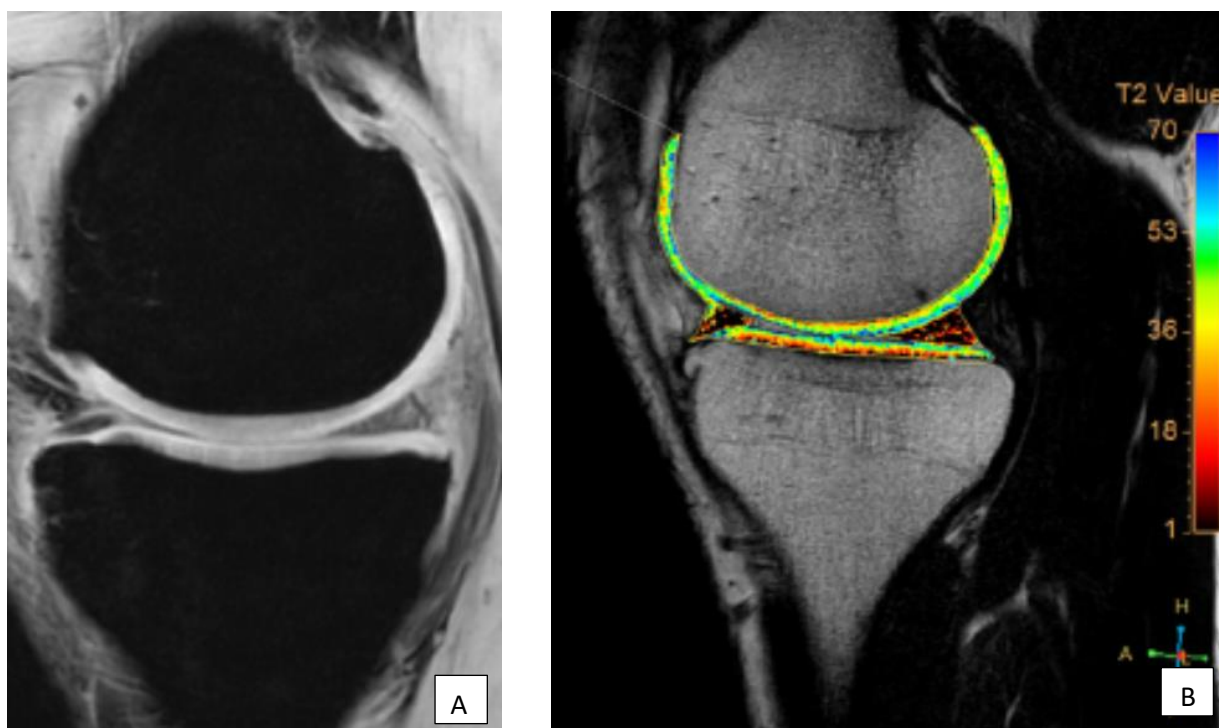
La séquence T1 sans saturation du signal de la graisse permet une analyse de l'os médullaire en particulier.

Les séquences en pondération T2 écho de gradient servent à révéler un contenu en hémossidérine dans certaines pathologies synoviales (synovite villonodulaire diffuse), ou tumorales (tumeur à cellules géantes).

Les séquences injectées ont un intérêt dans le cadre de pathologies inflammatoires, infectieuses ou tumorales.

L'injection intra articulaire de produit de contraste (arthro-IRM) peut être utile pour l'évaluation des ménisques opérés et des lésions ostéocondrales.

Pour l'évaluation cartilagineuse, il existe des séquences morphologiques spécifiques du cartilage, pour préciser la présence, la profondeur, l'étendue et le grade des lésions cartilagineuses [12]. Elles se basent sur des séquences dual ou multi-écho avec excitation sélective du signal de l'eau, permettant d'avoir un contraste optimisé pour le cartilage. D'autres séquences quantitatives (T2 Mapping, dGEMRIC, T1rho, Na imaging) permettent d'approcher même la composition du cartilage (contenu en glycosaminoglycanes et collagène), mais leur impact sur la prise en charge en comparaison avec les séquences conventionnelles reste débattu.



[12] Évaluation qualitative du cartilage par une séquence avec excitation sélective du signal de l'eau (A) et quantitative par T2 mapping (B).

CHAPITRE III :

RADIO-ANATOMIE DU GENOU

L'articulation du genou est une charnière simple, avec très peu de rotation au niveau de l'articulation au cours d'un mouvement physiologique normal.

1. Les structures osseuses :

L'articulation du genou est une articulation qui réunit les surfaces articulaires du fémur au tibia et à la patella. Elle est ainsi constituée de 2 articulations : fémoro-patellaire (articulation trochléenne) et fémoro-tibiale (articulation condylienne).

La surface articulaire de l'extrémité inférieure du fémur comporte en avant la trochlée, et en arrière les surfaces condyliennes, séparées par les rainures condylo-trochléennes [2]. Les condyles sont séparés par la fosse intercondylienne, qui devient en avant l'encoche intercondylaire dans laquelle passent les ligaments croisés [6].

La patella est un os de forme triangulaire ou sésamoïde. Sa surface postérieure est divisée en 2 ou 3 parties articulaires : une petite facette médiale, une grande facette latérale et une troisième facette inconstante à son extrémité médiale (facette odd).

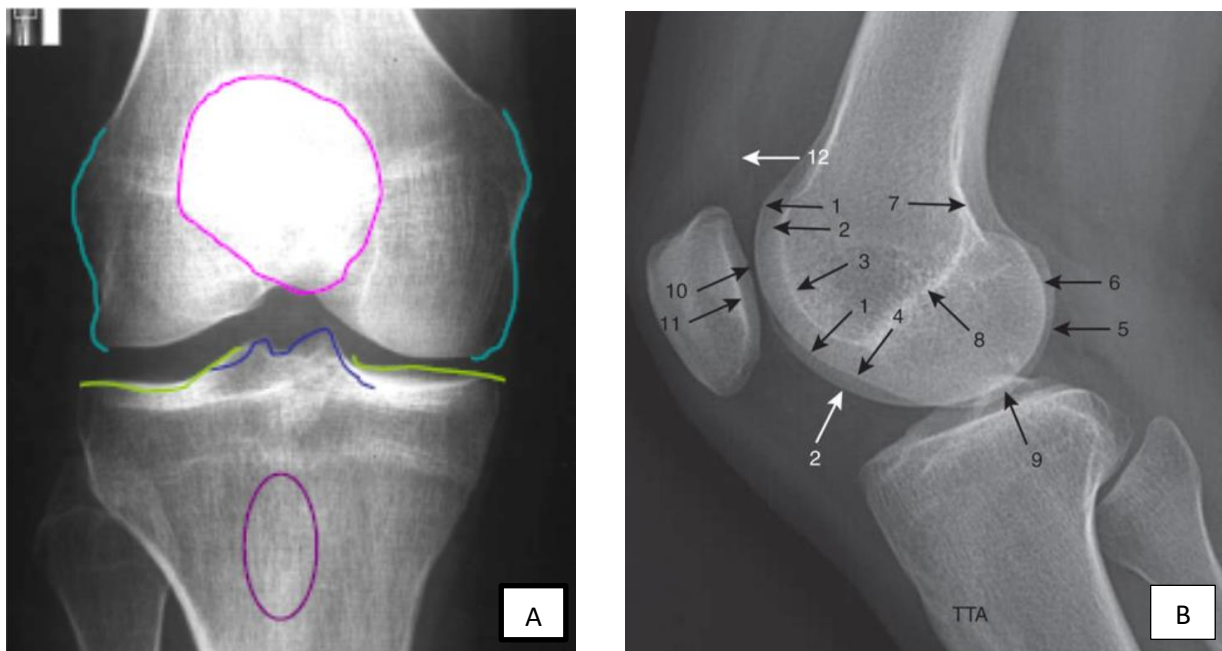
L'extrémité supérieure du tibia comporte les cavités glénoïdes qui s'articulent avec les surfaces condyliennes du fémur. La cavité glénoïde médiale est plus concave, plus longue et moins large que la latérale [2]. On peut donc différencier les coupes sagittales passant par les compartiments latéral et médial, et ceci par l'aspect convexe ou concave du plateau tibial correspondant. Les plateaux tibiaux sont séparés par les éminces inter condylaires médial et latérale, ou épines tibiales, qui donnent attache aux ligaments méniscaux.

L'os médullaire présente un signal très intense en écho de spin T1 et en DP, dû à son contenu graisseux. Son signal est intermédiaire à faible en T2 [2]. Au niveau métaphysaire, le contenu médullaire est également graisseux chez l'adulte, avec quelques variantes qu'on citera dans un chapitre consacré.

L'os cortical apparaît comme une structure linéaire en hyposignal.



Incidence de face en légère rotation interne. La patella est centrée mais les épines tibiales sont légèrement décalées par rapport à l'échancrure et le condyle latéral est discrètement déroulé (flèches).



Radiographie du genou :

- [3] (A) Incidence de face, en rotation nulle : Condyles (ligne bleue ciel), plateaux tibiaux (lignes vertes), épines tibiales (ligne bleue), tubérosité tibiale antérieure (ligne mauve), patella (ligne rose). Les épines tibiales se projettent à peu près symétriquement en-dessous de l'échancrure intercondylienne. La patella est fréquemment légèrement décalée en dehors.
- [17] (B) Incidence de profil, en légère flexion. 1. Bord antérieur de la berge latérale de la trochlée, 2. Bord antérieur de la berge médiale de la trochlée. 3. Gorge de la trochlée. 4. Encoche (rainure) condylo-trochléenne latérale 5. Condyle latéral 6. Condyle médial 7. Tubercule du grand adducteur (surplombe le condyle médial) 8. Bord antérieur de l'échancrure intercondylienne 9. Superposition des deux épines tibiales 10. Crête patellaire 11. Bord de la facette latérale de la patella 12. Synoviale de la base du CDS sous quadricipital.

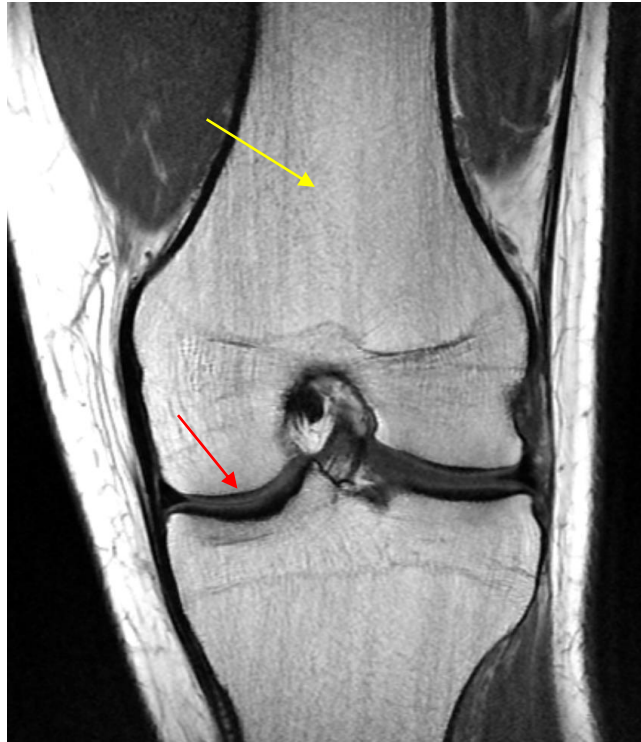
Reconnaître le condyle latéral :

- En avant, il se prolonge par la berge trochléenne latérale, plus saillante et montante plus haut que la médiale.
- C'est le condyle le plus postérieur si les condyles ne sont pas superposés.

Reconnaître le condyle médial :

- Il est surmonté par le tubercule du troisième adducteur.

[17] Critères de reconnaissance du condyle médial et latéral sur un cliché de profil.



IRM du genou, en coupe coronale, en séquence T1. L'os médullaire présente un signal hyper intense en T1 (contenu graisseux, flèche jaune). L'os cortical apparaît comme une structure linéaire en hyposignal (flèche rouge).

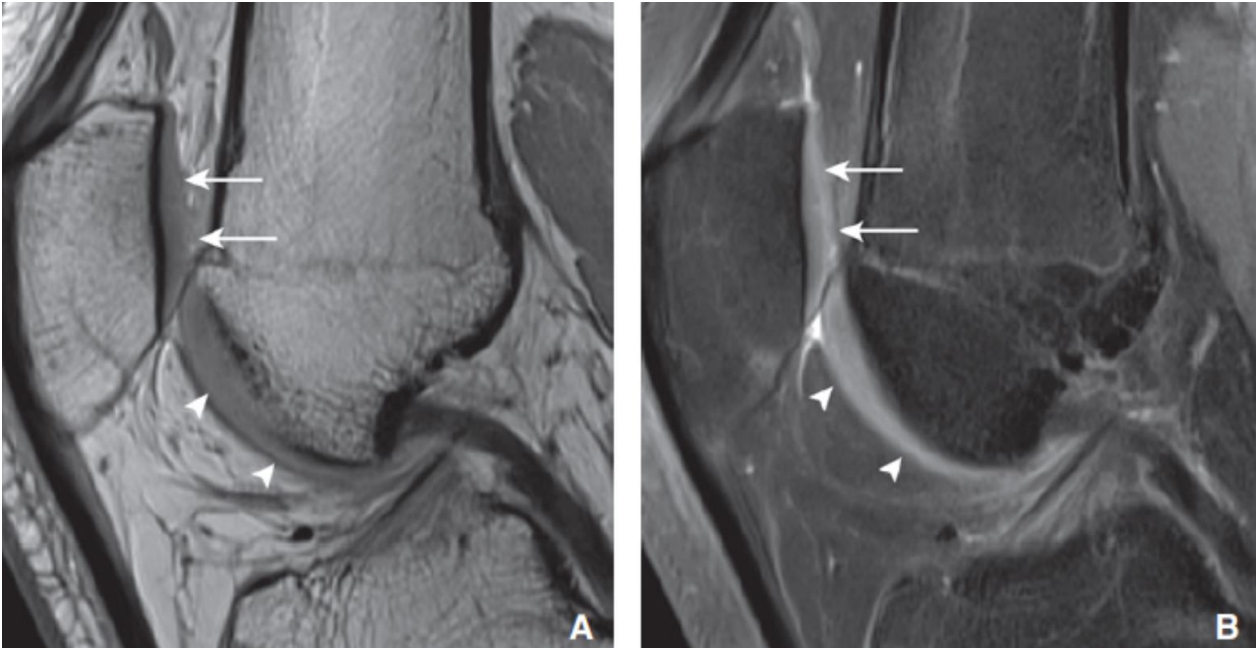
2. Le cartilage articulaire :

Les séquences les plus adaptées à l'étude du cartilage sont les séquences TSE pondérées DP, ou 3D TSE en saturation de graisse, et les séquences 3D EG de type DESS ou SPGR, en saturation de graisse.

Le cartilage fémorotibial apparaît sous forme d'une bande régulière et concentrique de 3-4 mm d'épaisseur recouvrant l'os sous-chondral. En DP, il est de signal intermédiaire homogène, situé entre celui de la moelle osseuse et celui des muscles. Sur les séquences T2, la présence de liquide intra articulaire, grâce à son effet arthrographique, permet une meilleure appréciation de l'état du contour du cartilage.

La surface articulaire de la patella est recouverte de cartilage hyalin de 5 à 6 mm d'épaisseur, faisant d'elle le cartilage le plus épais du corps humain. Il s'étend sur les $\frac{3}{4}$ supérieurs de la patella. L'analyse de ce cartilage peut être gênée par les artefacts de pulsations de l'artère poplitée, entraînant des images pièges (hétérogénéité de signal, irrégularité de contours) [2].

L'étude des cartilages de revêtement tibial et fémoral se fait essentiellement en coupes sagittales et frontales, celle de la patella en coupes axiales et sagittales.



Imagerie morphologique du cartilage fémoro–patellaire. Coupes sagittales (A, B) passant par le compartiment fémoropatellaire en DP (A) et DP FATSAT (B), démontrant le cartilage patellaire (flèches) et trochléen (têtes de flèches).

3. Les ligaments :

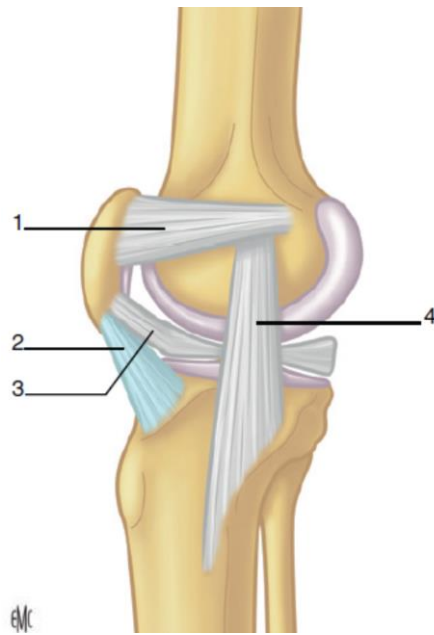
Les ligaments qui renforcent la capsule articulaire comportent des ligaments antérieurs, latéraux, médiaux, et postérieurs ou croisés (LCA et LCP).

On distingue également les points d'angles postéro–latéral (PAPL) et médial (PAPM), qui sont des entités fonctionnelles capitales de la stabilisation du genou, comme étant des zones de renforcement capsulaire par les structures tendino–ligamentaires [11].

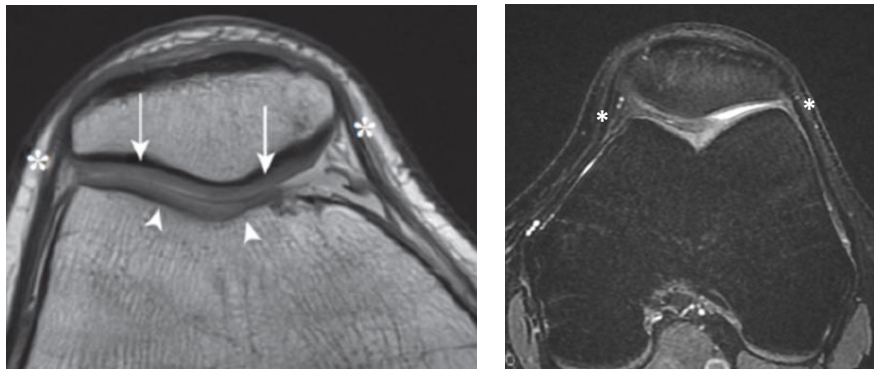
Ces structures présentent un hyposignal en IRM, et se distinguent aisément des tissus graisseux avoisinants [2].

Ligaments antérieurs :

- Rétinaculum (aileron) patellaire latéral : Il est constitué de deux chefs, superficiel et profond. Le LCL est en relation étroite avec l'aileron patellaire latéral.
- Rétinaculum (aileron) patellaire médial : également chefs superficiel et profond.
- Les rétinaculi patellaires sont bien visibles sur des coupes axiales, sous forme de bandes en hyposignal, prolongeant les bords de la patella.



[2] Le ligament fémoropatellaire médial (1) s'étend de la partie supérieure de la patella et s'insère entre l'épicondyle fémoral médial et le tubercule des adducteurs. Le ligament tibiopatellaire médial (2) s'étend en direction du tibia en dessous de l'interligne articulaire. Le ligament méniscopatellaire médial (3) s'étend de partie inférieure de la patella jusqu'à la région méniscocapsulaire. 4. Ligament collatéral médial.



Rétinaculi patellaires latéral et médial, sous forme de bandes hypointenses s'insérant sur les bords latéraux de la patella et des condyles fémoraux (astérisques). Cartilage patellaire (flèche), cartilage trochléaire (tête de flèche).

✚ Ligaments croisés :

- Il s'agit de ligaments extra synoviaux, mais faisant partie du compartiment intra articulaire. Ils servent à équilibrer l'un l'autre dans les mouvements de flexion et extension du genou.
- **Ligament croisé antérieur (LCA) :** Stabilisateur le plus important du genou, et ligament le plus souvent lésé lors des traumatismes graves [5]. Constitué de 2 ou 3 faisceaux principaux, il s'étend du plateau tibial antérieur au condyle latéral dans un trajet oblique, parallèle au toit de l'échancrure (ligne de Blumensaat).

En arthroscanner, le LCA est visible dans tous les plans de coupes, sous forme tubulaire allongée, et le PDCI le silhouette de façon globale, mais peut également s'insinuer entre ses fibres et donner des images d'addition linéaire d'apparence intra ligamentaire.

En IRM, on le retrouve sous forme d'une bande hypointense, de signal légèrement plus intense que le LCP, présente un signal hétérogène au niveau de ses insertions, surtout tibiale, et s'élargit au niveau de cette dernière. En raison de son obliquité, il est généralement

impossible de visualiser le LCA dans son entièreté sur une seule coupe sagittale. Au niveau de sa partie supérieure, un effet de volume partiel avec le condyle fémoral latéral peut simuler une fausse image de déchirure ligamentaire ou de lésion intra médullaire osseuse.

- **Ligament croisé postérieur (LCP)** : Composé également de deux faisceaux, il est plus épais et plus large que le LCA, plus puissant et moins souvent lésé [5]. Il s'insère sur la face latérale du condyle fémoral médial, puis se dirige en arrière et en bas, dans un trajet courbé, vers le bord postérieur de la fosse inter condylienne du tibia. Il est plus large à son insertion proximale [5]. Il est en relation étroite avec les ligaments ménisco-fémoraux de Humphrey et de Wrisberg, qui passent respectivement en avant et en arrière du LCP, réalisant un aspect nodulaire focalisé ou dédoublé sur LCP sur les images sagittales. Comme pour le LCA, l'insertion fémorale du LCP peut simuler une déchirure ligamentaire ou une lésion de l'os médullaire par effet de volume partiel.

En arthroscanner, le LCP n'est silhouetté par le PDC qu'au niveau de son tiers distal. L'aspect fibrillaire n'est pas retrouvé à son niveau.



Ligament croisé antérieur en arthroscanner : aspect normal.



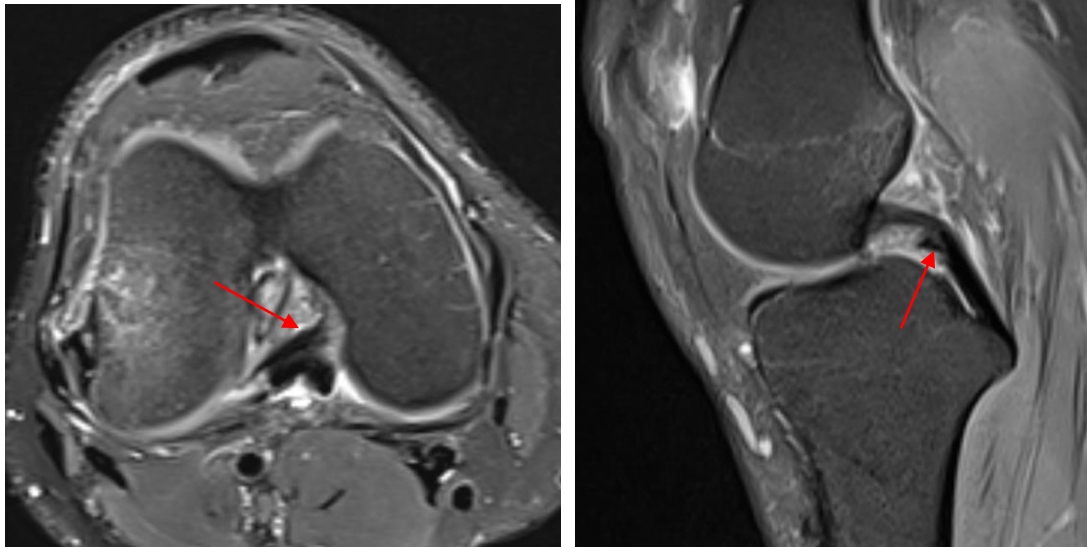
Ligament croisé postérieur en arthroscanner : aspect normal.



Coupes sagittales en DP FATSAT passant par la région inter condylienne montrant le ligament croisé antérieur (flèches), qui présente un aspect fasciculé au niveau de son insertion tibiale (têtes de flèches).



Coupes sagittale (A) et coronales (B, C) en DP FATSAT, montrant le ligament croisé postérieur, avec ses insertions proximale fémorale (flèche rouge) et distale tibiale (flèche jaune).



Le LCP est doublé antérieurement par le ligament ménisco-fémoral de Humphry (flèche rouge).

Structures capsulo-ligamentaires médiales :

Ces structures sont classiquement subdivisées en 3 couches.

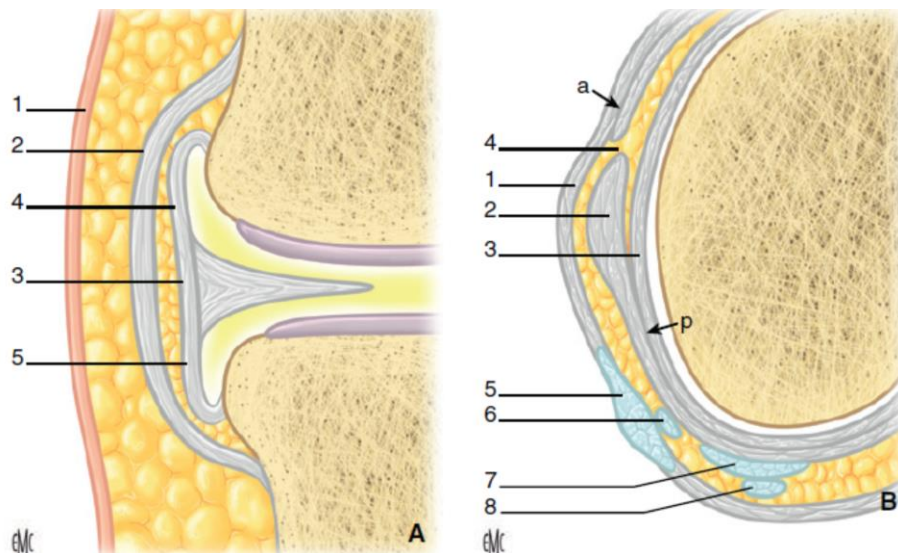
- Couche superficielle (couche I) : aponévrose ou fascia crural.
- Couche intermédiaire (couche II) : correspond à la portion superficielle du LCM.
- Couche profonde (couche III) : formée par la capsule articulaire, la partie profonde du LCM et le LMPM. Une fine couche graisseuse permet parfois de distinguer les parties profonde et superficielle du LCM.

Le point d'angle postéro-médial PAPM du genou joue un rôle important dans la stabilité de ce dernier. Ses constituants sont en plus du LCM :

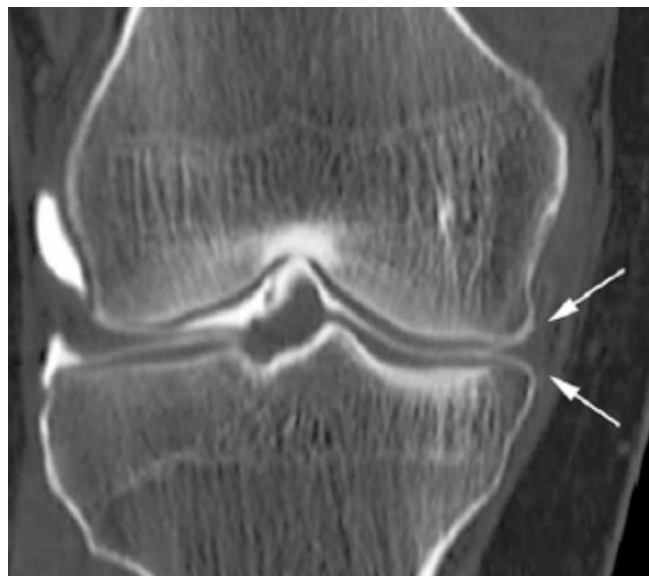
- Coque condylienne postéro-médiale (épaississement capsulaire)
- Corne postérieure du ménisque médial.
- Ligament poplité oblique
- Chef médial du muscle gastrocnémien
- Tendon du muscle semi-membraneux

Le LCM n'est pas silhouetté par le PDCI en arthroscanner que sur sa face profonde, vu qu'il est intimement adhérent à la capsule articulaire [15].

Son plan superficiel apparaît hypoéchogène en échographie en coupe axiale, par rapport à la graisse environnante [15]. En coupes longitudinale, il présente une échostructure trilaminaire (hyper, hypo, et hyperéchogène) en rapport avec ses différentes couches.



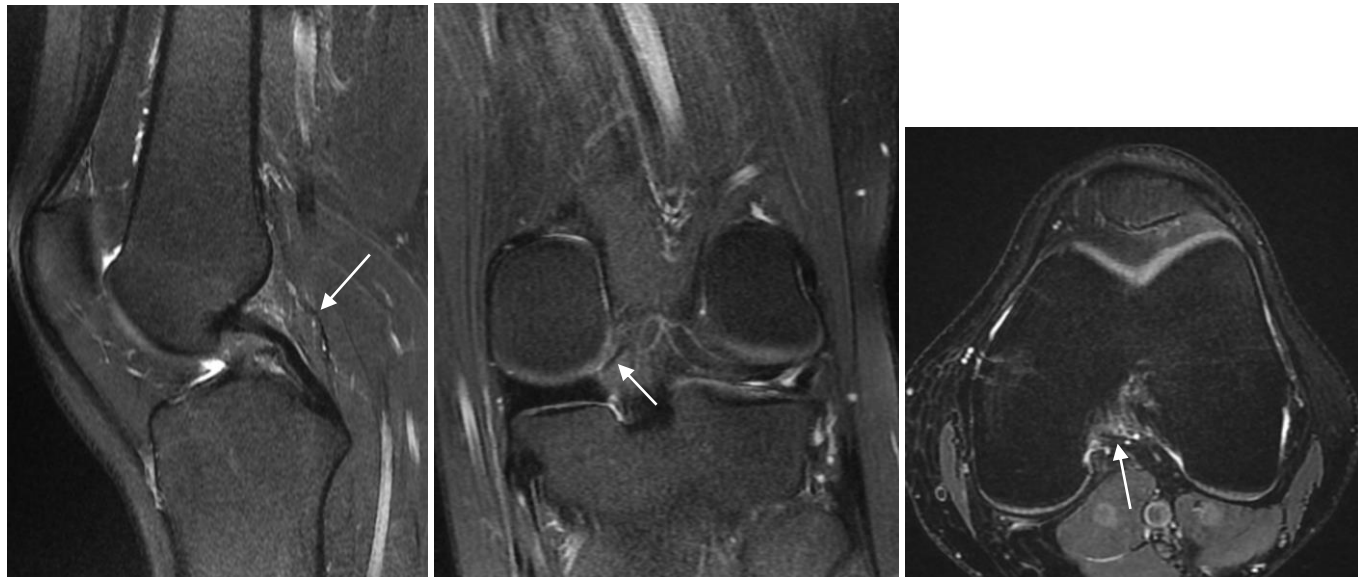
A. Schéma illustrant les trois couches de l'appareil capsulo-ligamentaire médial. 1. La couche superficielle est formée par le fascia crural profond ; 2. la couche intermédiaire est la portion superficielle du LCM appelé aussi ligament collatéral tibial ; 3. la couche profonde est formée par la portion profonde du LCM et ses extensions ménisco-fémorales (4) et ménisco-tibiales (5). B. Les couches superficielle (1) et intermédiaire (2) se joignent antérieurement (flèche a), alors que les couches intermédiaire (2) et profonde (3) se joignent postérieurement (flèche p). 4. Split ou fente ; 5. muscle sartorius ; 6. Tendon gracile ; 7 tendon semi-membraneux ; 8. Tendon semi-tendineux.



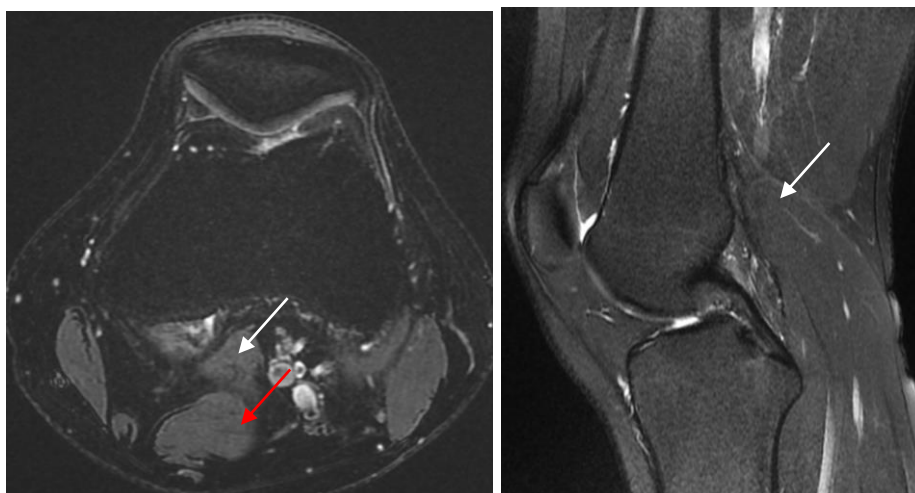
[15] LCM : aspect normal. Il est adhérent à la capsule articulaire, et il n'y a pas de passage de contraste entre la face profonde de la capsule articulaire et la face méniscale.



IRM du genou en séquence T1, coupe coronale, visualisant les feuillets superficiel (flèche bleue) et profonde (rouge) du LCM.



IRM du genou en séquences DP, en coupes sagittale (A), coronale (B) et axiale (C), montrant le ligament poplité oblique.



IRM du genou en séquences DP, en coupes axiale (A) et sagittale (B), montrant le chef médial du gastrocnémien (flèche blanche) et le semi-membraneux (flèche rouge).

✚ Structures capsulo-ligamentaires latérales :

Ces structures sont également subdivisées en 3 couches.

- Couche superficielle (I) : composée de la bandelette iliotibiale antérieurement, et postérieurement du tendon du biceps fémoral.
- Couche intermédiaire (II) : composée par le rétinaculum patellaire latéral, les 2 ligaments fémoro-patellaires, le ligament ménisco-patellaire.
- Couche profonde (III) : composé par le LCL, le ligament ménisco-tibial latéral LMTL et la jonction myotendineuse du poplité, le ligament poplitéo-fibulaire, le ligament arqué et la capsule articulaire latérale, avec son attache au niveau du bord latéral du ménisque.

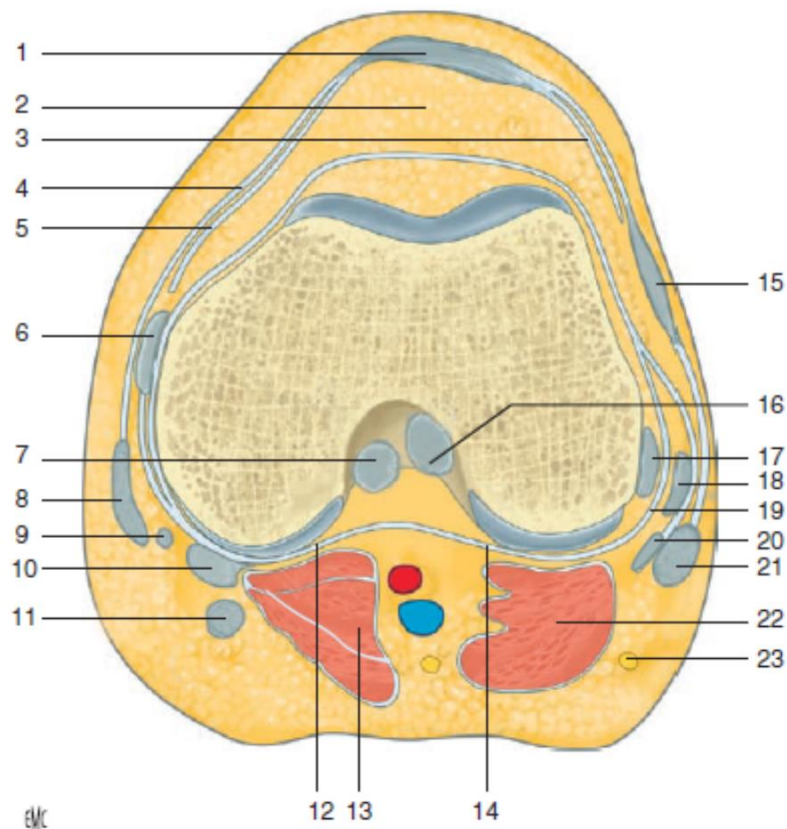
Le LCL est une structure de forme tubulaire, tendu obliquement en bas et en arrière de l'épicondyle fémoral latéral au versant postérolatéral de la tête fibulaire, où il rejoint le tendon bicipital, formant ainsi le tendon conjoint [2]. Il est mieux visualisé sur des coupes coronales postérieures, sous la forme d'une fine bande hypointense, séparé de la périphérie du ménisque latéral par une épaisse couche de graisse. Le LCL n'est pas exploré par l'arthroscanner, et plus difficilement mis en évidence que le LCM en échographie.

Le point d'angle postérolatéral du genou PAPL est constitué de 8 structures anatomiques intriquées en plus du LCL :

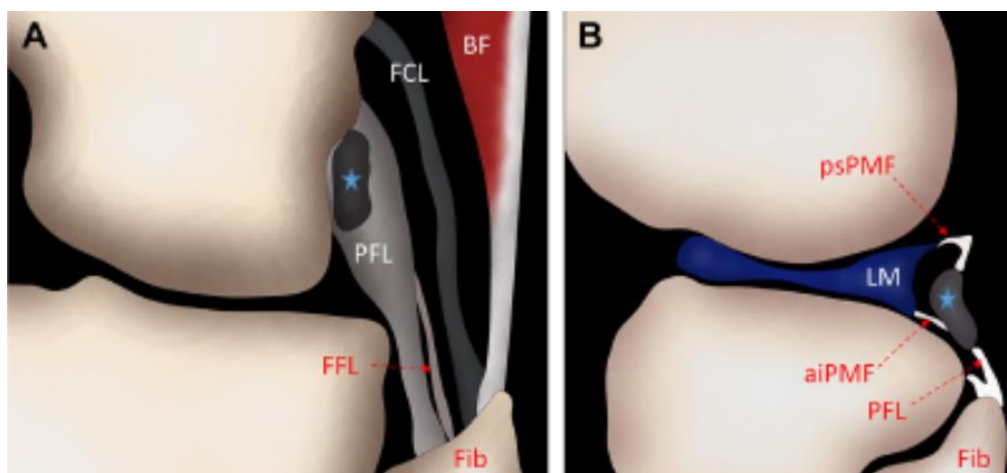
- Le chef latéral du muscle gastrocnémien : s'insère à la partie postéro-supérieure du condyle fémoral latéral. Il participe à la mise sous tension de la capsule articulaire.
- La coque condylaire postéro-latérale : correspond à un épaissement capsulaire doublant la face profonde du chef latéral du muscle gastrocnémien.
- La corne postérieure du ménisque latéral : attachée à la capsule articulaire de façon lâche

- Le muscle poplité et son tendon : Le muscle poplité s'insère à la face postérieure du tibia. Il donne naissance à un épais tendon, oblique en haut et en dehors, qui envoie des expansions stabilisatrices à la corne postérieure du ménisque latéral. Le tendon du muscle poplité est intra articulaire mais extra synovial, et adhère fortement à la capsule articulaire. Il se termine à la face latérale du condyle fémoral latéral, dans la fossette poplitée. En échographie, le tendon du muscle poplité est le seul analysable, le muscle poplité et la jonction tendino-musculaire étant plus difficile à explorer en échographie car profondément situés.
- Les ligaments :
 - Poplitéo-fibulaire : Tendue de la jonction tendino-musculaire du muscle poplité à l'apex de la tête fibulaire. Il s'insère en dedans des ligaments poplité arqué et fabello-fibulaire.
 - Fabello-fibulaire : Inconstant, tendue entre la fabella (ou le condyle fémoral latéral quand la fabella est absente), et l'apex de la tête fibulaire. Il s'insère en dehors des ligaments poplité arqué et poplitéo-fibulaire.
 - Poplité arqué : correspond à une expansion fibreuse du tendon du muscle biceps. Il naît de l'apex de la tête fibulaire, où il s'insère entre le ligament poplitéo-fibulaire et le ligament fabello-fibulaire. Il présente un aspect en Y, avec 2 faisceaux : vertical fixé sur le tibia, formant une arcade sous laquelle passe le muscle poplité, et arciforme qui rejoint la terminaison du ligament poplité oblique au niveau de la coque condylo-latérale.
- Le tractus (ou bandelette) ilio-tibial : correspond à la portion tendineuse distale du muscle tenseur du fascia lata. Il se termine sur la face latérale du condyle tibial, sur le tubercule de Gerdy.

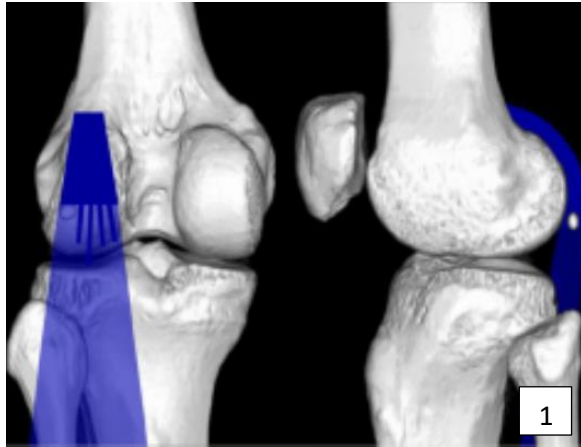
Bien qu'il n'appartienne pas stricto sensu au PAPL, le tendon du muscle biceps fémoral est indissociable du PAPL et participe également à la stabilité du genou. Il est constitué de 2 chefs, long et court, qui donnent naissance à un tendon distal, qui présente une insertion commune avec le LCL au niveau de la tête fibulaire.



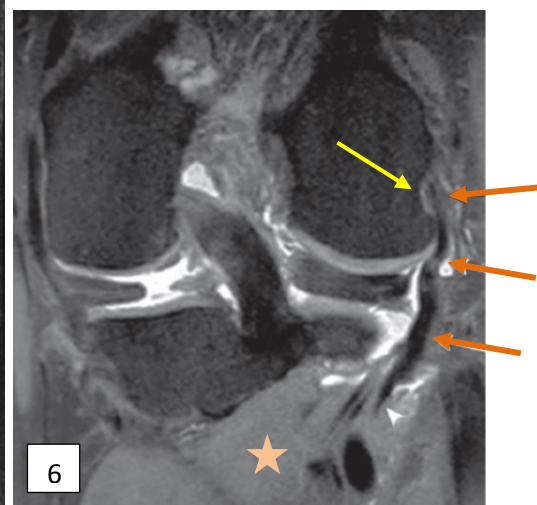
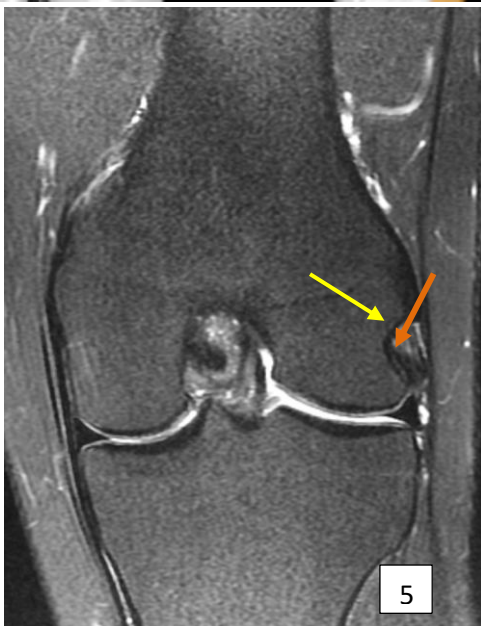
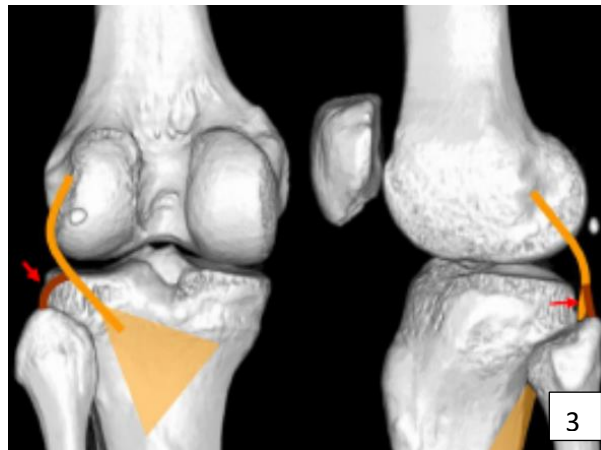
[24] Formations ligamentaires périphériques. 1. Tendon patellaire 2. Graisse infrapatellaire de Hoffa, 3. Rétinaculum patellaire latéral 4. Rétinaculum patellaire médial 5. Capsule 6. LCM 7. LCA, 8. Sartorius 9. Gracile 10. Tendon semi-membraneux 11. Tendon semi-tendineux 12. Tendon récurrent du semi-membraneux 13. Chef médial du gastrocnémien 14. Ligament poplité oblique 15. Tractus iliotibial 16. LCP 17. Tendon poplité 18. LCL 19. Ligament arqué 20. Ligament fabello fibulaire 21. Tendon du biceps fémoral 22. Chef latéral du gastrocnémien 23. Nerf péronier commun



[21] Schéma illustrant les structures du PAPL du genou. A. Coupe coronale du PAPL montrant le biceps fémoral (BF) et le ligament collatéral fibulaire ou LCL (FCL) au niveau de la face latérale du genou, avec leur insertion conjointe au niveau au niveau de la styloïde fibulaire (Fib). Tendon poplité (*). Le ligament poplitéo-fibulaire (PFL) s'étend du tendon poplité à la styloïde fibulaire. Le ligament fabello-fibulaire (FFL) est parallèle au LCL et s'insère sur la pointe du processus styloïde fibulaire. B. Coupe sagittale du PAPL, montrant le fascicule poplitéo-méniscal postéro-supérieur (psPMF) et antéro-inférieur (aiPMF), s'étendant de la corne postérieure du ménisque latéral (LM) au tendon poplité (*) pour former le toit et le plancher du récessus sous poplité.



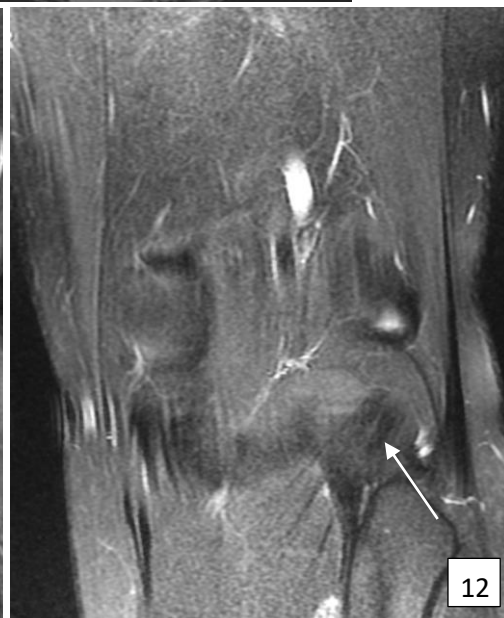
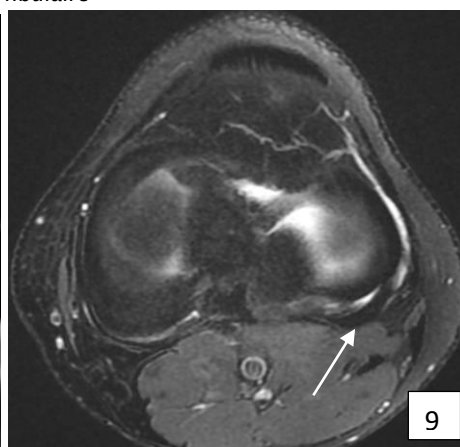
(1-2) Chef latéral du muscle gastrocnémien



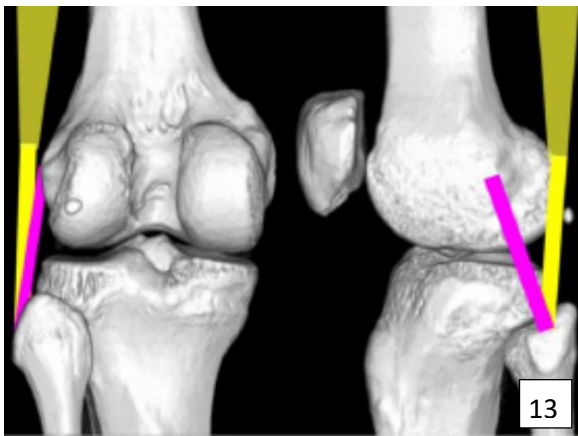
(3-4-5-6) Muscle poplité (triangle et étoile oranges), tendon poplité (arc et flèche orange) qui prend son origine au niveau de la fossette poplitée (flèche jaune). Jonction myotendineuse (tête de flèche). Ligament poplitéo-fibulaire (flèche rouge)



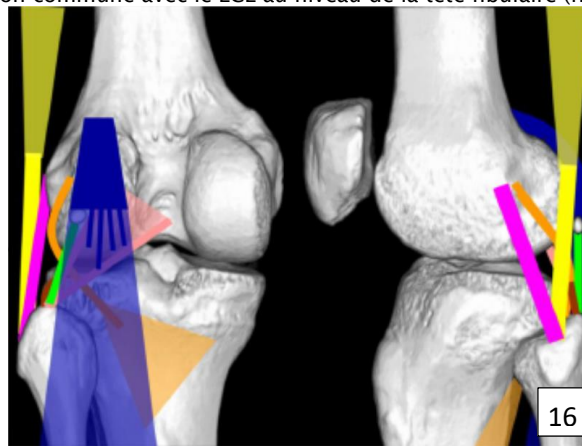
(7)Ligament fabello-fibulaire



(8-9-10-11-12) Ligament poplité arqué



(13) triangle jaune : chef long du muscle biceps fémoral, triangle rose : chef court du muscle biceps fémoral. Les 2 se rejoignent en un tendon commun, inséré sur la tête fibulaire. (14-15) Tendon du biceps fémoral (flèche blanche), qui présente une insertion commune avec le LCL au niveau de la tête fibulaire (flèche rouge).



(16) Ensemble des éléments superposés.



Bandelette ilio-tibiale (bande épaisse hypo intense (flèche) qui se fixe sur le tubercule de Gerdy au niveau du tibia antérolatéral)



IRM du genou avec coupe coronale (A) et sagittale (B) en T1, et sagittale en DP avec FATSAT (C) passant par la tête de la fibula (3). Le LCL (1) et le tendon du biceps fémoral (2) se rejoignent pour former le tendon conjoint (4) qui s'insère sur la tête de la fibula.

4. Les ménisques :

Il s'agit de coins de fibrocartilage adaptés à la forme des condyles articulaires tibiaux, afin d'assurer la concordance entre les cavités glénoïdes et les condyles fémoraux [2], d'augmenter la congruence, et d'amortir les chocs et l'impact du fémur sur le tibia lors d'une mise en charge [1].

L'étude des ménisques est réalisée au mieux dans les plans sagittal et coronal [2]. Ils présentent un signal faible sur toutes les séquences (faible densité de noyaux d'hydrogène mobiles).

Chaque ménisque comporte une corne antérieure, moyenne et postérieure.

Le ménisque médial apparaît en IRM sous forme de deux structures triangulaires, à bords tranchants. Ses cornes antérieure et postérieure sont asymétriques, la première étant plus petite que la corne postérieure plus épaisse. Le ménisque latéral apparaît sous forme de deux structures triangulaires et symétriques (aspect en « nœud de papillon »).

La périphérie du ménisque est unie à la capsule, parfois séparée des ligaments collatéraux latéral et médial par une fine couche de graisse hyperintense. Le ménisque médial est solidement uni à la capsule avec une mobilité limitée [5] contrairement au ménisque latéral qui est plus mobile.

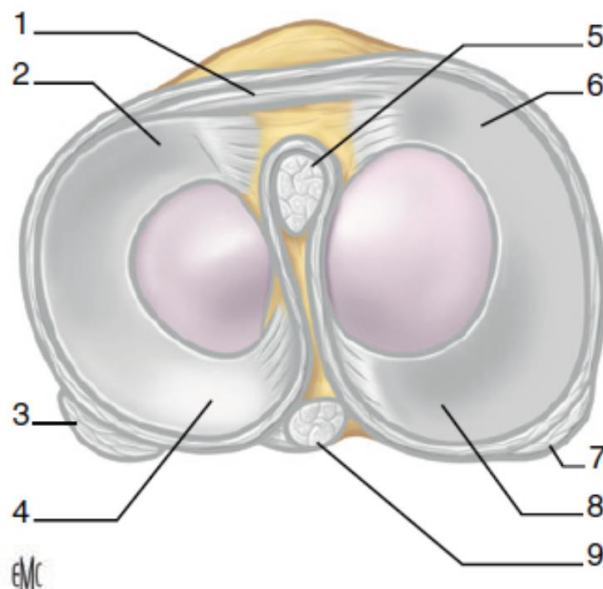
Les cornes antérieures sont parfois liées entre elles par le ligament transverse antérieur ou jugal, et sont fixées à la surface pré spinale par les freins antéro-médial et latéral qui s'insèrent sur la crête intercondyloïdienne antérieure.

Les cornes postérieures sont attachées à la surface rétro spinale par les freins postéro-médial et latéral qui s'insèrent entre les épines tibiales médiale et latérale respectivement et le ligament croisé postérieur [15].

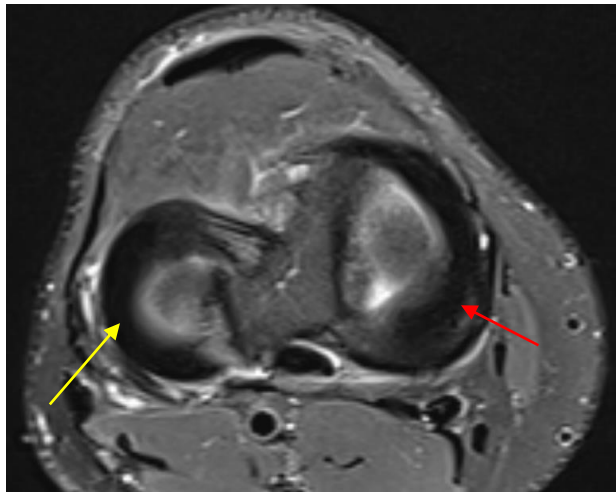
La corne postérieure du ménisque latéral est reliée au condyle médial par les ligaments ménisco-fémoraux de Humphrey (en avant du LCP) et de Wrisberg (en arrière du LCP, doublant son bord postérolatéral), en hyposignal et de trajet linéaire.

La corne moyenne du ménisque médial est fixée au plan profond du LCM par les ligaments ménisco-fémoral et ménisco-tibial (coronaire). Au niveau du ménisque latéral, le segment moyen adhère à la capsule articulaire par la base méniscale.

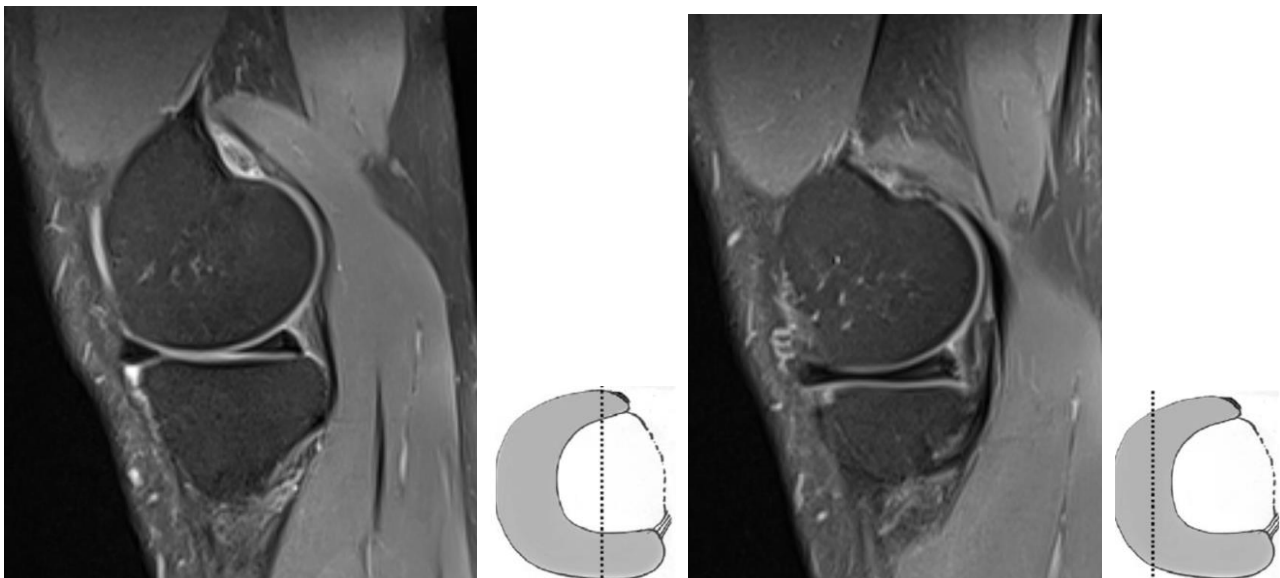
Les ménisques sont vascularisés à partir d'un pédicule vasculaire pénétrant la marge capsulaire du ménisque. On ne peut distinguer en IRM les portions vascularisées en non vascularisées des ménisques. L'hypersignal en périphérie des ménisques contient des vaisseaux, de la graisse et du tissu conjonctif [5].



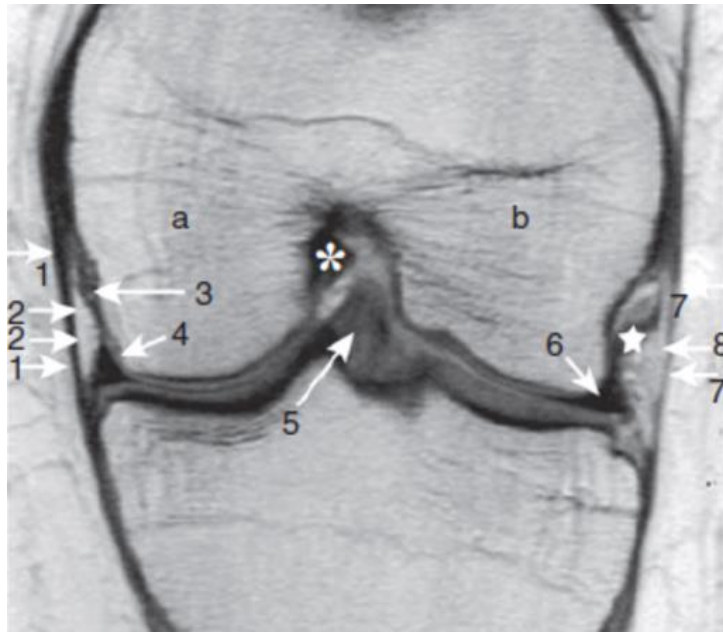
[2] Coupe transversale passant par l'interligne articulaire fémorotibial, illustrant la forme anatomique du ménisque médial (en forme de C ouvert), du ménisque latéral (en forme de C fermé ou de O) et leurs insertions tibiales. 1. Ligament transverse ; 2. Corne antérieure du ménisque latéral ; 3. Tendon poplité ; 4. Corne postérieure du ménisque latéral ; 5. Ligament croisé antérieur ; 6. Corne antérieure du ménisque médial ; 7. Tendon semi-membraneux ; 8. Corne postérieure du ménisque médial ; 9. Ligament croisé postérieur.



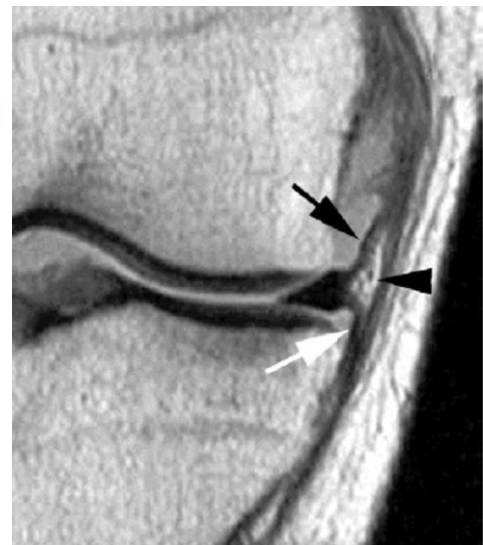
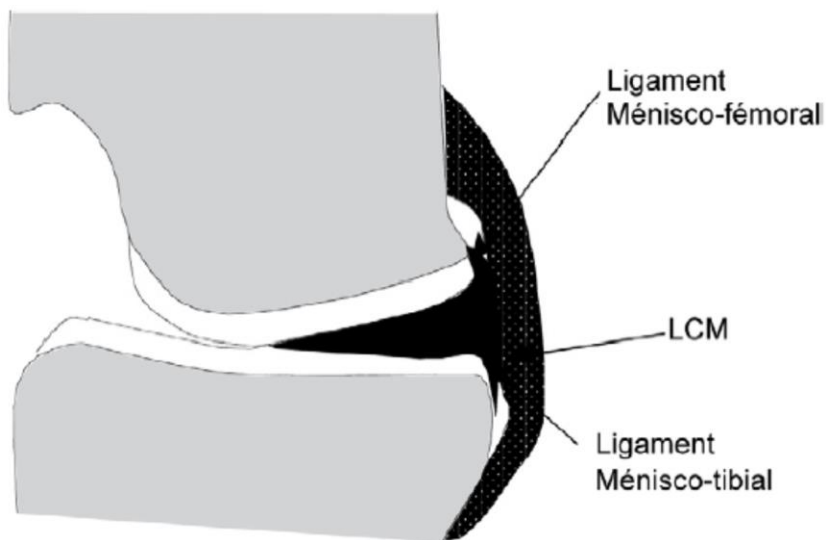
Coupe axiale en DP montrant les configurations des ménisques médial (flèche rouge) et latéral (flèche jaune). Le ménisque interne a un axe antéro-postérieur plus long et une forme de C, le ménisque latéral est plus symétrique et en forme de O.



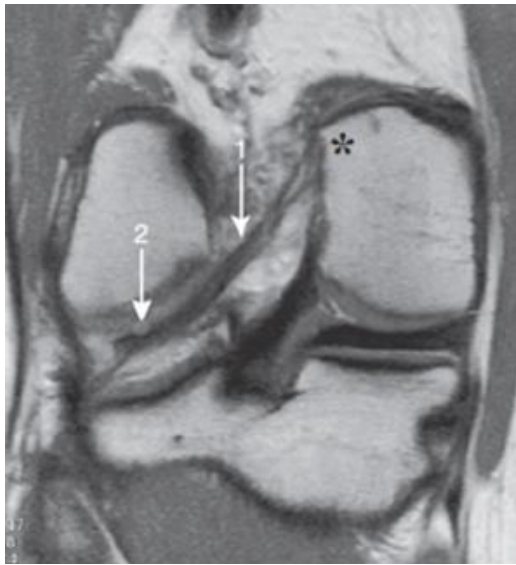
Aspect IRM du ménisque interne sur les coupes sagittales. Sur les coupes médianes, la corne antérieure et la corne postérieure apparaissent sous la forme de structures triangulaires à bords tranchants en hyposignal homogène, avec une corne antérieure plus petite que la corne postérieure. Sur les coupes latérales, le ménisque normal prend la forme d'une structure en « nœud de papillon » (bow-tie) construite par la recoupe du segment moyen au centre reliant les cornes antérieure et postérieure. La jonction ménisco-capsulaire postérieure contient de la graisse, mais ne doit pas contenir de liquide, sinon, il s'agirait d'une désinsertion capsulo-méniscale



[2] Insertions méniscales et rapports méniscoligamentaires. Coupe coronale en DP passant par les cornes méniscales moyennes. 1. Chef superficiel du LCM. 2. Fine lame graisseuse (séparant le chef superficiel du LCM de la corne moyenne du ménisque). 3. Fibres profondes du LCM, courtes et plaquées contre le ménisque. 4. Partie périphérique de la corne moyenne du ménisque médial. 5. LCA. 6. Ménisque latéral. 7. Bandelette ilio-tibiale. 8. Lame graisseuse séparant la BIT du ménisque latéral. (*) Insertion condylienne du LCP. (Etoile) Insertion condylienne du tendon poplité. a. Condyle latéral b. Condyle médial



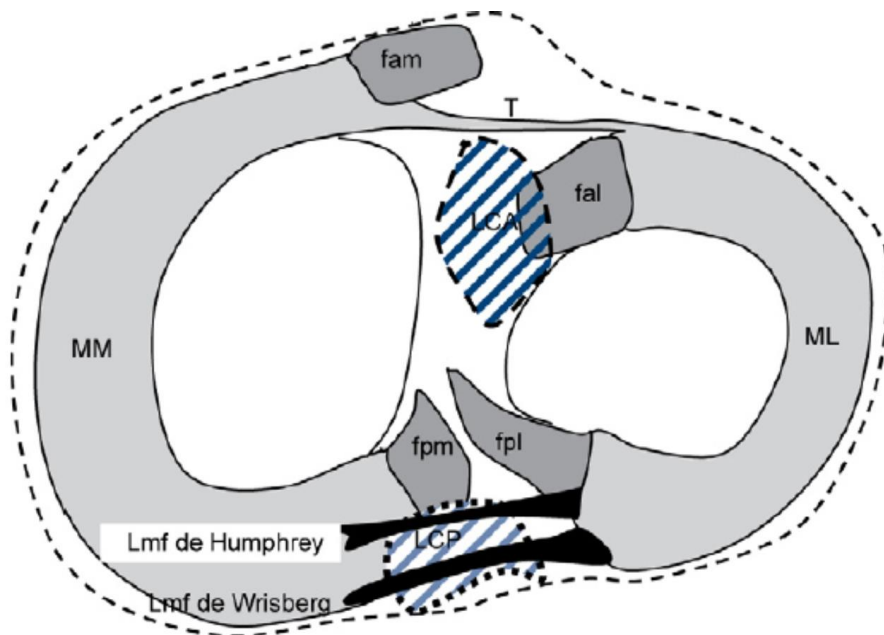
[15] Fixation du segment moyen du ménisque interne. Flèche noire : ligament ménisco-fémoral, flèche blanche : ligament ménisco-tibial, tête de flèche : fine couche de graisse.



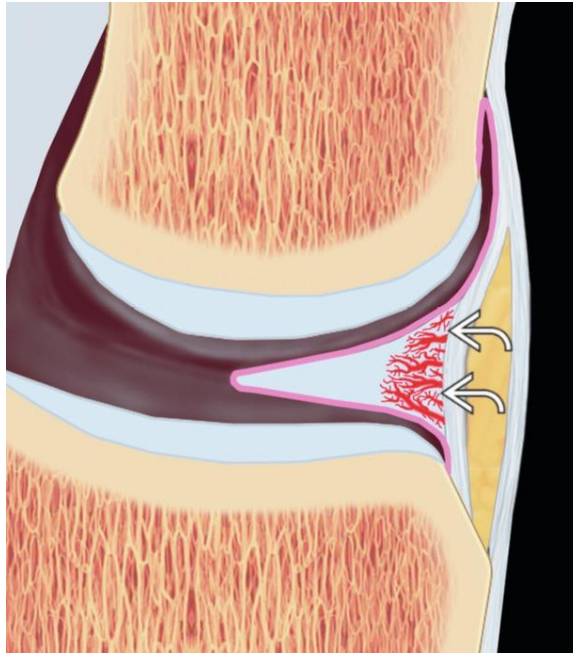
Ligament méniscolfémorel de Wrisberg.

A. 1. Ligament méniscolfémorel de Wrisberg : bande linéaire oblique tendue entre la corne postérieure du ménisque latéral (2) et la face postérolatérale du condyle médial (*).

B. Ligament de Wrisberg sur coupe coronale, situé en arrière du LCP (*).



[14] Les cornes antérieures des ménisques interne et externe sont reliées en avant par le ligament transverse (T). Le ménisque médial (MM) est fixé au plateau tibial par le frein antéro-médial (fam) et le frein postéro-médial (fpm). Le ménisque latéral (ML) en forme de « O » fixé au plateau tibial par le frein antéro-latéral (fal) et postéro-latéral (fpl).



[1] Schéma montrant la vascularisation du ménisque médial. Les vaisseaux qui alimentent le ménisque proviennent de la surface capsulaire ➡ et sont généralement limités au 1/3 ou au 1/4 périphérique du ménisque (« zone rouge »).



IRM du genou avec coupe sagittale en RHO FATSAT. Présence au sein de la corne postérieure du ménisque médial, d'une zone linéaire en hypersignal (flèche blanche). Cette image de pseudo-fissuration méniscale correspond en réalité à la vascularisation normale du ménisque chez l'enfant.

5. Les muscles et tendons :

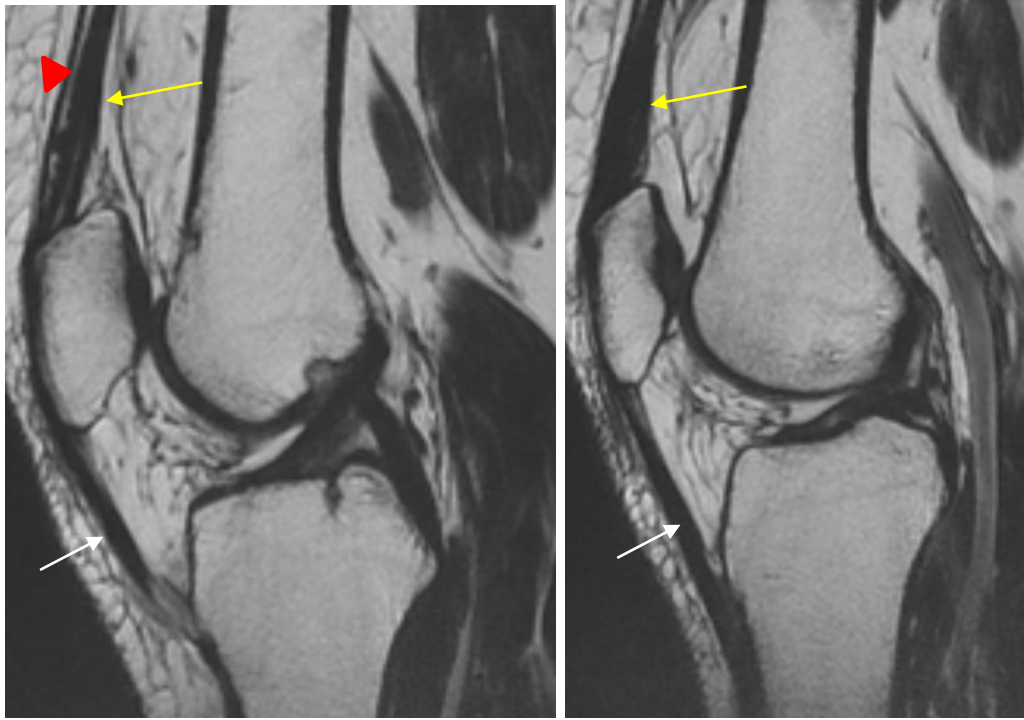
Dans la loge antérieure, on retrouve :

- Le muscle quadricipital, comprenant les vastes médial, latéral et intermédiaire, le droit antérieur ou droit fémoral. Ils se rejoignent tous par 4 lames tendineuses et fusionnent pour former le tendon quadricipital, qui s'insère à la partie supérieure de la patella [6].
- Le tendon patellaire est un tendon large, qui naît du pôle inférieur de la rotule, et s'insère sur la tubérosité tibiale antérieure. Il s'agit d'un tendon uni lamellaire par opposition au tendon quadricipital qui est pluri lamellaire. Il est directement en relation avec le tendon quadricipital, et il existe souvent une continuité directe entre le tendon du vaste médial et du droit fémoral avec le tendon patellaire. Il existe aussi une véritable inter digitation entre la graisse de Hoffa et les fibres profondes et proximales du tendon patellaire, à sa partie médiale, immédiatement avant son insertion patellaire. Elles sont visibles en IRM, et ne doivent pas être confondues avec un foyer de tendinopathie.

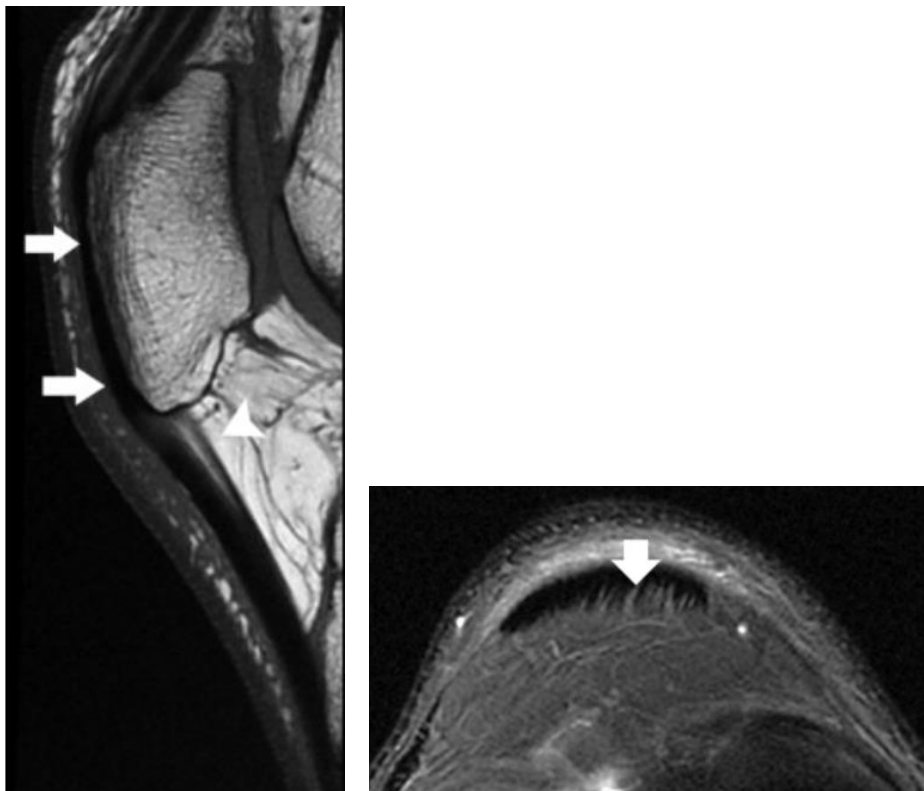
Au niveau de la loge postérieure, on trouve du côté interne les tendons des muscles de la patte d'oie (Sartorius, gracile, semi-tendineux), et le muscle gastrocnémien interne.

Du côté latéral, on trouvera le muscle gastrocnémien latéral et le muscle biceps fémoral, et plus latéralement, on a la bandelette iliotibiale ainsi que les muscles ischio-jambiers. Le tendon du biceps fémoral forme, comme ce qui a été cité précédemment, un tendon conjoint avec le LCL, qui s'attache sur la tête de la fibula.

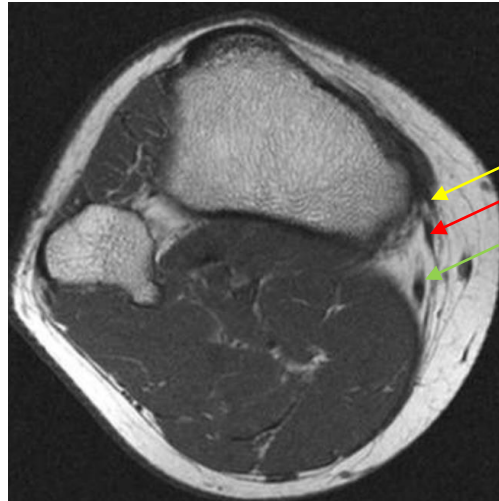
Le muscle semi membraneux représente le muscle postéromédial le plus volumineux du genou. Le tendon semi-tendineux est vu immédiatement postérieurement à ce muscle, réalisant l'aspect de la « cerise sur le gâteau ». Le muscle semi-membraneux forme un tendon en croissant, et forme avec le tendon du chef médial du gastrocnémien, le collet d'une bourse commune (kyste de Baker).



Le tendon du quadriceps (flèche jaune) présente plusieurs couches distinctes séparées par des cloisons graisseuses (tête de flèche). Le tendon rotulien est uni-lamellaire (Flèche blanche).



[47] A. Mise en évidence de la continuité des fibres du tendon quadricipital et du tendon patellaire (flèches). B. interdigitations entre la graisse de Hoffa et les fibres profondes et proximales du tendon patellaire (flèche) qui prédominent également sur la partie médiale du tendon.



Tendons de la patte d'oie. Flèche jaune : Tendon du Sartorius, flèche rouge : tendon du gracile, flèche verte : tendon du semi-tendineux.

6. La capsule articulaire

La capsule articulaire du genou est une gaine tendue du fémur au tibia, adhérant latéralement aux ménisques, et interrompue en avant par la rotule. Elle est composée de deux couches : une couche fibreuse externe et une couche synoviale interne.

Dans sa partie antérieure, la capsule est renforcée par des expansions tendineuses des muscles droit antérieur et vastes médial et latéral du quadriceps. Les fibres superficielles continuent à descendre vers l'épais ligament ou tendon patellaire pour s'attacher à la tubérosité tibiale.

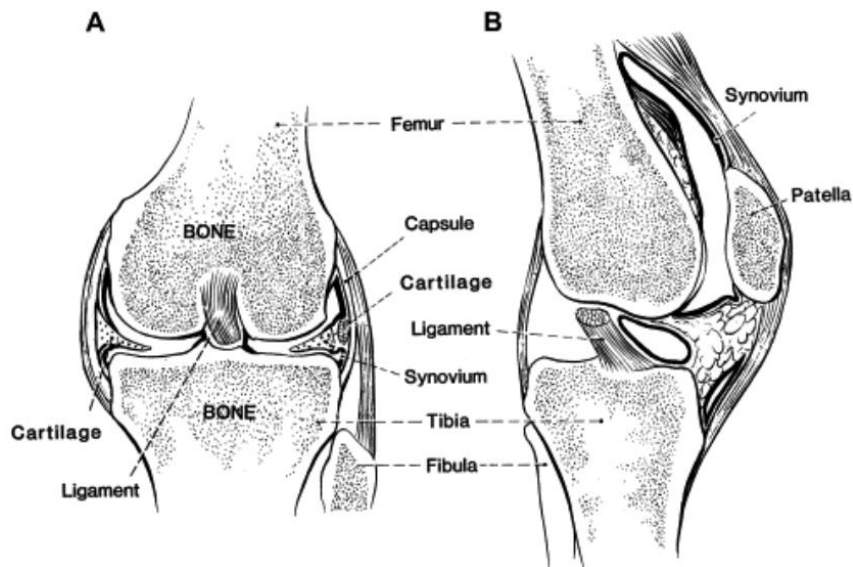
Les rétinaculum patellaires médial et latéral partent des bords latéraux de la patella pour s'attacher aux condyles fémoraux.

Au niveau de sa partie postérieure, la capsule s'étend de la surface fémorale (au-dessus des condyles fémoraux) jusqu'à la face postérieure du tibia. La capsule est renforcée par le ligament poplité oblique (OPL), dérivé du tendon du semi-membraneux et le ligament poplité arqué (émergeant de la tête de la fibula).

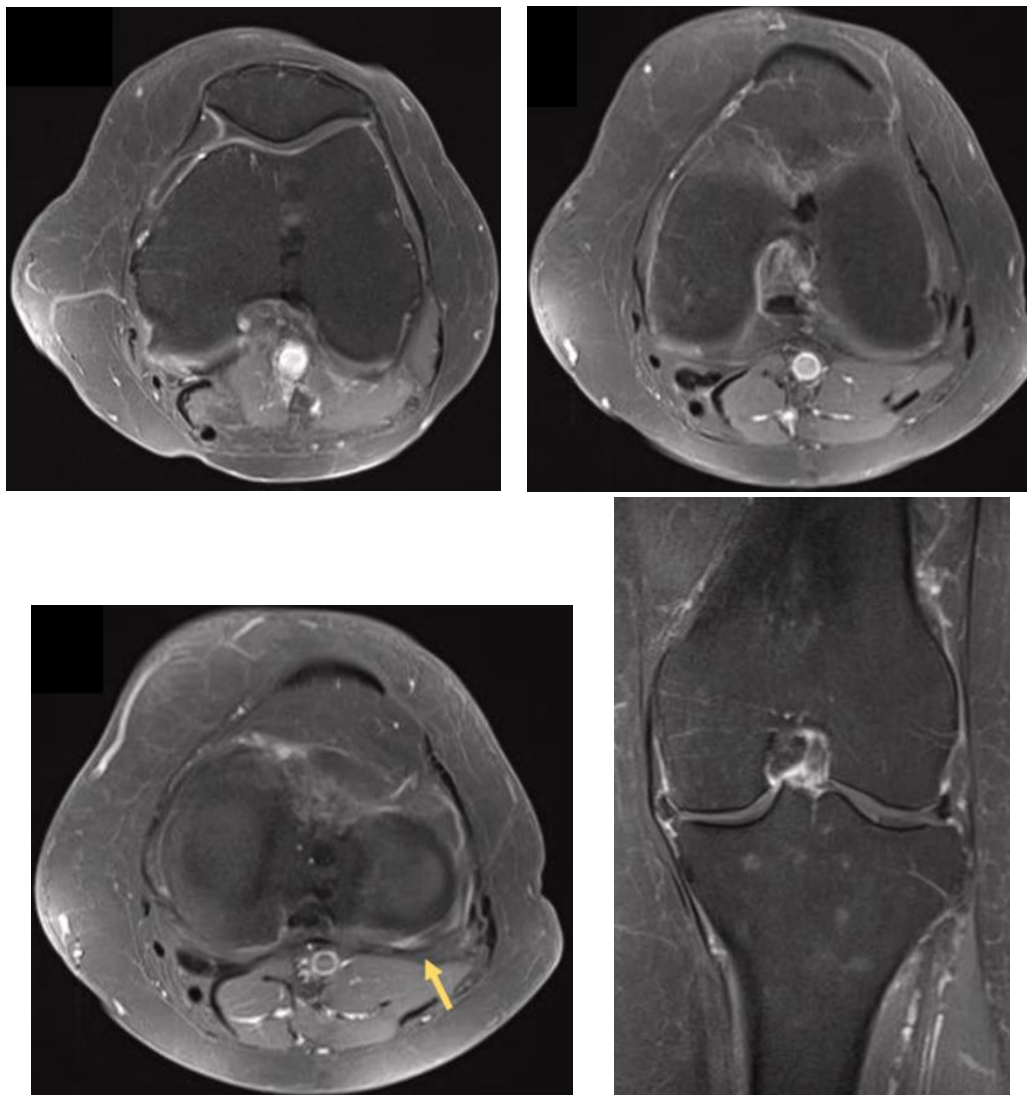
Latéralement, le LCL prend son origine juste au-dessus de la capsule sur le condyle fémoral, et s'insère distalement en dessous de celle-ci. Du côté médial, la capsule est fortifiée par des expansions tendineuses des muscles semi-membraneux et Sartorius. Ces fibres passent au-dessus du LCM.

La synoviale normale est à peine perceptible en IRM (ne peut être distinguée du liquide articulaire sur les images pondérées en T2 et STIR), devenant évidente seulement si pathologique, après injection de gadolinium.

La membrane synoviale enveloppe les ligaments croisés de manière à les exclure de la cavité synoviale (c'est-à-dire que ces structures sont intra articulaires mais extra synoviales) [42]. Elle s'étend également le long de la gaine du tendon poplité. Un discret rehaussement le long de ces structures ne doit donc pas être interprété comme anormal. La synoviale s'étend également dans un kyste de Baker s'il est présent.



[42] Illustrations démontrant la relation entre la capsule articulaire, la synoviale, et les structures qui supportent le genou. Noter son interruption en avant par la rotule, et la position intra articulaire mais extra synoviale des ligaments croisés.



[45] Synoviale normale. Images en coupes axiales en T1 FATSAT injectée (A, B, C) et coronale (D) démontrant un discret rehaussement de la synoviale, non épaissie, au niveau de la gaine du tendon poplitée (flèche en C) et autour des ligaments croisés (B, D).

7. Les bourses séreuses

Une bourse séreuse péri articulaire est une cavité fermée constituée de tissu conjonctif et contenant du liquide synovial lubrifiant. Il existe un grand nombre de bourses synoviales autour de l'articulation du genou, essentiellement à proximité des tendons. On les retrouve soit entre la peau et les tendons, ou entre les tendons et l'os. Leur principal rôle est d'assurer une protection et de faciliter le glissement des structures mobiles en réduisant les frictions entre celles-ci.

Habituellement virtuelles, elles ne communiquent jamais avec l'articulation, et ne sont pas visibles en IRM, vu la quantité faible de liquide synovial. On les visualise par contre si elles sont atteintes d'un épaissement avec accumulation de liquide synovial, pouvant être observé dans divers pathologies inflammatoires, infectieuses, ou d'hypersollicitation [2].

Ces bourses peuvent être divisées en :

Bourses antérieures :

- Bourse (ou récessus) supra patellaire ou sous quadricipitale : s'étend verticalement au-dessus de la patella, entre le tendon quadricipital et la face antérieure du fémur.
- Bourse pré patellaire : espace potentiel de bourse, situé au niveau des tissus sous-cutanés en avant de la patella et de l'insertion proximale du tendon patellaire.
- Bourse infra patellaire superficielle ou pré tibiale : entre la tubérosité tibiale antérieure et la peau.
- Bourse infra patellaire profonde : située en arrière du 1/3 distal du tendon patellaire et la partie antérieure du tibia.

Bourse postérieure :

- Bourse commune du gastrocnémien médial – semi membraneux : Remplie de liquide, elle peut former un kyste poplité ou de Baker [6].
- Récessi fémoraux postérieurs : situés derrière les condyles fémoraux en profondeur des muscles gastrocnémien médial et latéral.

Bourses latérales :

Les bourses latérales présentent plus de variabilités par rapport aux autres bourses [9].

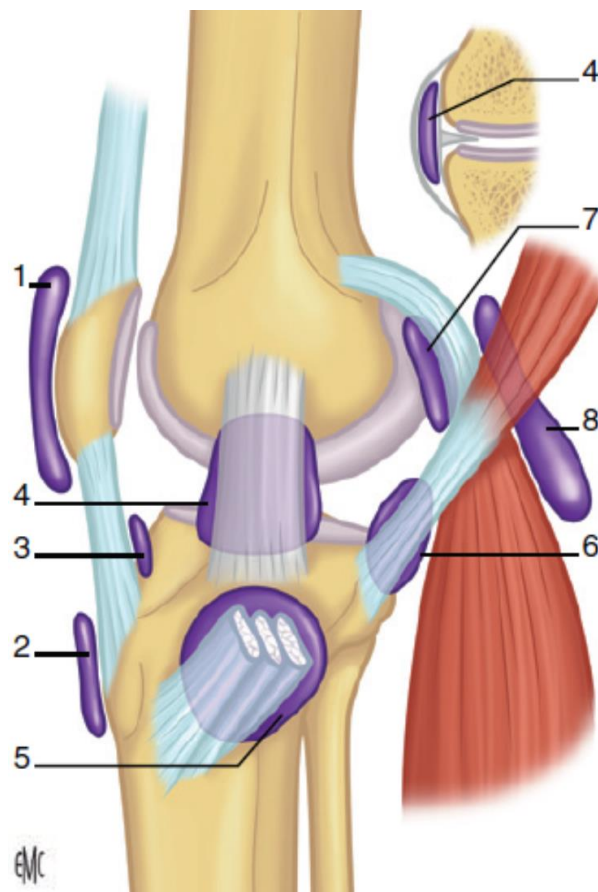
- Bourse de la bandelette ilio-tibiale : située entre la partie distale de la bandelette iliotibiale, juste en amont de son insertion sur le tubercule de Gerdy et le tibia adjacent.
- Bourse du LCL – biceps fémoral.
- Bourse du LCL – tendon poplité.
- Récessus sous-poplité : entre le ménisque latéral et le tendon poplité.

Bourses médiales :

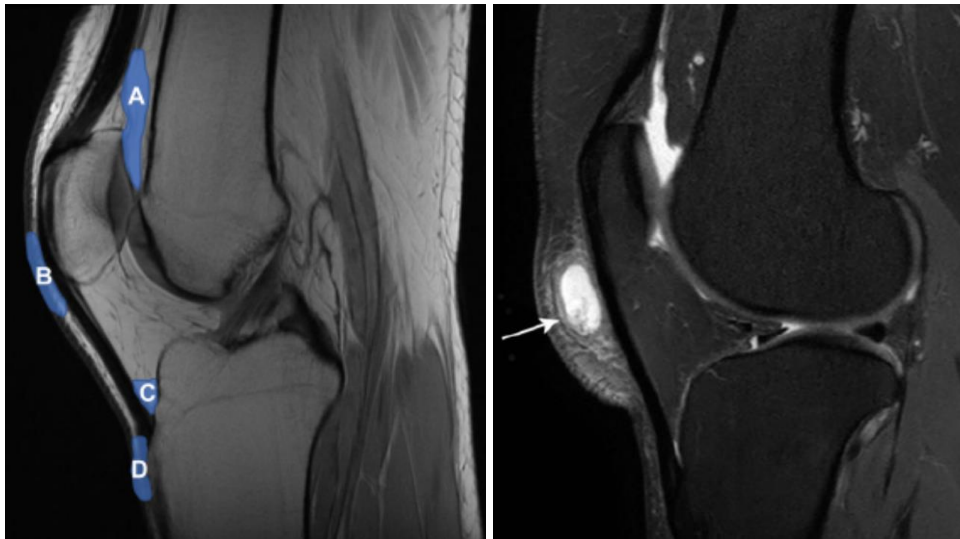
- Bourse ansérine ou des tendons de la patte d'oie : Située le long de la face médiale du tibia, et sépare la patte d'oie (formée par les tendons distaux du Sartorius, du gracile (ou droit interne) et du semi-tendineux) et le LCM à l'insertion tibiale. Cette bourse ne communique pas avec l'articulation. En IRM, la prévalence de la bursite de la patte d'oie est estimée à 2.5% dans les cas symptomatique, alors que la prévalence de liquide au niveau de cette bourse est estimée à 5% dans les cas asymptomatiques, et donc la présence de liquide dans cette bourse ne

correspond pas forcément à une bursite. Les kystes méniscaux et synoviaux peuvent avoir une localisation semblable.

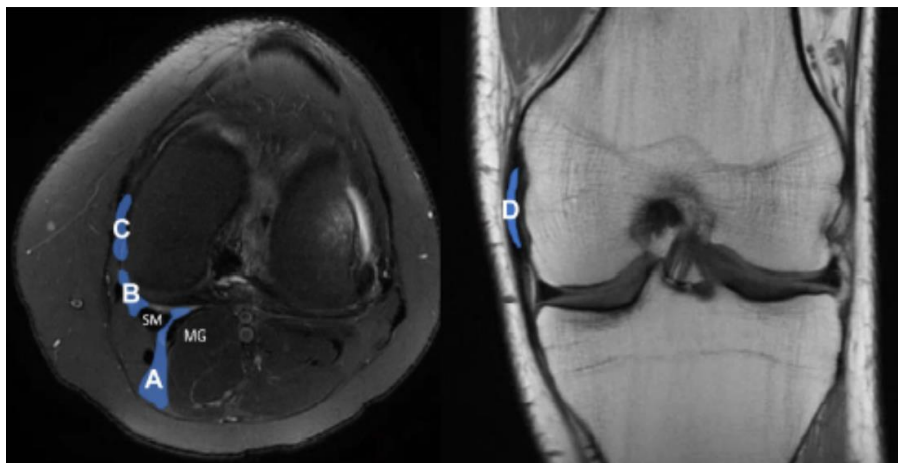
- Bourse du LCM : C'est un espace allongé, situé entre le faisceau superficiel et profond du LCM, au niveau de la partie moyenne du genou. La découverte isolée de liquide confiné à ce niveau est extrêmement rare et pourrait correspondre à un kyste synovial plutôt qu'une bursite. La présence d'œdème autour du LCM peut être associée à une pathologie intra-articulaire médiale (arthrose, arthrite goutteuse ou pathologie rhumatismale)
- Bourse du semi-membraneux - LCM : située le long de l'interligne articulaire médial, entre le tendon du semi-membraneux et le LCM, à hauteur du plateau tibial médial.



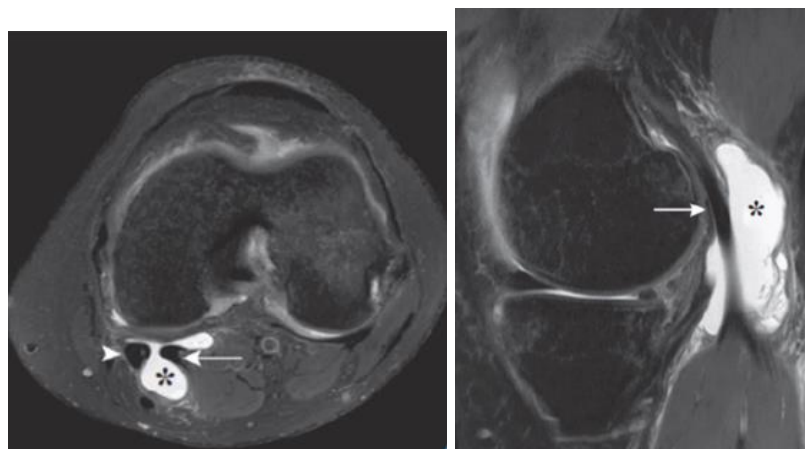
[2] Bourses séreuses médiales, antérieures et postérieure du genou. 1. Bourse prépatellaire ; 2. bourse infrapatellaire superficielle ; 3. Bourse infrapatellaire profonde ; 4. bourse du LCM ; 5. bourse ansérine ; 6. bourse du semi-membraneux ; 7 et 8. Bourse commune du semi-membraneux et du gastrocnémien médial (ou kyste de Baker).



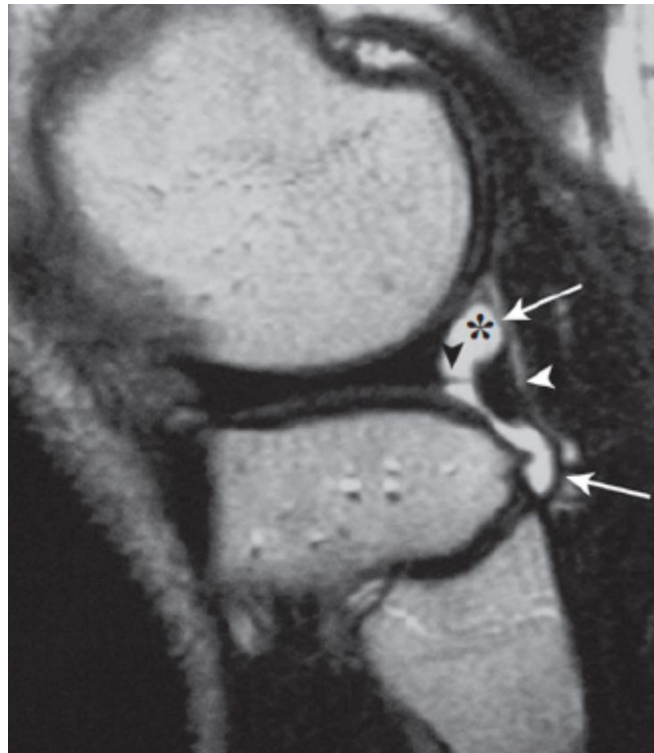
[9] Bourses antérieures : A. Supra patellaire, B. Pré patellaire, C. Infra patellaire profonde, D. Infra patellaire superficielle. [2] Bourse pré patellaire. Coupe sagittale en DP avec FATSAT démontrant une collection liquidienne focale antérieure au tendon patellaire située au niveau de la bourse prépatellaire (flèche) dans le cadre d'une bursite.



[9] Bourses postérieure et médiales : A. Bourse commune gastrocnémien médial – tendon du semi-membraneux, B. Bourse du semi-membraneux – LCM, C. Bourse ansérine, D. Bourse du LCM.
SM : semi-membraneux, MG : gastrocnémien médial.



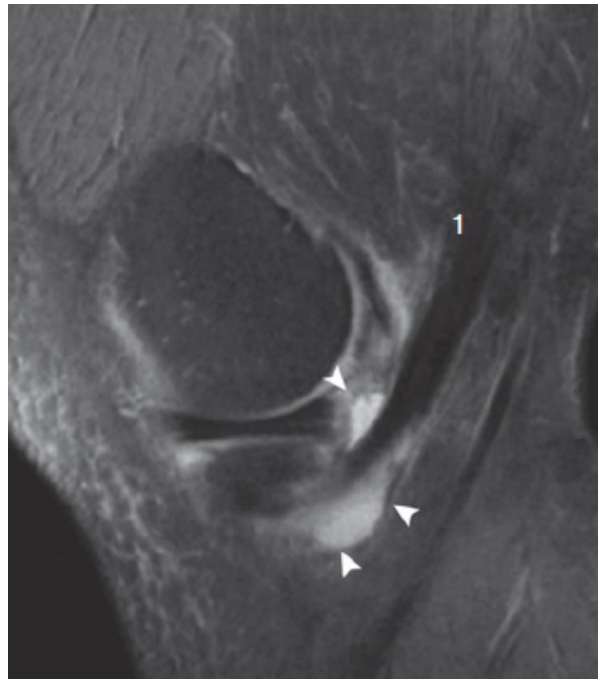
[2] Kyste poplité ou de Baker. Coupes axiale (A) et sagittale (B) en DP avec FATSAT, illustrant un kyste poplité (*) qui correspond à une distension de la bourse commune des tendons semi-membraneux (tête de flèche) et gastrocnémien médial (flèches).



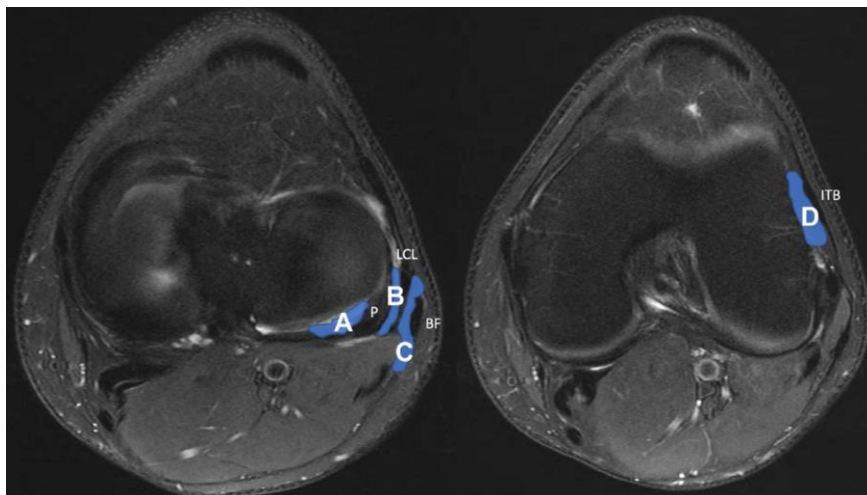
[2] Tendon poplité. Coupe sagittale en T2 démontrant le tendon poplité (tête de flèche blanche) dans le récessus sous-poplité distendu par du liquide articulaire (*). Noter le contact intime avec la capsule articulaire au niveau de la partie postérieure du tendon (flèches). Noter également un fascicule poplitéo-méniscal en avant (tête de flèche noire) entre le tendon poplité et la partie postérolatérale du ménisque latéral.



[2] LCM et sa bourse. Coupe coronale en DP avec FATSAT démontrant le LCM et sa bourse distendue (tête de flèche). Celle-ci s'interpose entre la bande superficielle du LCM (flèche noire) bien visible et la bande profonde à hauteur de faisceau ménisco-fémoral (flèche blanche) un peu épaissie et de signal intermédiaire.



[2] Bourse du tendon semi-membraneux (1). Coupe sagittale médiale en DP avec FATSAT. Visualisation de la bourse distendue (têtes de flèches) du tendon du semi membraneux dans le cadre d'une bursite.



[9] Bourses latérales : A. Bourse poplitée, B. Bourse du LCL – tendon poplitée, C. Bourse du LCL – biceps fémoral, D. Bourse de la bande iliotibiale.

8. Plicae synoviales ou replis synoviaux :

La plica est un vestige des membranes synoviales du développement embryologique du genou [2], sans fonction connue. Elles sont relativement fréquentes au niveau du genou. A l'état normal, elles sont asymptomatiques, mais peuvent devenir symptomatiques de façon primitive ou secondaire (traumatisme direct, microtraumatismes répétitifs...)

Les trois plus courantes sont la plicae supra patellaire, médio patellaire, et infra patellaire (PIP).

Cette dernière est également connue sous le nom de ligamentum mucosum (ligament muqueux ou adipeux), qui est la plicae synoviale la plus courante du genou. Pour son trajet, elle prend son origine au niveau de l'échancrure inter condylienne, présente un trajet inter condylien

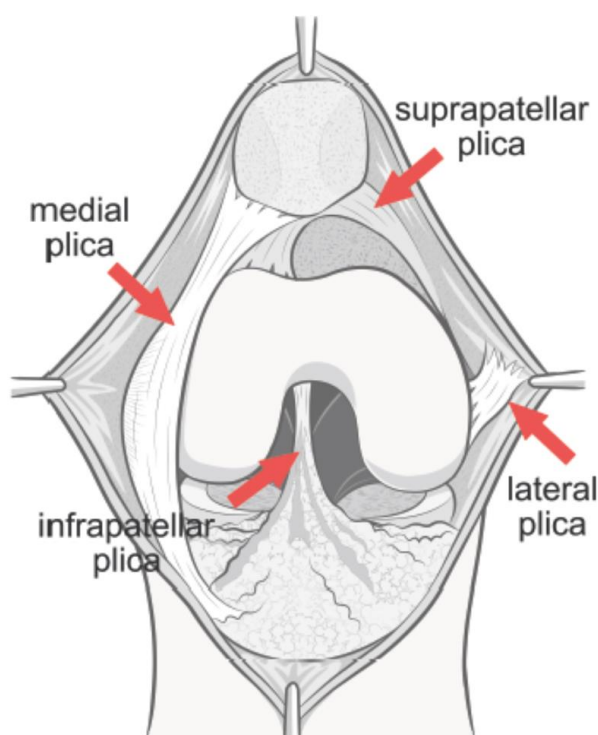
(parallèle au LCA), puis se dirige vers le haut et l'avant dans la graisse de Hoffa pour rejoindre le pôle inférieur de la patella. La plicae infra patellaire est parfois très épaisse, et doit être distinguée du LCA, en avant duquel elle se trouve. Ses principaux diagnostics différentiels sont la rupture du LCA, le corps étranger intra articulaire, la synovite nodulaire focale, et les remaniements post opératoires.

La plicae supra patellaire peut être complète et isoler la partie supérieure du cul de sac sous quadricipital. Elle peut s'enflammer en cas de polyarthrite rhumatoïde, et prendre un aspect pseudo-tumoral [5].

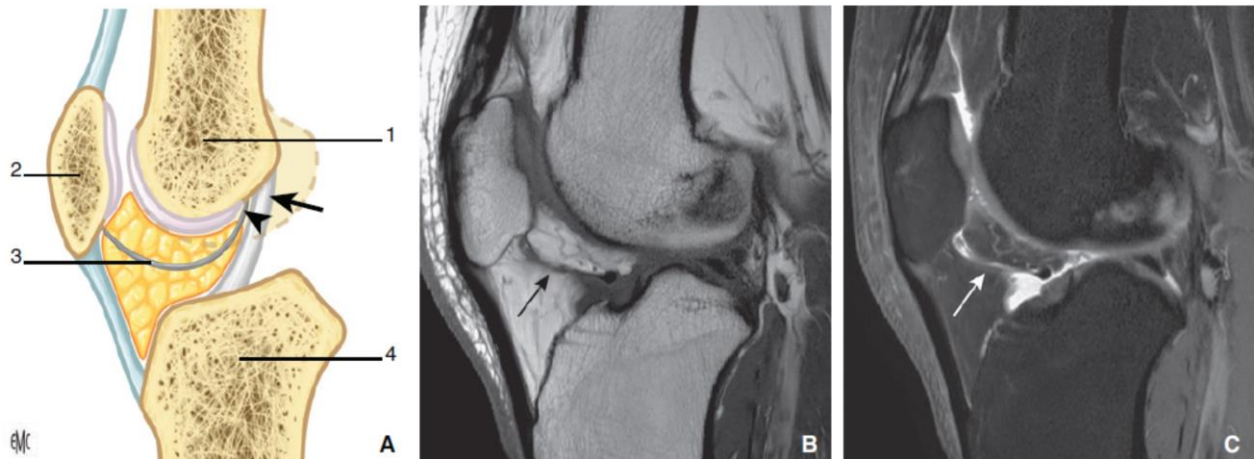
La plicae médio-patellaire peut parfois être longue, s'interposer entre la patella et la trochlée, et entraîner un conflit lors des mouvements de flexion-extension du genou, surtout chez les patients jeunes et sportifs [5]. Cette plicae peut être considérée comme pathologique en IRM, s'il existe une chondropathie patellaire ou trochléenne en regard, un hypersignal osseux, ou bien si elle est d'épaisseur supérieure à 1 mm en l'absence d'autre anomalie chez un jeune patient sportif symptomatique.

La plicae latéro-patellaire est plus rare.

En IRM, elles apparaissent sous forme de structures linéaires hypointenses en T1 et T2, mieux visible si épanchement articulaire.

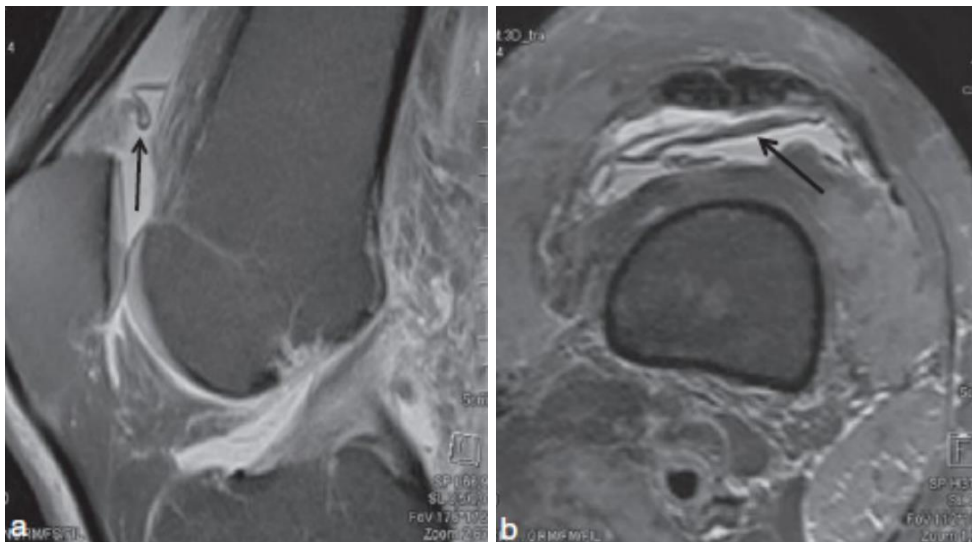


Représentation anatomique de la localisation des différentes plicas dans le genou.

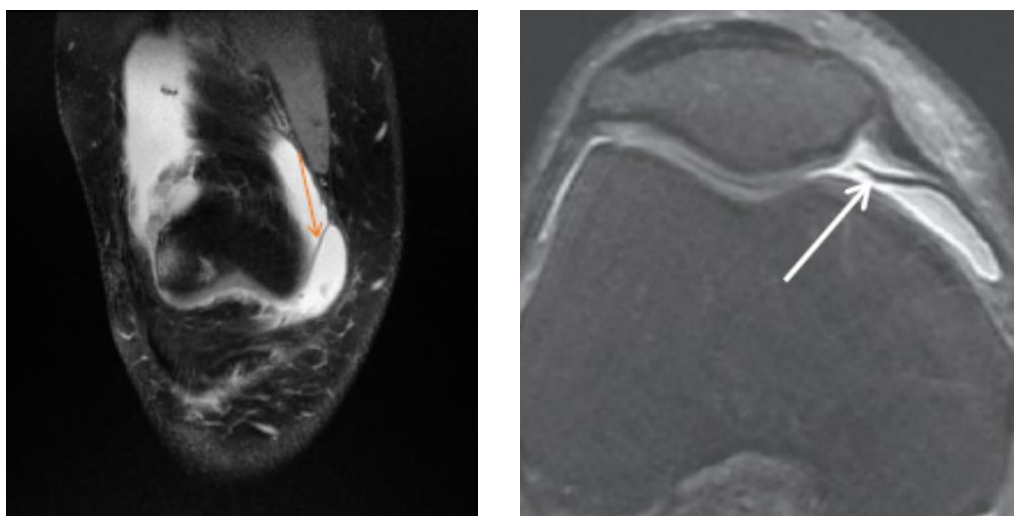


[2] Plica infrapatellaire. A. Coupe sagittale médiane passant par l'échancrure intercondylienne illustrant la plica infrapatellaire (PIP) (3). La composante intercondylienne de la PIP (tête de flèche) est parallèle au ligament croisé antérieur (flèche), puis longe le coussinet graisseux de Hoffa pour se fixer au pôle inférieur de la patella (2). 1. Fémur ; 4. tibia.

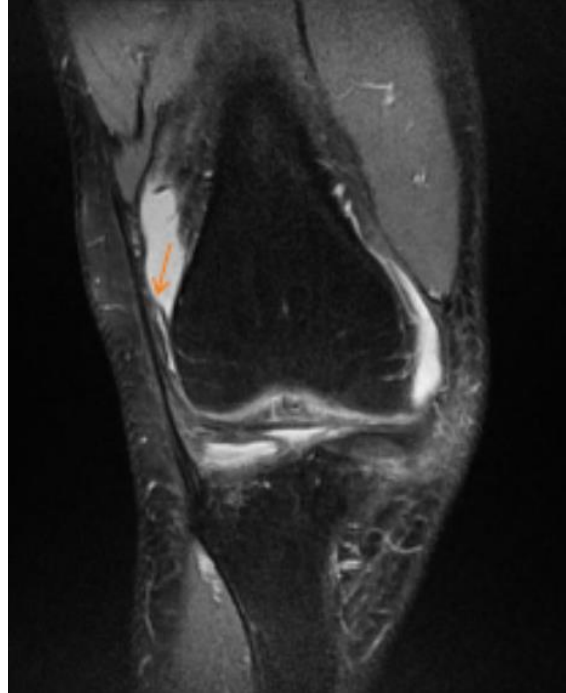
B, C. Coupes sagittales médianes en pondération T1 (B) et DP FATSAT (C) démontrant la plica infrapatellaire (flèche) sous forme d'une fine bande hyposignal traversant le coussinet adipeux infrapatellaire de Hoffa jusqu'au pôle inférieur de la patella. Noter que cette plica est moulée par le liquide intra-articulaire.



[5] Plicae supra patellaire en coupes sagittale (a) et axiale (b), silhouettée par le liquide synovial.



[5] Plicae médio-patellaire, en dedans de la patella, pouvant parfois être à l'origine d'une chondropathie patellaire médiale.



Plicae latéro-patellaire en coupe coronale.

9. Le coussinet adipeux infra patellaire de Hoffa CAIP [71]

Le CAIP est une masse cunéiforme en partie grasseuse, développée dans la région antérieure du genou. Ses limites sont :

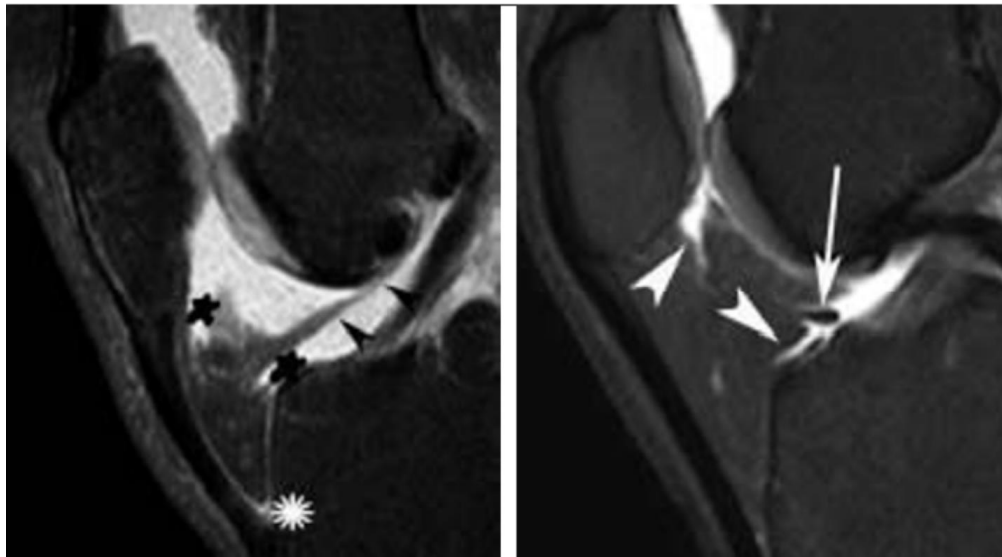
- En avant : le tendon patellaire et la capsule articulaire
- En arrière : la synoviale antérieure et la fosse condylienne
- En haut : l'apex de la patella
- En bas : la partie proximale du tibia et la bourse infra patellaire.
- Latéralement les retinacula patellaires

Même s'il est de topographie intra capsulaire mais extra synoviale, il existe 2 replis synoviaux en son sein (un supérieur vertical et l'autre postérieur, inférieur et horizontal), qui sont parfaitement visualisés en cas d'épanchement articulaire.

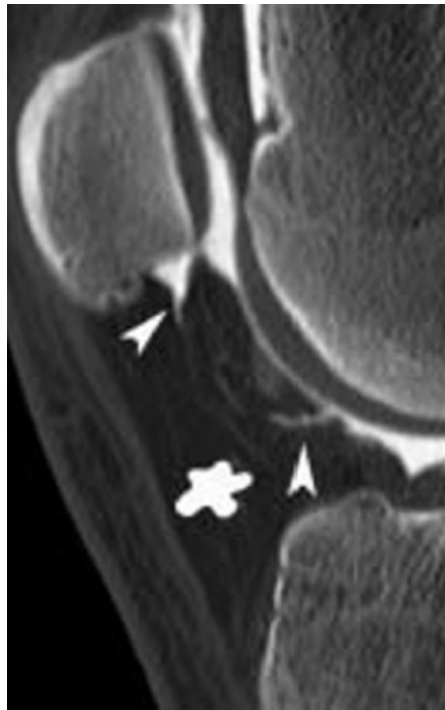
La plica infra patellaire, immédiatement au-dessus du repli synovial inférieur horizontal, fixe la graisse de Hoffa entre l'apex patellaire et la fosse condylienne, voire le LCA.



[71] Schéma anatomique. LCA = ligament croisé antérieur, LP = ligament patellaire. Les deux replis synoviaux (têtes de flèches) sont représentés ainsi que le ligament inter méniscal antérieur (flèche) et la plica infra patellaire. Les zones osseuses schématisées correspondent au tibia, à la patella et au fémur distal. Le CAIP est coloré en jaune.



[71] IRM du genou avec coupes sagittales en DP FATSAT. Epanchement intra articulaire révélant les 2 replis articulaires supéro vertical et inféro-postéro-horizontaux du CAIP (étoiles noires), la plica infra patellaire (tête de flèche noire). La bourse infra patellaire profonde est notée par l'astérisque blanc. Le ligament inter méniscal (flèche) est le plus souvent au-dessus du repli synovial inférieur. Les deux replis synoviaux sont matérialisés par 2 têtes de flèche blanches.



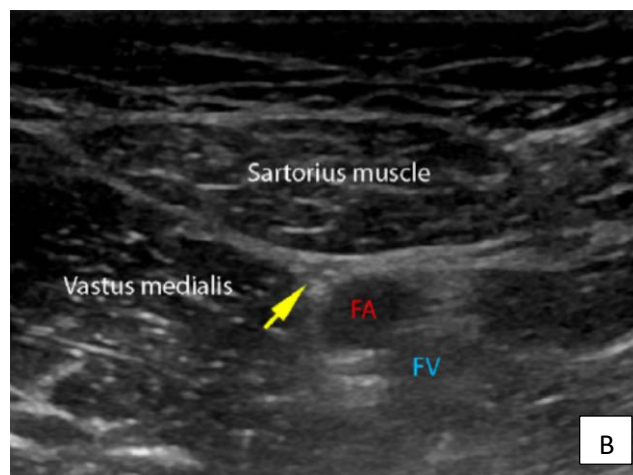
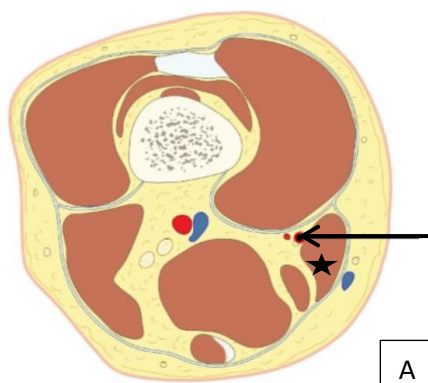
[71] Arthroscanner en coupe sagittale, montrant la graisse de Hoffa (*) avec opacification des deux replis articulaires (tête de flèche)

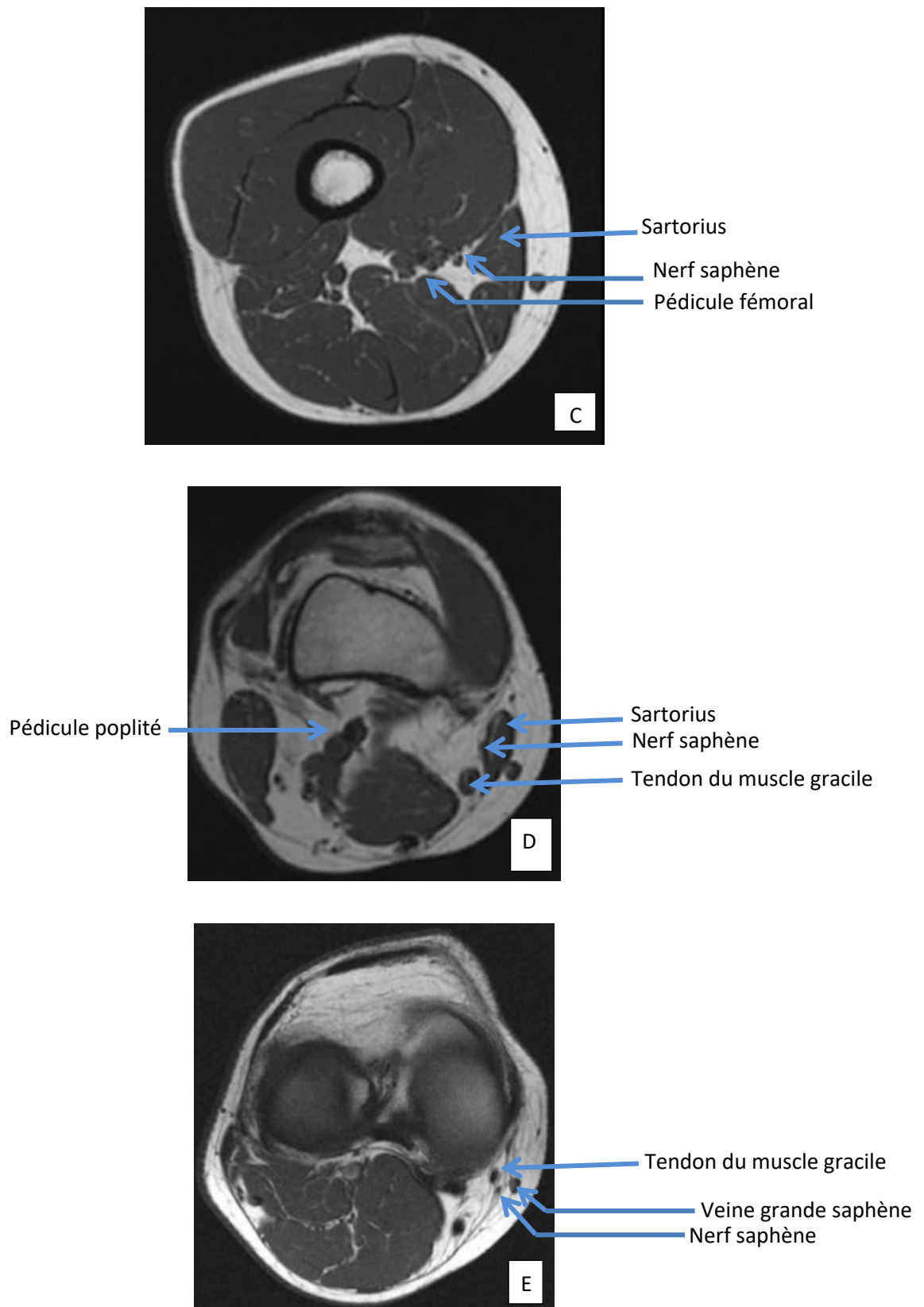
10. Les nerfs :

Les nerfs présentent un signal assez élevé vu le contenu graisseux de la myéline.

Au niveau de la région du genou, on retrouve 4 principaux nerfs [10] :

- ✚ **Nerf saphénien** : Branche du nerf fémoral. Il est responsable de l'innervation sensorielle de la face antéro-médial du genou au pied. Après son trajet dans la cuisse, il passe dans le canal des adducteurs ou de Hunter, et suit le Sartorius, d'une position relativement antérieure dans la cuisse, à un emplacement médial dans la région du genou. Dans le canal, le nerf présente une situation antéro-médiale par rapport à l'artère fémorale et la veine. Plus distalement, on le retrouve perçant le fascia entre les tendons du Sartorius et du gracile, pour atteindre les tissus sous cutanés.



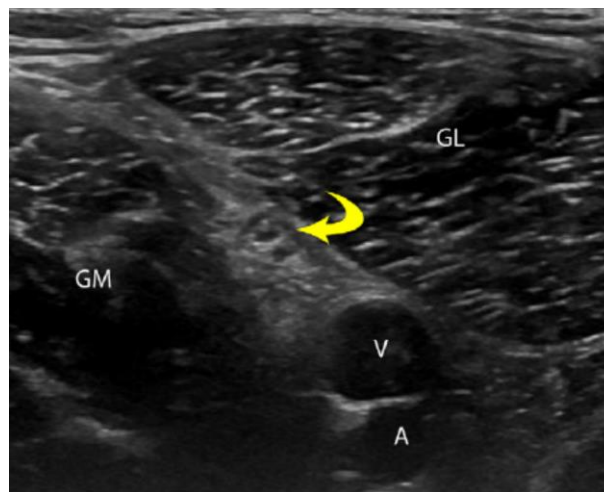


A. Nerf saphène (flèche), muscle Sartorius (étoile).

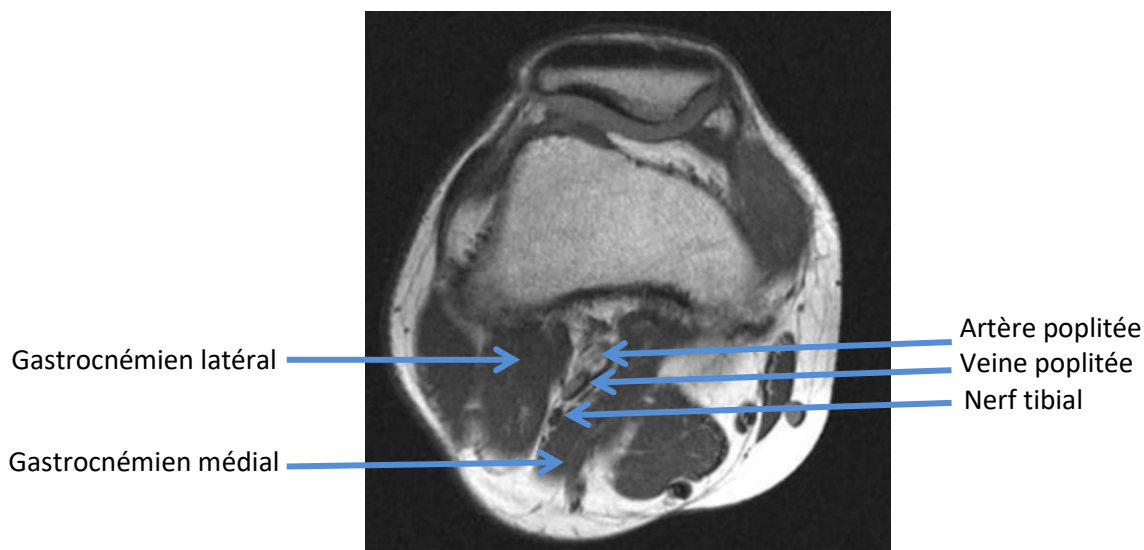
En échographie (B) ou IRM (C) réalisée au niveau du 1/3 moyen de la cuisse, on peut individualiser le nerf saphénien dans le canal des adducteurs, à l'aide du muscle Sartorius et des vaisseaux fémoraux comme repères, sous forme d'une petite structure ronde à l'intérieur d'un plan graisseux, qui s'étend sur la surface profonde du muscle Sartorius.

(D) Au niveau du genou, on le retrouve perçant le fascia entre les tendons du Sartorius et du gracile, pour atteindre les tissus sous cutanés par la suite (E).

- ✚ **Nerf tibial :** Il s'agit de la plus épaisse branche de division du nerf sciatique, au niveau de la fosse poplitée, de topographie médiale, à proximité du pédicule poplité [10].



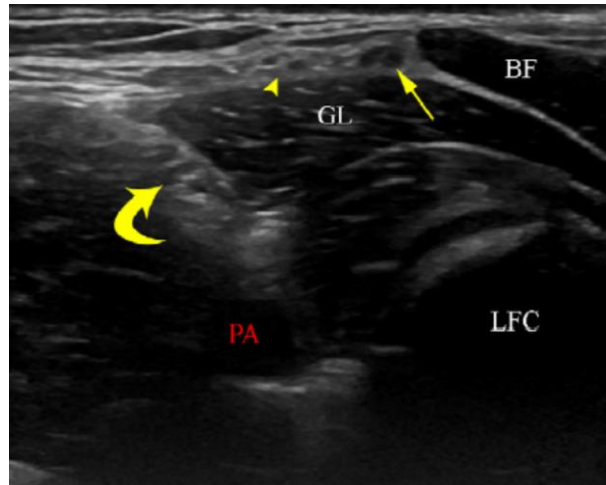
[10] Image échographique montrant le nerf tibial (flèche incurvée) siégeant entre les deux gastrocnémiens, avec le pédicule poplité.



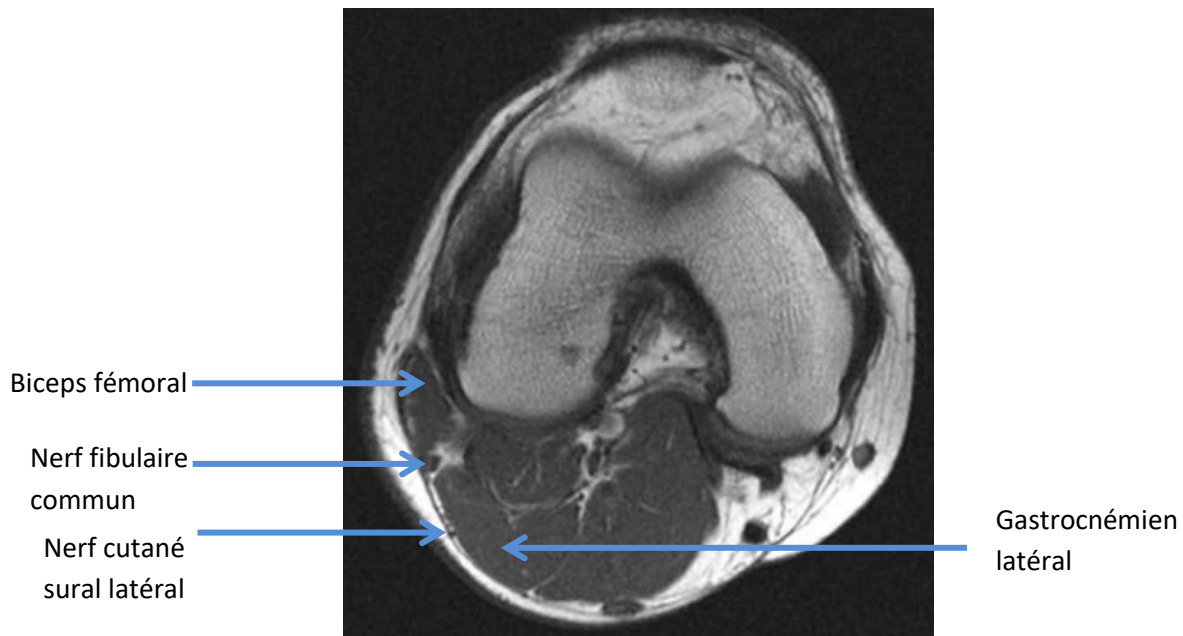
IRM du genou, séquence T1 en coupes axiales, visualisant le nerf tibial.

- ✚ **Nerf fibulaire commun :** Branche de division du nerf sciatique. Au cours de son parcours dans la fosse poplitée, il descend vers le bas et latéralement le long du bord médial du muscle et du tendon du biceps fémoral. A sa sortie de la fosse poplitée, il devient superficiel, longeant le long du gastrocnémien latéral. A ce niveau, on le retrouve dans un amas de graisse abondante [10].

En raison de son emplacement superficiel, le nerf fibulaire commun est le seul nerf fréquemment lésé dans la région du genou [1]. Il est postéro-médial par rapport au tendon conjoint, près de la peau, et peut être comprimé soit par des processus intenses (kystes, ostéophytes...) soit sous l'effet d'un traumatisme extrinsèque.

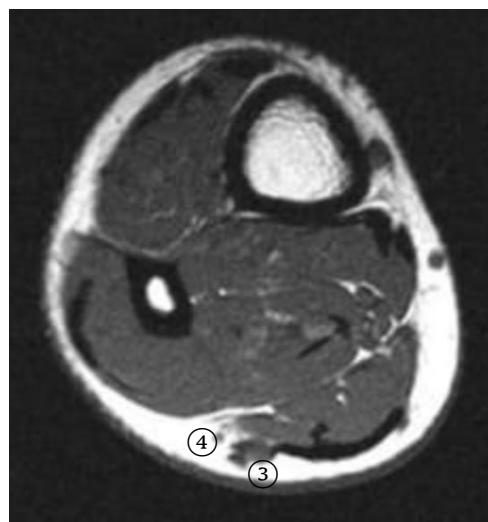
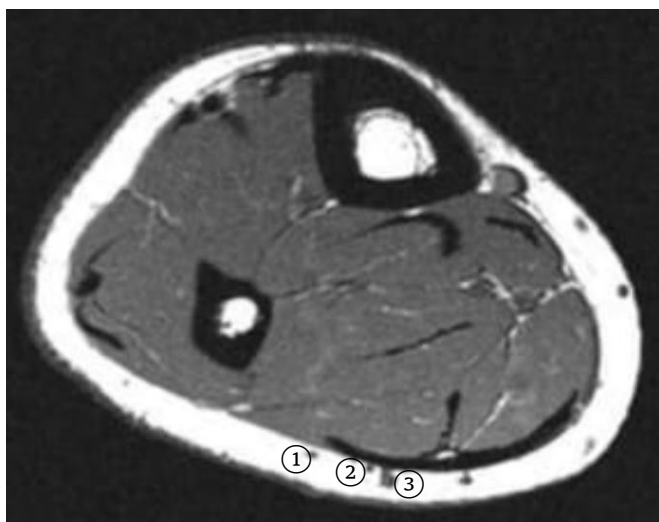


[10] Coupes axiales échographiques montrant le nerf fibulaire commun (flèche rectiligne) et le nerf cutané sural latéral (tête de flèche), qui sont postérieurs par rapport au gastrocnémien latéral (GL) et médiaux par rapport au biceps fémoral (BF). Nerf tibial (flèche incurvée). LFC : condyle fémoral latéral, PA : artère poplitée.



IRM du genou, séquence T1 en coupes axiales, visualisant le nerf fibulaire commun.

🌈 **Nerf sural** : Résulte de l'anastomose du nerf cutané médial (branche du nerf tibial), et du rameau communicant fibulaire (branche du nerf fibulaire commun ou sural latéral). Il accompagne la veine petite saphène dans son trajet.



IRM du genou, séquence T1 en coupes axiales, visualisant le nerf cutané sural latéral (1), cutané sural médial (2), la veine petite saphène (3), et le nerf sural (4).

CHAPITRE IV :
VARIANTES DE LA NORMALE,
IMAGES-PIEGES ET DECOUVERTES
FORUITES

Les variantes anatomiques du genou sont souvent de découverte fortuite, et leur connaissance est importante pour une analyse précise et pour éviter de surdiagnostiquer les images et traiter inutilement [12].

1. Variantes anatomiques osseuses

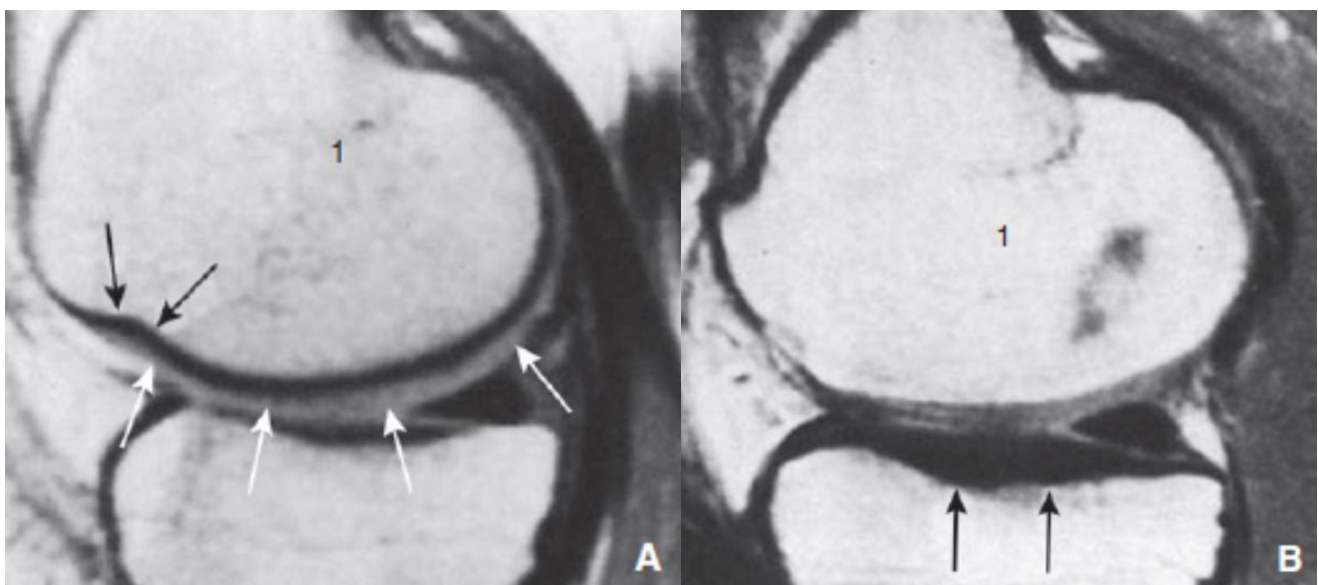
a. Os médullaire : hyperplasie médullaire bénigne

L'os médullaire se présente en hypersignal T1, DP et intermédiaire en T2 vu son contenu graisseux. Cependant, il est possible de retrouver des zones de moelle hématopoïétique surtout au niveau de la métaphyse fémorale distale, traduites par un signal intermédiaire à faible en T1, et augmenté en T2 avec saturation de la graisse. Ces hyperplasies médullaires bénignes peuvent être retrouvées chez les sujets sains, mais aussi chez les fumeurs, obèses, marathoniens, lors d'un séjour en altitude ou encore en cas d'anémie sévère [2, 12].

b. Os cortical : rainures condylo-trochléennes et artéfact de déplacement chimique

L'os cortical apparaît comme une structure linéaire en hyposignal. Les rainures condylo-trochléennes donne une empreinte au niveau de l'os sous chondral, pouvant simuler une lésion ostéochondrale.

L'os sous chondral tibial peut sembler exagérément épaissi, surtout sur les images en écho de spin, à cause de l'artéfact de déplacement chimique, secondaire à la différence de fréquence de résonance des protons du cartilage hyalin et de l'os [2, 12]. Cet effet paraît moins prononcé sur les coupes de densité protonique.



[2, 12] A. Coupe sagittale passant par le compartiment médial en DP. Fausse image de lésion ostéochondrale produite par l'empreinte sous-chondrale de la rainure condylo-trochléenne (flèches noires). L'os sous-chondral apparaît comme une bande noire revêtue par une couche cartilagineuse de signal intermédiaire (flèches blanches). 1. Condyle médial.

B. Coupe sagittale passant par le compartiment médial en DP montrant un pseudo-épaississement de l'os sous-chondral du plateau tibial médial (flèches), causé par l'artéfact de déplacement chimique couplé à l'effet de volume partiel. 1. Condyle médial.

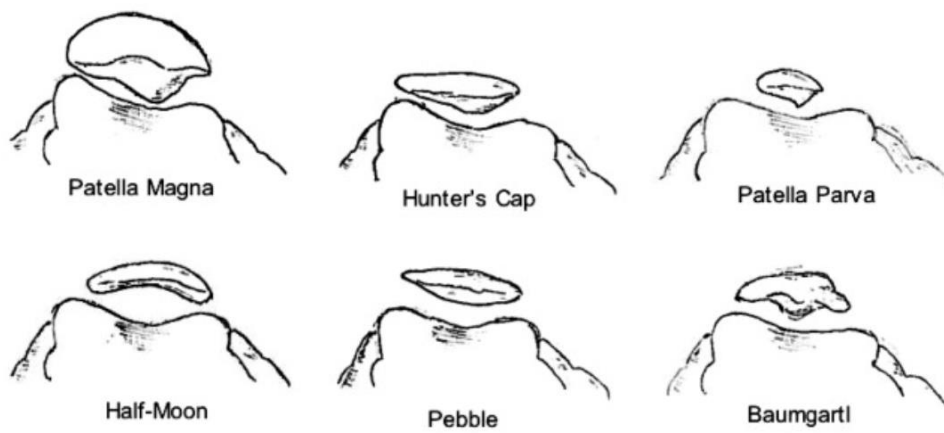
c. Patella

Plusieurs variantes anatomiques ont été décrites :

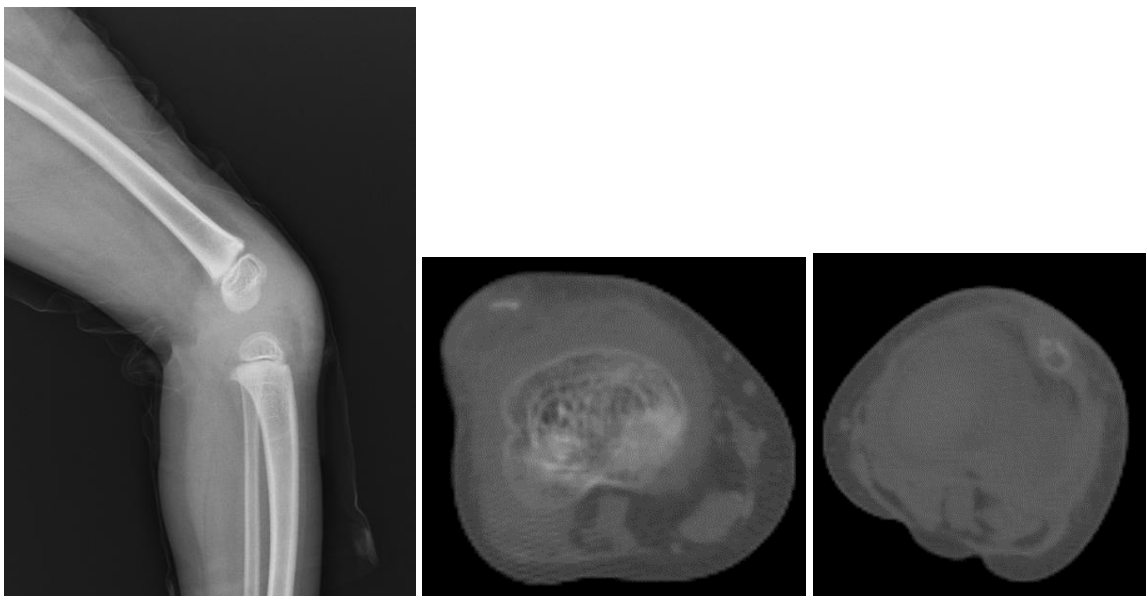
Forme et taille :

- ✚ Patella parva : hypoplasie globale de la patella
- ✚ Patella magna : hypertrophie patellaire
- ✚ Variantes morphologiques : patella en « chapeau de chasseur » (hunter's cap), en « caillou » (pebble-like), en « demi-lune » (half-moon).

Aucune corrélation n'a été démontrée reliant ces variantes et une chondromalacie ou instabilité patellaire.



[13] Différentes formes de patellas



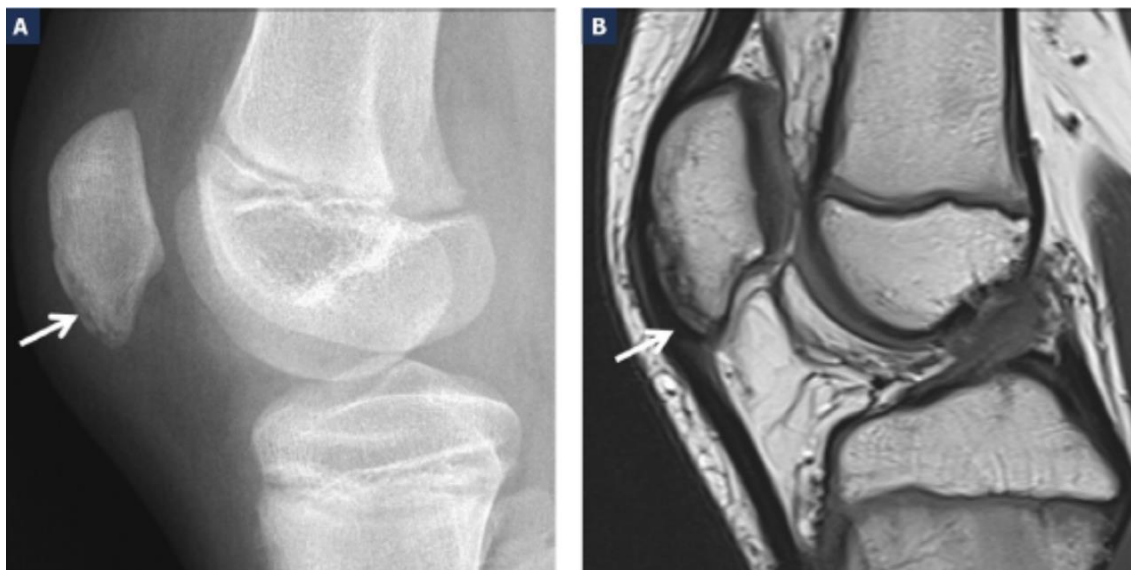
Radiographie de profil, et TDM des deux genoux, chez un enfant de 13 ans, objectivant une hypoplasie patellaire bilatérale plus marquée à droite.

Variantes d'ossification :

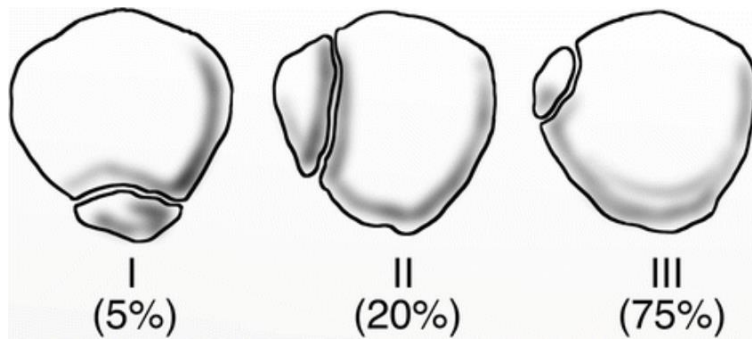
- ✚ Aspect dense ou hétérogène
- ✚ Contours irréguliers
- ✚ Ossification discoïde antérieure
- ✚ Centres d'ossification secondaires (accessoires), qui fusionnent avec le centre d'ossification primaire vers l'adolescence.
- ✚ Patella bipartite ou multipartite : un ou plusieurs centres d'ossification accessoires non fusionnés, situés près de la patella [12]. La patella bipartite est plus fréquente que la multipartite. Elle peut parfois devenir symptomatique et provoquer une douleur antérieure du genou, avec sur l'IRM un œdème médullaire dans le noyau d'ossification et le long des marges de la synchondrose, suggérant une instabilité. Le principal diagnostic différentiel des patella bi et multipartites est les fractures marginales de la patella, qu'on distinguera par sa topographie latérale, le caractère mousse des contours et la continuité du cartilage de recouvrement.

La patella bipartite peut être classé en :

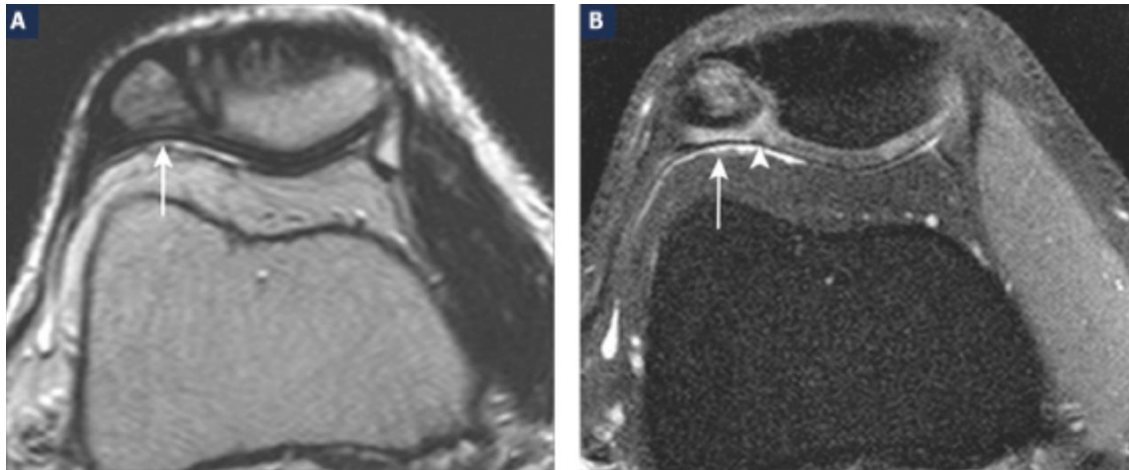
- Type I : fragment séparé au niveau du pôle inférieur de la patella
- Type II : au niveau de la marge latérale
- Type III (le plus commun : 75% des cas) : au niveau du pôle supéro-latéral.



[12] Radiographie du genou de profil (A) et coupe sagittale pondérée T1 (B) montrant un aspect hétérogène de la partie antéro-inférieure de la patella avec des bords irréguliers (flèches), en rapport avec une ossification discoïde antérieure. A noter un respect de l'insertion du tendon rotulien en regard.



[14] Les trois types de la classification de Saupé des noyaux secondaires de la patella.



[13] Patella bipartite chez un patient symptomatique. Coupes axiales en séquence de DP sans (A) et après FAT SAT (B). Noyau d'ossification type II (flèche). Mise en évidence d'une couche de cartilage hyperintense au niveau de la synchondrose (tête de flèche) et d'une infiltration œdémateuse intra médullaire du noyau accessoire, suggérant un phénomène d'instabilité de ce fragment, expliquant la symptomatologie. On différenciera la patella bipartite d'une fracture par sa topographie latérale et l'absence de fissure cartilagineuse associée.



Centre d'ossification accessoire non fusionné situé près de la patella, au niveau de son pôle supéro-latéral, séparé du reste de la patella par un liseré de sclérose sans discontinuité du cartilage en regard. Il est le siège d'un discret œdème médullaire. Aspect en faveur d'une patella bipartite type 3.



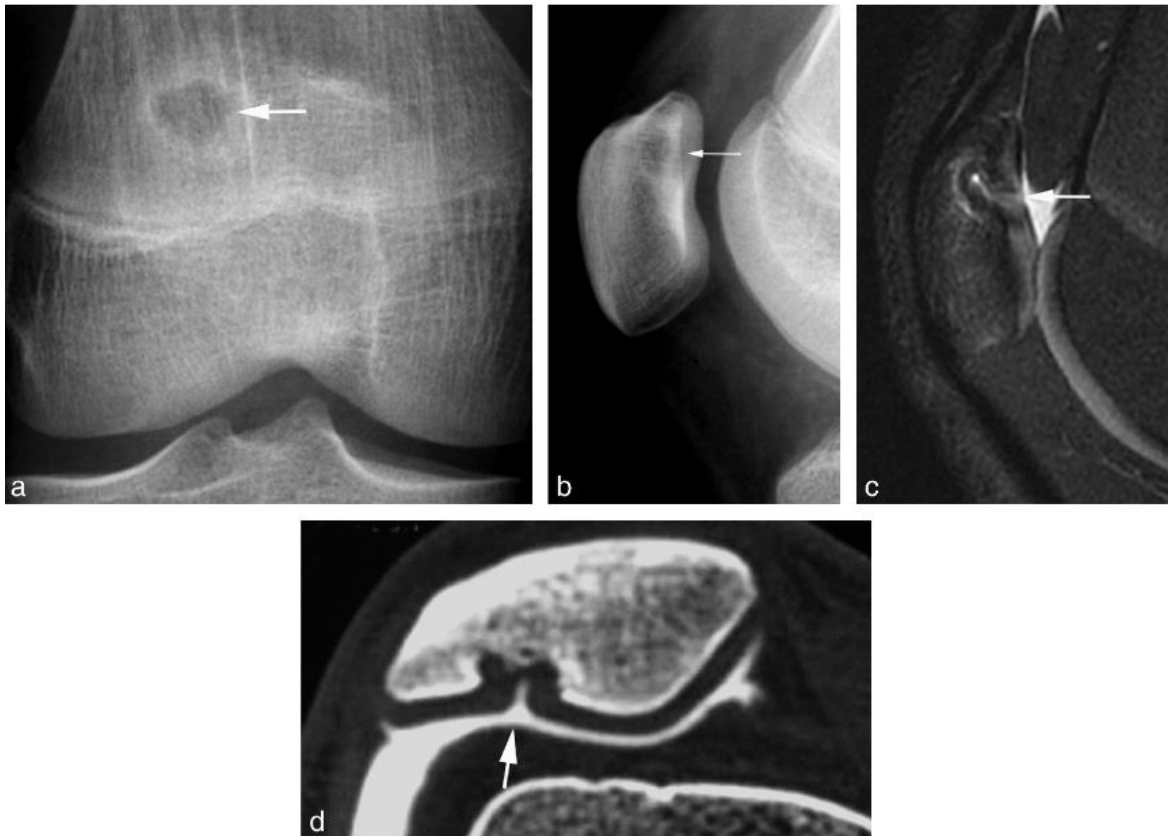
Patella multi partite

Défect dorsal de la patella

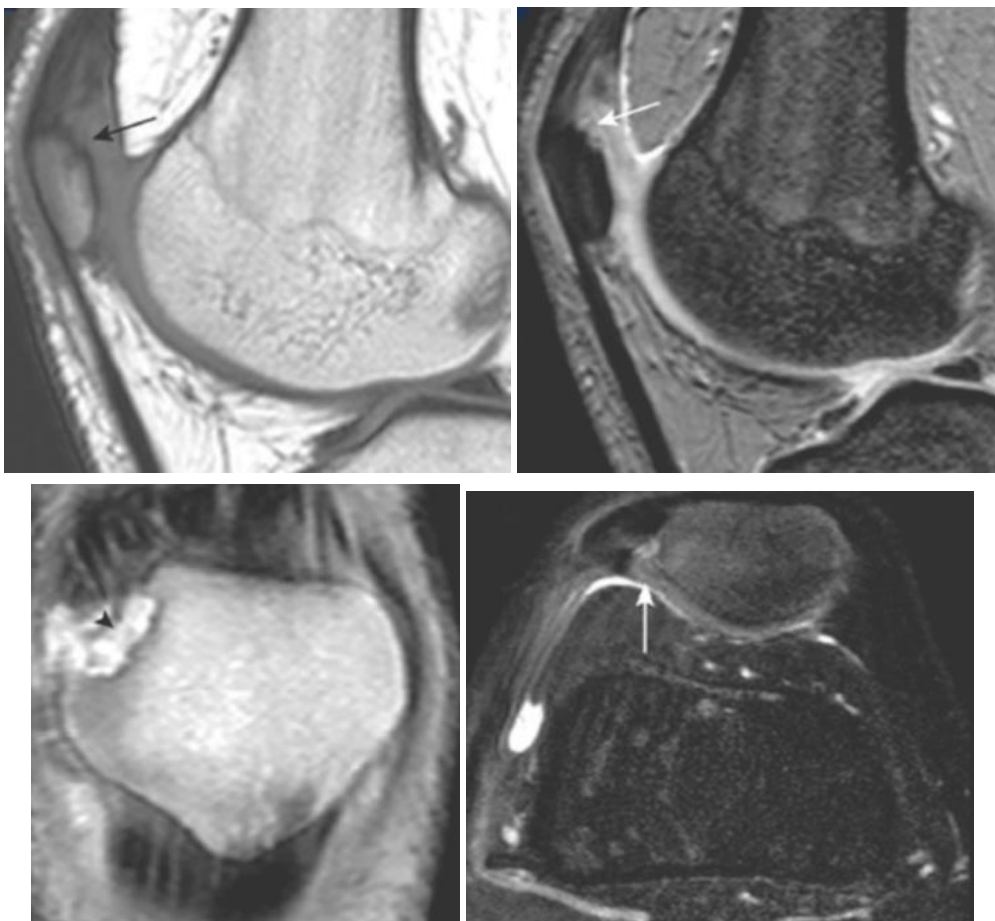
Il correspond à une lacune sous-chondrale du 1/3 supérolatéral de la patella, et s'observe typiquement chez l'adolescent. Il est bilatéral dans 1/3 des cas et ne présente pas de prédilection de sexe. Souvent découvert fortuitement, il peut parfois être associé à des douleurs fémoro-patellaires.

Sur la radiographie standard, le défaut a des contours arrondis, et est fréquemment délimité par un liseré de sclérose. Pour sa taille, elle varie de 4 à 6 mm de diamètre.

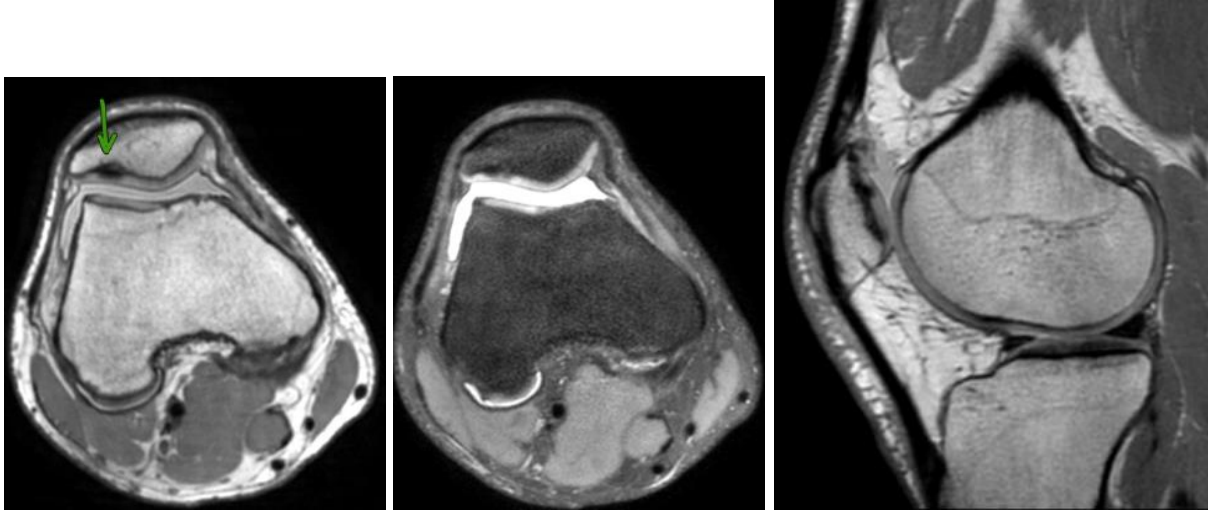
Sur l'IRM, on retrouvera un défaut osseux à la partie supéro-latérale de la patella, comblé par du cartilage articulaire. Les patients sont le plus souvent asymptomatiques. Les diagnostics différentiels incluent l'ostéochondrite disséquante de la patella, et plus rarement l'abcès de Brodie et les tumeurs osseuses.



[50] Défect dorsal de la patella. Lacune bien cerclée d'un liseré de sclérose au 1/3 supérolatéral de la patella en radiographie (a : de face, b : de profil) et en IRM (c : coupe sagittale en T2). Opacification de la fente en arthroscanner. (d. patient différent).



[13] Défect dorsal de la patella. Coupes sagittales en pondération T1 (A), T2* (B) démontrant le défaut bien circonscrit (flèches, A et B) situé dans la partie supéro-latérale de la patella et bien visible sur la séquence coronale en densité de protons (DP) sans saturation de graisse (tête de flèche, C). Présence d'un épaissement cartilagineux recouvrant le défaut cortical, visible sur la coupe axiale en DP avec saturation du signal de la graisse (flèche, D).



Défect dorsal de la patella.

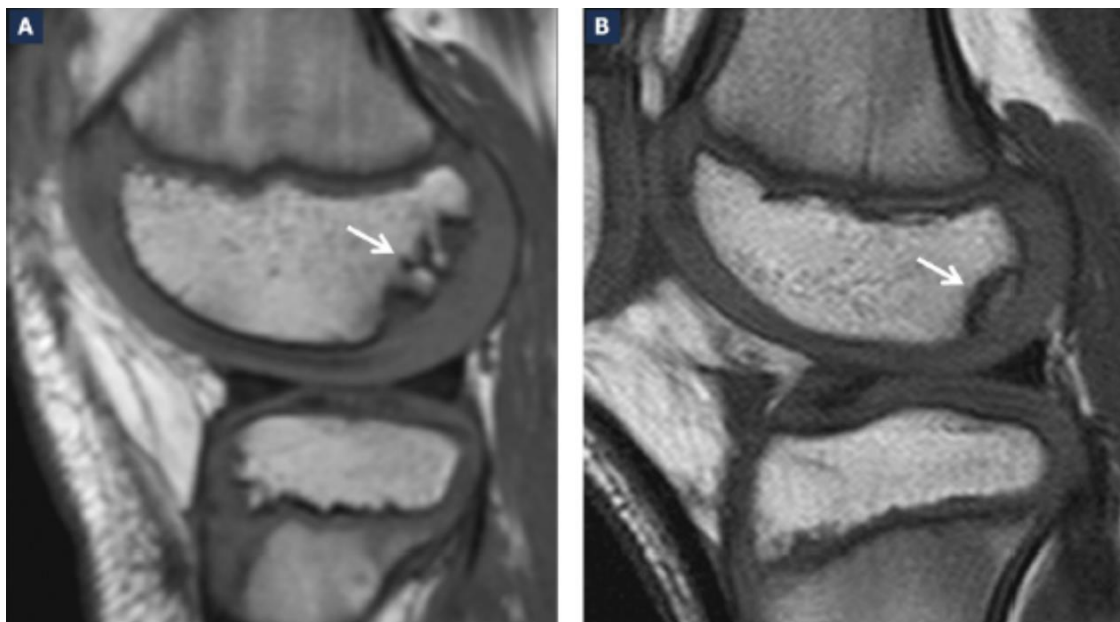
d. Variantes fémorales distales

✚ Irrégularités du contour cortical :

- Desmoïde cortical ou irrégularité corticale fémorale distale : lésion bénigne au niveau de la face postérieure du condyle fémoral médial, retrouvée chez les enfants et les adolescents, sous forme d'une irrégularité corticale au niveau du tubercule du troisième faisceau du grand adducteur. En IRM, il s'agit d'une lésion intra corticale, bien délimitée, hypoT1 et hyperT2, pouvant être rehaussée après injection. Diagnostics différents : ostéoblastome périosté, ostéome ostéoïde, ostéosarcome de surface. Il s'agit d'une classique « don't touch lesion »
- Noyaux d'ossification multiples : habituellement situés au niveau des condyles fémoraux postérieurs. Une couche cartilagineuse intacte recouvrant le défaut osseux et l'absence d'œdème médullaire permettent le diagnostic différentiel avec une ostéochondrite disséquante débutante.



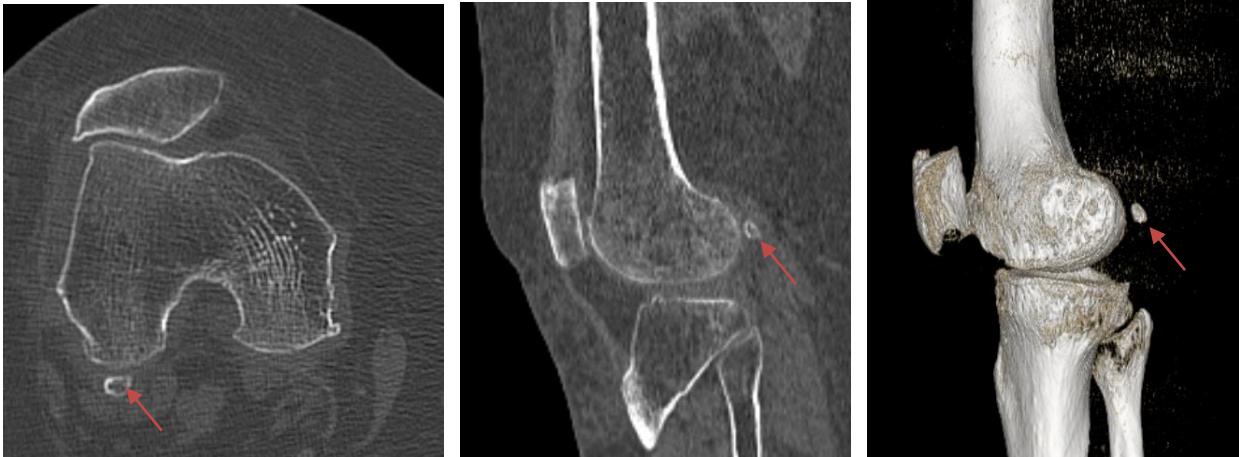
[13] Irrégularité corticale du fémur distal chez un adolescent de 16 ans. Coupe sagittale en T1 (A) démontrant l'irrégularité sous forme d'une lésion hypointense bien définie (tête de flèche, A). La lésion présente un signal intense sur les coupes en DP avec FATSAT (tête de flèche, B ; flèche, C). Il n'y a aucune réaction périostée, ni de masse associée au niveau des tissus mous.



[13] Anomalie d'ossification du condyle fémoral latéral. Coupes sagittales en T1 chez deux patients différents montrant des spiculations (flèche, A) et une irrégularité osseuse épiphysaire (flèche, B) dans la partie postéro-latérale des condyles fémoraux. A noter que le cartilage de recouvrement chez les deux patients, présente un signal homogène, une épaisseur et des contours normaux confirmant ainsi la variante anatomique plutôt qu'une véritable lésion ostéocondrale.

e. Fabella

Il s'agit d'un petit os sésamoïde situé à la partie latérale du tendon gastrocnémien latéral. Il n'est présent que chez 11–13% des patients, et est souvent bilatéral. Il peut être bi ou tripartite. Elle peut parfois être difficilement différenciable d'un corps étranger intra articulaire [13].



TDM du genou en coupes axiale, coronale et 3D VR, montrant une fabella.

f. Cyamella

Ou fabella poplitée, il s'agit d'un os sésamoïde du tendon poplité extrêmement rare. On le retrouve à proximité de la jonction myotendineuse proximale du muscle, voire dans la fossette poplitée. Les principaux diagnostics différentiels sont le corps étranger intra articulaire, la fabella (situation postéro-latérale par rapport au condyle fémoral latéral), une ossification hétérotopique d'origine post traumatique ou iatrogène, ou une ossification maligne des parties molles.

2. Variantes anatomiques méniscales

a. Variantes morphologiques

- ✚ Ménisque discoïde : malformation congénitale dysplasique rare du ménisque, mais la plus fréquente, secondaire à un défaut d'involution de la partie centrale du ménisque au cours du développement. Cette anomalie est retrouvée dans 3% des genoux, essentiellement au niveau du ménisque latéral, et peut être bilatérale. Il est le plus souvent asymptomatique mais peut être révélé par un syndrome méniscal, essentiellement évoqué devant un craquement à la mobilisation, spontané ou révélé par un traumatisme.

Plusieurs aspects en imagerie sont possibles : Classification de Watanabe [16] :

- Ménisque discoïde complet, recouvrant totalement le plateau tibial, et possédant une fixation postérieure normale. Il s'agit de la forme la plus fréquente (80%)

- Ménisque discoïde incomplet : de forme semi-lunaire, dans lequel une partie de l'échancrure reste visible, recouvrant moins de 80% du plateau tibial latéral, avec une attache postérieure normale.
- Ménisque de type ligament de Wrisberg : forme plus ou moins normale, mais la corne postérieure du ménisque latéral lui manque ses attaches méniscales postérieures habituelles (ligament coronaire (ménisco-tibial), le frein méniscal postéro-latéral), et n'est fixée que par le ligament de Wrisberg. Le ménisque est donc instable.

Seuls les 2 premiers types peuvent être reconnus en arthroscanner ou en IRM. Le type ligament de Wrisberg ne peut être diagnostiqué qu'en arthroscopie.

Le diagnostic est posé sur l'IRM selon des critères bien établis :

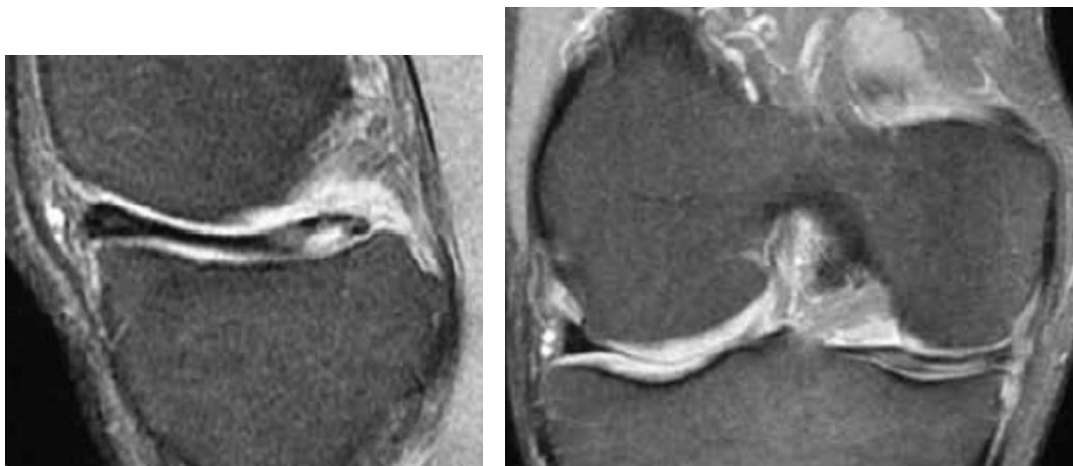
- Un diamètre transversal mesuré dans le plan coronal supérieur à 14 mm (meilleur critère diagnostic)
- Augmentation du nombre de coupes comportant une image en nœud de papillon (au moins 3 coupes sagittales contiguës d'une épaisseur de 5 mm), traduisant la continuité entre la corne antérieure et postérieure, et occupant la totalité de l'interligne sur les coupes frontales
- Une différence de hauteur nette entre le ménisque externe pathologique et interne normal de plus de 2 mm.

La fragilité de ce ménisque explique la fréquence des lésions méniscales retrouvées dans la littérature, à type de fissuration, fragmentation ou de dégénérescence myxoïde. Ainsi, ces ménisques présentent fréquemment des hypersignaux de grade 1 ou 2 sans fissuration décelable.

- ✚ Ossicule méniscal : formation calcique intra méniscale, le plus souvent au niveau de la CPMI, retrouvée en radiographie standard sous forme d'un fragment osseux intra méniscal, confirmée en IRM (signal de type graisseux au centre, en hypersignal T1, entouré d'une corticale ossifiée en hyposignal T1, ou entièrement en hyposignal sur toutes les séquences). Il s'agirait d'une forme cicatricielle de déchirure.



[16] Classification de Watanabe du ménisque discoïde : A : type incomplet, B : incomplet, C. de type Wrisberg.



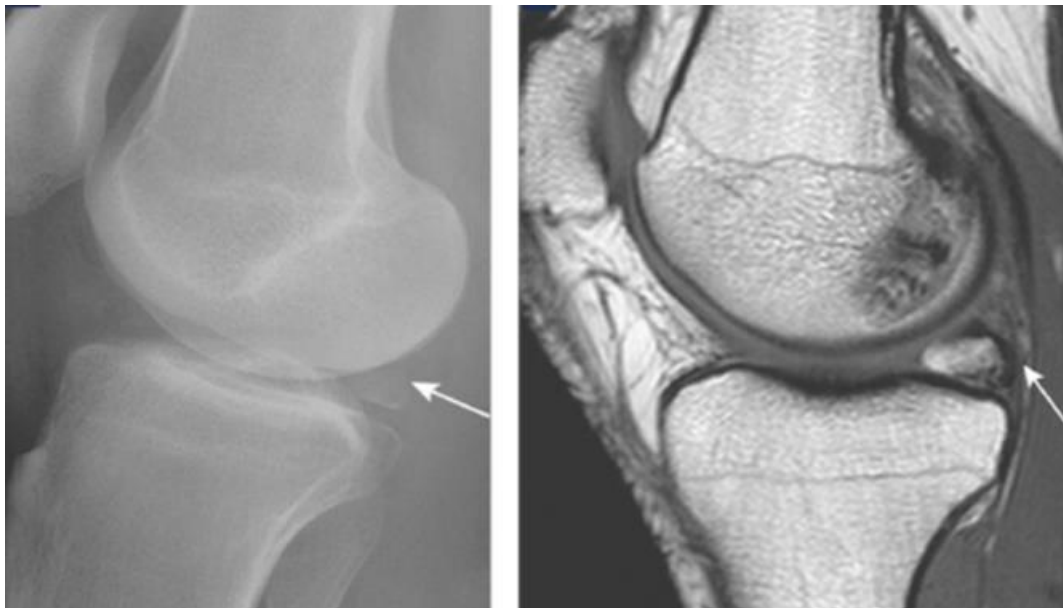
[5] Ménisque médial discoïde, avec hypersignal interne grade 2.



Ménisque discoïde avec hypersignal interne.



Ménisque discoïde, siège d'une dégénérescence mucoïde.



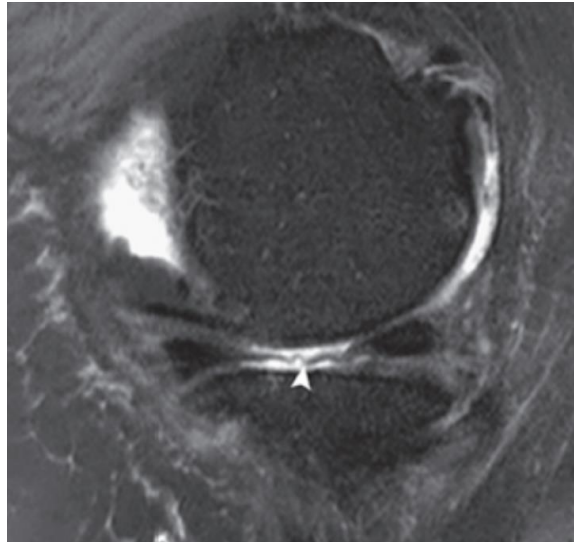
Ossicule méniscal. Radiographie du genou de profil (A) montrant l'ossicule méniscal sous forme d'un fragment osseux (flèche) dans la partie postérieure de l'interligne articulaire fémorotibial. Coupe sagittale pondérée en T1 (B) démontrant le fragment osseux (flèche) situé dans la corne postérieure du ménisque médial.

b. Images-pièges et pseudo-rupture méniscales

- 🌈 Phénomène de l'angle magique : observé sur les séquences T1 et DP, il peut être à l'origine d'un hypersignal relatif méniscal, dont l'orientation des fibres forme un angle de 55° avec l'axe du champ magnétique en b0. Il intéresse surtout la corne postérieure du ménisque latéral à son insertion proximale. L'hypersignal peut donner une fausse

impression de dégénérescence ou de rupture méniscale [13]. Cet hypersignal disparaît avec l'allongement du TE ou le changement d'orientation du genou.

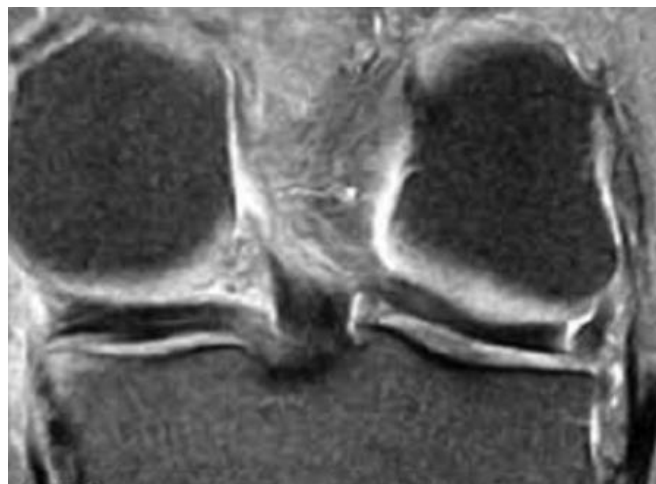
- ✚ Phénomène du vide articulaire : peut être responsable d'une image de pseudo-fissure horizontale du ménisque sur les séquences écho de gradient, sous forme d'un vide de signal (fausse chondropathie), séparée du ménisque par une ligne en hypersignal (pseudo-fissure), qui est nettement majorée en T2*.
- ✚ Artéfact de troncature [15] : se produit si transition brutale de signal entre le cartilage articulaire et le ménisque, visualisé sous forme de bandes périodiques en hypersignal, qui peuvent simuler des fissures.
- ✚ Insertions capsulaires et effet de volume partiel sur les coupes sagittales périphériques, pouvant créer un hypersignal méniscal simulant une pseudo-rupture.
- ✚ Vascularisation périphérique du ménisque médial, plus visible chez l'enfant.
- ✚ Replis synovio-graisseux : la lame graisseuse séparant le LCM de la périphérie du ménisque peut simuler une désinsertion sur les coupes coronales en T1. La présence d'un épanchement liquidien au niveau de cette bourse peut également simuler une désinsertion ménisco-capsulaire. Un autre repli adipeux au niveau de la partie médiale de l'échancrure intercondylienne peut simuler un fragment méniscal déplacé.
- ✚ Drapé méniscal : ondulation physiologique en forme de S du ménisque, le plus souvent médial, retrouvée sur les coupes sagittales, sans autre anomalie de signal méniscal associée.
- ✚ Aspect zébré : Les fibres du LCA, en venant s'insérer sur le ménisque externe, peuvent occasionner des images linéaires striées, notamment dans le plan sagittal.
- ✚ Vaisseaux géniculés : peuvent causer une fausse image de fissuration méniscale latérale.
- ✚ Tendon poplité : peut simuler un aspect de déchirure vu les rapports complexes de la corne postérieure du ménisque latéral avec le tendon poplité et sa bourse séreuse. Il suffit cependant de bien le suivre pour voir sa continuité avec le corps musculaire.
- ✚ Dysplasie méniscale : l'hypoplasie méniscale est exceptionnelle. Un ménisque de petite taille doit plutôt faire envisager une anse de seau ou un antécédent de méniscectomie partielle.
- ✚ Méniscocalcose : Les dépôts calciques méniscaux déterminent un hypersignal qui peut être confondu avec une lésion méniscale, mais qui peut aussi masquer une véritable fissure.



[13] Drapé méniscal. Coupe sagittale pondérée en densité de protons avec saturation du signal de la graisse centrée sur le ménisque médial démontrent un aspect ondulé du ménisque médial (tête de flèche) correspondant à une variante anatomique normale.



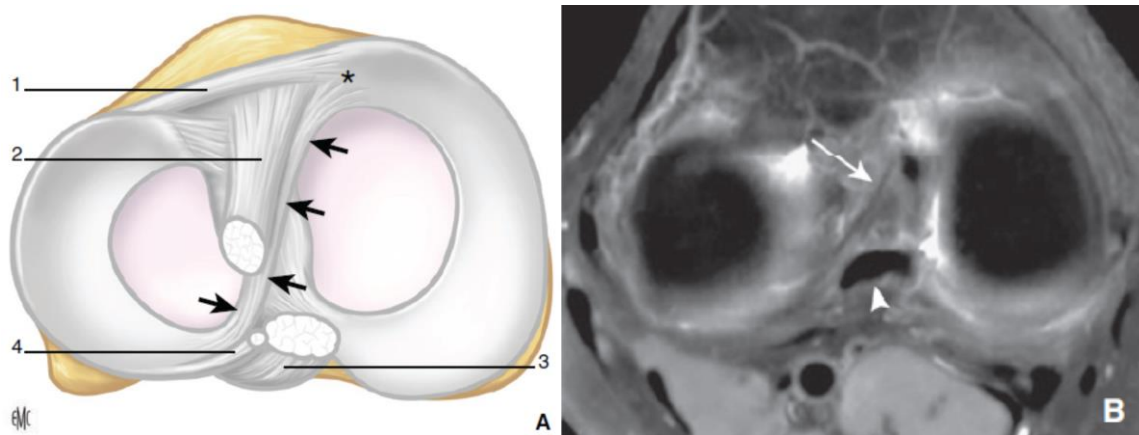
[13] Ménisque zébré



[5] Le tendon poplité passe en dehors et en arrière du ménisque latéral. Sa gaine contient du liquide articulaire et peut simuler une fissure verticale. Le trajet du tendon permet de rétablir le diagnostic.

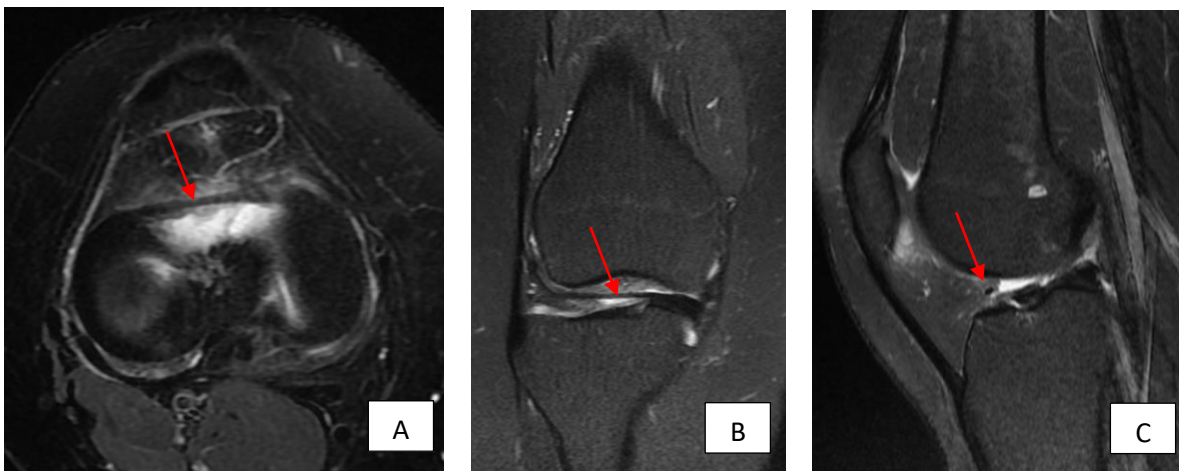
3. Variantes anatomiques ligamentaires

- ✚ Ligament transverse, jugal, ou inter méniscal antérieur : peut simuler une déchirure méniscale surtout s'il est volumineux ou entouré par la graisse, ou un petit corps étranger intra articulaire.
- ✚ Ligament ménisco-fémoral antérieur (de Humphry) et postérieur (de Wrisberg) : peuvent simuler des fausses images de rupture méniscale ou de LCP.
- ✚ Ligaments inter méniscaux obliques : 1-4%. Ils vont de la corne antérieure d'un ménisque à la corne postérieure de l'autre ménisque. Ils sont nommés en fonction de leur site de fixation antérieure (ligament ménisco-méniscal médial et latéral oblique). Ils traversent l'échancrure intercondylienne et passent entre les ligaments croisés. Ils peuvent simuler une lésion méniscale en anse de seau.



Ligament méniscoméniscal (inter méniscal) médial oblique.

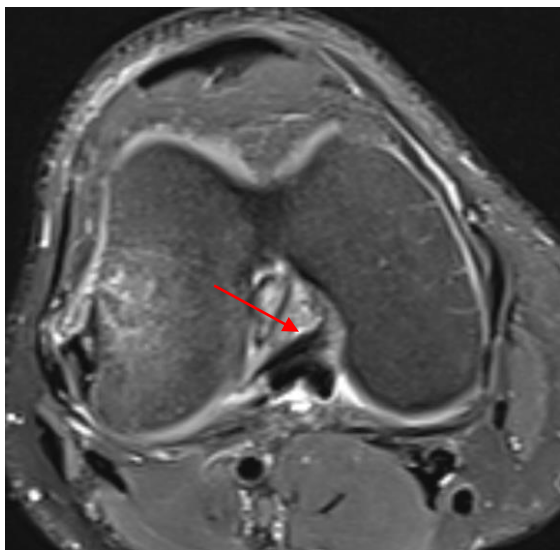
- A. Vue supérieure du genou illustrant le ligament méniscoméniscal médial oblique (flèches de gauche), qui s'attache à la corne antérieure du ménisque médial (astérisque), passe entre le ligament croisé antérieur (2) et le ligament croisé postérieur (3), et s'insère au niveau de la corne postérieure du ménisque latéral (flèche de droite). Noter le ligament transverse (jugal ou ligament inter méniscal antérieur) (1) et le ligament ménisco-fémoral de Wrisberg (4).
- B. Coupes axiales en DP avec FATSAT démontrant en dessous du LCP (têtes de flèches), une fine structure linéaire en hyposignal (flèches) qui représente le ligament méniscoméniscal oblique.



- Ligament inter méniscal antérieur. Coupes axiale (A), coronale (B) et sagittale (C) en DP FATSAT montrant le ligament inter méniscal antérieur (transverse ou jugal) (flèches) sous forme d'une bande linéaire en hyposignal entouré par de la graisse. Ce ligament relie les cornes antérieures des ménisques (A et B). La section transverse du ligament est bien mise en évidence sur la coupe sagittale médiane (C).



Coupe sagittale en pondération densité de protons avec suppression du signal de la graisse montrant l'image de pseudo-rupture de la corne antérieure du ménisque latéral (flèche) ou de corps étranger intra-articulaire produite par le passage du ligament transverse (tête de flèche).



Le LCP est doublé antérieurement par le ligament ménisco-fémoral de Humphry (flèche rouge)

CHAPITRE V : PATHOLOGIE DU GENOU

I. CONTEXTE TRAUMATIQUE

Devant un traumatisme du genou, l'imagerie joue un rôle important dans le bilan lésionnel, et doit rechercher des lésions essentiellement ostéochondrales, ligamentaires, méniscales, et musculotendineuses. Les lésions les plus fréquentes et les plus importantes à rechercher sont les fractures osseuses, les lésions ostéochondrales, les ruptures du LCA, et les fissures méniscales [19]. On recherchera également d'éventuelles lésions vasculo-nerveuses associées.

1. Grille de lecture en radiographie [18]

La radiographie du genou de face et de profil reste l'outil diagnostique de première intention devant tout traumatisme du genou. Ces clichés sont éventuellement complétés au cas par cas ou au moindre doute par des clichés obliques ou tangentiels.

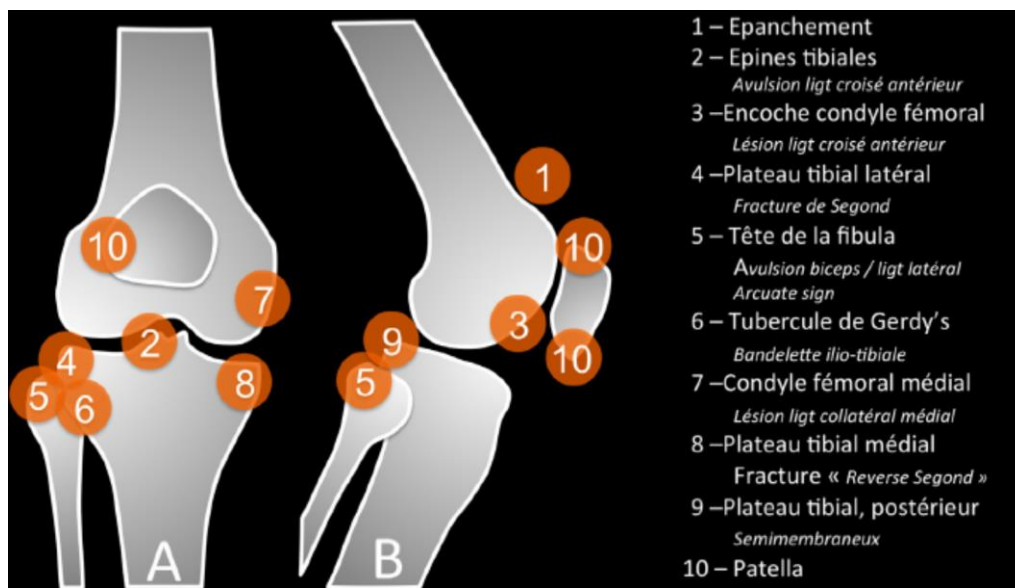
a. Radiographie de face

- Régularité de la corticale des condyles fémoraux et des plateaux tibiaux.
- Les travées tibiales médiales sont normalement plus denses que les travées latérales (vu le poids plus important en médial).
- Etudier l'interligne articulaire à la recherche de fragments.

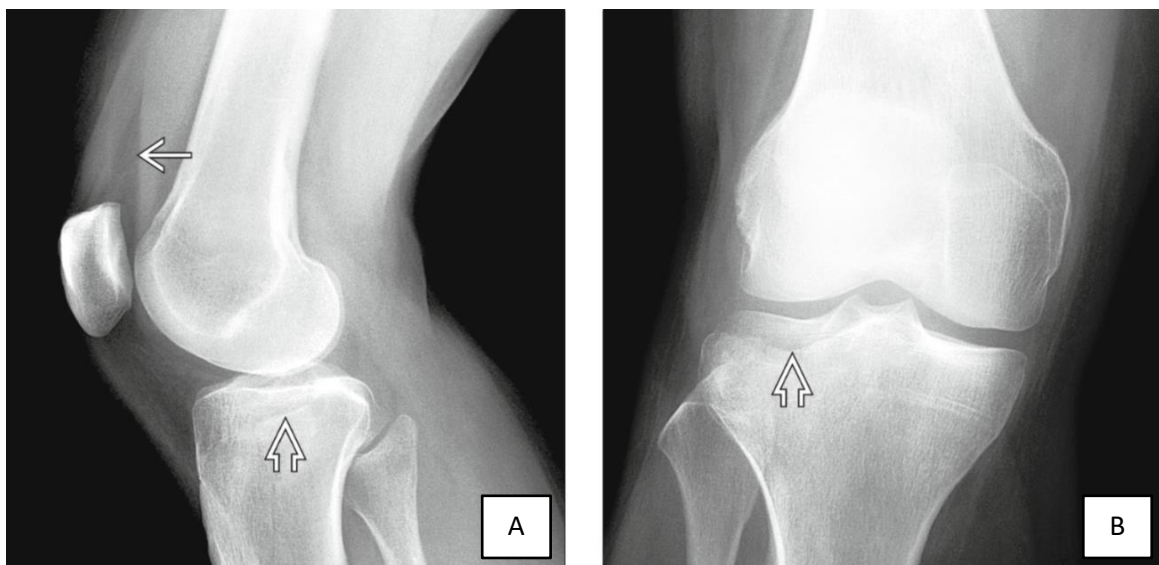
b. Radiographie de profil

- Régularité des corticales osseuses.
- Le tendon quadriceps est bien visible entre la graisse sous cutanée et la bourse supra patellaire.
- La longueur du tendon rotulien apparaît supérieure à la hauteur de la patella d'au moins 20-50% car la rotule est tirée vers le haut par le muscle quadricipital. La radiographie en incidence de profil doit être effectuée à 30° de flexion, car sur un genou en extension complète, la rotule peut être en position normale malgré la rupture. Une patella alta peut être liée à une fracture avulsion de la TTA ou une rupture du tendon rotulien. Un aspect de patella baja peut être lié à une rupture du tendon quadricipital
- Lipohémarthrose : présence de graisse et de sang dans une articulation, preuve certaine d'une fracture intra articulaire, même si elle n'est pas visible à la radiographie. Elle se révèle sous forme d'un niveau liquide – graisse dans la bourse supra patellaire sur les clichés de profil. Elle apparaît habituellement dans les 3 heures suivant le traumatisme.
- Hémarthrose : épanchement post-traumatique immédiat, indiquant une lésion intra capsulaire, telle qu'une lésion ligamentaire, mais ne témoigne pas nécessairement d'une fracture [27]. En radiographie, il s'agit d'une opacité des tissus mous due à l'hémorragie ou à un hématome autour du tendon rotulien et à une augmentation de l'opacité de la graisse rétro patellaire. La rotule peut être déplacée vers l'avant et angulée en raison de la pression exercée par le liquide présent dans la bourse supra patellaire.

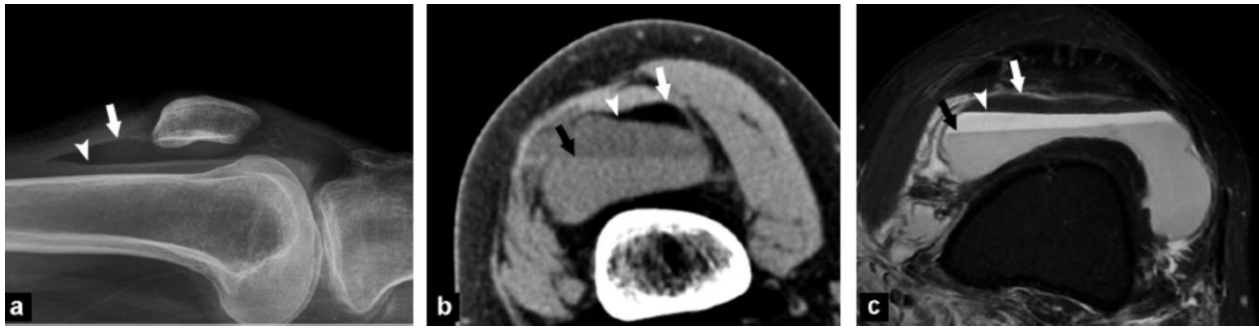
- Rechercher un éventuel déplacement des plateaux tibiaux par rapport aux condyles fémoraux.



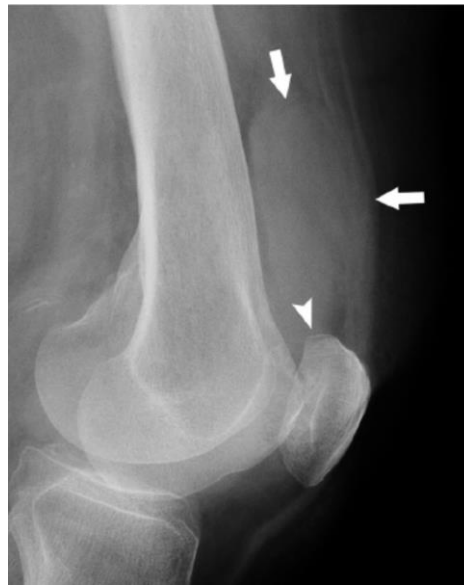
[27] Représentation schématique du genou (vue de face en A, et de profil en B), montrant les principaux sites à vérifier sur le bilan radiographique d'un genou traumatique.



[1] A. Radiographie de profil avec rayon horizontal après traumatisme aigu du genou montrant un niveau liquide-graisse (flèche fine) dans le récessus supra patellaire de l'articulation. Parce que la graisse flotte sur l'eau, l'interface n'est visible qu'avec un rayon horizontal. La fracture du plateau tibial latéral peut être vue sous la forme d'une double densité corticale (flèche épaisse). B. La radiographie de face chez le même patient montre le double contour cortical de la fracture tibiale latérale par impaction.



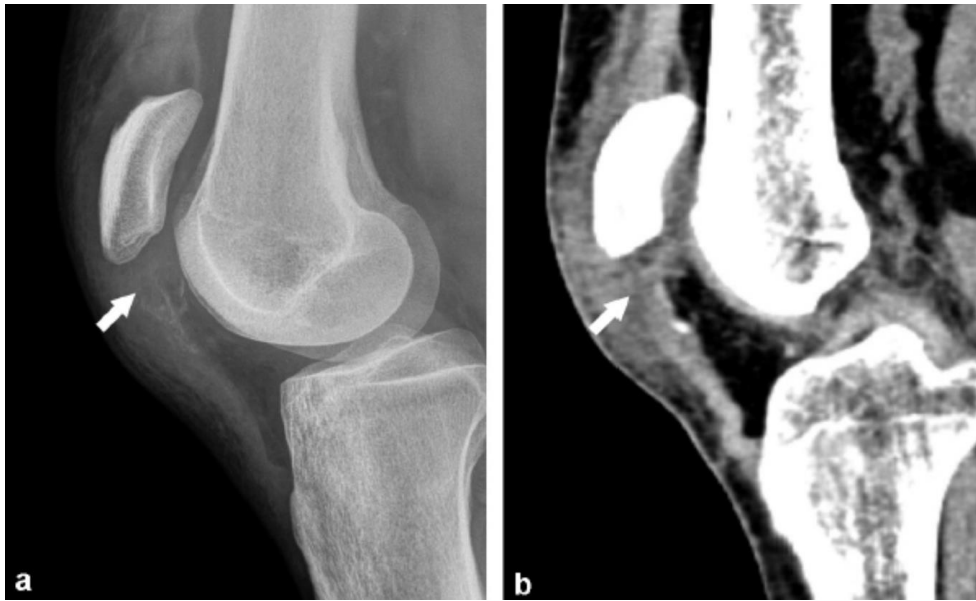
[27] Lipohémarthrose chez un homme âgé de 41 ans ; radiographie horizontale du genou (a), TDM axiale (b), coupe IRM axiale en pondération T2 avec saturation du signal de la graisse (c). Un aspect liquide-liquide est visible sous la forme d'une interface entre la graisse (flèche blanche) et le liquide (pointe de flèche). L'IRM et le scanner permettent la visualisation d'une interface additionnelle entre le liquide et des agglomérats de sédiment (flèche noire).



[27] Hémarthrose du genou droit chez une femme âgée de 40 ans sur une radiographie de profil, sous forme d'une opacité de tonalité liquidienne.



La hauteur de la patella doit être égale $\pm 20\%$ à la distance entre son pôle inférieur et la TTA.



Patella alta chez un homme âgé de 54 ans à la suite d'une rupture proximale aiguë du tendon de la rotule. Une radiographie de profil (a) montre un déplacement de la rotule vers le haut avec plusieurs petits fragments à son pôle distal. La coupe TDM sagittale (b) montre la perte de définition de l'insertion proximale du tendon de la rotule (flèche), compatible avec la rupture.

2. Imagerie complémentaire [18]

a. TDM

Elle est indiquée si :

- Suspicion de fracture radiographiquement occulte (si présence d'épanchement ou de lipohémarthrose).
- Systématique pour toute fracture du plateau tibial (bien que l'IRM est souvent nécessaire pour rechercher les lésions méniscales et ligamentaires souvent associées).
- Doute sur un fragment intra articulaire.

L'arthroscanner a lui pour indications principales :

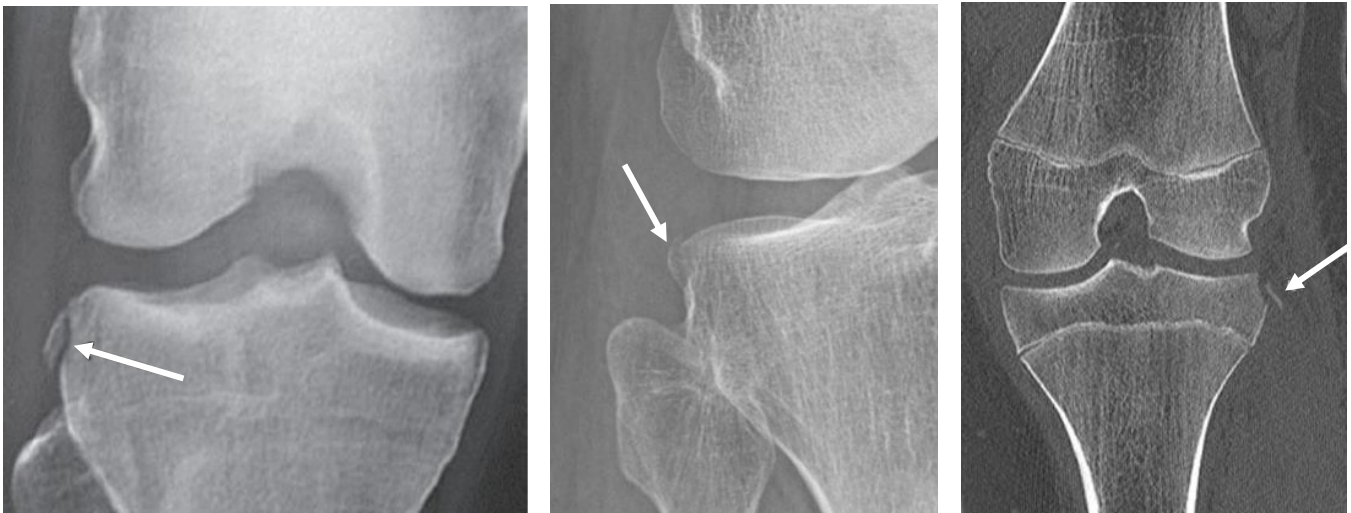
- Le bilan d'instabilité d'un fragment ostéochondral car le produit de contraste pénètre l'interface entre le fragment ostéochondral et l'os hôte en cas d'instabilité alors que l'IRM ne montre qu'un hypersignal T2 qui peut ne correspondre qu'à une réaction œdémateuse sans discontinuité des travées osseuses.
- Rechercher un corps étranger intra articulaire.
- L'étude des ménisques opérés car le passage de produit de contraste dans la fissure méniscale est en faveur d'une récurrence fissuraire alors que parfois en IRM il est difficile de faire la différence entre une image linéaire séquellaire de la lésion méniscale opérée et une récurrence fissuraire.

b. IRM

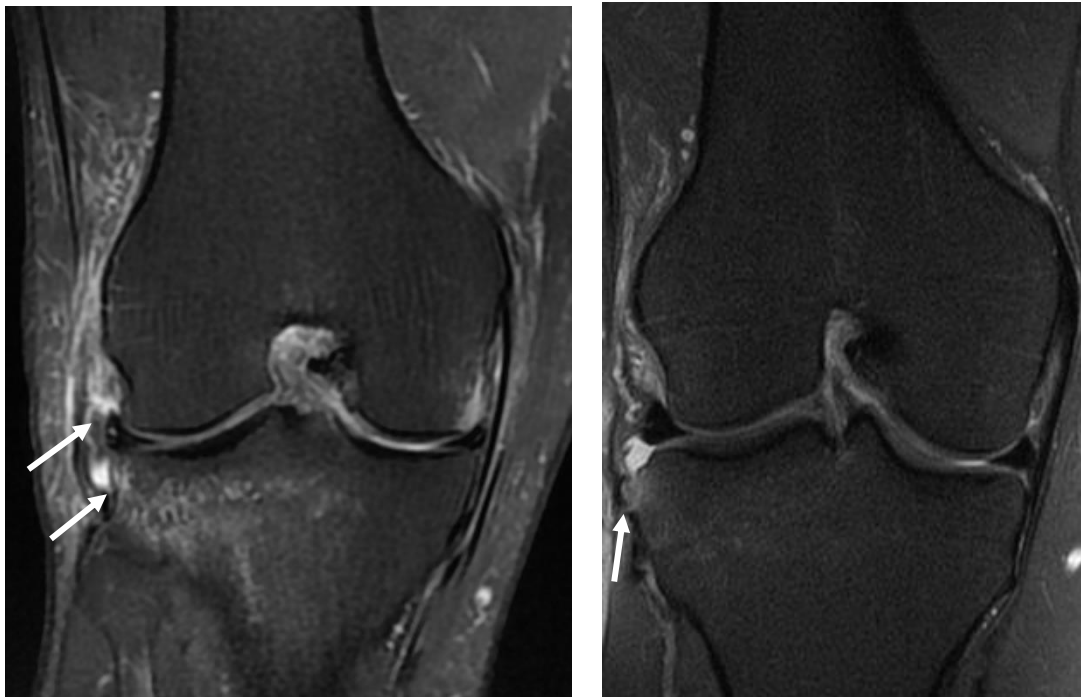
Les principales indications étant :

- Suspicion d'une lésion méniscale, ligamentaire ou de l'appareil extenseur.
- Les fractures de Segond : avulsion de l'insertion tibiale du LCL. Ces fractures ne sont presque jamais isolées et sont associées à des ruptures de LCA et parfois du ménisque médial.

- Les fractures de Segond inversé : avulsion de l'insertion tibiale du LCM.
- Les avulsions du massif des épines tibiales : atteinte des ligaments croisés associée.
- Fracture de la tubérosité tibiale antérieure : avulsion du tendon rotulien et atteinte méniscale associées.
- Les fractures – arrachement de la tête fibulaire : atteinte du PAPL associée.
- La fracture du plateau tibial postérieur : atteinte du LCP.
- Suspicion de fracture non corticale : contusion osseuse associée.
- Luxation de la patella : rechercher une contusion osseuse secondaire à l'impaction de sa face médiale sur le condyle fémoral, étudier les rétinaculum.



Fracture de Segond en radiographie et en scanner chez différents patients.



Fracture de Segond en IRM



Fractures de Segond inversé chez deux patients différents.



Fracture arrachement du massif des épines tibiales

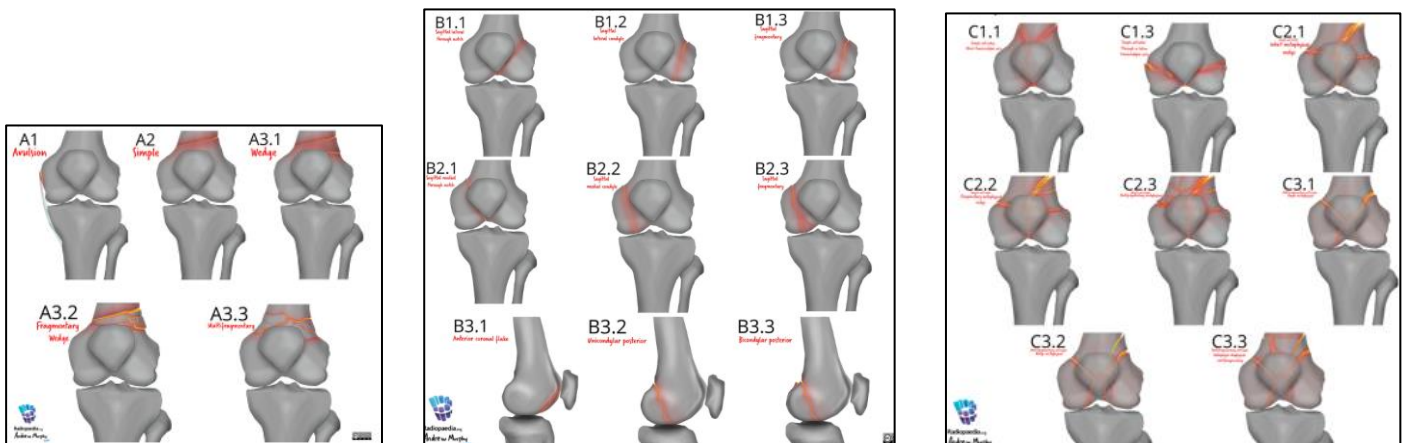
3. Anomalies osseuses [18, 19]

a. Fracture des condyles fémoraux

Résulte d'un traumatisme à haute énergie chez le sujet jeune dans un contexte d'accident de la voie publique le plus souvent, ou à faible énergie chez le sujet âgé ostéoporotique. Les complications vasculaires (artère poplitée) et nerveuses (nerf tibial et fibulaire) sont toujours à guetter.

Classification AO :

- Type A: fracture extra articulaire.
- Type B : fracture intra articulaires partielle uni condylienne.
- Type C : fracture intra articulaire complète bi condylienne.



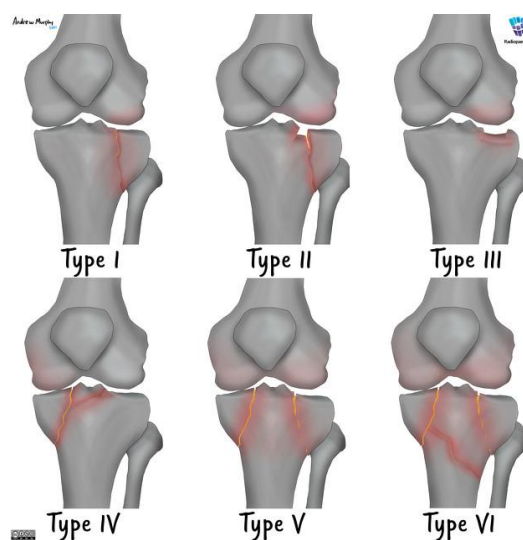
Classification AO des fractures des condyles fémoraux

b. Fracture du plateau tibial

Il s'agit de fracture articulaire par définition, dont les principales causes sont les accidents de la voie publique et les accidents de sport. Le scanner mais surtout l'IRM sont systématiquement demandés, en raison de la fréquence des lésions ligamentaires et méniscales associées.

Classification de Schatzker :

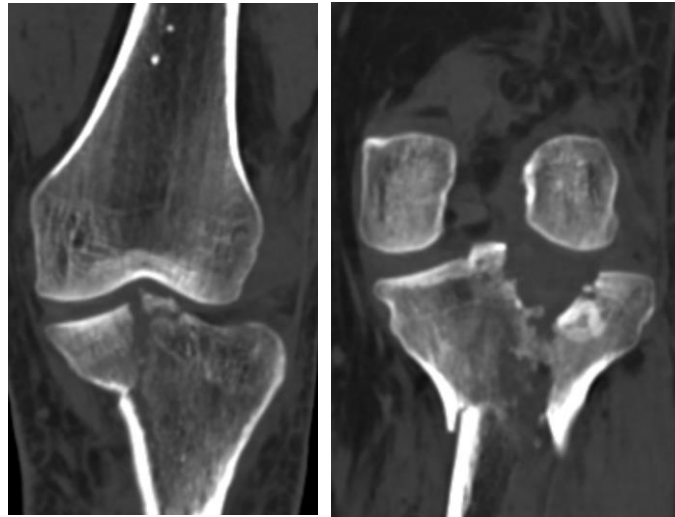
- Type 1 : fracture séparation pure du plateau tibial externe
- Type 2 : fracture mixte (séparation–enfoncement) du plateau tibial externe
- Type 3 : enfoncement pur du plateau tibial externe
- Type 4 : fracture du plateau tibial interne avec ou sans enfoncement
- Type 5 : fracture bi tubérositaire, sans interruption de la continuité épiphyso–diaphysaire
- Type 6 : fracture bi tubérositaire, avec interruption de la continuité épiphyso–diaphysaire



Classification de Schatzker



Fracture séparation du plateau tibial externe (type I de Schatzker) (127400).

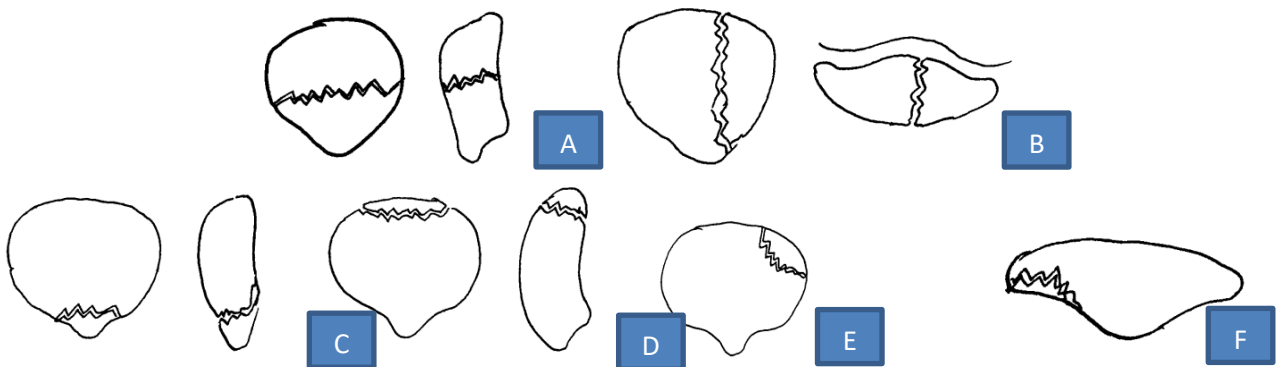


Fracture bi-tubéreuse comminutive irradiant vers la métaphyse et diaphyse tibiale, réalisant une fracture type VI de Schatzker (1391004).

c. Fracture de la patella

Résulte d'un traumatisme par choc direct. Une fracture avulsion est possible si contraction brusque du quadriceps. Le principal diagnostic différentiel est la patella bi ou tripartite (aspect corticalisé).

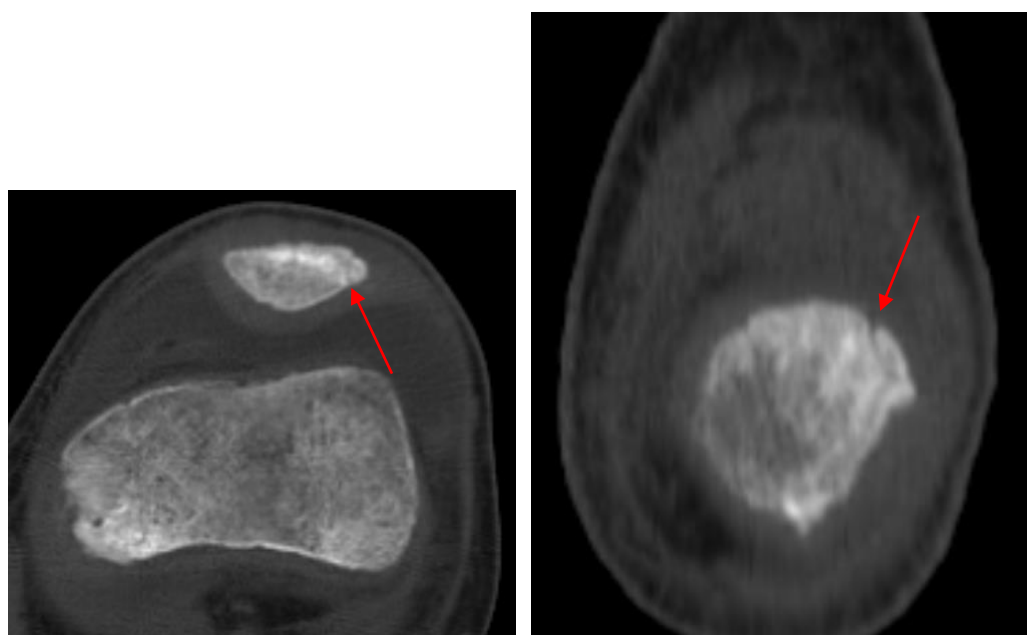
Devant une fracture de la rotule, il faudra préciser son orientation (verticale, horizontale), son caractère parcellaire ou non (pointe, base, angle), comminutif ou non, et s'il s'agit d'une fracture ostéochondrale.



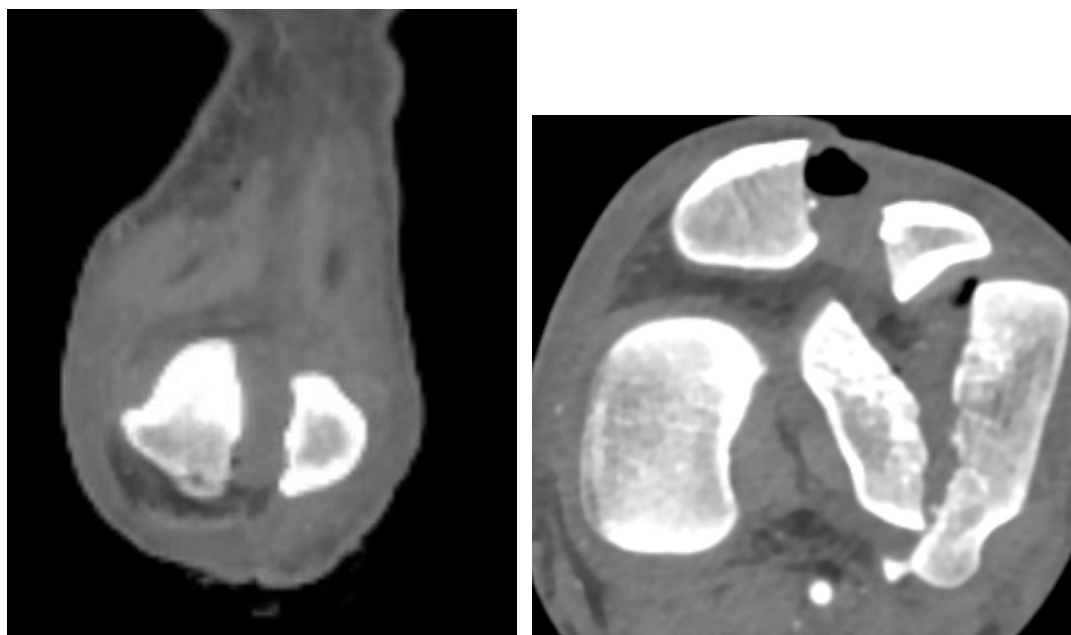
[20] Différents types de fractures patellaires : A. Transversale B. Verticale C, D, E parcellaire (C : pointe, D. base, E: angulaire), F. ostéochondrale.



Fracture transversale de la patella.



TDM du genou en coupes axiale et coronale : fracture angulaire de la patella (flèche rouge), associée à une infiltration des parties molles en regard



TDM du genou en coupes coronale et axiale : fracture verticale de la patella, associée à une infiltration des parties molles en regard. A noter une fracture condylienne externe associée

d. Lésions ostéochondrales

Les lésions ostéochondrales traumatiques aiguës représentent un spectre incluant plusieurs entités : les contusions osseuses, les fractures sous chondrales, les fractures ostéochondrales, et les fractures chondrales.

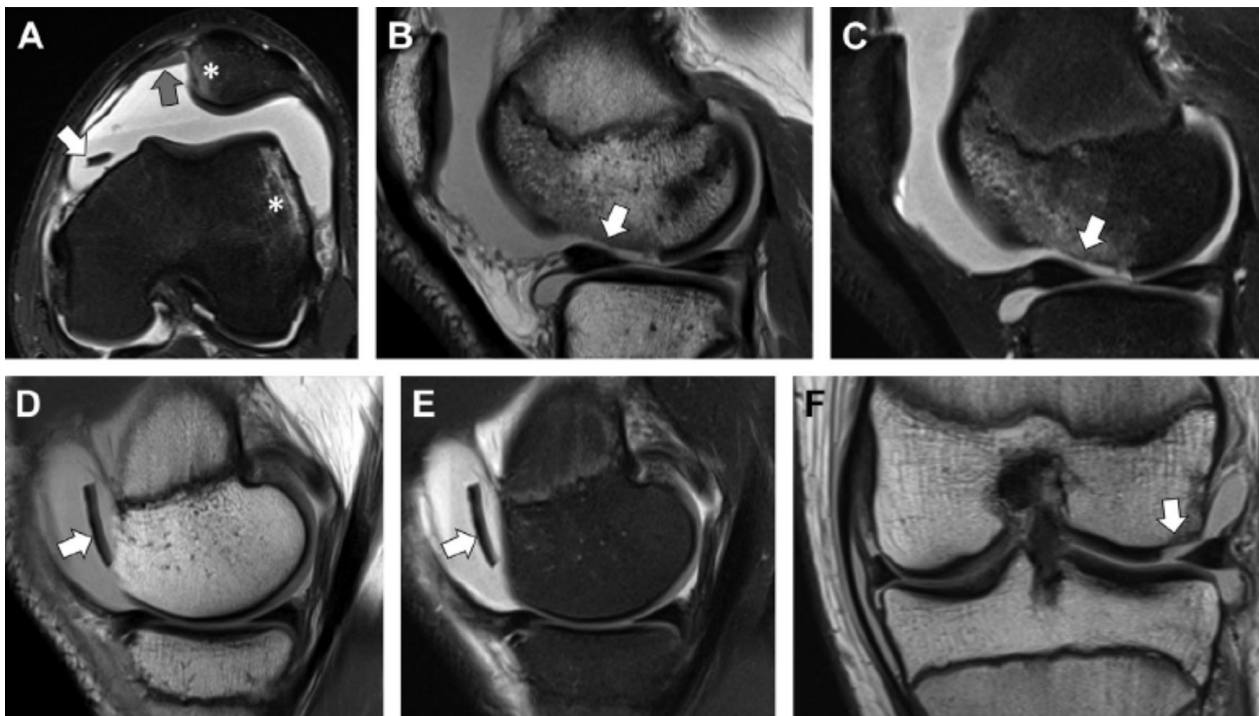
La contusion osseuse correspond à de l'œdème focal médullaire, décrit en hyposignal T1, hypersignal T2 et FATSAT, cette dernière séquence étant la plus sensible pour le détecter. On note une absence de déformation du contour cortical, l'absence de trait de fracture, et un cartilage sous-jacent intact.

La fracture sous chondrale présente les mêmes caractéristiques que la contusion osseuse, mais avec un trait de fracture sous cortical parallèle à la surface articulaire, et un cartilage intact.

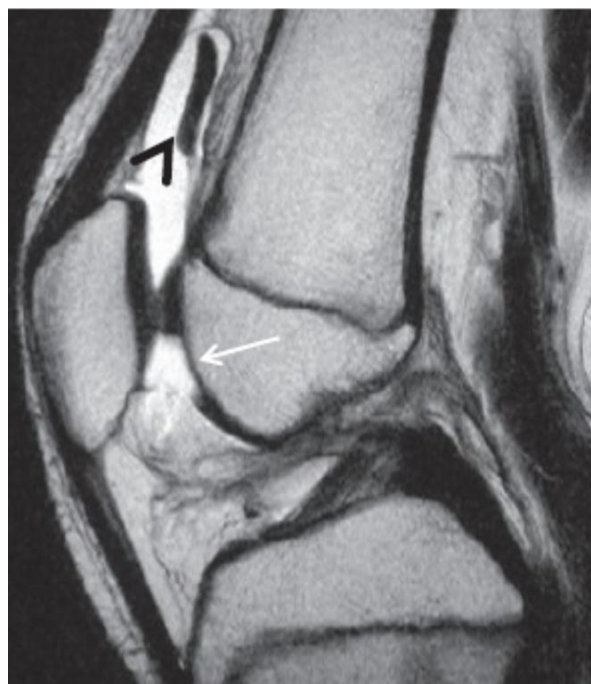
S'il y a une déformation du contour cortical et une ligne de fracture qui s'étend à travers l'os et le cartilage articulaire, ou une impaction, on parlera dans ce cas de fracture ostéochondrale.

Pour les fractures chondrales, on aura une séparation au niveau de l'interface entre l'os et le cartilage, avec déplacement ou pas de fragments chondraux vers la cavité articulaire.

Lorsque l'on décrit une lésion ostéochondrale, il faudra toujours rechercher un corps étranger intra articulaire, soit chondral pur (même signal que le cartilage articulaire), soit ostéochondral ou ossifié (entouré d'une couronne en asignal).



[19] Patient de 12 ans présentant une fracture chondrale suite à un accident de ski. A. Coupe axiale en DP FATSAT objectivant une contusion osseuse fémoropatellaire (*), une lipohémarthrose avec un niveau liquide-liquide (flèche grise) et un fragment chondral flottant à ce niveau (flèche blanche). B. Coupes sagittales en DP, C. en T2 FATSAT, et F. coronale en DP objectivant la fracture chondrale (flèche). D. Coupes sagittales en DP et E. T2 FATSAT montrant le fragment de cartilage déplacé en intra articulaire (flèche).



[5] Coupe sagittale T2 montrant une lésion traumatique chondrale de la trochlée fémorale (flèche) avec libération d'un fragment cartilagineux migré dans le CDS supra patellaire (tête de flèche) chez un adolescent dont les cartilage de croissance sont encore visibles.

e. Notion de fracture de contrainte [36]

Elles résultent d'un déséquilibre entre la résistance mécanique de l'os et les sollicitations répétées auxquelles il est soumis. On en distingue 2 principaux types :

- Les fractures par insuffisance osseuse : qui résultent de contraintes normales sur un os fragilisé (ostéoporose, ostéomalacie, ostéodystrophie rénale, transplantation rénale, ostéogénèse imparfaite...). Les fractures par insuffisance osseuse concernent les épiphyses, et plus particulièrement, la zone sous chondrale.
- Les fractures de fatigue : qui résultent de sollicitations excessives, inhabituelles, répétées sur un os sain. Les capacités de réparation de l'os sont débordées, ce qui provoque l'apparition de microfissures puis de fractures. Les fractures de fatigue concernent le plus souvent la métaphyse tibiale médiale.

i. Fractures épiphysaires

Surviennent surtout chez le sujet âgé entre 60 et 70 ans, de façon spontanée ou à la suite d'un traumatisme mineur, et affectent autant l'homme que la femme. Elles siègent typiquement en zone de contrainte mécanique maximale à la jonction 1/3 supérieur – 1/3 moyen, et touchent surtout le condyle fémoral médial, mais peut également siéger au niveau du condyle latéral et des plateaux tibiaux. Les facteurs favorisants sont la faible densité minérale osseuse, une fissure méniscale (par perte de la capacité de transmission des contraintes par le ménisque et augmentation des contraintes mécaniques sur l'os sous chondrale), une ménisectomie, et l'arthrose.

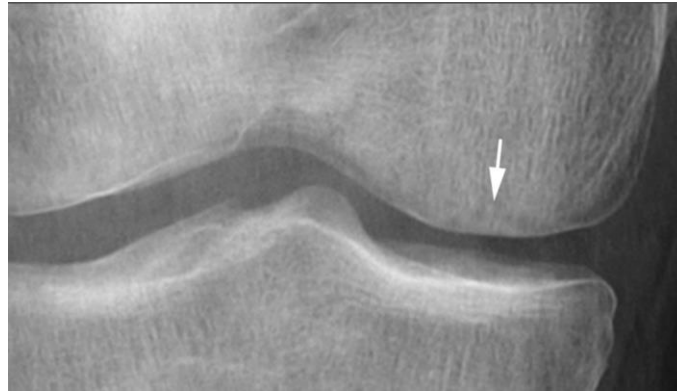
En radiographie, on recherchera une raréfaction régionale de l'épiphyse réactionnelle à la fracture, une densification plus ou moins floue de l'os sous chondral, et un discret méplat de la surface articulaire adjacente.

En IRM, ces fractures sont très bien visualisées en T1 et/ou T2 (selon l'importance de l'œdème associé), notamment sur les coupes sagittales en raison de leur topographie. Ces fractures se traduisent par :

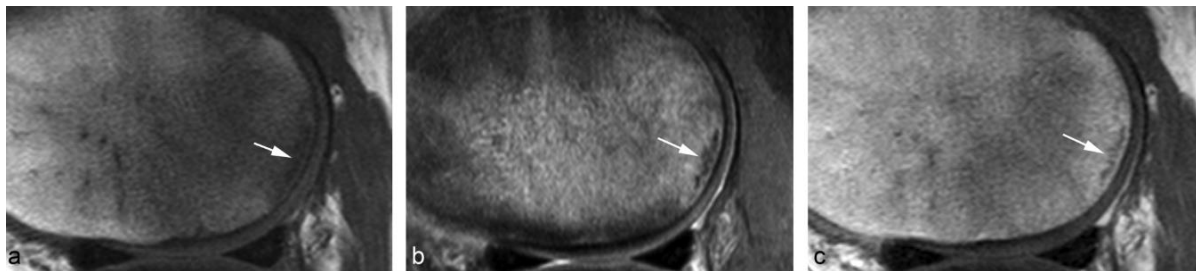
- De fines stries hypointenses de l'os sous chondral : parallèles à la surface articulaire, pouvant rejoindre la lame osseuse sous chondrale à l'une de ses extrémités.
- Une réaction œdémateuse de l'os adjacent. Ainsi, l'analyse précise de l'os sous chondral doit être systématique devant tout œdème épiphysaire car il prédomine volontiers sur les autres signes IRM. Il témoigne du caractère récent de la fracture et est mal limité.
- Un discret méplat de la surface articulaire en regard (impaction de la surface articulaire)
- Un œdème des parties molles en regard.

L'évolution est habituellement favorable en quelques semaines si le patient est mis en décharge et si la fracture n'est pas trop étendue. Le risque est l'évolution vers la nécrose mécanique.

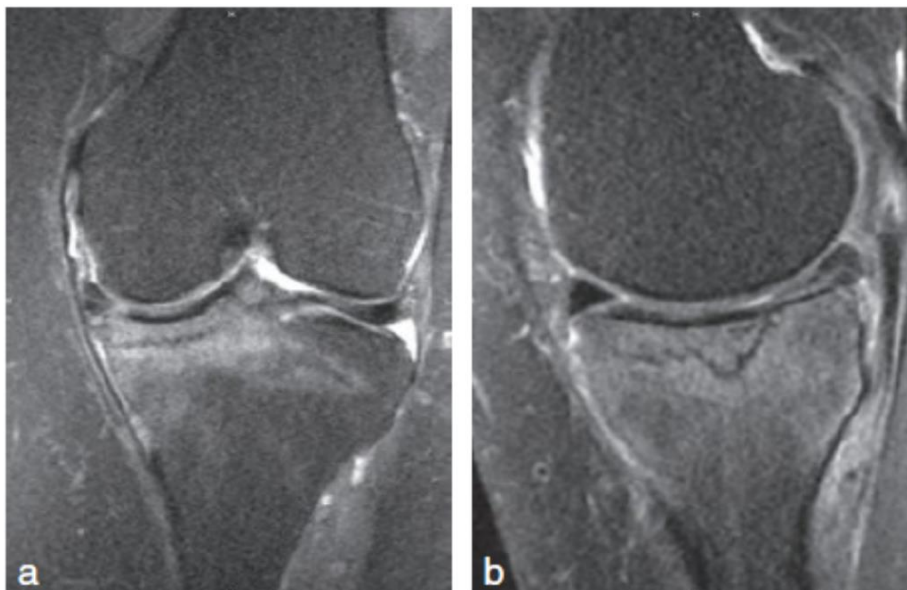
La présence de plusieurs fractures épiphysaires d'âges différents doit faire rechercher une ostéomalacie sous jacente.



[36] Radiographie de face montrant une fracture de contrainte épiphysaire fémorale, sous forme d'une transparence hétérogène de l'os sous chondral du condyle fémoral médial (flèche), avec raréfaction osseuse réactionnelle de l'épiphyse.



[36] Fracture de contrainte épiphysaire fémorale. Fine strie hypointense bordée d'une réaction œdémateuse hypointense en T1 (a), hyperintense en DP (b) et se rehaussant après injection de gadolinium (c) (séquence non nécessaire)



[5] Fracture de fatigue du plateau tibial médial. Séquences 3D T2 FATSAT. (a) Coupe coronale, (b) Coupe sagittale. Le trait de fracture est en hyposignal au sein de l'œdème en hypersignal modéré. Noter la lésion méniscale médiale.

ii. Fractures métaphysaires

Classiques chez les militaires et les sportifs, mais peut également survenir chez les enfants, les personnes exerçant une activité professionnelle physique et chez les femmes enceintes et en post partum.

Elles intéressent essentiellement la métaphyse tibiale proximale médiale, rarement fémorale distale médial (il s'agit alors volontiers d'une fracture de fatigue). Elles peuvent être bilatérales ou plurifocales, notamment lors de sollicitations excessives et inhabituelles.

La radiographie est souvent normale au début, et après 3 à 4 semaines, les fractures de contrainte peuvent se traduire par :

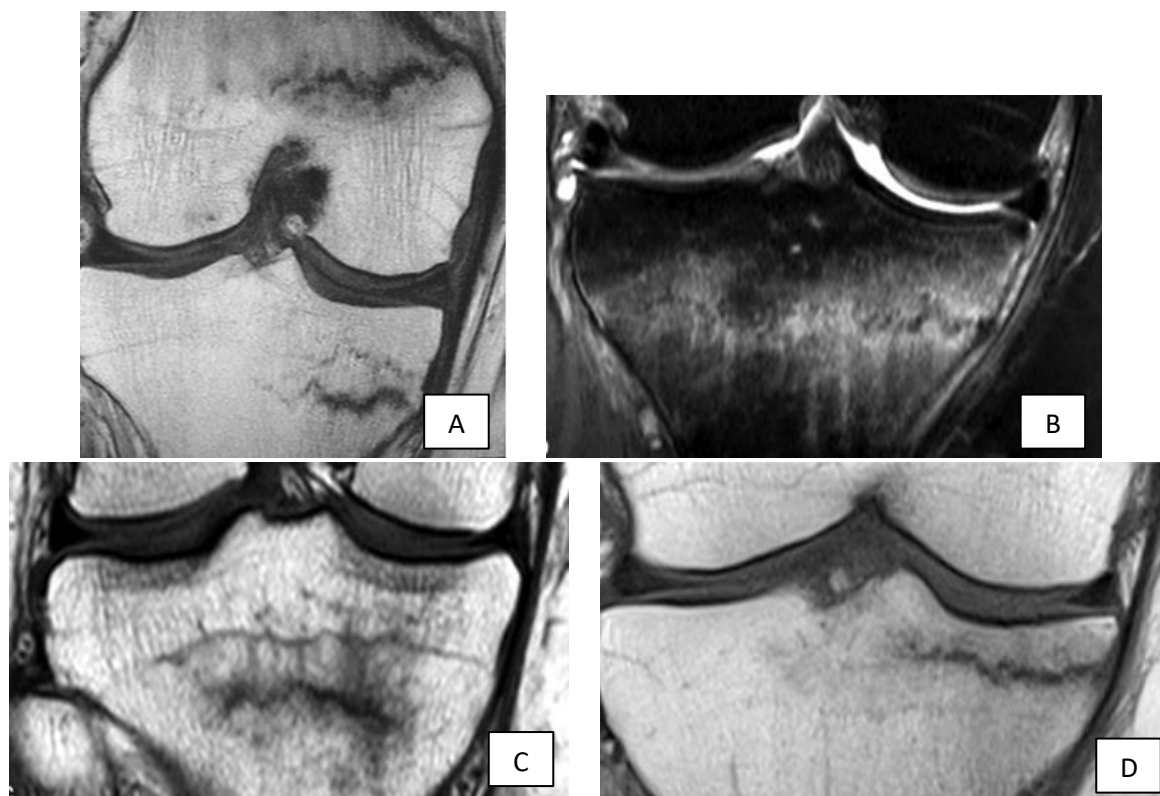
- Une raréfaction osseuse locale : c'est le signe le plus précoce
- Une bande horizontale dense de l'os spongieux métaphysaire, située à une distance variable du plateau tibial médial.
- Une interruption ou déformation de la corticale médiale du tibial
- Plus rarement un cal osseux périosté.

L'IRM permet le diagnostic précoce de ces lésions. Elle peut mettre en évidence :

- Une fine strie ou une bande plus épaisse, irrégulière, horizontale, hypointense sur toutes les séquences. Il s'agit du signe le plus spécifique.
- Parfois présence d'une fente remplie de liquide dans la plaque osseuse sous chondrale (facteur de mauvais pronostic)
- Une réaction œdémateuse de l'os et des tissus mous adjacents.



[36] Fracture de contrainte métaphysaire tibiale de face et de profil. Noter la situation médiale et postérieure de la fracture, topographie la plus fréquente.



[36] Fracture de contrainte (patients différents) : coupes frontales en T1 (A, C, D) et DP FATSAT (B), montrant des fractures métaphysaires tibiale et fémorale médiales (a), fractures métaphysaires tibiales médiale (b) et centrale (c). Parfois elles sont épiphysaires basses.

4. Luxation de la patella [18]

La luxation et subluxation fémoropatellaire traumatiques aiguës représentent environ 3% de toutes les blessures traumatiques du genou.

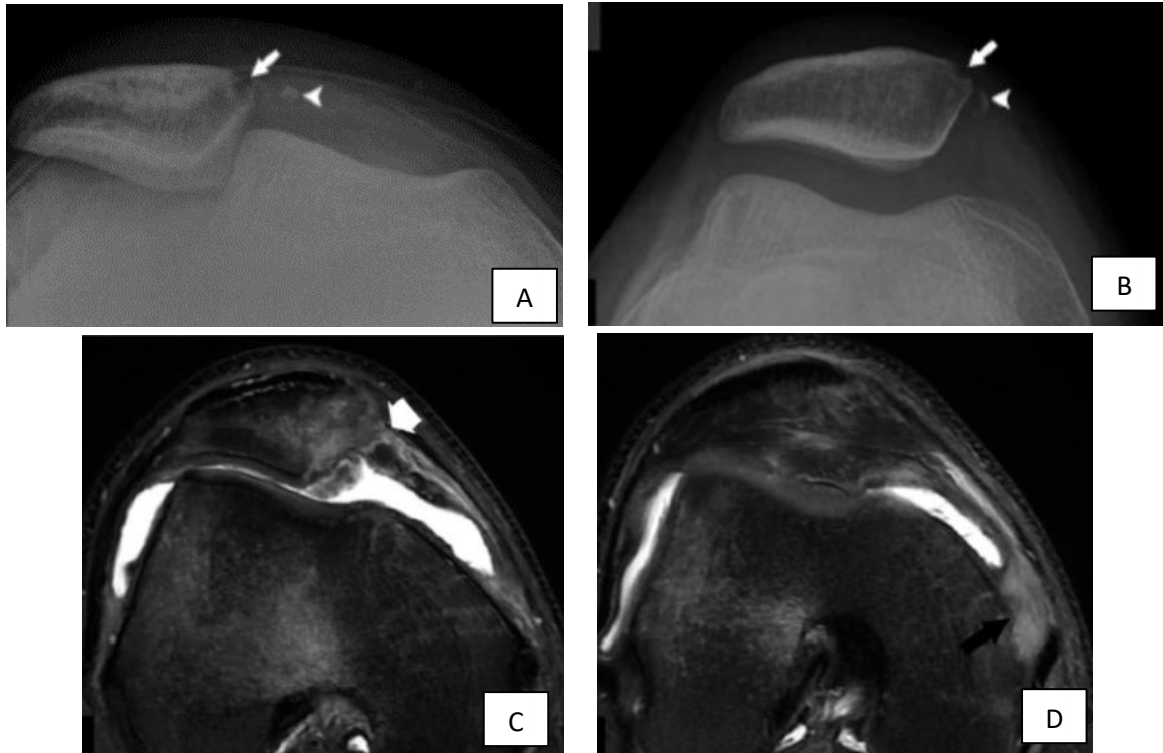
Il existe des facteurs de risque prédisposant à ce type de lésion, notamment la patella alta, dysplasie trochléaire, hypoplasie du condyle fémoral latéral, dysfonctionnement du vaste médial, augmentation du tractus ilio-tibial et du vaste latéral, et laxité ligamentaire causée par une maladie du collagène.

Les luxations patellaires les plus fréquentes sont dans le sens latéral, et intéressent surtout les sujets jeunes, sportifs ou en surpoids.

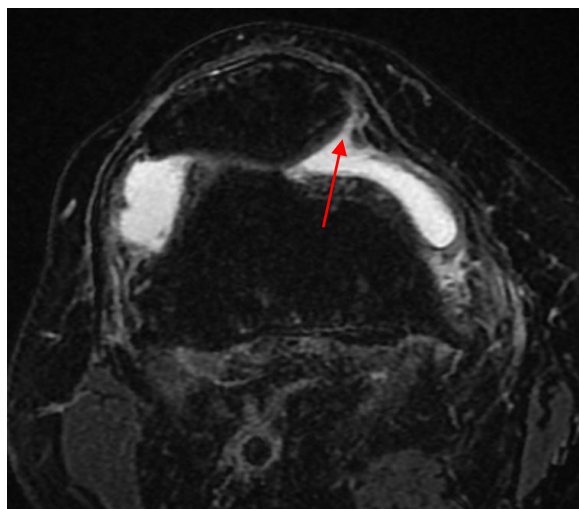
Les lésions associées à rechercher sont :

- L'œdème médullaire au niveau de la face inféromédiale de la patella et antérolatéral du condyle fémoral : pathognomonique. Aspect de « Kissing contusions » ou en miroir possible.
- Les fractures ostéochondrales rotuliennes inféro-médiales (déplacées ou non), avec des fragments de fracture pouvant se déplacer en intra articulaire. Ces fractures sont secondaires à l'impact de la facette inféro-interne de la rotule sur le condyle fémoral antérolatéral.

- Les déchirures du ligament fémoropatellaire et du rétinaculum médiaux sont très souvent associés. Ils présenteront alors un aspect épaissi, hypoéchogène, hypervascularisé, ou complètement discontinu.
- Hémarthrose ou lipohémarthrose
- Les avulsions osseuses et déchirures du vaste médial doivent être signalées, sources d'instabilité post traumatique.



(A, B) Radiographie du genou chez un patient de 16 ans, objectivant une luxation externe de la rotule avec fracture du bord interne de la rotule (petite flèche) et déplacement d'un petit fragment osseux (pointe de flèche). La radiographie post-réduction (B) ne montre que l'anomalie corticale et le fragment osseux. Les coupes IRM axiales en pondération T2 avec FATSAT (C, D) confirment la lésion du rétinaculum patellaire interne (grande flèche) et révèlent une lésion capsulaire proximale (flèche noire).



Rupture focale du ligament fémoro-patellaire médial avec translation latérale de la patella.

5. Ruptures tendineuses

a. Rupture du tendon quadricipital

L'anatomie tri lamellaire du tendon explique la possibilité de ruptures totales ou partielles.

Le degré de rupture est plus facilement quantifié par la réalisation d'un examen dynamique (traction distale de la patella) qui permettra de différencier les formes complètes (mobilisation possible de la patella), des formes partielles (mobilisation impossible).

i. Rupture complète

Elle est rare, et habituellement secondaire à une contraction brutale et puissante du muscle quadricipital. Elle s'observe surtout chez des patients de plus de 40 ans, volontiers en surcharge pondérale, avec un tendon fragilisé par des microtraumatismes répétés, une corticothérapie, une prise de fluoroquinolone, et surtout une affection sous-jacente (polyarthrite rhumatoïde, LED, IRC, goutte, diabète, hyperparathyroïdie). Des ruptures post arthroplastie totale sont également possible [50].

La rupture siège parfois à l'insertion patellaire du tendon, mais le plus souvent à 1-2 cm au-dessus, en zone critique, hypovasculaire.

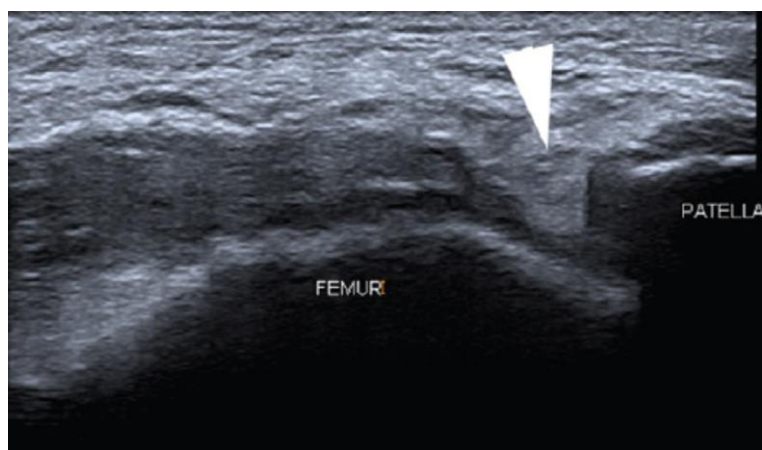
Radiographie standard de profil :

- Tuméfaction des tissus mous supra patellaire
- Position basse de la patella (patella baja)
- Aspect ondulé du tendon patellaire
- Parfois arrachement osseux du pôle proximal de la patella

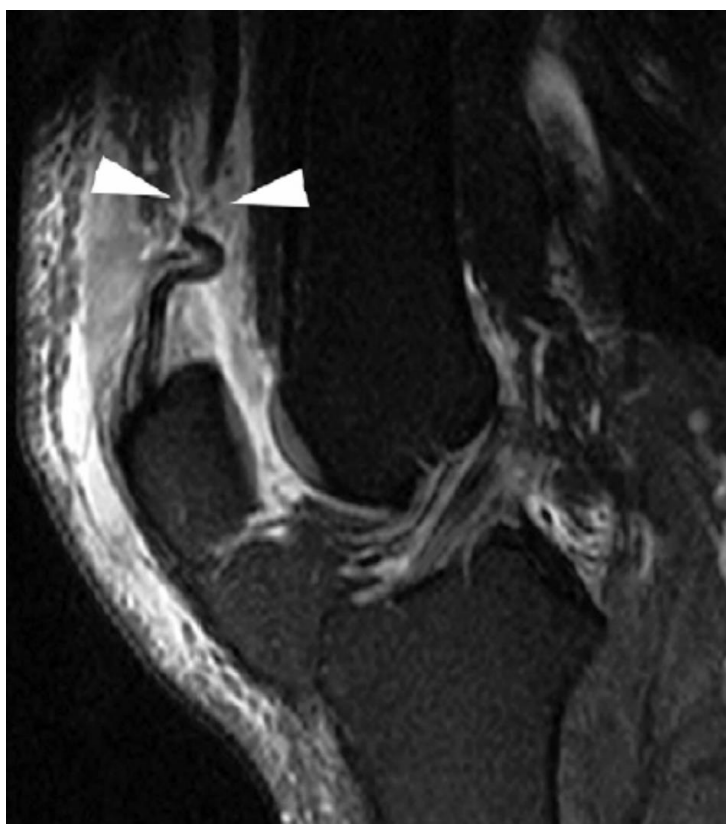
Echographie :

- Interruption des fibres tendineuses, séparées par une collection hypoéchogène (hématome), dont la taille augmente lors des manœuvres dynamiques (traction de la patella vers le bas). Il est important d'étudier le tendon du muscle quadriceps fémoral sur un genou fléchi à 45°, ce qui permet la mise en tension du tendon et l'élargissement de la solution de continuité tendineuse.
- Rétraction tendineuse

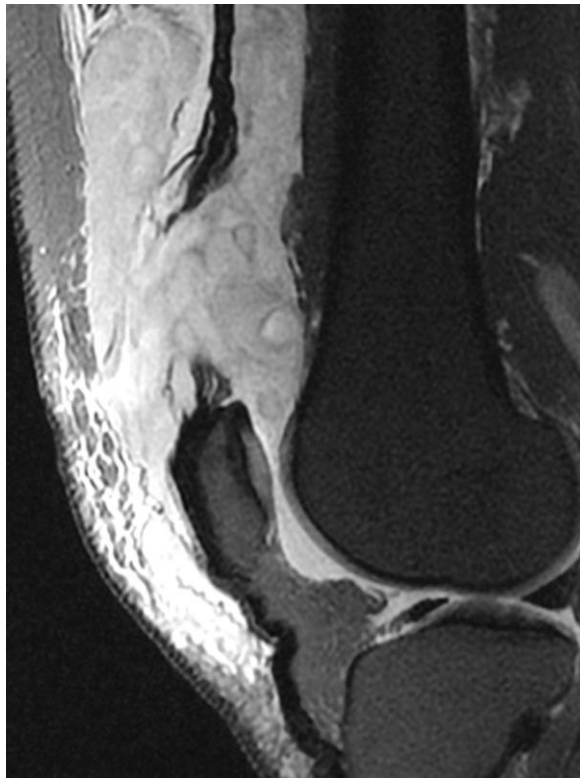
En IRM, on trouvera une solution de continuité du tendon, avec rétraction de l'extrémité tendineuse proximale, un aspect ondulé de l'extrémité distale et un hématome entre les deux.



[5] Coupe échographique longitudinale identifiant la zone de solution de continuité (tête de flèche)



Rupture du tendon quadricipital. IRM en coupe sagittale et en séquence RHO FAT SAT : rupture du tendon quadricipital identifiée à 4 cm de son insertion distale (tête de flèche). La partie distale du tendon quadricipital prend un aspect rubané.



[50] IRM du genou en coupe sagittale pondérée en DP, montrant une rupture complète du tendon du muscle quadriceps fémoral (flèche) avec volumineux hématome associé. Noter l'aspect détendu du tendon patellaire.

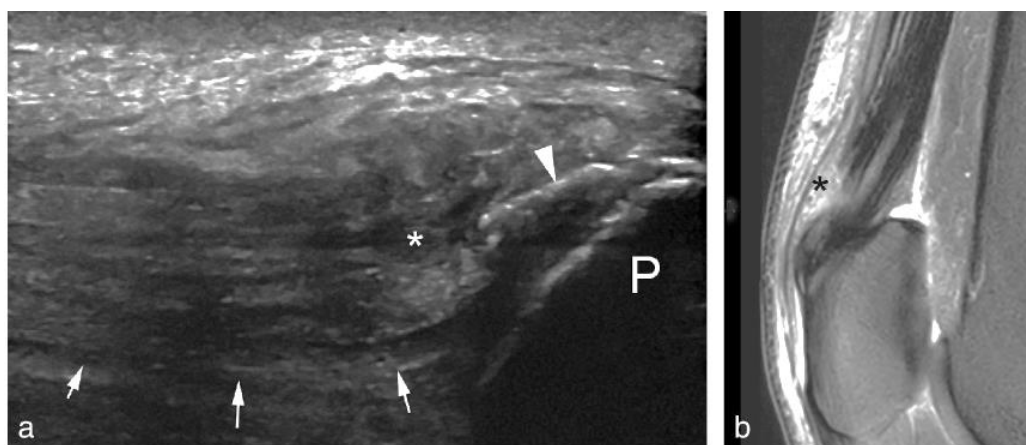
ii. Rupture incomplète

Elle intéresse la lame tendineuse superficielle (cas le plus fréquent), la lame tendineuse intermédiaire ou les deux. Elle survient surtout chez les sujets jeunes, après une impulsion ou une réception brutale. Elle est objectivée à 1–2 cm au-dessus de l'insertion patellaire du tendon du muscle quadriceps fémoral, ou à la jonction entre le tendon et le muscle droit fémoral.

En échographie, elle se traduit par :

- Une plage hypoéchogène d'une ou de deux lames tendineuses, qui n'augmente pas de taille lors de la mise en tension du tendon.
- Lorsqu'elle survient à la jonction myotendineuse, elle se traduit par une collection liquidienne, située entre le muscle, en partie rétracté, et le tendon.

En IRM, elle se traduit par une interruption focale hyperintense des fibres hypointenses en T2.



[50] Rupture partielle du tendon du muscle quadriceps (*) juste au-dessus de l'enthésopathie ossifiante (tête de flèche). Coupes sagittales échographique (a) et pondérée en T2 (b). Noter la persistance de la lame tendineuse profonde d'aspect fibrillaire (flèches). P. Patella

b. Rupture du tendon rotulien

Moins fréquente que les ruptures tendineuses quadricipitales. Les principaux facteurs de risque comprennent les maladies métaboliques systémiques (IRC, diabète, hyperparathyroïdie), les lésions dégénératives de l'articulation fémoropatellaire, la tendinopathie rotulienne (jumper's knee), les injections de corticostéroïdes, les affections du collagène (LES, PR, PAN...).

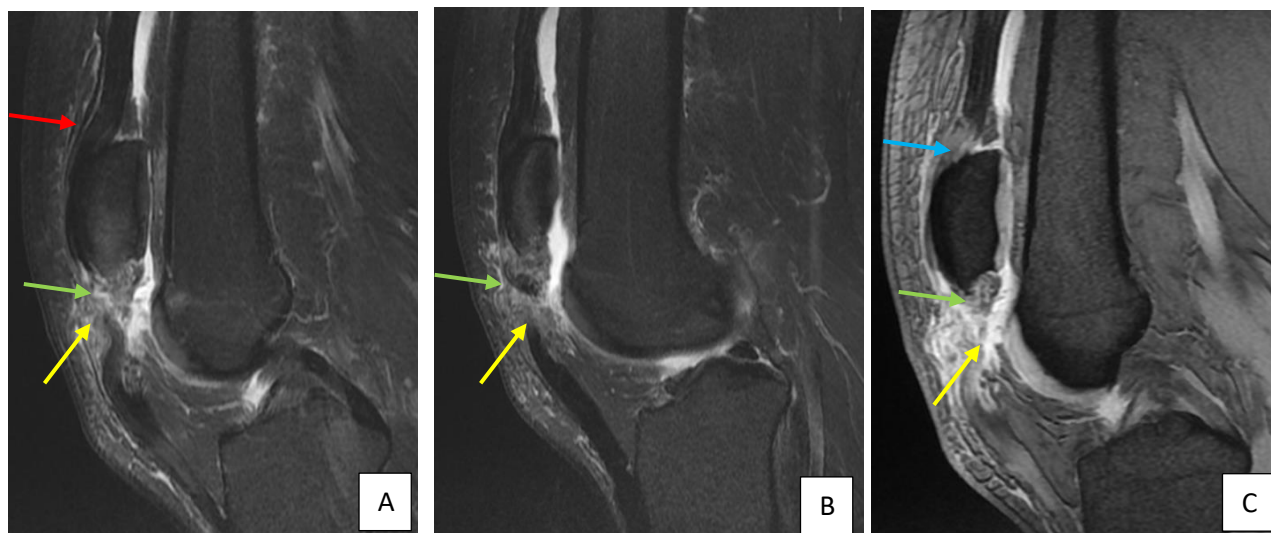
En radiographie standard, on pourrait avoir une ascension de la rotule (patella alta) si déchirure complète.

L'échographie et l'IRM poseront le diagnostic.

En échographie, la rupture se traduit par un défaut tendineux hypoéchogène ou anéchogène, mal limité.

En IRM, le tendon rotulien normal se présente dans la plupart des cas comme un tendon monocouche. Les déchirures seront alors classées selon leur profondeur en déchirures d'épaisseur partielle ou totale (le plus souvent), et par leur localisation proximale, moyenne ou distale. C'est généralement la partie proximale du tendon qui se rompt.

Les lésions associées les plus fréquentes sont les fractures rotuliennes et les déchirures rétinaculaires.



Patient de 37 ans, admis pour traumatisme du genou. IRM du genou en coupes sagittales, en DP FATSAT (A, B) et 2D MERGE (C). Rupture complète du tendon rotulien au niveau de son insertion proximale (flèche jaune), avec avulsion osseuse de l'angle postéro-inférieur de la patella (flèche verte). Rupture focale de la lame tendineuse superficielle du tendon quadricipital (flèche bleue), qui est d'aspect relâché non tendu (flèche rouge). Patella alta. Epanchement intra articulaire.

c. Rupture du tendon poplité [23]

Lors d'un traumatisme, on peut observer une désinsertion fémorale, une rupture du tendon ou assez souvent une lésion de la jonction myotendineuse.

6. Lésions méniscales

a. Fissures méniscales

Les ménisques sont lésés lors de mécanismes de torsion sur genou fléchi, pied bloqué au sol, ou de flexion forcée. Plus rarement, il peut s'agir de traumatisme par choc direct ou écrasement. Les lésions méniscales peuvent également être d'origine dégénérative chez les patients âgés. Elles concernent alors des patients de plus de 50 ans, qui présentent souvent d'autres manifestations d'arthrose fémoro-tibiale. Elles peuvent néanmoins concerner également les sujets jeunes à terrain favorisant : dysplasique (ménisque discoïde), microtraumatisme (contraintes professionnelles ou sportives faibles mais répétées), surcharge pondérale.

L'IRM du genou permet le diagnostic et renseigne sur le degré de l'atteinte méniscale. Les anomalies méniscales se traduisent par des hypersignaux, dont la situation par rapport aux surfaces articulaires du ménisque permet une classification en 3 grades : Classification de Stoller :

- Grade 1 : hypersignal focal, punctiforme ou nodulaire, unique ou multiple, ne s'étendant pas aux surfaces articulaires. Cet hypersignal peut être retrouvé chez des sujets asymptomatiques des 2 sexes, de tous âges, sportifs ou non.
- Grade 2 : hypersignal linéaire intra méniscal, habituellement étendu à la périphérie (à l'insertion méniscocapsulaire), mais respectant les surfaces articulaires. Patients le plus souvent asymptomatiques.
- Les grades 1 et 2 correspondent à l'apparition de foyers de dégénérescence mucoïde (hypersignal de type globuleux ou linéaire, respectant les surfaces méniscales).

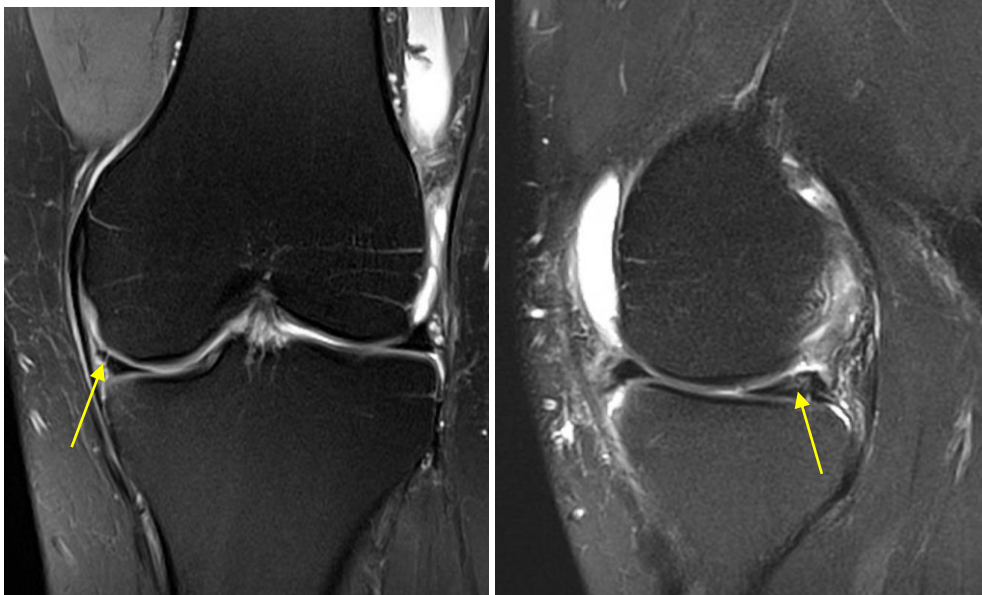
- Grade 3 : fissure : hypersignal linéaire atteignant une ou les deux surfaces articulaires du ménisque, sur au moins 2 coupes contiguës. Il peut s'agir d'une lésion linéaire simple, ou de morphologie complexe avec traits de refend.
Classification selon la forme :
 - **Verticale** :
 - Forme la plus fréquente, surtout au niveau de la corne postérieure du ménisque interne (CPMI). Se voit chez le sujet jeune et sportif dans un contexte post traumatique.
 - Peut être longitudinale (selon le grand axe du ménisque), radiaire (verticale perpendiculaire au grand axe du ménisque) ou oblique (bec de perroquet : lésions verticales mixtes comportant une composante longitudinale et une composante radiaire).
 - Peut être partielle et intéresser une seule face méniscale ou complète (transfixiante). Les lésions complètes divisent le ménisque en un segment médial et latéral.
 - Les déchirures débutent par la corne postérieure puis progressent vers l'avant selon la courbure du ménisque jusqu'à réaliser, au maximum, une anse de seau. Les lésions isolées de la corne antérieure du ménisque interne n'existent pas [24]
 - Forme particulière : aspect de ménisque fantôme : Défini par la présence d'un ménisque qui disparaît puis réapparaît comme un « fantôme » sur des séquences sagittales consécutives. Cela se produit lorsque le plan de la coupe est exactement aligné avec une déchirure radiaire à l'IRM, avec perte de signal complète ou presque complète du ménisque impliqué.
 - **Horizontale** :
 - Chez le sujet âgé dans un contexte dégénératif, affectant en premier lieu la CPMI et le segment moyen du ménisque externe.
 - Correspond à une fissuration méniscale dont le plan de clivage est parallèle au plateau tibial.
 - Peut être longitudinale ou oblique
 - La présence de kystes méniscaux est possible, ainsi que d'autres lésions d'origine dégénératives comme des surfaces articulaires irrégulières, de l'air intra méniscal, une méniscocalcose, ou une chondropathie fémoro-tibiale (amincissement et hétérogénéité du signal du cartilage, ostéophytose marginale ou sous chondrale).
- Complexe : association des différents types de lésions.
- Sur le ménisque externe, la déchirure peut intéresser la corne antérieure (indifféremment horizontale ou verticale), le segment moyen (habituellement radiale) ou la corne postérieure (désinsertion ménisco-ligamentaire, déchirure radiale du frein méniscal). [24].
- Cette différenciation est importante dans la prise en charge thérapeutique. En effet, les fissures verticales longitudinales périphériques survenant en zone vascularisée peuvent cicatriser spontanément ou bénéficier d'une suture, alors que les fissures horizontales longitudinales étendues au bord libre nécessitent le plus souvent une méniscectomie.

L'IRM permettra aussi de démasquer les lésions associées, notamment la « triade malheureuse d'O'Donoghue » comprenant une atteinte du ménisque médial, du LCA, et de l'appareil capsulo-ligamentaire médial. L'atteinte simultanée de lésions méniscales médiale et latérale sur un même genou doit faire rechercher une lésion du LCA, surtout si l'atteinte est postérieure, verticale et périphérique [5].

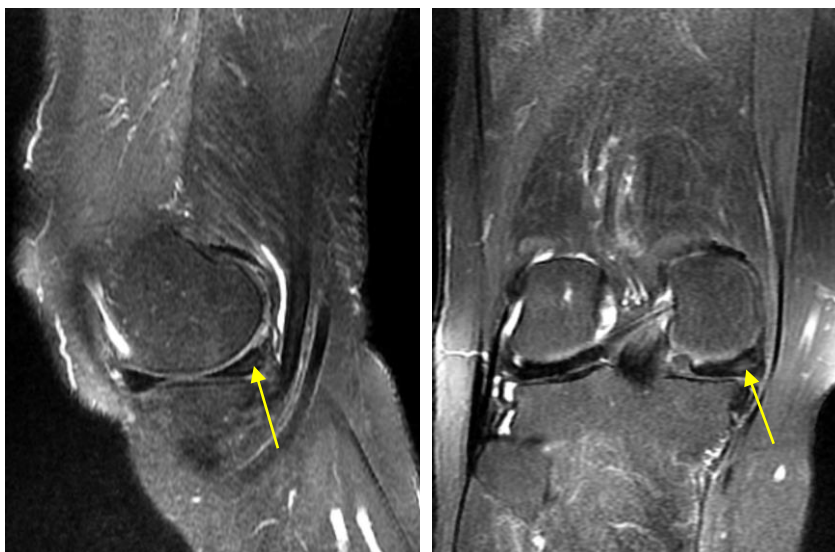
L'arthroscanner présente une bonne sensibilité et spécificité pour les lésions méniscales, mais n'est pas réalisé en première intention vu son caractère irradiant et invasif. Il présente cependant un intérêt dans les ménisques opérés.



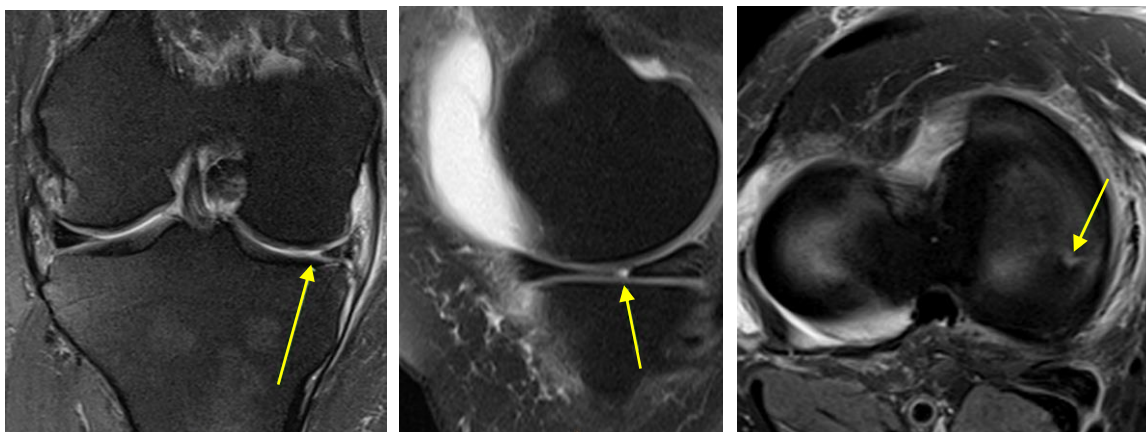
Fissure verticale (A), fissure horizontale (B), fissure radiaire (C).



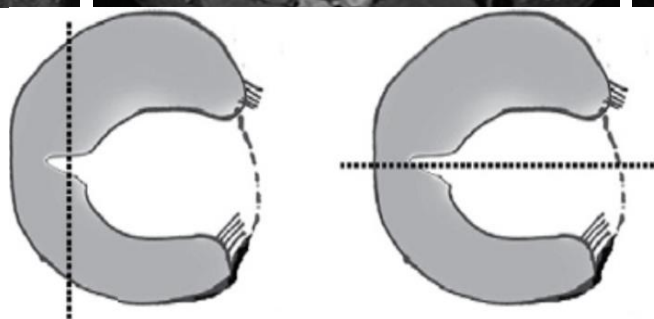
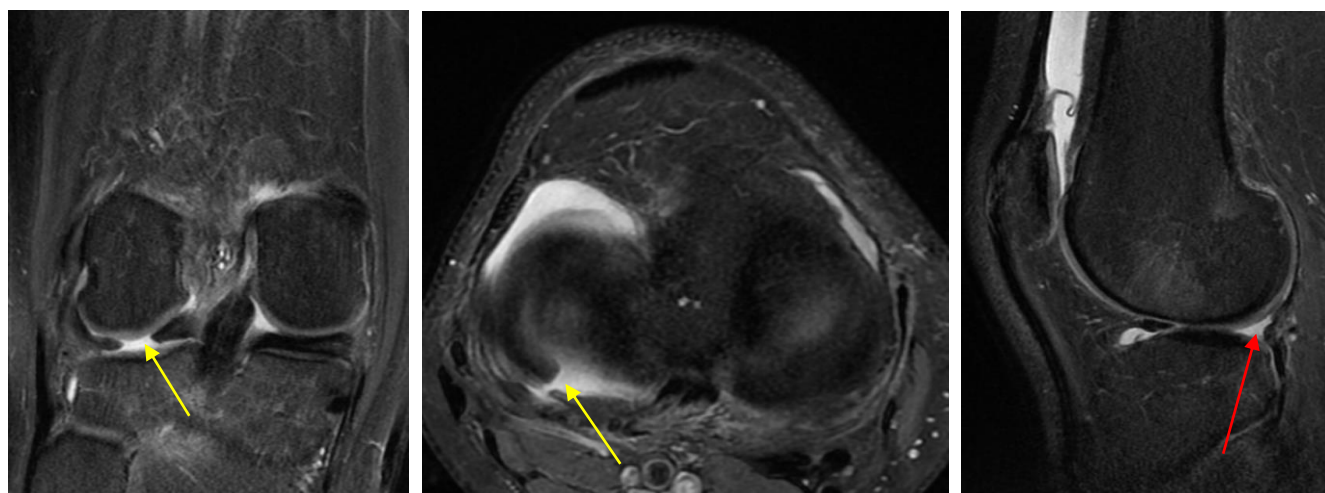
Hypersignal linéaire longitudinal vertical de la corne postérieure du ménisque interne.



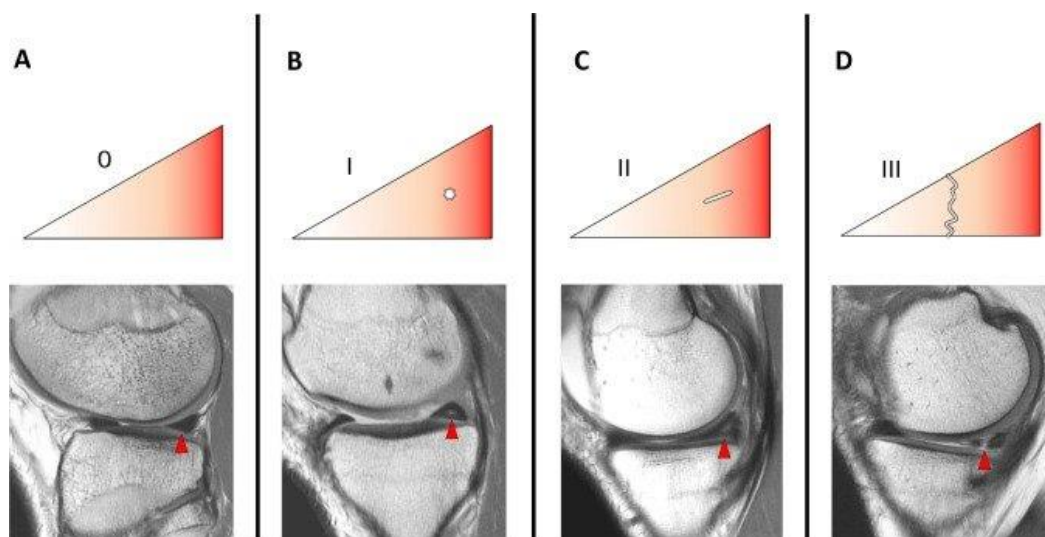
Hypersignal méniscale horizontal de la corne postérieure du ménisque interne.



Fissure radiaire, perpendiculaire au grand axe du ménisque.



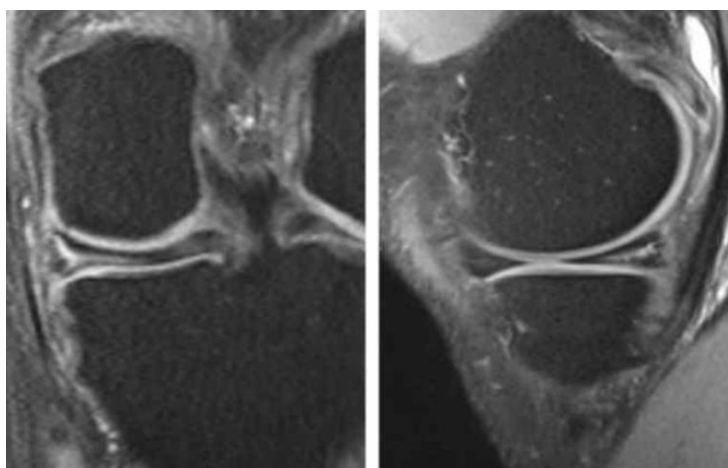
Fissure méniscale radiaire (flèche jaune), avec aspect de ménisque fantôme (flèche rouge).



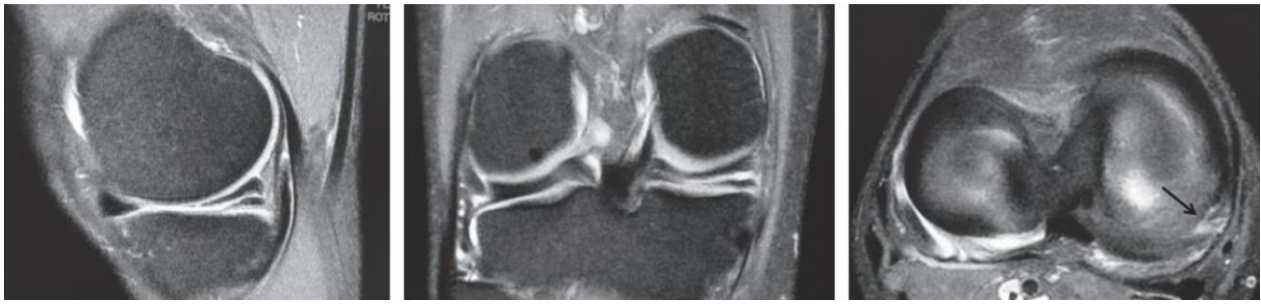
[15] Grades de Stoller



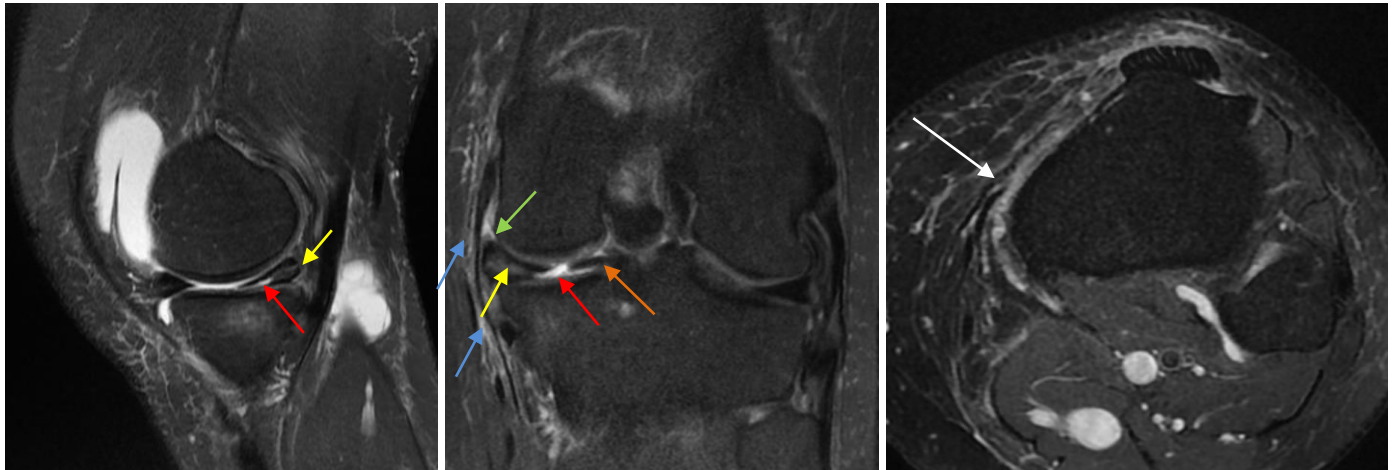
[5] Hypersignal nodulaire de type 1, respectant les bords du ménisque médial.



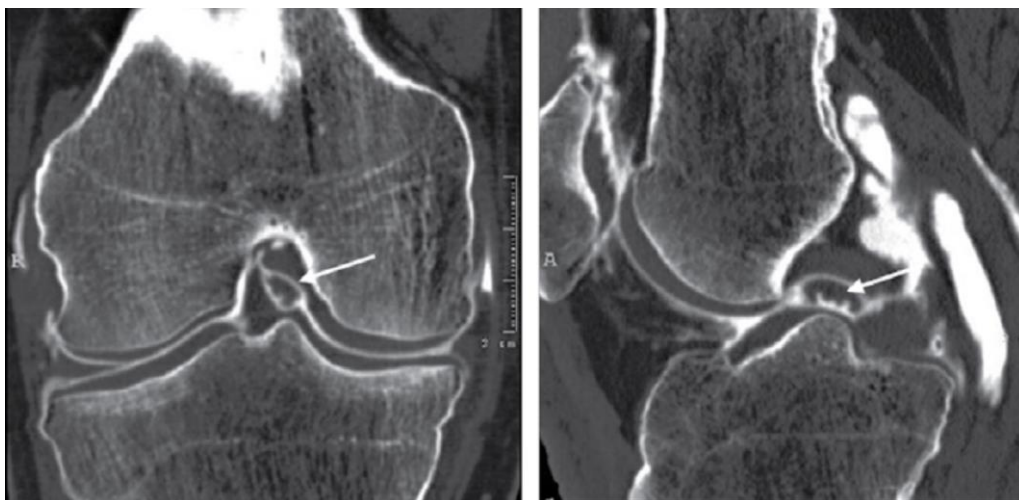
[5] Hypersignal linéaire grade 2, respectant les bords du ménisque médial.



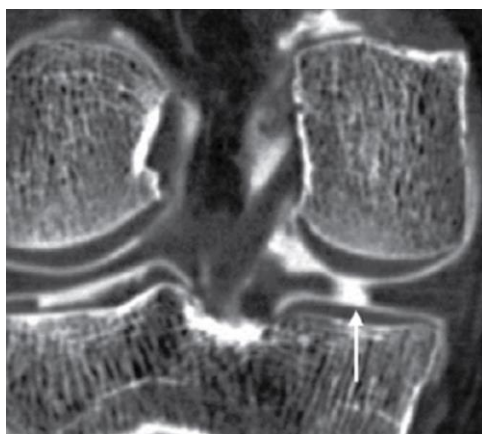
Hypersignal linéaire et horizontal atteignant une surface méniscale (grade 3).



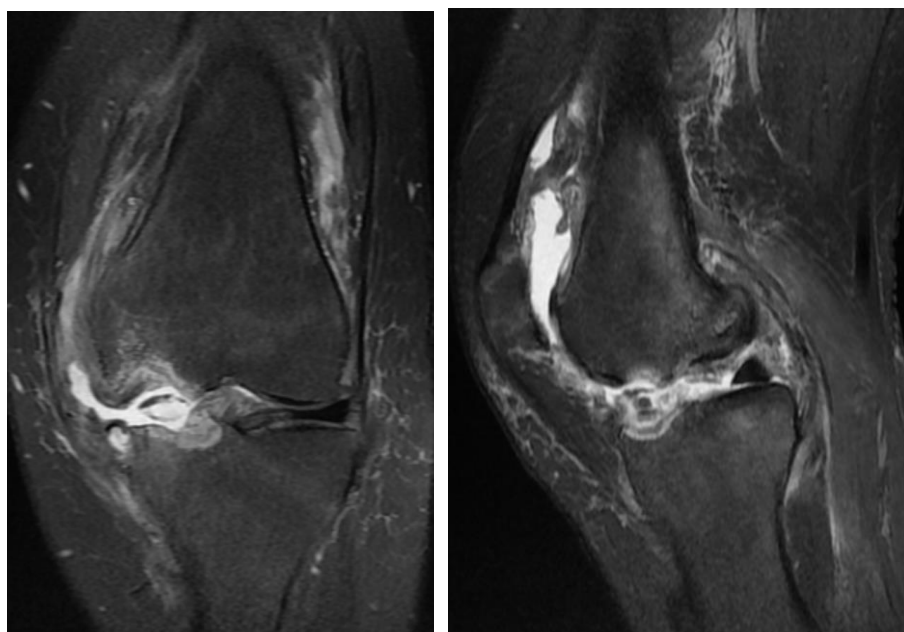
IRM d'un patient de 40 ans, victime d'un traumatisme du genou, présentant à l'examen un cri méniscal médial. Individualisation d'un hypersignal sur la séquence RHO, diffus à tout le ménisque (flèche jaune), mais plus marqué au niveau de la corne postérieure, ainsi qu'un hypersignal liquidien, linéaire, atteignant la surface méniscale, témoignant d'une rupture méniscale grade 3 de Stoller (flèche rouge). Il s'y associe discrète extrusion méniscale (flèche verte), ainsi qu'une luxation modérée interne du fragment méniscal (flèche orange), situé toujours en dedans des épines tibiales et des ligaments croisés. Entorse grade I du LLI (flèche bleue). Désinsertion du tendon du muscle Sartorius (flèche blanche). (625993).



[15] Fissure verticale complète du ménisque interne avec migration du fragment interne dans l'échancrure intercondylienne. a. Coupe frontale en arthroscanner montrant un aspect tronqué du ménisque interne et le fragment méniscal migré dans l'échancrure intercondylienne (→). b. Sur cette coupe frontale, le fragment migré est situé sous le ligament croisé postérieur (→).



[15] Fissure radiaire grade 3 sur arthroscanner.



Déchirure complexe de la corne antérieure du ménisque interne grade 3.

b. Forme particulière : lésion en anse de seau

Lésion le plus souvent d'origine traumatisme, intéressant surtout le ménisque interne, et entraînant des blocages récidivants en flexion du genou.

Il s'agit d'une fissure verticale longitudinale ou oblique étendue sur le grand axe méniscal, séparant le ménisque en un segment périphérique, solidaire à la capsule, et un fragment médial, instable. Ce fragment libre peut se déplacer en totalité ou partiellement dans l'échancrure inter condylienne, à la partie antérieure de l'articulaire ou dans les culs-de-sac articulaires périphériques.

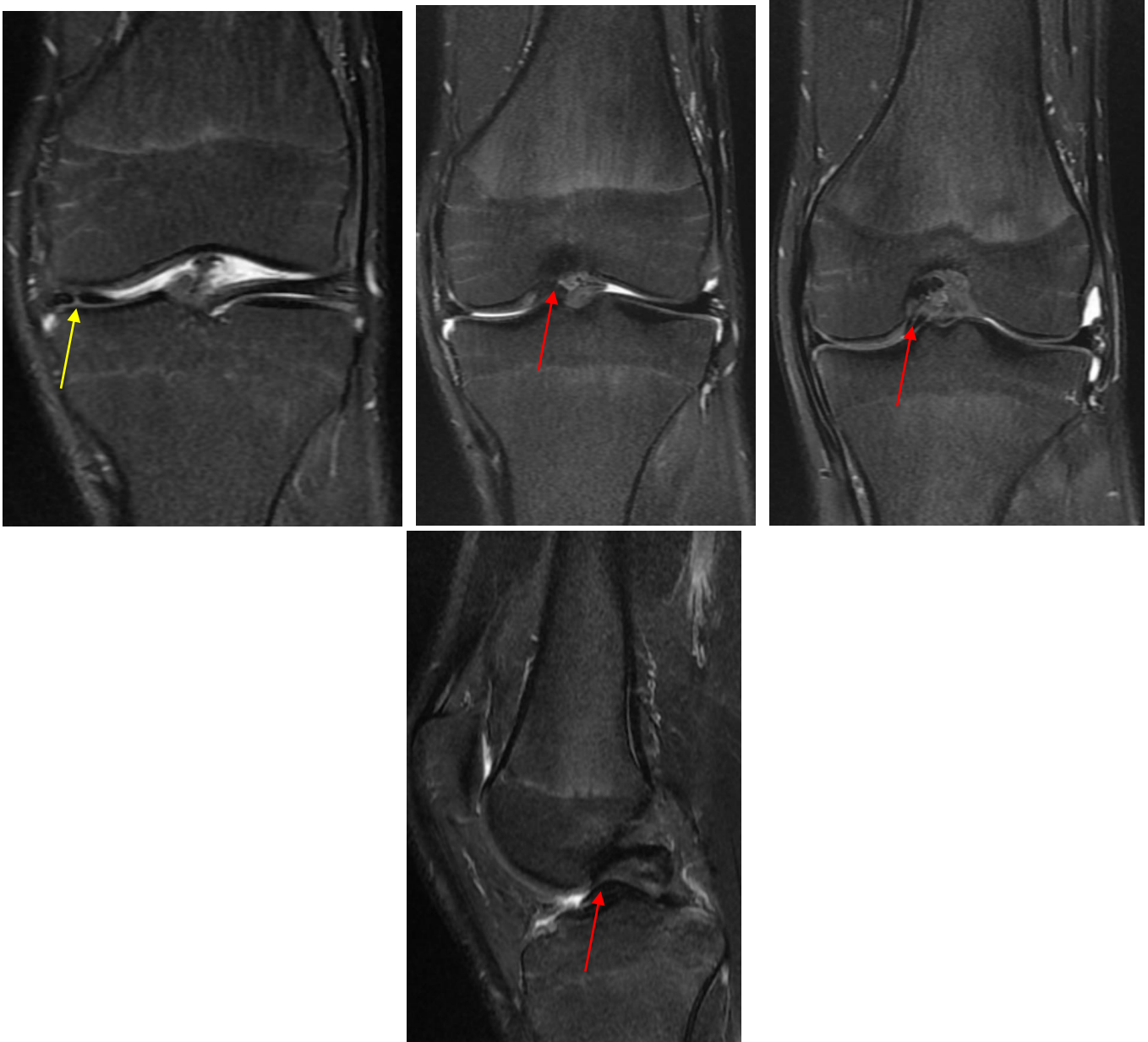
Le fragment fixe a un aspect tronqué, raccourci, pouvant être le siège d'un hypersignal.

Perte de l'aspect en nœud papillon, ou n'est plus visible que sur une seule coupe. Toutefois, cet aspect n'est pas pathognomonique et peut se rencontrer après méniscectomie, dans la gonarthrose évoluée ou en cas d'hypoplasie méniscale [5].

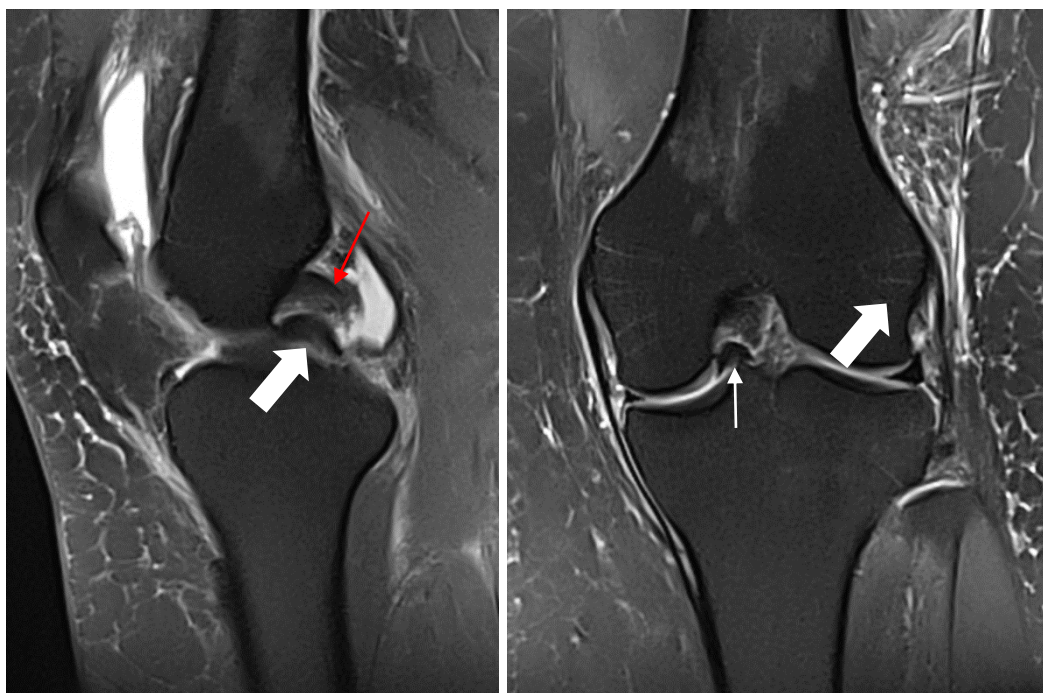
Ceci peut donner un aspect de :

- « Double corne antérieure » si déplacement antérieur du fragment libre (à ne pas confondre avec un gros ligament méniscal transverse), Ceci se traduit par une corne antérieure trop grande (supérieure à 6 mm), avec le fragment méniscal luxé accolé à la corne antérieure saine.
- Ou de « double LCP » si le fragment provient du ménisque médial et que le LCA est intact. Cet aspect ne pouvant normalement pas se rencontrer avec le ménisque latéral, le LCA empêchant le fragment luxé de venir en avant du LCP, sauf si rupture du LCA associée.

La luxation méniscale correspond à une anse de seau qui s'est formée par désinsertion méniscocapsulaire, emportant tout le ménisque.



Rupture méniscale interne verticale (flèche jaune) associée à un déplacement de la languette méniscale en inter condylien (flèche rouge), en rapport avec une anse de seau.



Anse de seau du ménisque interne. Fissure méniscale avec languette méniscale luxée dans l'échancrure inter condylienne (flèche), venant se positionner en avant du LCP normal (flèche rouge), réalisant une image en double LCP (flèche épaisse).



Aspect de mégacorne antérieure. Coupe sagittale en DP. Le fragment luxé en avant (tête de flèche) vient s'accoler contre la corne méniscale antérieure (flèche). Noter la non-visualisation de la corne postérieure (*).

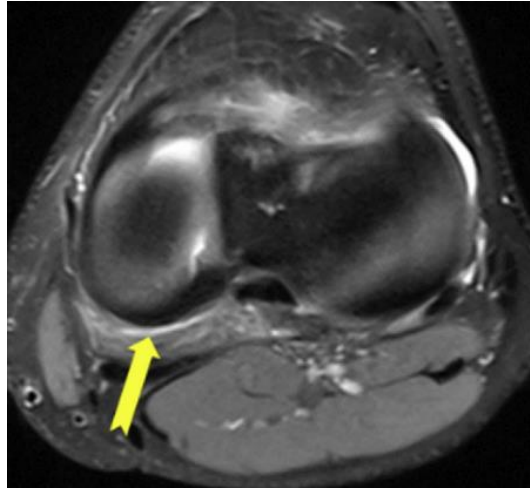
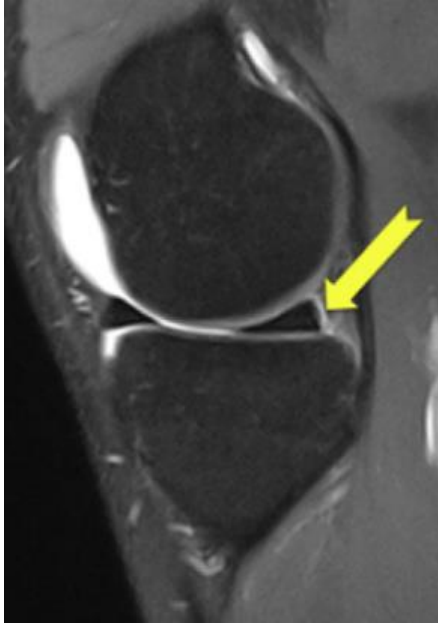
c. Désinsertion méniscocapsulaire [24]

Rare, il s'agit d'une rupture de l'attache capsulaire de la périphérie méniscale, intéressant essentiellement la CPMI vu que celle-ci adhère normalement fermement à la capsule articulaire par l'intermédiaire d'un épaissement capsulaire (ligament oblique postérieur). Ces lésions touchent plus rarement le segment moyen du ménisque médial, qui est fixé au plan profond du LCM par l'intermédiaire des ligaments ménisco-fémoral et ménisco-tibial (ligament coronaire).

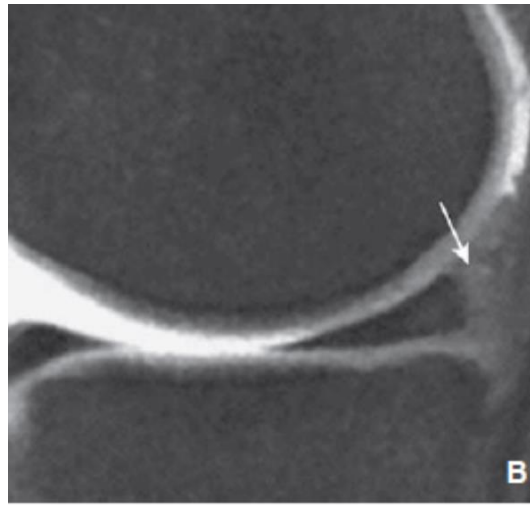
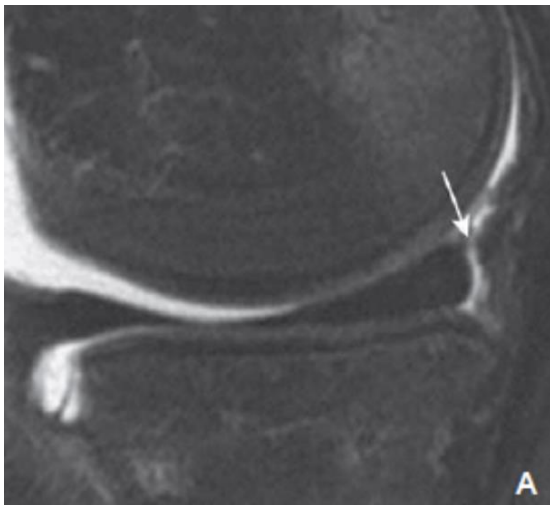
Le signe le plus évocateur de la désinsertion est l'interposition de liquide entre le ménisque et la capsule sur tout ou une partie de la hauteur du ménisque, à ne pas confondre avec les récessus physiologiques et surtout avec les hypersignaux intermédiaire physiologiques en rapport avec la riche vascularisation de la périphérie méniscale et de la capsule.

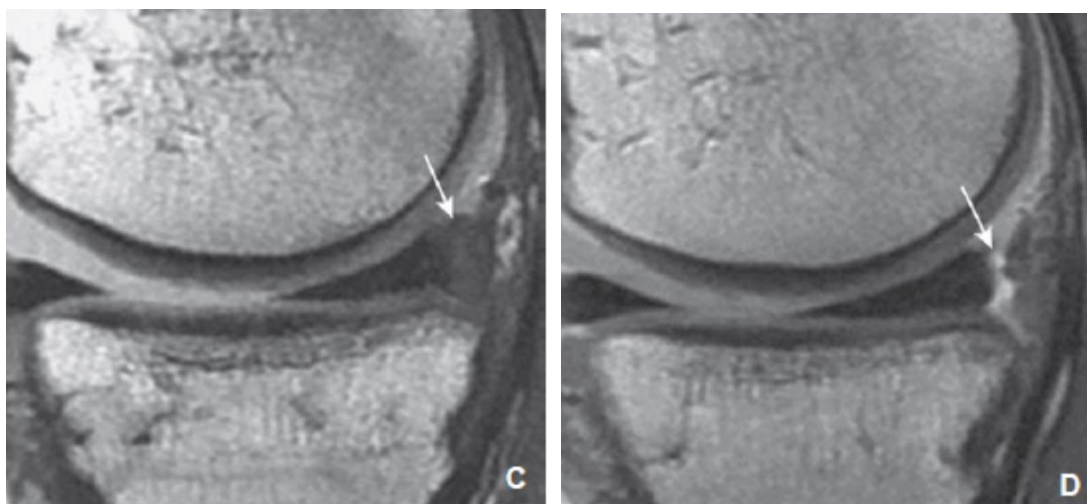
D'autres signes peuvent alerter, comme l'irrégularité de la périphérie méniscale ou le décalage de la CPMI vers l'avant, supérieur à 5 mm par rapport au bord postérieur du plateau tibial.

Une rupture du ligament ménisco-tibial (ou coronaire) entraîne une désinsertion du segment moyen et un aspect « flottant » du ménisque.



Désinsertion ménisco-capsulaire (interposition de liquide entre la corne postérieure du ménisque et la capsule articulaire).





[24] Pseudo-désinsertion méniscocapsulaire de la corne postérieure du ménisque interne (flèche). Arthro-IRM après injection intra articulaire d'Artirem®. Hypersignal liquidien méniscocapsulaire en DP FAT SAT (A), bien évocateur d'une déchirure par désinsertion ménisco-capsulaire, mais sans passage en T1 FATSAT (B), correspondant à des remaniements oedémato-inflammatoires, confirmées en T1 sans (C) puis après (D) injection IV de gadolinium complémentaire.

d. Désinsertion du frein méniscal [24]

Les lésions de la racine méniscale (root tears) sont plus fréquentes au niveau de la CPME que la CPMI, et concernent de façon exclusive les lésions des freins postérieurs, avec une pathogénie différente pour le ménisque médial et latéral.

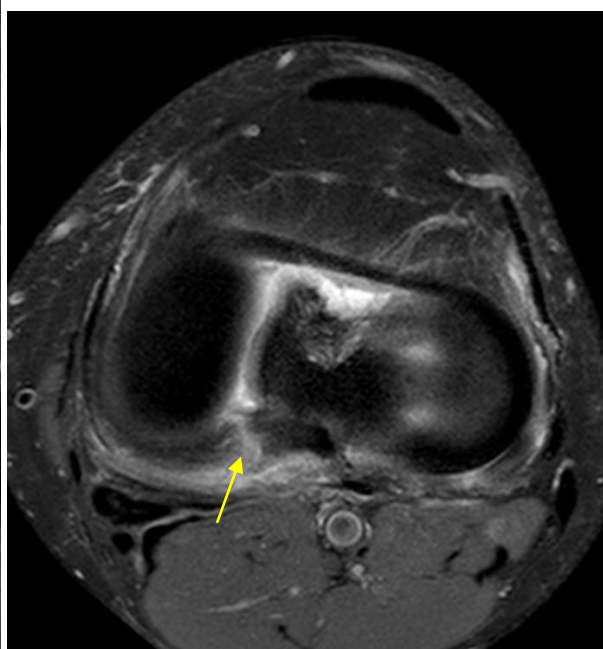
Pour le ménisque médial, il s'agit le plus souvent d'une fissure radiaire ou d'une fissure complexe, étendue au frein méniscal postéro-médial. Cette lésion de l'attache postérieure du ménisque médial s'accompagne d'une rupture des fibres méniscales, avec ouverture de l'anneau méniscal périphérique et une extrusion méniscale. Cette lésion s'accompagne également fréquemment d'une chondrolyse ou d'une brusque décompensation d'une arthrose fémoro-tibiale interne préexistante.

Pour le ménisque latéral, la lésion du frein méniscal postéro-latéral est le plus souvent d'origine traumatique. Elle accompagne dans 8% des cas une rupture du LCA, et ne survient que dans 0.8% des cas quand le LCA est intact.

Sur le plan sémiologique, les critères diagnostiques utilisés pour les fissures méniscales peuvent être transposés à l'étude des freins méniscaux, et regrouper les informations des 3 plans est essentiel à leur diagnostic, souvent méconnu. En effet, le mur méniscal périphérique reste souvent en place, maintenu par le(s) ligament(s) méniscofémoraux, et l'expression morphologique est donc celle d'une déchirure radiale incomplète, avec un bord tronqué. Le fragment méniscal est souvent peu déplacé, mais parfois facile à identifier soit vers l'échancrure soit vers le récessus sous poplité.



Rupture du frein méniscal postéro-médial.



Rupture du frein méniscal postéro-médial.

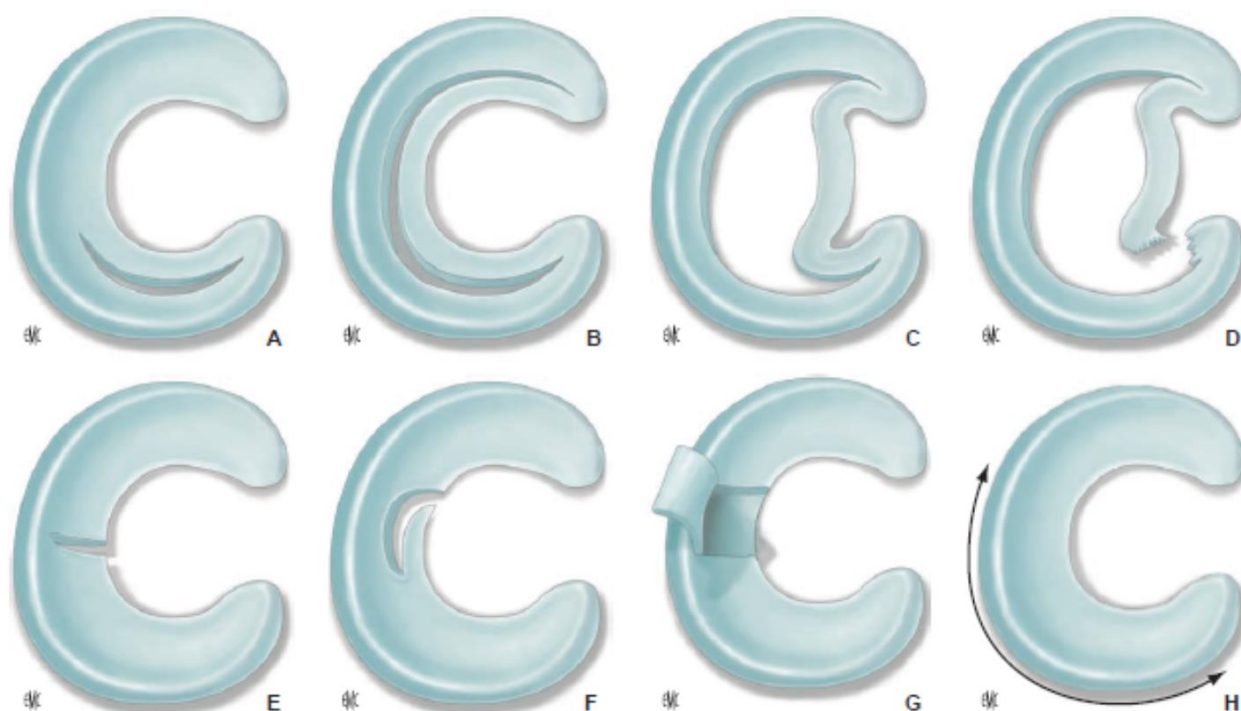


[15] Rupture du frein postérieur du ménisque médial gauche chez un sujet sportif de 49 ans. a. Sur une coupe frontale postérieure en DP, l'ensemble du frein postéro-médial apparaît en hypersignal relatif (flèche). b. Sur une coupe sagittale paramédiane pondérée T2, la désinsertion du frein se traduit par une plage liquidienne s'interposant entre la surface rétrospinale et le frein méniscal rompu (flèche). c. Sur une coupe axiale pondérée T2, le frein méniscal rompu (flèche) apparaît en hypersignal entre la corne postérieure du ménisque médial (flèche épaisse) et le LCP (*)

Déchirure	Horizontale	
	Verticale	Radiale (perpendiculaire au grand axe du ménisque) Droite, complète ou incomplète (séparant ou non le ménisque en 2 parties antérieure et postérieure) Courbe (languette) Racine méniscale Longitudinale Transfixiante ou non Périphérique ou non Localisée ou étendue
	Complexe	Association de clivages horizontaux et verticaux plus ou moins obliques
Désinsertion	Méniscocapsulaire	Transfixiante ou non Localisée ou étendue
	Méniscoligamentaire	Au LCM : faisceau ménisconfémoral ou méniscotibial Au ligament ménisconfémoral antérieur ou postérieur

	Capsulaire	Fracture de Segond Avulsion rebord postérieur plateau tibial interne
Fragmentation	Anse de seau	Luxable, luxée, luxation méniscale Rompue (languette) ou non rompue
	Languette méniscale	Capot (= flap) = horizontale à refend vertical Be de perroquet = radiale courbe du bord libre, à pied antérieur ou postérieur Anse de seau rompue : à pied antérieur, postérieur, ou double languette
	Fragment libre intra articulaire	

[24] Vocabulaire et nosologie des lésions méniscales



[24] Principales variétés de déchirures méniscales. A. Verticale longitudinale. B. Anse de seau. C. Anse de seau luxée D. Anse de seau rompue (languette) E. Verticale radiale F. Bec de perroquet G. Horizontale détachant une languette luxée H. Désinsertion.

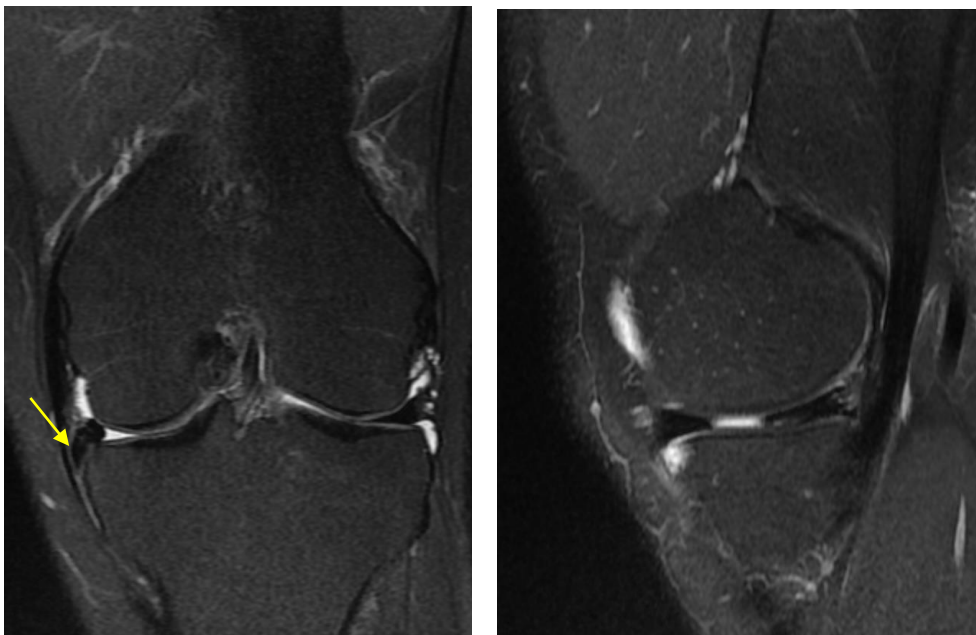
e. Extrusion ou subluxation méniscale

Elle se caractérise par un déplacement du ménisque au-delà de la marge du plateau tibial sur les coupes coronales, de plus de 3 mm. Il est associé à des lésions dégénératives sévères ou à des fissures méniscales, et peut être associé à des lésions ligamentaires (rupture de LCA si atteinte du ménisque latéral).

A noter que l'extrusion méniscale normale des ménisques latéral et médial est respectivement de 2 et 3 mm.



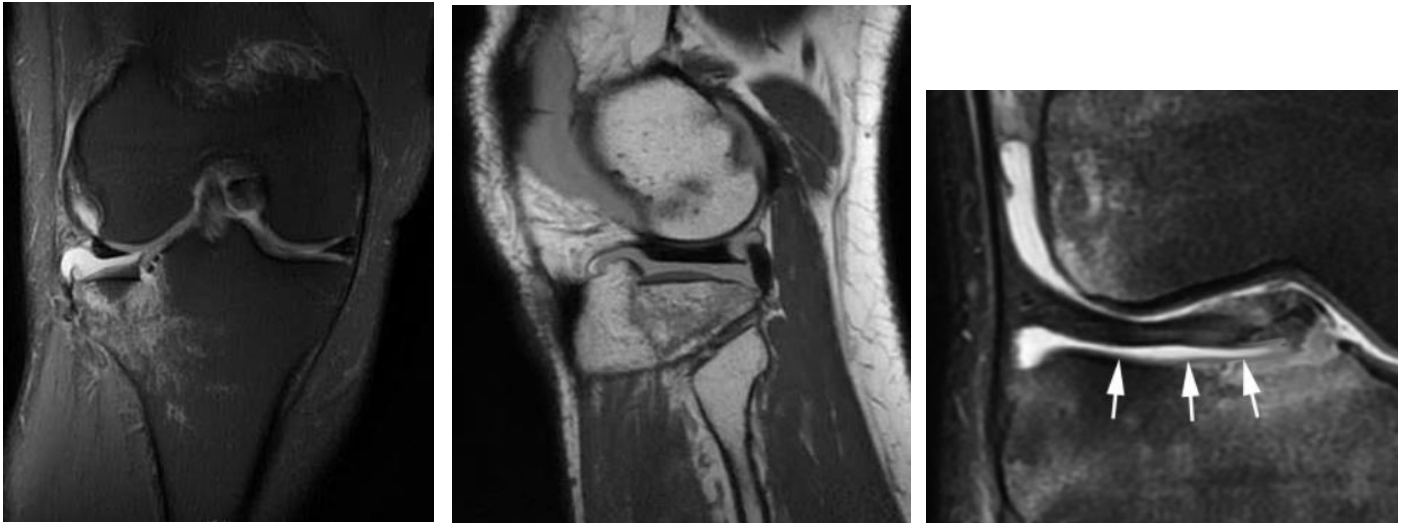
Fissure méniscale horizontale de la corne postérieure du ménisque interne classée grade 2 de Stoller, avec extrusion méniscale.



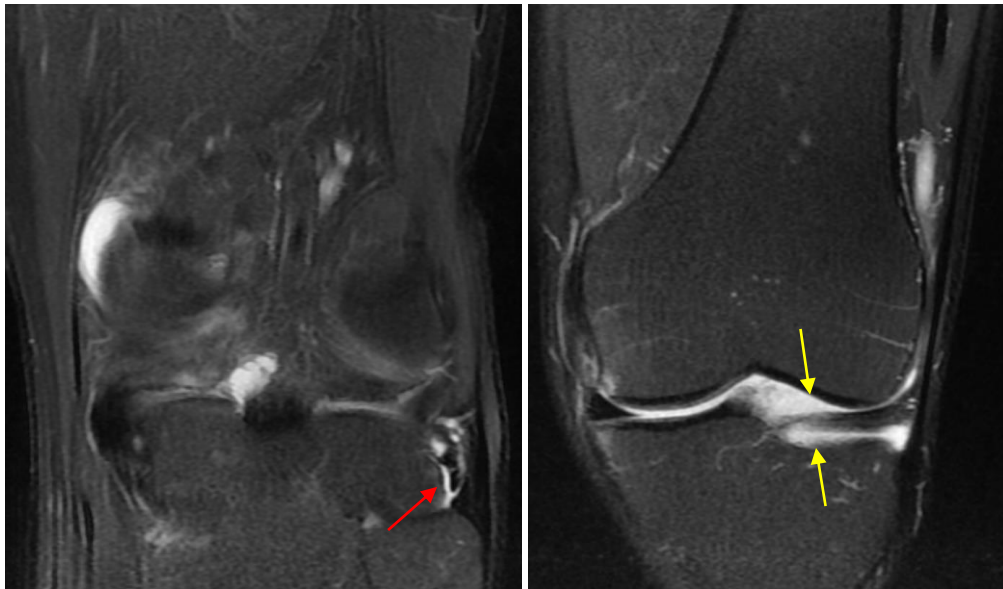
Fissure méniscale interne avec aspect tronqué de la corne antérieure, et détachement d'un fragment méniscal déplacé dans le récessus méniscal inférieur (flèche jaune). 604277

f. Ménisque flottant

Le plus souvent d'origine traumatique avec mécanisme violent, il s'agit d'un ménisque complètement entouré de liquide en hypersignal T2, ou présence d'au moins 2 à 3 mm de liquide entre le plateau tibial et le ménisque, surtout au niveau du segment postérieur, en l'absence de fissure méniscale. Il existe alors une avulsion méniscale par rupture du ligament méniscotibial, le ligament méniscofémoral étant en général intact. Cette lésion est le plus souvent associée à des lésions ligamentaires.



Aspects de ménisque flottant.



Désinsertion du ligament ménisco-tibial (flèche rouge), avec aspect de ménisque flottant (flèche jaune).

g. Contusion méniscale

Elles résultent généralement d'un traumatisme en flexion, au cours duquel la CPMI est comprimée entre le condyle et le tibia. Elles se traduisent en IRM par un hypersignal intra méniscal diffus, qui peut simuler une fissure. La présence d'une contusion osseuse sous chondrale permet généralement de différencier les contusions méniscales des véritables fissures.



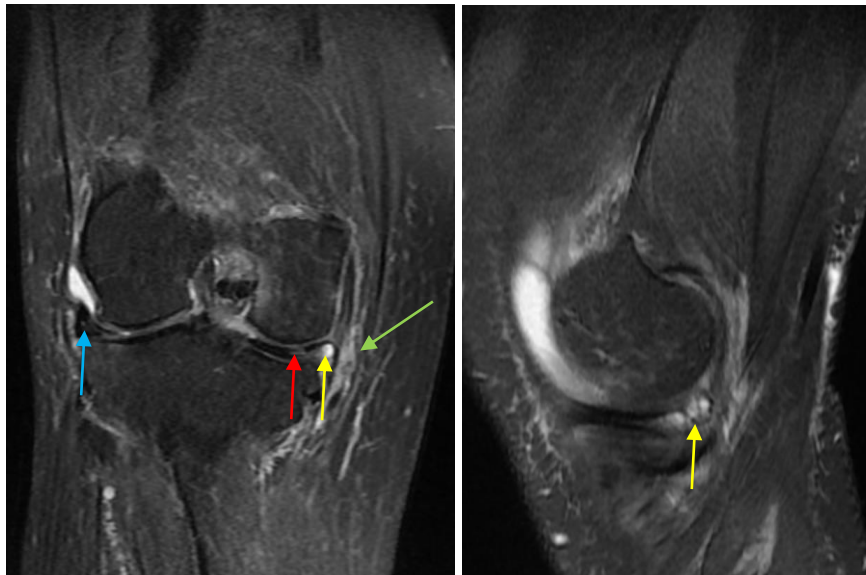
[15] Contusion de la CPML, sous forme d'un hypersignal global du ménisque. Il s'y associe une contusion sous chondrale du plateau tibial et un épanchement intra articulaire.

h. Signes indirects des lésions méniscales

- Epanchement intra articulaire
- Kyste méniscal : Résulte d'une accumulation liquidienne et/ou mucoïde à la jonction méniscocapsulaire. Ils sont souvent associés à une lésion méniscale, et sont formé à partir du liquide articulaire, séquestré au-delà de la fente méniscale. L'association à une fissure méniscale habituellement horizontale est donc nécessaire pour affirmer le diagnostic et le différencier d'un kyste synovial, ou d'une bursite du LCM ou du semi-membraneux. Certains kystes se développent sans que l'on puisse mettre en évidence de lésion méniscale, on parle alors de kyste para méniscal [25]. Ils se développent ainsi au niveau des parties molles périméniscales.
- Œdème péri méniscal ou du ligament collatéral au contact
- Œdème osseux sous chondral.
- Instabilité méniscale.



Coupes sagittales en DP avec kyste méniscal de la corne postérieure et fissure horizontale en regard.



Fissure horizontale de la corne postérieure du ménisque médial (flèche rouge), associée à un kyste méniscal (flèche jaune).
Fissure horizontale du ménisque externe (flèche bleue). Entorse grade II du LCM (flèche verte).

i. Chondropathie fémoro-tibiale

- Pincement de l'interligne articulaire
- Ostéophytose marginale
- Irrégularité du cartilage et hétérogénéité de son signal
- Expulsion du ménisque avec émoussement de son bord libre



Coupe coronale en DP FATSAT, objectivant un hypersignal intra méniscal associé à une chondropathie fémoro-tibiale
(expulsion méniscale, amincissement voire dénudement du cartilage articulaire).

7. Lésions ligamentaires

Les lésions ligamentaires post traumatiques sont fréquentes. On définit un traumatisme en tant que multi-ligamentaire s'il y a atteinte de deux ligaments ou plus.

a. Lésions du LCA

C'est la lésion la plus fréquemment retrouvée sur le genou traumatique du sportif. Elle a pour conséquence un risque d'instabilité secondaire du genou, responsable de lésions méniscales et cartilagineuses.

Cliniquement, la rupture est évoquée devant un traumatisme violent, douloureux, avec hémarthrose souvent retardée, et à l'examen clinique, des signes d'instabilité avec tiroir antérieur et ressaut rotatoire.

i) Radiographie standard :

Si la radiographie est réalisée, elle pourrait montrer des signes indirects :

- Fracture de Segond, pathognomonique d'une rupture complète du LCA [18].
- Hémarthrose ou lipohémarthrose (niveau liquide – graisse)
- Subluxation antérieure du tibia par rapport au fémur.
- Fracture – tassement ou impaction du condyle externe, secondaire à la translation antérieure du plateau tibial. Il s'agit du signe osseux indirect le plus facile à repérer en radiographie.
- Fracture des épines tibiales ou avulsion de la surface préspinale.

ii) Arthroscanner :

Les ruptures du LCA diagnostiquées par l'arthroscanner se traduisent par une solution de continuité des fibres et le passage anormal du produit de contraste au sein de celles-ci, devant être retrouvé sur 2 plans de coupes orthogonaux pour l'affirmer. Tout comme en IRM, on peut parfois constater une disparition complète de toute structure ligamentaire au sein de l'échancrure. D'autres aspects sont de diagnostic plus difficile, en particulier les épaississements globuleux ou fusiformes du ligament. Par contre, ce mode d'imagerie ne permet pas la mise en évidence des contusions osseuses, qui sont une aide précieuse au diagnostic en IRM. Ainsi, la difficulté de mise en évidence des signes secondaires de rupture ne plaide pas en faveur de l'arthroscanner, d'où l'intérêt de l'IRM.

iii) IRM :

Il faudra toujours préciser si possible le siège de la rupture (1/3 proximal, moyen, ou distal, la jonction 1/3 supérieur – 1/3 moyen étant la localisation la plus fréquente), et la présence ou non de diastasis ou écartement entre les deux moignons ligamentaires ou un moignon et sa corticale d'insertion (désinsertion).

La rupture se manifeste par des signes directs qui intéressent le ligament, et par des signes indirects qui sont les conséquences de la rupture :

Signes directs :

- Discontinuité du ligament
- Absence de visualisation complète du LCA, ou sa disparition dans une pseudo masse nuageuse en hypersignal au niveau de l'échancrure, secondaire aux remaniements oedémato-hémorragiques.

- Signe de l'échancrure vide : présence d'un hypersignal T2 liquidien remplaçant l'hyposignal fibrillaire du LCA au niveau de son insertion proximale sur le versant médial du condyle latéral.
 - Perte du parallélisme par rapport au toit de l'échancrure (ligne de Blumensaat) : signe sa rupture complète
 - Parfois le moignon distal du LCA, attaché au tibia, peut basculer en avant prenant une forme nodulaire antérieure (pseudo-cyclope), de signal hétérogène, élevé ou intermédiaire, ou peut devenir horizontal et s'accoler au LCP.
 - Hypersignal intra ligamentaire, secondaire à l'hématome ligamentaire et à la réaction inflammatoire à ce niveau.
- ✚ Signes indirects : Le diagnostic de rupture aiguë pouvant être difficile, il faudra alors s'aider des signes secondaires :
- Anomalie d'orientation du LCA, avec un angle inférieur à 45° par rapport au plateau tibial, et supérieur à 15° par rapport à la ligne de Blumensaat.
 - Subluxation antérieure du tibia par rapport au fémur, supérieure à 5–7 mm (tiroir antérieur). Le déplacement se mesure sur une coupe sagittale passant par le condyle fémoral latéral, en traçant les tangentes au bord postérieur du condyle et du plateau tibial latéral, parallèle au grand axe de l'image.
 - Contusions osseuses (condyle fémoral, plateau tibial) : contemporaines des phases aiguë et subaiguë, elles intéressent surtout le compartiment latéral. Elles peuvent persister jusqu'à 6 semaines et réapparaître secondairement si accident d'instabilité répétés. La contusion ostéochondrale du condyle fémoral latéral associée à la contusion du plateau tibial latéral réalise l'aspect caractéristique de kissing fracture, le condyle venant s'impacter sur le plateau tibial lors de la rupture ligamentaire.
 - En plus des signes d'œdème osseux, on peut trouver une encoche ostéochondrale par enfoncement et impaction de la lame osseuse sous chondrale, qui reste visible à la phase chronique après résorption de l'œdème osseux.
 - Les fractures ostéochondrales entraînent des lésions dégénératives dans 50% des cas alors que les contusions osseuses simples guérissent sans séquelle.
 - Fracture de Segond : pathognomonique d'une rupture du LCA. Elle associe l'avulsion du bord latéral du plateau tibial latéral à l'insertion du LCL, et d'une partie de la bandelette ilio-tibiale.
 - Hémarthrose.
 - Anomalies du LCP : déformation en S, verticalisation ou angulation (qui est considérée comme pathologique en deçà de 105° , la valeur normale étant supérieure à 114°).
 - Verticalisation du LCL, vu sur une seule coupe.
 - Signe de non recouvrement du ménisque latéral : déplacement postérieur du ménisque latéral de plus de 3.5 mm par rapport à une ligne tangente au bord postérieur du plateau tibial. Cette ligne ne doit normalement pas traverser le ménisque.

- ✚ Signes d'une rupture partielle : Le diagnostic peut être difficile, mais essayer de différencier entre les deux est primordial vu que la prise en charge thérapeutique change selon le cas. Elle intéresse plus volontiers le faisceau antéro-médial.
 - Axe normal du LCA, contrairement à la rupture totale.
 - Anomalies de signal focales du LCA n'intéressant qu'une partie des fibres (hypersignal T2 ou DP FATSAT, hémorragie), avec fibres épargnées restant tendues, rectilignes, et en hyposignal sur au moins une séquence.
 - Anomalies morphologiques : épaissement du LCA avec contours flous et irréguliers. Mais vu que l'œdème peut entraîner une surestimation des lésions, il est nécessaire de réaliser un contrôle au stade subaigu, après régression partielle de l'œdème, permettant de mieux visualiser les fragments résiduels.
 - Visualisation de la rupture sur un seul faisceau

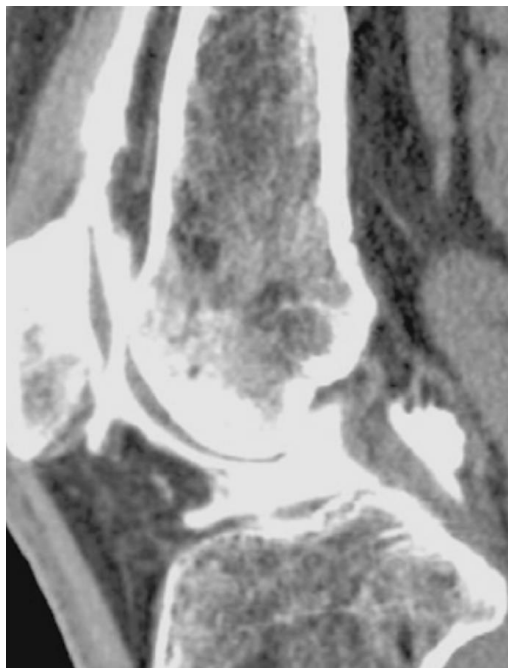
- ✚ Signes associés :
 - Atteinte des autres ligaments : surtout le LCM.
 - Fracture-avulsion / contusion osseuse de la styloïde fibulaire : elle doit faire évoquer des lésions ligamentaires du LCA et du LCP, car elle témoigne d'une lésion du PAPL qui suppose un traumatisme à grande énergie.
 - Lésions du PAPL : augmentation de signal, épaissement ou absence de visualisation des éléments du PAPL, en particulier du tendon poplité, du LCL, du tendon bicipital, du ligament poplité arqué, et de la capsule postérieure. Il peut s'y associer une fracture de la tête fibulaire, avec avulsion de l'insertion du LCL.
 - Lésions méniscales : intéressent surtout les segments postérieurs et sont verticales.
 - Avulsion des épines tibiales : plus communément appelée « fracture des épines ». Elle correspond à l'arrachement du pied de l'insertion du LCA sur le tibia ;

- ✚ Stade séquellaire [15] :
 - A un stade chronique, l'œdème disparaît progressivement, les fibres résiduelles du ligament s'atrophient et le LCA restant se rétracte, son extrémité distale n'étant plus vascularisée.
 - Une cicatrice fibreuse apparaît, et l'aspect du LCA devient très variable selon l'importance de la cicatrice et du nombre de fibres résiduelles.
 - On trouvera typiquement un LCA discontinu, de taille variable
 - Il pourra prendre une orientation anormale en s'horizontalisant. Il peut alors tomber en « nourrice » sur le LCP, dont il va utiliser la vascularisation, il ne s'atrophie alors que partiellement et l'instabilité est souvent moins importante.
 - Il peut aussi présenter une orientation anguleuse ou une concavité postérieure due à la présence d'une cicatrice résiduelle, qui lui donnera un aspect d'épaississement irrégulier.
 - Il peut aussi ne pas être visible : échancrure intercondylienne vide (aspect caractéristique mais rare)

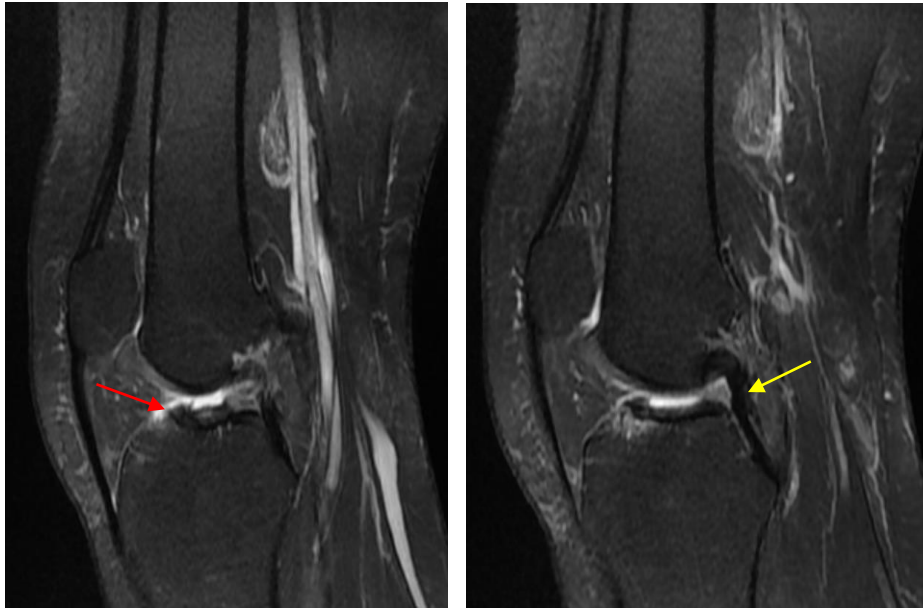
- Diagnostic différentiel : agénésie du LCA chez l'enfant : exceptionnelle et toujours bilatérale, induisant une symptomatologie de rupture ligamentaire sans notion de traumatisme retrouvé.



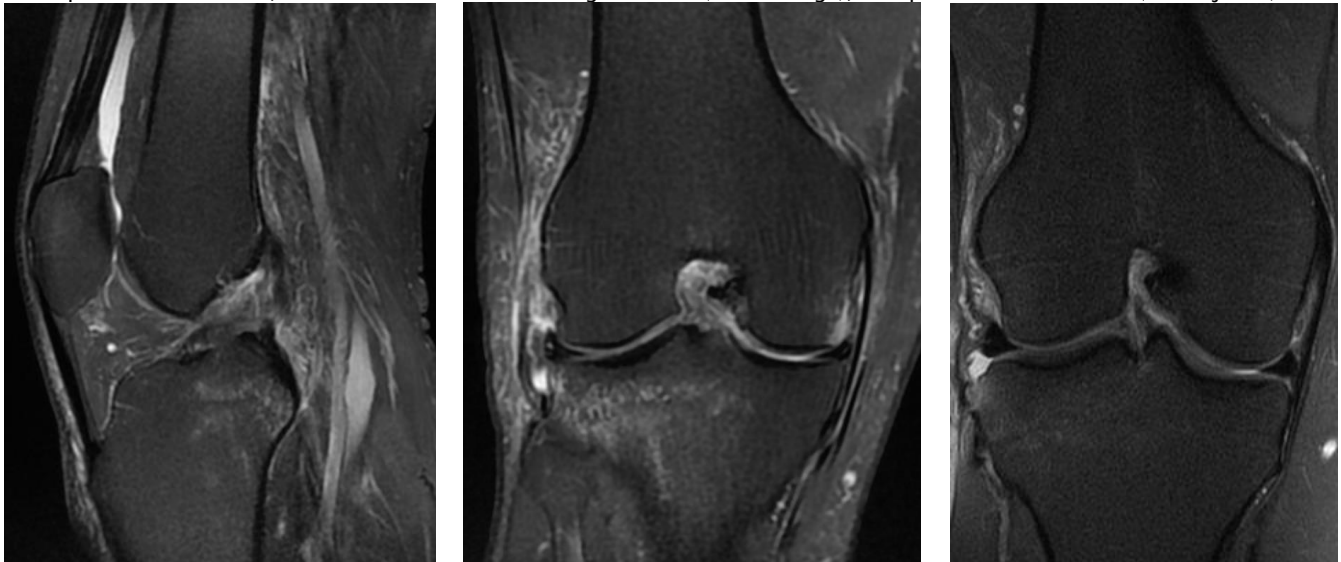
[15] Arthroscanner montrant une lésion du LCA au niveau de son insertion proximale.



[15] Arthroscanner en coupe sagittale : Le LCA n'est plus visible au niveau de l'échancrure inter condylienne (aspect d'échancrure vide), pouvant témoigner d'une rupture de LCA.



Rupture totale du LCA, avec individualisation du moignon tibial (flèche rouge), et aspect en canne du LCP (flèche jaune).



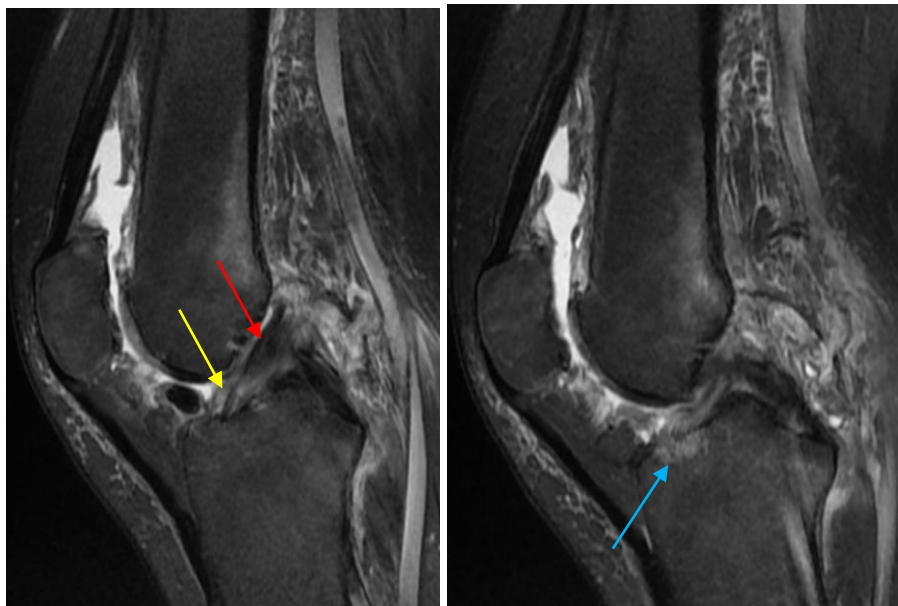
Rupture totale du LCA, associée à une fracture de Segond.



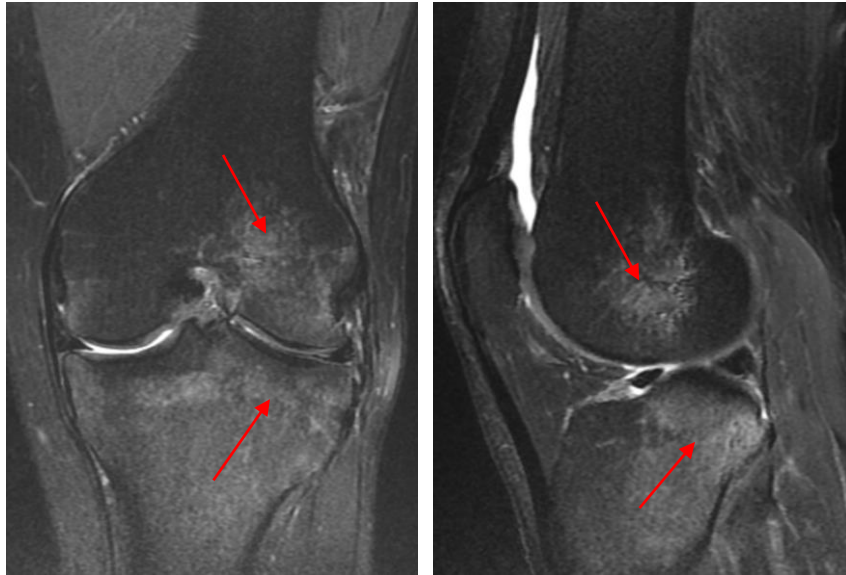
Rupture totale du LCA (flèche rouge), avec arrachement de l'épine tibiale antérieure (flèche jaune). Il s'y associe une importante contusion osseuse tibiale (flèche bleue)



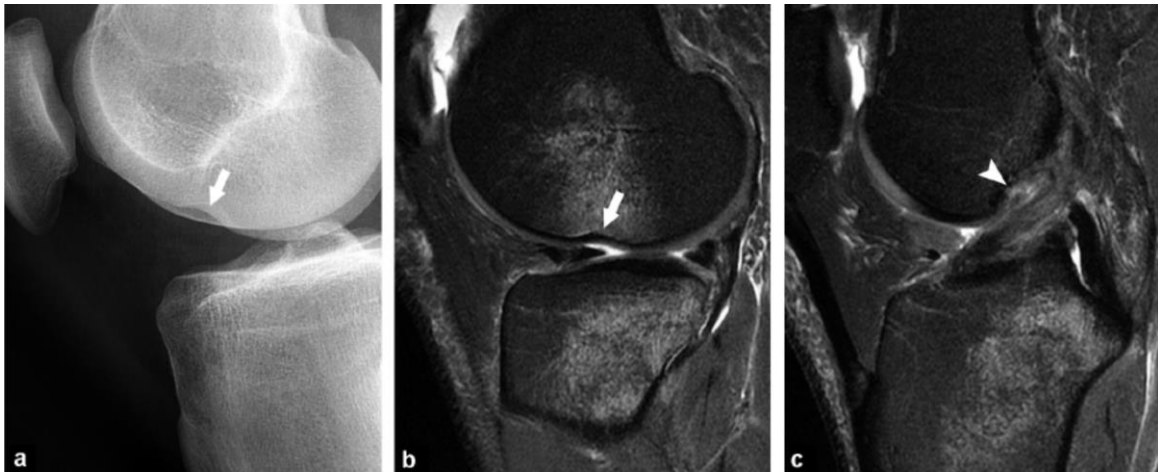
Rupture partielle du LCA, avec persistance de quelques fibres en hyposignal.



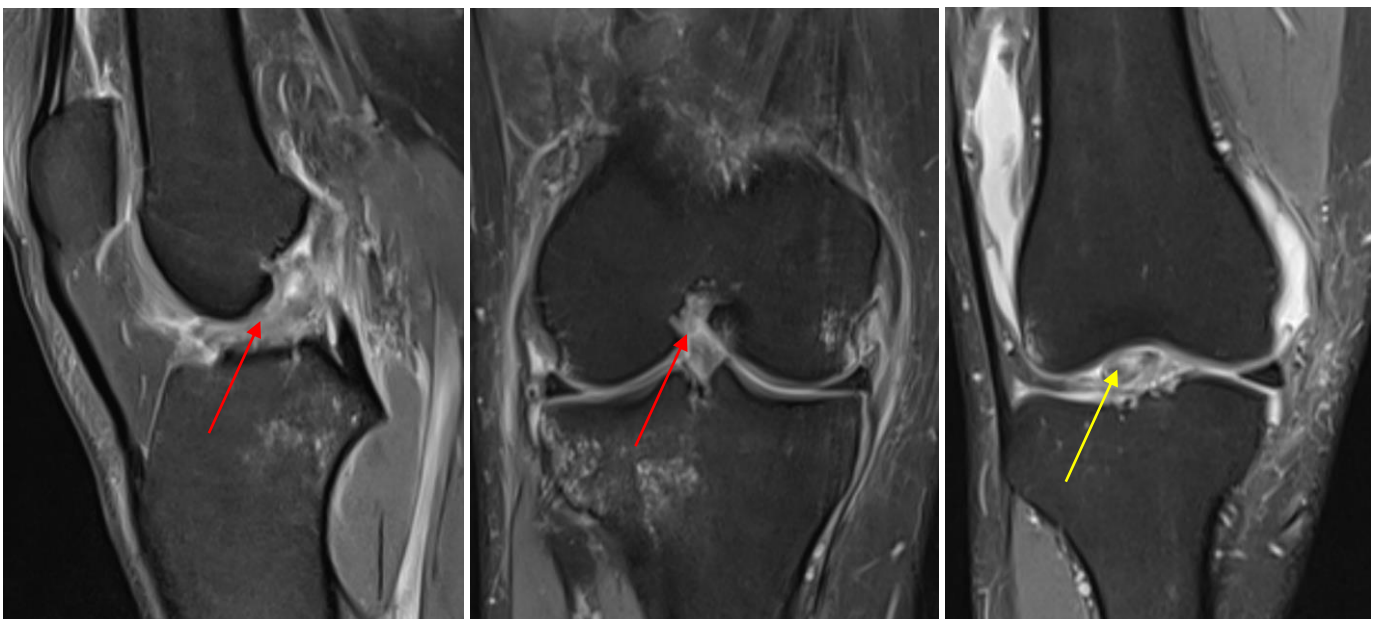
LCA épaissi, de signal hétérogène, hyper intense au niveau de son insertion tibiale (flèche jaune), avec persistance de fibres continues en hyposignal (flèche rouge). Contusion osseuse au niveau de l'insertion osseuse tibiale du LCA (flèche bleue), témoignant d'une rupture partielle.

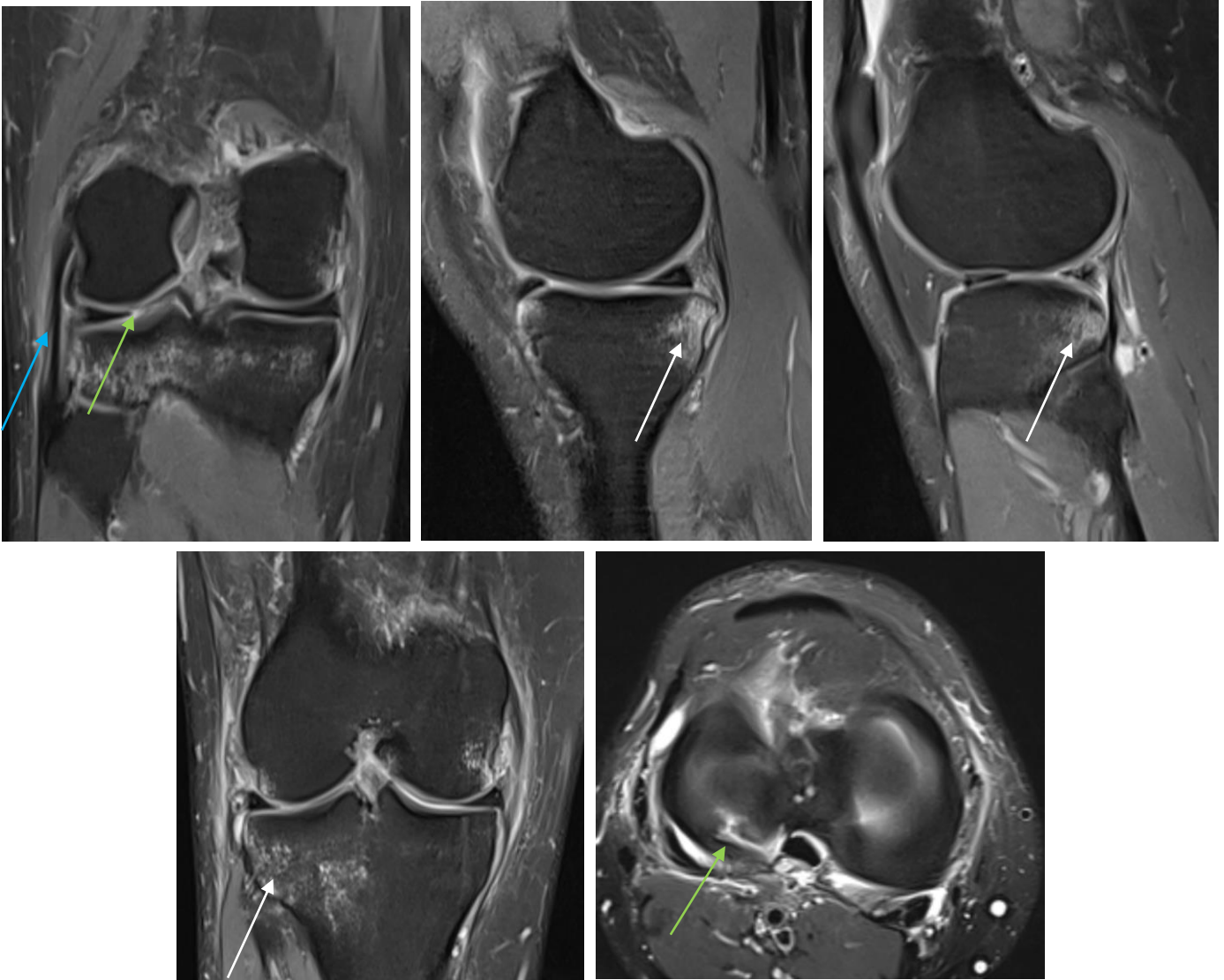


Kissing contusions, caractérisée par une contusion du plateau tibial latéral et du condyle fémoral latéral.

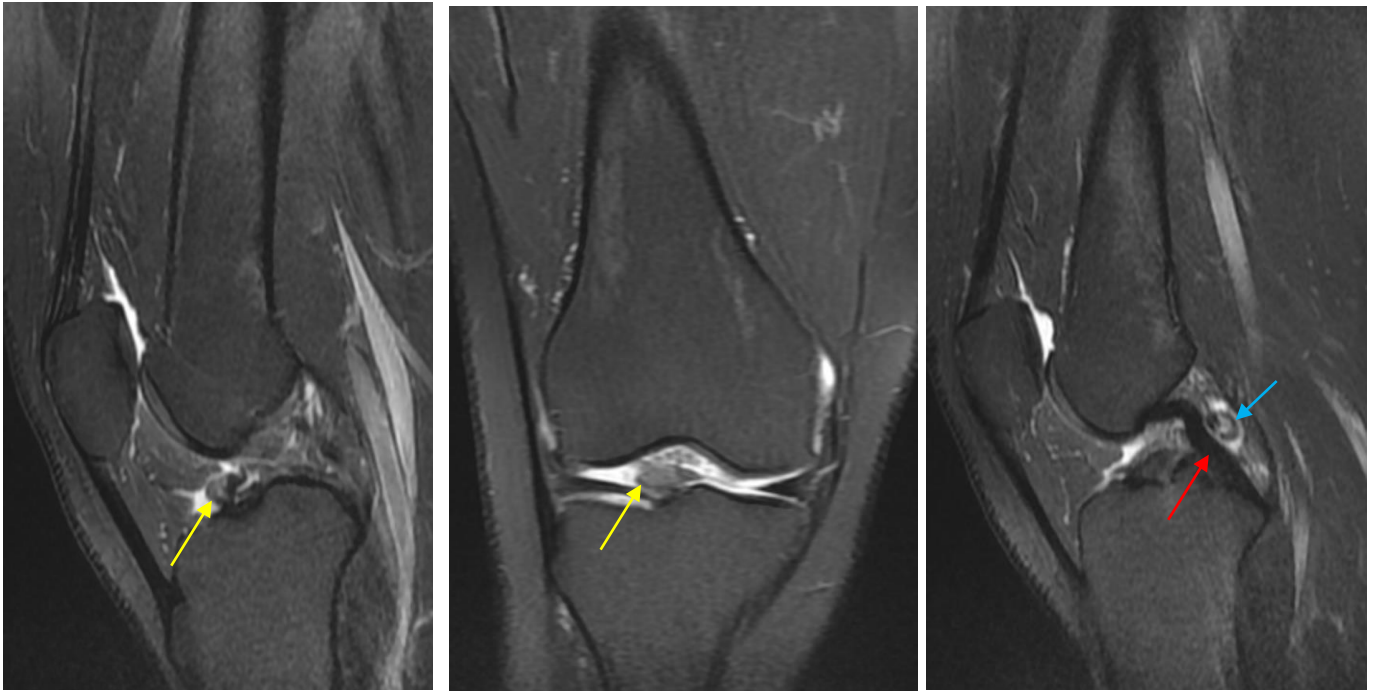


[27] Encoche post-traumatique du condyle externe chez un homme âgé de 22 ans. Une radiographie de profil (a) montre une encoche de profondeur supérieure à 2 mm sur le condyle externe (flèche). L'IRM en pondération T2 avec saturation du signal de la graisse (b, c) confirme la localisation de l'encoche au niveau d'un œdème médullaire sous-chondral (flèche), associée à la rupture du ligament croisé antérieur (pointe de flèche).

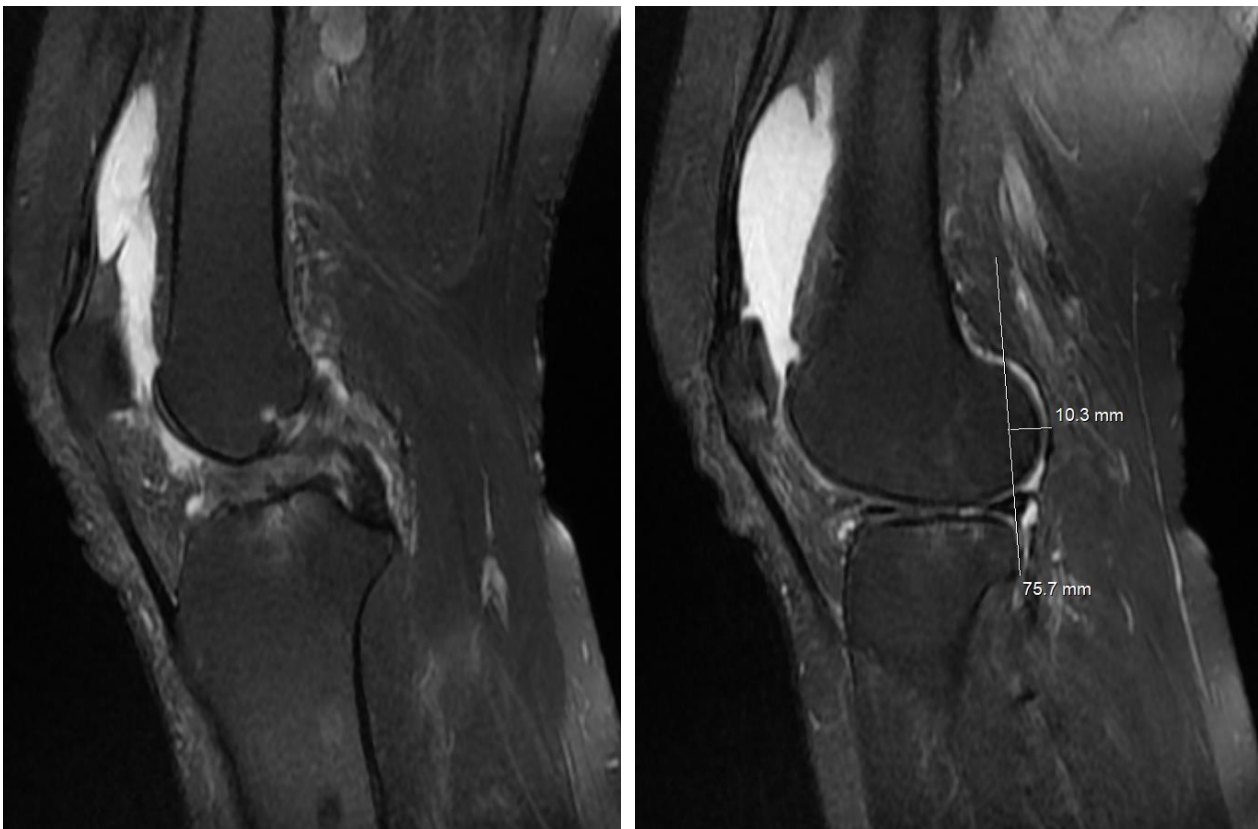




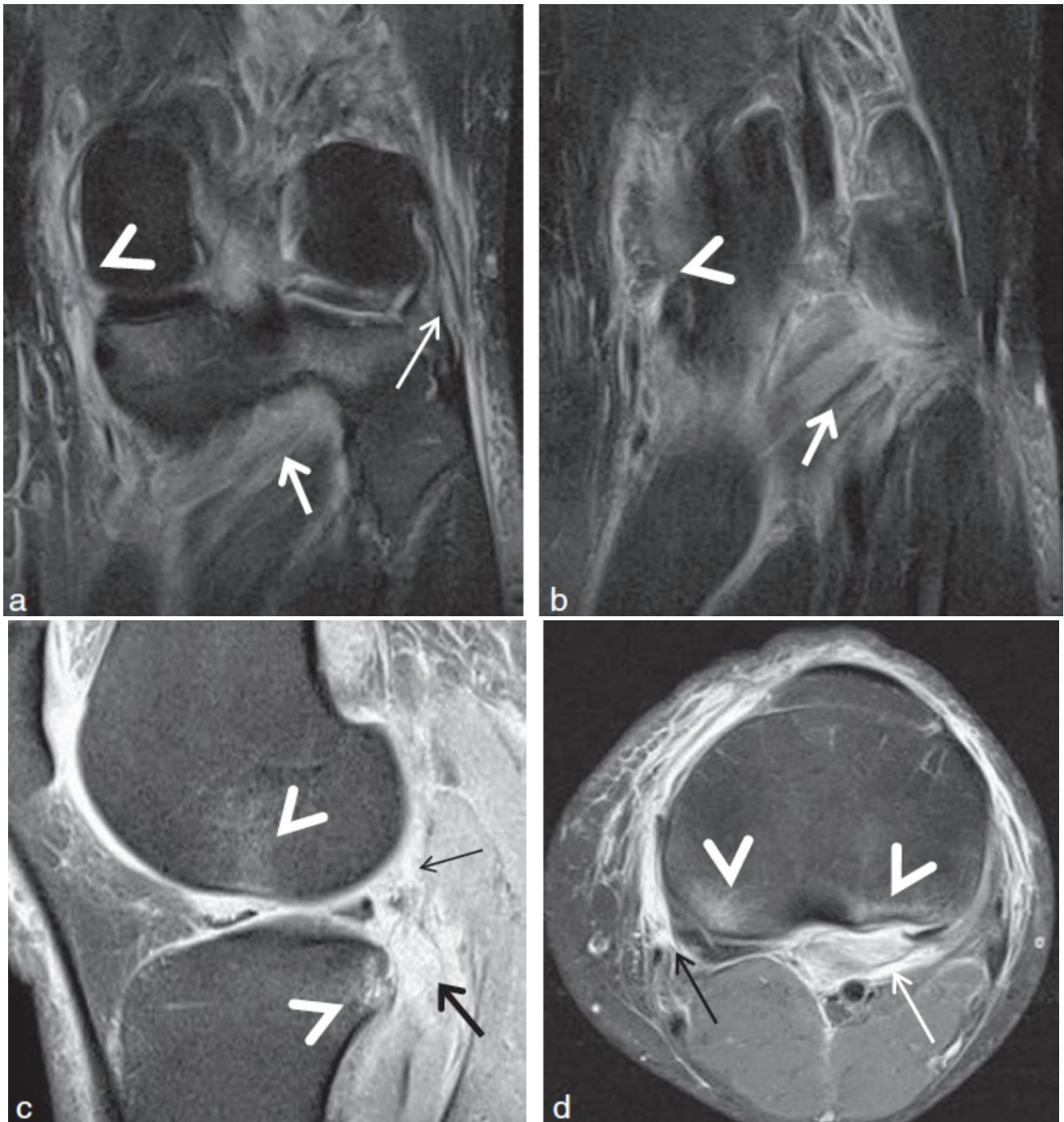
Rupture totale du LCA (flèche rouge), avec individualisation d'une image nodulaire au niveau du pied de l'échancrure inter condylienne, réalisant un aspect de pseudo-cyclope (flèche jaune), avec tiroir antérieur. Verticalisation du LCL (flèche bleue), vu en totalité sur une seule coupe. Contusions osseuses (flèche blanche). Rupture radiaire de la corne postérieure du ménisque externe (flèche verte).



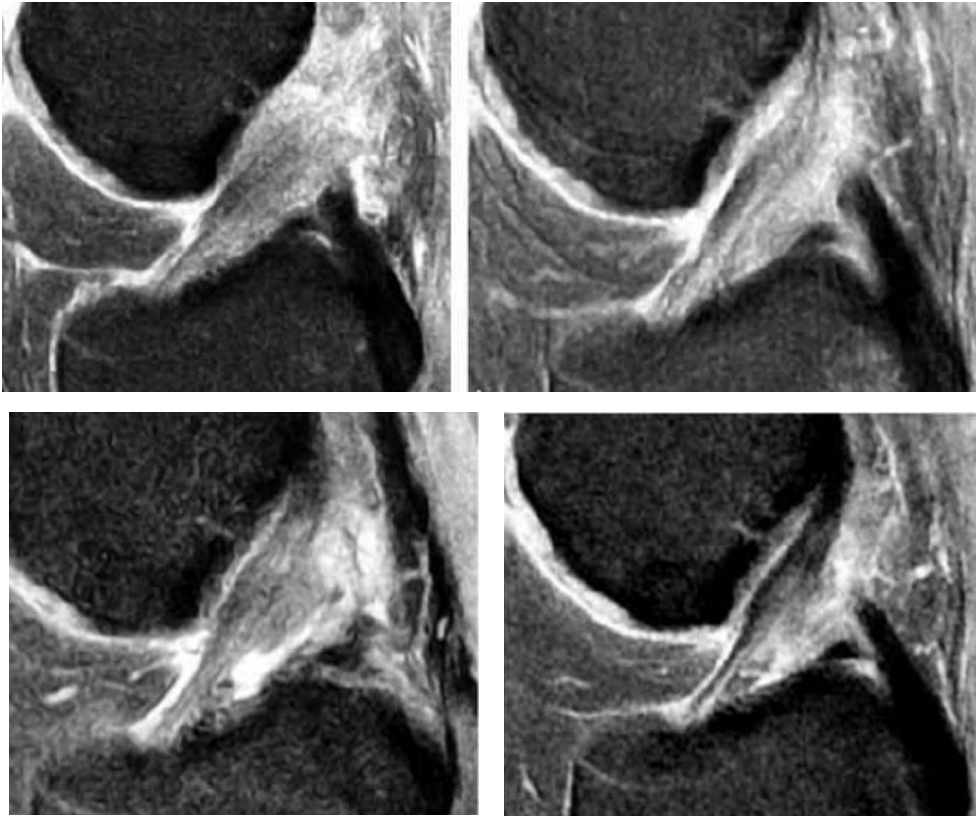
Rupture du LCA avec migration antérieure du moignon tibial, réalisant un aspect de pseudo-cyclope (flèche jaune). Il s'y associe un aspect en canne du LCP (flèche rouge), également une rupture du ligament ménisco-fémoral de Wrisberg (flèche bleue).



Rupture totale du LCA, avec déplacement du plateau tibial sous le condyle fémoral, mesuré à 10 mm, en rapport avec un tiroir antérieur, avec découverte et non recouvrement de la corne postérieure du ménisque externe.



[5] (a,b) Coupes coronales pondérées en T2 FATSAT montrant des lésions du LCL (flèche), du muscle poplité (flèche épaisse), du LCM et PPM (tête de flèche). (c, d) Coupe sagittale DP FS montrant un hypersignal de la coque postérieure (flèche) et du muscle poplité (flèche épaisse) ainsi que des contusions osseuses fémorotibiales (têtes de flèche) (d) Coupe transversale DP FATSAT montrant l'hypersignal du muscle poplité (flèche blanche), des coques postérieures (lésion du PPL, flèches noires), et des contusions osseuses (têtes de flèches).



[5] Rupture proximale du LCA. A. IRM réalisée à une semaine du traumatisme, avec hypersignal et épaissement du LCA, mais conservant une orientation anatomique normale. B. A 12 semaines, le LCA reste de signal modérément augmenté et épaissi. C. A 6 mois, le LCA a récupéré un signal quasi normal. D. A 1 an, aspect normal du LCA.

b. Lésions du LCP

Son atteinte isolée est rare vu son épaisseur et sa robustesse, et s'intègre le plus souvent dans un tableau d'atteinte multi ligamentaire.

La radiographie standard dans ce cas rapporte peu, si ce n'est un arrachement des points osseux d'insertion.

En IRM, en trouvera :

✚ Signes directs :

- Comme pour le LCA, c'est l'interruption ligamentaire qui signe la rupture. Elle siège le plus souvent en plein corps, déterminant un diastasis ou un décalage en baïonnette, avec une particularité notoire : le ligament étant détendu dans la position de réalisation de l'IRM, les moignons ligamentaires peuvent apparaître en alignement, et le ligament simplement épaissi et/ou en hypersignal. La recherche des anomalies morphologiques peut être sensibilisée par une acquisition genou fléchi, ce qui implique un changement d'antenne.
- La non visualisation du ligament est considérée comme une rupture complète.

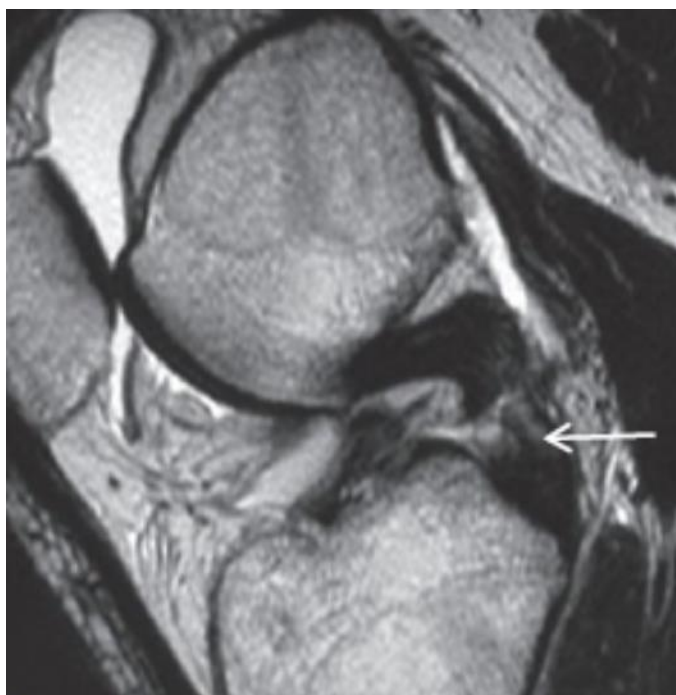
✚ Signes indirects :

- Hypersignal localisé ou diffus intéressant toute l'épaisseur des fibres
- LCP épaissi, de contours flous.
- Horizontalisation du ligament

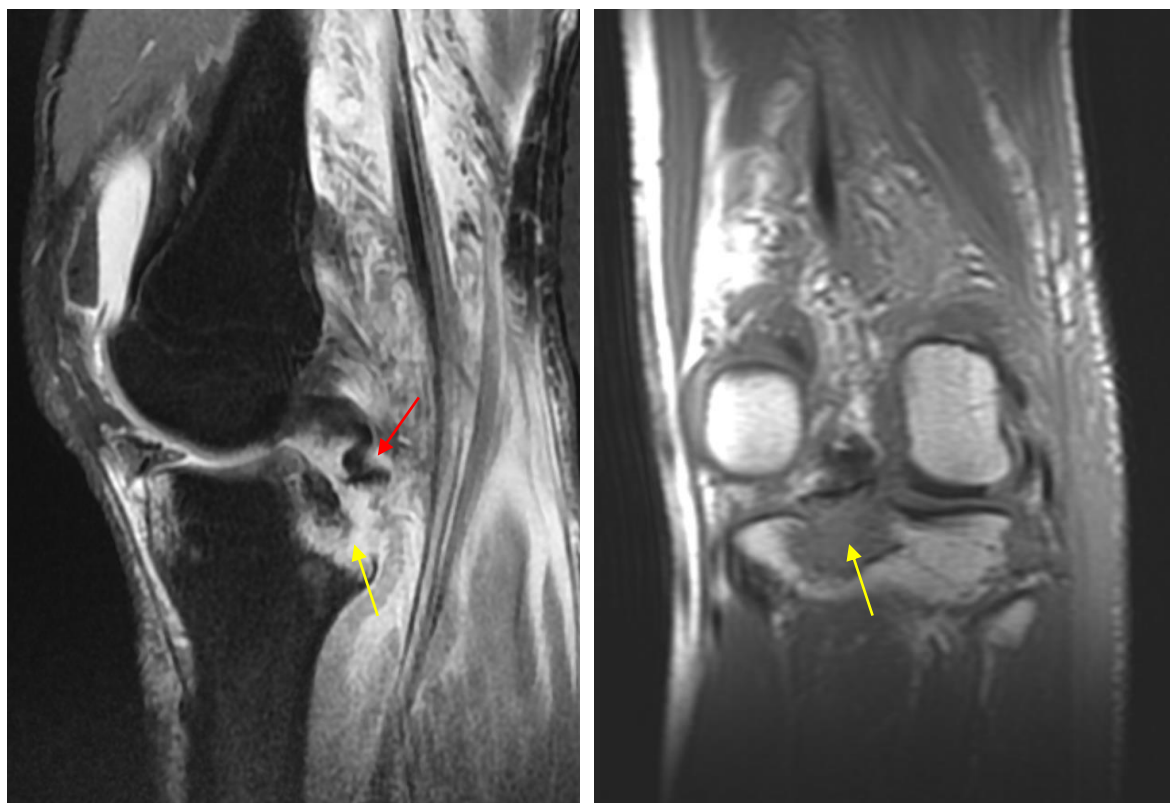
- Signes d'instabilité type subluxation postérieure du tibia : tiroir postérieur. Il est plus important si rupture associée du PAPL.
- ✚ Rupture partielle : si une partie des fibres est respectée, en hyposignal.
- ✚ Lésions associées :
 - Avulsion osseuse de la surface rétro-spinale
 - Contusions osseuses du tibia et du condyle en miroir
 - Atteinte méniscale
 - Atteinte du PAPL
 - Fracture avulsion à l'insertion du LCM.
 - Fracture – avulsion de la styloïde fibulaire
 - En règle générale, on ne retrouvera pas d'épanchement (à l'exception d'autres lésions traumatiques associées), le LCP étant en position extra articulaire.
- ✚ Stade chronique :
 - Variations d'épaisseur
 - Phénomènes cicatriciels péri ligamentaires
 - Le signal peut être conservé ou bien le LCP peut être le siège de zones en hypersignal modéré



[15] Lésion partielle du LCP. Coupe coronale en DP, montrant un simple œdème de l'insertion proximale du LCP sans perte de continuité des fibres.



Coupe sagittale T2 montrant une solution de continuité à la partie moyenne du LCP (flèche).



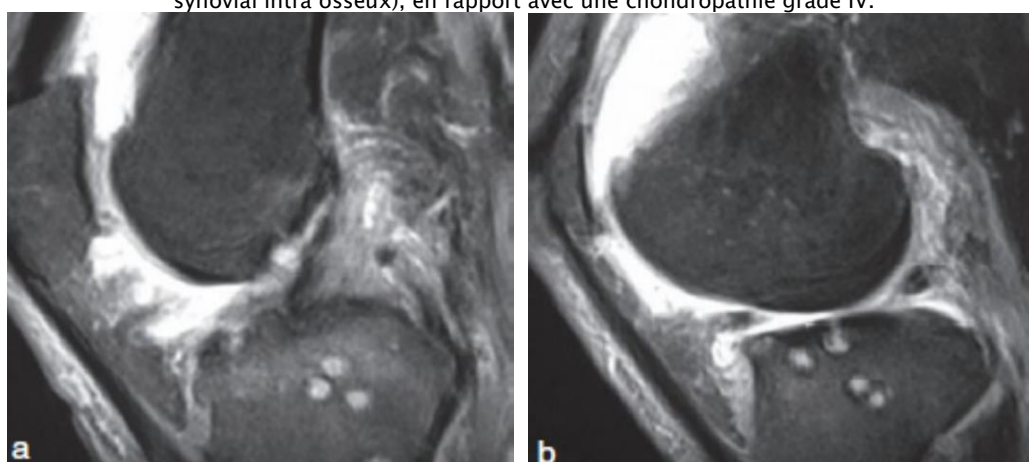
Rupture totale du LCP, qui est d'aspect relâché et ondulé (flèche rouge), avec fracture légèrement déplacée de l'insertion tibiale de ce dernier (flèche jaune).



Fracture du plateau tibial postérieur (flèche blanche), légèrement déplacée (flèche noire), avec un LCP arraché et attaché au fragment fracturaire déplacé (flèche rouge).



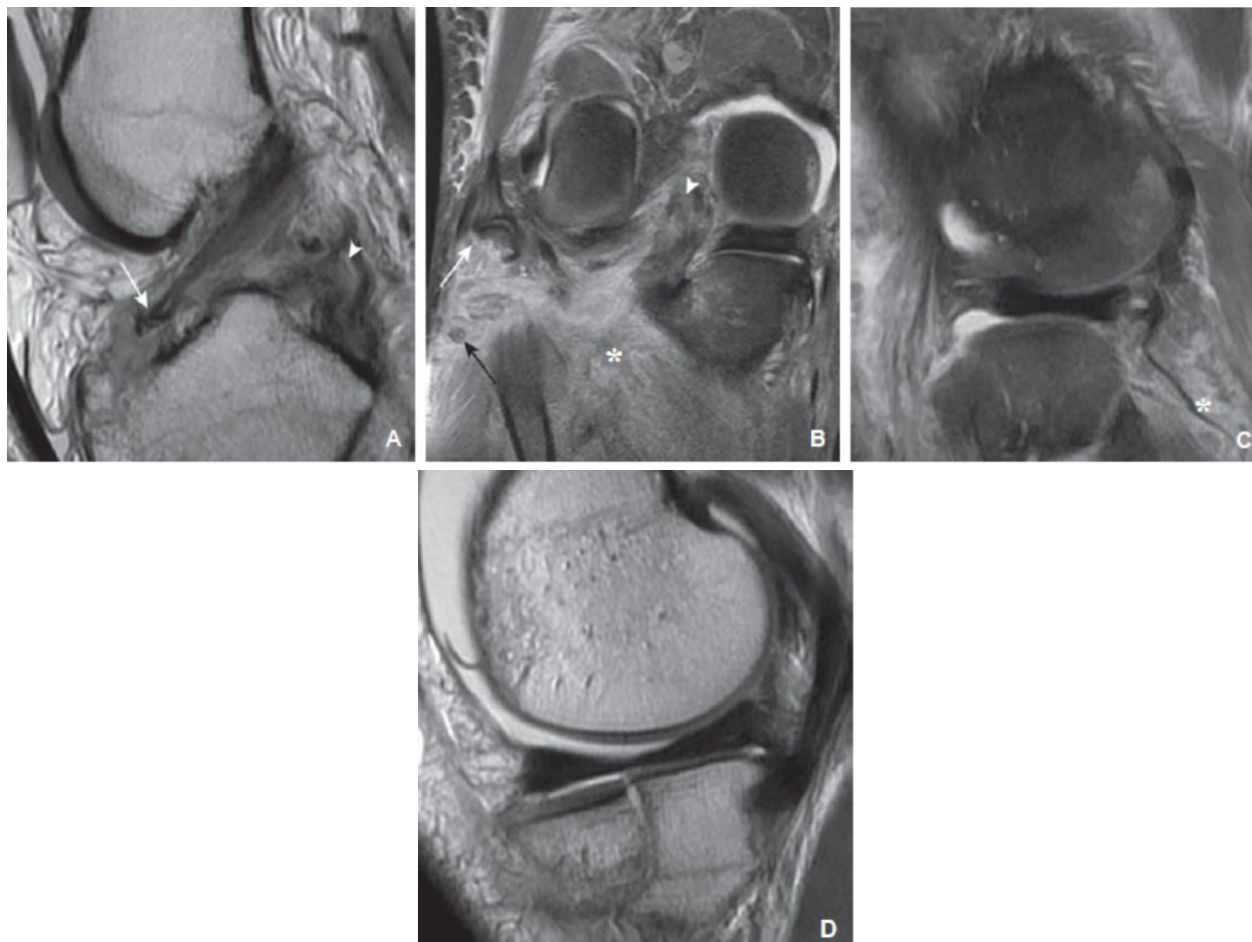
Rupture partielle du LCP, avec tiroir postérieur. Il s'y associe une désinsertion ménisco-tibiale, responsable d'un ménisque flottant. A noter des remaniements dégénératifs (becs ostéophytiques, abrasion cartilagineuse avec mise à nu de l'os, kyste synovial intra osseux), en rapport avec une chondropathie grade IV.



Rupture chronique du LCP. (a) Coupe sagittale DP FS médiane montrant une absence de LCP dans l'échancrure avec seulement un moignon distal. (b) Coupe sagittale DP FATSAT latérale montrant un tiroir postérieur et des signes d'arthrose avec lacunes sous chondrales du plateau tibial latéral.

c. Les lésions bi-croisées

Il s'agit d'une atteinte des deux ligaments croisés. Ces lésions sont rares, et surviennent lors de traumatismes violents. Il faut toujours guetter une atteinte vasculaire de l'artère poplitée, qui domine le pronostic.



[24] Lésion bicroisée (A à D). Patient de 21 ans. Avulsion osseuse du pied du LCA (A, flèche), épaissement œdémateux et distension du LCP (A, B, têtes de flèches). Lésions associées majeures du PAPL : capsulaire, jonction myotendineuse du poplité (astérisques), avulsion de la styloïde fibulaire (B, flèche blanche) qui reçoit l'insertion du LCL et du biceps fémoral. Épaississement et distension du nerf sciatique poplité externe (B, flèche noire). Fracture associée du plateau tibial interne. Le patient a bénéficié d'une ligamentoplastie du LCA, du LCP, d'un vissage du plateau tibial interne, et d'une réinsertion des tendons biceps fémoral et poplité, ainsi que du LCL.

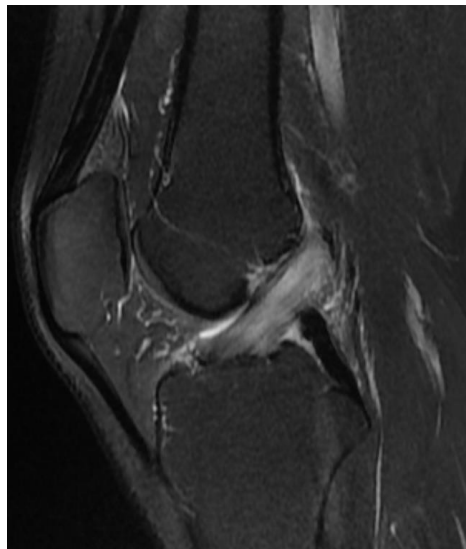
d. Diagnostics différentiels

Les signes de dégénérescence mucineuse se traduisent par un ligament épaissi de signal intermédiaire ou élevé en T1 et DP, et relativement faible en T2.

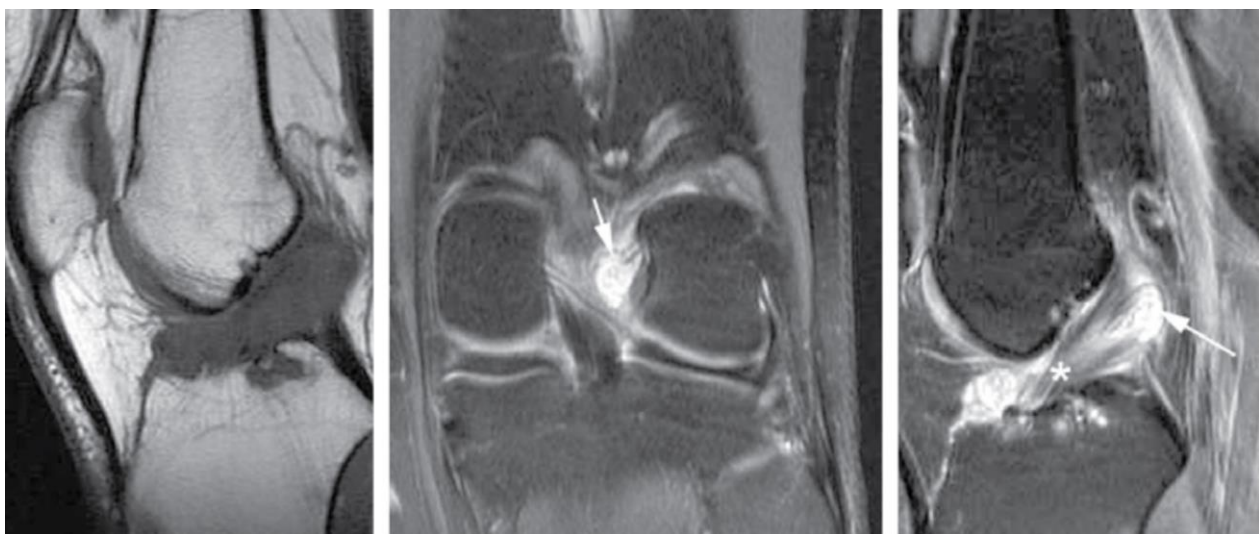
Les kystes méniscaux présentent un signal variable en T1 et hypersignal liquidien franc en T2. Ils peuvent parfois dissocier les faisceaux du LCA.

Une autre entité rare : le kyste de la tente des croisés. De cause inconnue, ces kystes sont remplis de liquide mucineux. Souvent asymptomatiques, ils peuvent s'accompagner de douleurs chroniques et d'une diminution de l'amplitude articulaire, mais sans instabilité associée. A l'IRM, le LCA devient difficile à visualiser entre des formations kystiques de pourtours multiloculés ou

fusiformes, s'étendant le long des LCA et LCP. La résection arthroscopique de ces kystes ou leur aspiration percutanée sous échographie peut lever la symptomatologie, mais leur résolution spontanée est également décrite.



Dégénérescence du LCA.



[15] Kyste de la tente des croisés. Coupe sagittale en séquence T1 (a), et en séquence RHO FAT SAT en coupes frontale (b), et sagittale (c). Formation kystique (flèche) venant au contact des ligaments croisés. Le LCA apparaît en hypersignal (*) et est mal limité en raison de sa contiguïté avec le kyste.

8. Lésions des structures collatérales

Le diagnostic est clinique, complété éventuellement par une échographie et ne nécessite pas la réalisation d'autres explorations complémentaires, d'autant que ces entorses, à l'exception des sportifs de haut niveau, ne font pas l'objet d'une chirurgie spécifique. A contrario, il peut exister une indication de réparation chirurgicale des ligaments collatéraux si les ruptures ligamentaires s'avèrent multiples.

La sémilogie IRM de ces lésions ligamentaires doit donc être connue car elles accompagnent souvent des lésions du pivot central, des ménisques ou des lésions traumatiques ostéocondrales.

Leur exploration pourrait être uniquement échographique, mais est généralement faite par IRM dans le cadre d'un bilan global du genou, les plans d'exploration de choix étant les plans axial et frontal.

a. Lésion du LCM

Les lésions ligamentaires du LCM sont les plus fréquentes du genou. L'échographie permet de visualiser la lésion ligamentaire, mais ne permet pas de faire un bilan exhaustif. Elle se fait de façon comparative avec le côté controlatéral et se manifeste par une perte de l'échostructure fibrillaire normale, un aspect épaissi et hypoéchogène du ou des faisceaux lésés, avec présence d'une collection liquidienne péri ligamentaire [22]. Il semble cependant difficile de préciser le caractère partiel ou complet d'une rupture.

L'IRM confirmera donc le diagnostic (entorse, rupture ou désinsertion), et permettra de rechercher des lésions associées méniscales ou ligamentaires, notamment du pivot central.

Les lésions se manifestent par un épaississement, un dédoublement et une perte de la netteté des contours du LCM (entorse). Il s'y associe également une modification du signal de la graisse environnante qui devient hypointense en T1 et hyperintense en T2 et FATSAT. Dans les cas les plus sévères, le LCM pourrait être discontinu (rupture) ou désinséré (le plus souvent distale, parfois proximale, accompagné ou pas d'une avulsion). Les lésions de l'attache proximale sont les plus fréquentes.

On pourra les classer en :

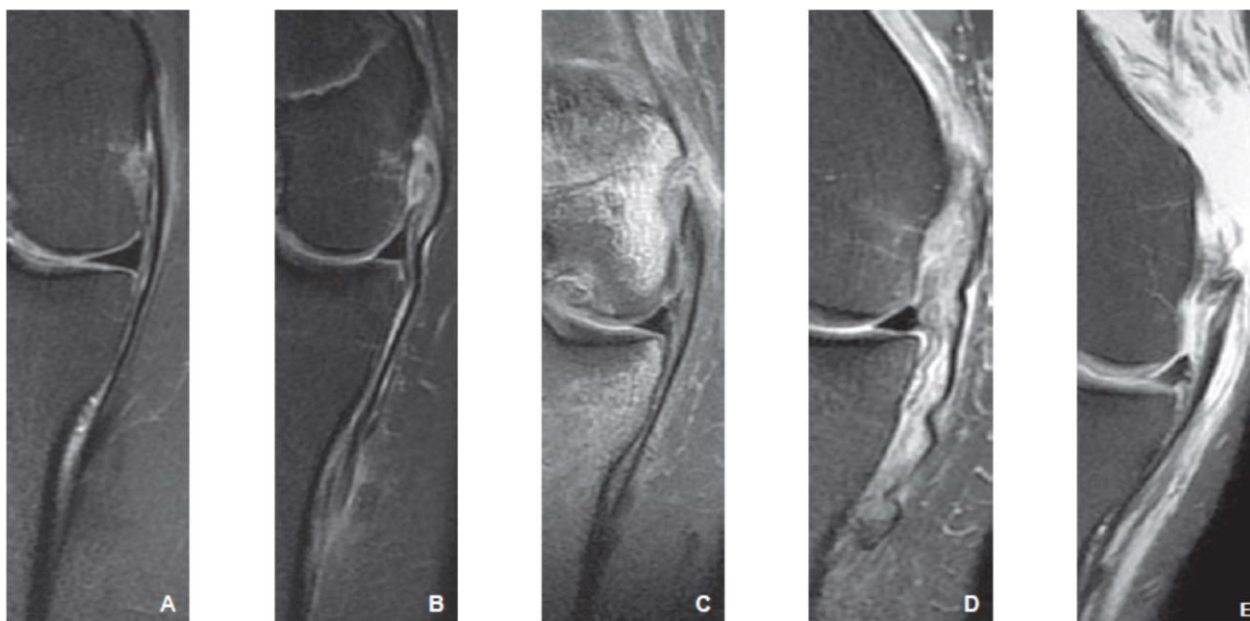
- Grade 1 : Stade d'élongation ou d'entorse simple :
 - Echographie : atteinte respectant les fibres du faisceau superficiel. On peut voir une atteinte isolée du faisceau profond ou une infiltration œdémateuse des parties molles.
 - IRM : œdème péri ligamentaire en hypersignal T2, avec épaississement du plan capsulo-ligamentaire.
- Grade 2 : rupture partielle du LCM, avec un épaississement, un aspect hypoéchogène et hyperhémie à ce niveau en échographie, et des anomalies de signal intra et péri ligamentaires, dissociant les plans superficiel et profond, effaçant la graisse sous-jacente.
- Grade 3 : rupture complète (rare). Le LCM apparaît localement interrompu, ondulé par rétraction ou encore complètement méconnaissable dans l'œdème des parties molles internes.

Les lésions chroniques sont marquées par un épaississement, une irrégularité, un trajet sinueux du ligament qui peut aussi présenter un aspect normal. Le syndrome de Pellegrini-Stieda est une cicatrice calcique intra ligamentaire sous épicondylienne.

Les lésions associées sont toujours à rechercher, et intéressent surtout le LCA, le ménisque médial (désinsertion capsulo-méniscale), plus rarement le LCP, avec des contusions osseuses possibles. Une fracture de Segond inversé peut également être retrouvée.

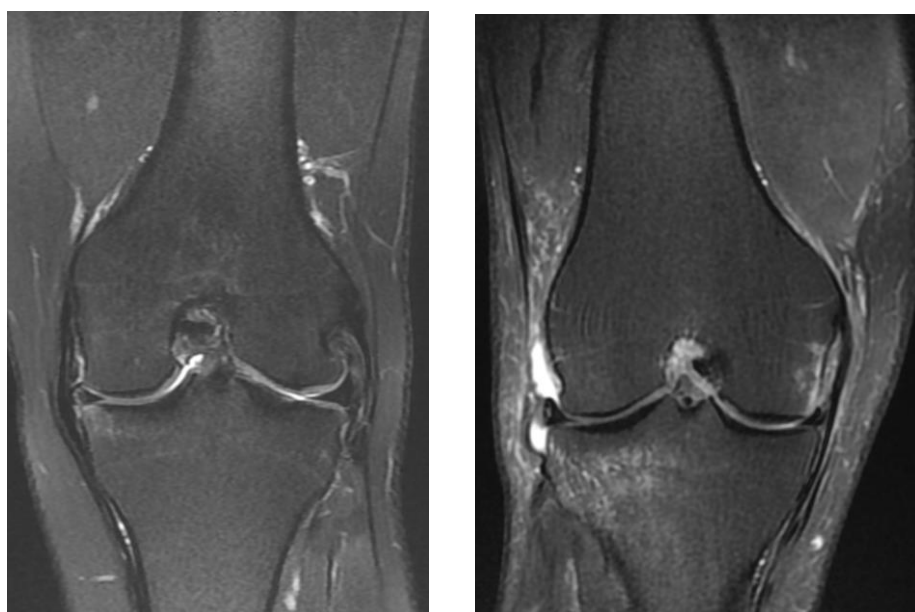
Pour les lésions tendineuses du semi-membraneux et gastrocnémien médial dans le cadre d'une atteinte du PAMP, il s'agit le plus souvent d'étirement habituellement myotendineux ou myoaponévrotique. En distalité, l'avulsion est plus fréquente que la rupture tendineuse, l'insertion étant plus fragile que le tendon lui-même. Il faudra alors rechercher une atteinte associée du LCA et de la CPMI.

En cas de douleurs chroniques, si la lésion n'est pas strictement sur le trajet du ligament, les principaux diagnostics différentiels sont une tendinobursite de la patte-d'oie, ou une bursite du LCM (située entre ses deux couches, souvent confondues avec les désinsertions ménisco-ligamentaires).

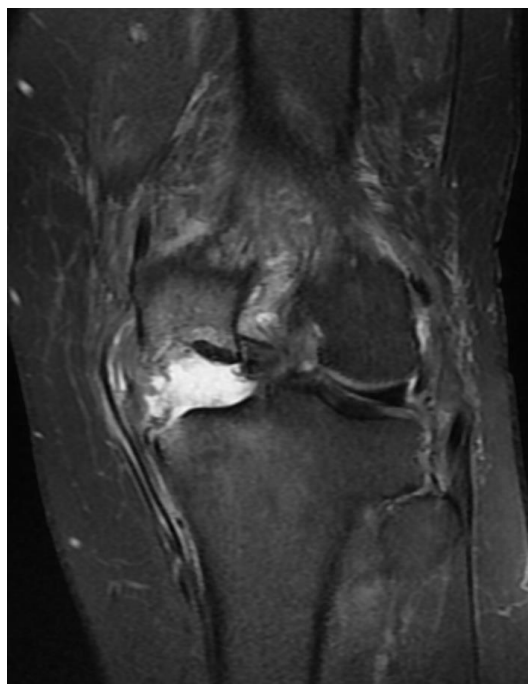


[24] Sémiologie des lésions du LCM.

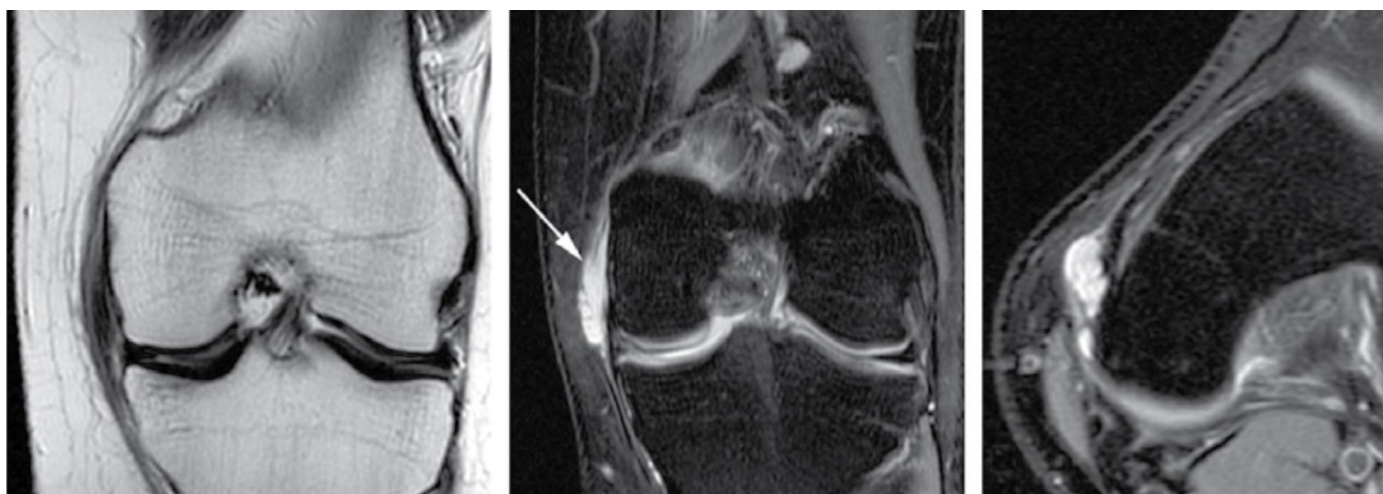
- A. Faisceau profond : avulsion osseuse à l'insertion du ligament ménisco-fémoral, élongation du faisceau superficiel
- B. Faisceau profond : désinsertion proximale du ligament ménisco-fémoral, désinsertion distale associée du faisceau superficiel
- C. Faisceau profond : interruption, faisceau superficiel : avulsion osseuse proximale.
- D. Dilacération proximale et distale, faisceau profond et superficiel
- E. Désinsertion proximale des faisceaux profond et superficiel



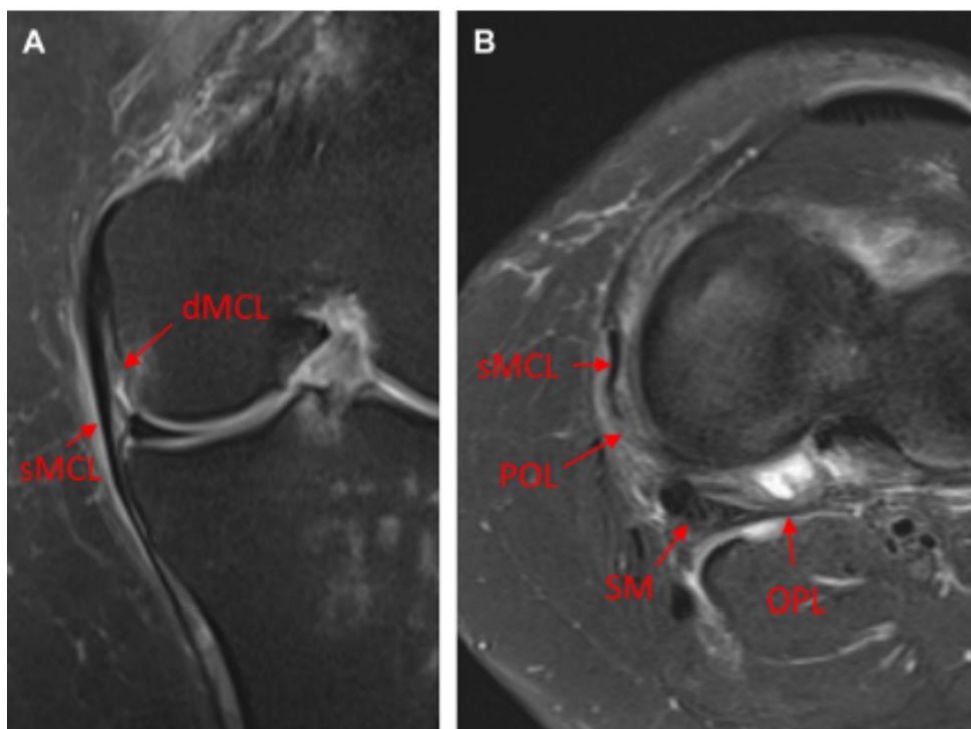
Hypersignal péri ligamentaire du LCM, en rapport avec une entorse grade 1.



Hypersignal intra et péri ligamentaire du LCM, dissociant les plans superficiel et profond, en rapport avec une entorse grade 2.



[5] Rupture du LCM. IRM en coupe coronale et axiale pondérée en T1 (a) et en DP Fat Sat (b et c). Rupture aiguë de l'insertion proximale (flèche) des fibres du LCM (grade 3).



[21] Lésion du PAM chez un patient de 38 ans secondaire à un accident de sport. A. Coupe coronale en T2 FAT SAT objectivant une entorse du faisceau profond du LCM (dMCL) et une intégrité de son faisceau superficiel (sMCL). B. Coupe axiale en T2 montrant une déchirure partielle du ligament oblique postérieur (POL), une entorse du ligament poplité oblique (OPL) et un discret hypersignal du tendon du semi-membraneux (SM). Une déchirure du LCA n'est pas représentée sur ces images.

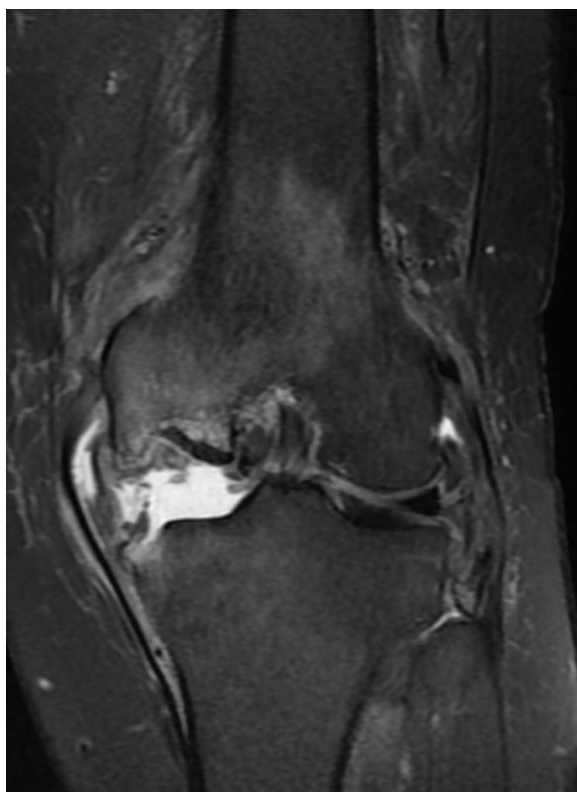
b. Lésions du LCL

Les lésions ligamentaires du LCL sont plus rares et nécessite un traumatisme plus violent. La sémiologie en imagerie des entorses et ruptures est identique à celle du LCM. Les ruptures prédominent en plein corps, et sur l'insertion distale. La petite taille de ce ligament rend le diagnostic de rupture partielle pratiquement impossible [15].

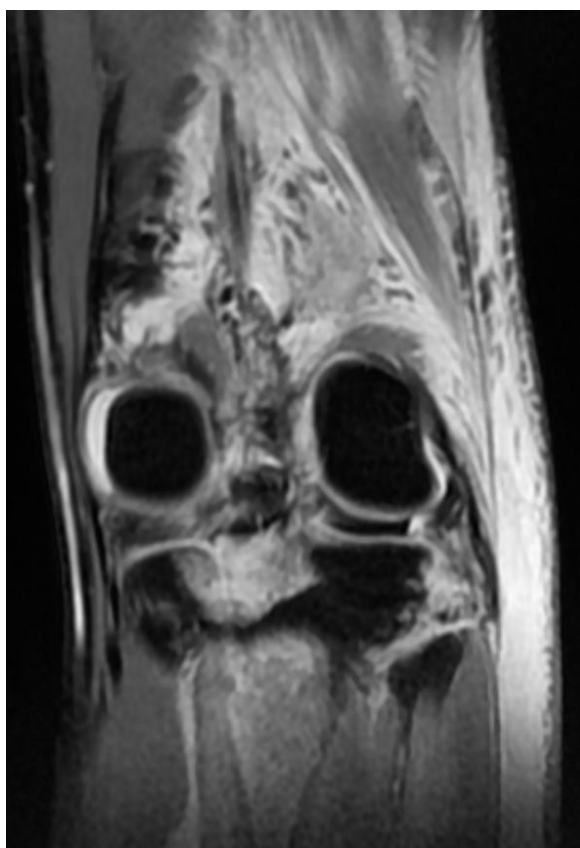
Les 3 principales structures stabilisatrices les plus endommagées si atteinte du PAPL sont le LCL, suivi du ligament poplitéo-fibulaire, et enfin le tendon poplité. Ce dernier se rompt le plus souvent au niveau de la jonction tendino-musculaire, ou plus rarement au niveau de son insertion fémorale (avulsion dans la fossette poplitée). Les entorses des jonctions myotendineuses incluent l'élongation (infiltration œdémateuse simple), la rupture partielle (poche de décollement liquidienne), et la rupture complète avec rétraction du tendon.

Le tractus ilio-tibial est souvent lésé à peu de distance de son insertion tibiale. Dans ce cas, l'œdème osseux à ce niveau constitue un signe d'appel important.

Les lésions les plus souvent associées sont les atteintes du pivot central, les contusions osseuses et les fractures sous chondrales du compartiment médial. Les lésions méniscales sont rares.



Hypersignal intra et péri ligamentaire du LCL, en rapport avec une entorse grade 2



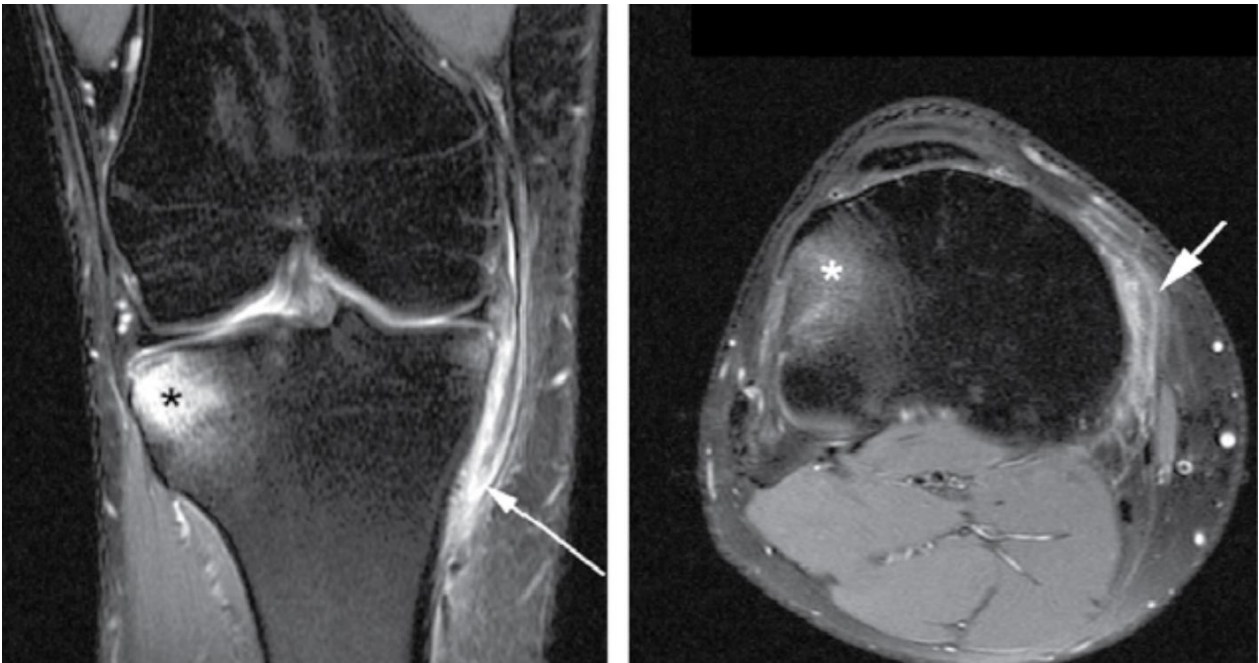
Aspect ondulé du LCL, avec interruption de la continuité de fibres au niveau de son insertion distale.



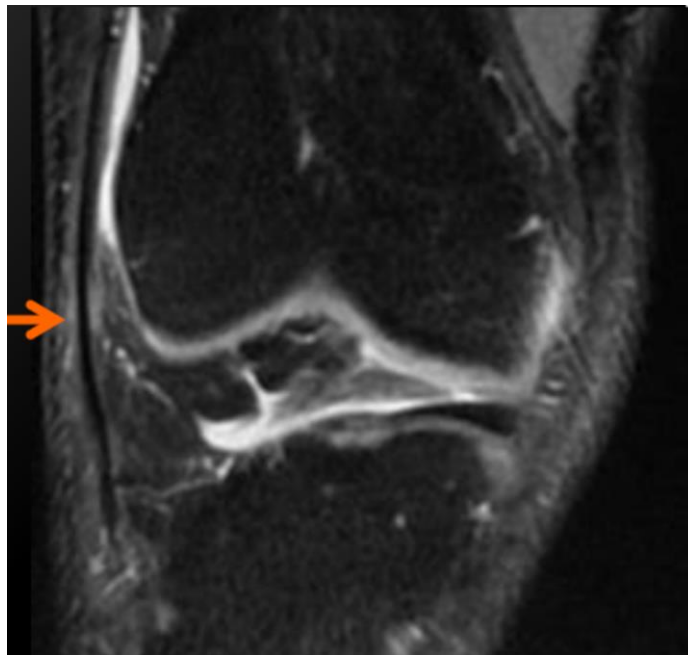
Rupture du LCL.



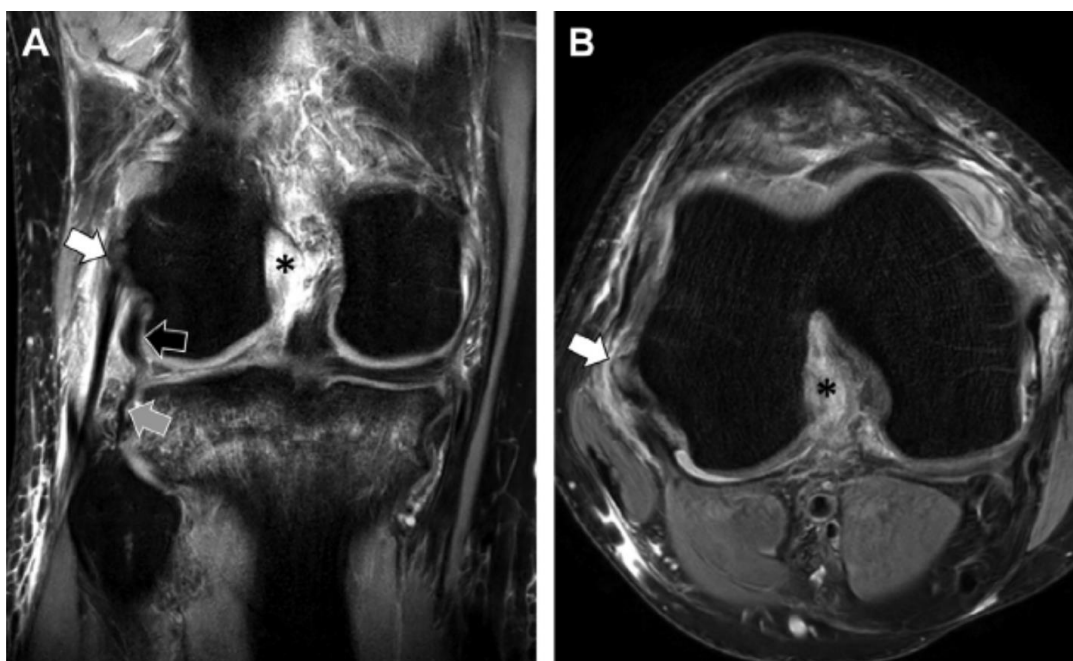
[26] Hypersignal T2 diffus du LCL, qui est irrégulier et interrompu : lésion grade 3



[15] Rupture du LCL. IRM : coupes frontale (a) et axiale (b) en RHO FAT SAT, montrant une rupture localisée (flèche) à la partie distale du LCL qui apparaît en hypersignal au niveau de son insertion distale sur les 2 plans de coupe. A noter un œdème intra osseux important au niveau du plateau tibial médial (*)



[26] Hypersignal T2 autour du tractus iliotibial en rapport avec une lésion grade I (entorse simple)



[19] Patient de 17 ans, avec atteinte du PAPL après un accident de sport. A. Coupe coronale en T2 FAT SAT, B. Coupe axiale en DP FATSAT, montrant un épaississement partiel du LCL au niveau de son insertion fémorale (flèche blanche), un épaississement du ligament poplitéo-fibulaire (flèche grise), un épaississement du tendon poplité (flèche noire) et une rupture du LCA (*)



[15] Lésion du PAPL. IRM : coupes sagittale (a), frontale (b) et axiale (c) en séquence Rho Fat Sat. On retrouve une lésion complexe associant une rupture du LCL, une atteinte du tendon poplité, du ligament arqué ainsi qu'une rupture des LCA et LCP.

9. Lésions nerveuses

Le nerf le plus atteint dans les traumatismes aigus du genou est le nerf fibulaire commun, plus fréquemment que le nerf tibial, du fait de son rapport anatomique autour de la tête fibulaire. Les lésions du nerf fibulaire accompagnent jusqu'à 25% des lésions multi ligamentaires du genou, alors que l'atteinte du nerf tibial serait inférieure à 10%. Les lésions associées les plus fréquentes seraient les fissures méniscales et les déchirures des ligaments croisés.

La classification de Seddon classe les lésions nerveuses en [19] :

- Neurapraxie : lésion nerveuse sans perturbation axonale, qui est généralement transitoire. En IRM, on retrouve un hypersignal focal en T2 mais sans aucun effet de dénervation musculaire.

- Axonotmésis : lésion nerveuse avec perturbation axonale, mais gaine de myéline préservée. En IRM, on retrouvera une hypertrophie nerveuse avec hypersignal T2, associé à un œdème et une dénervation musculaire. Il s'en suivra une normalisation et disparition des lésions si régénération nerveuse s'ensuit.
- Neurotémèse : discontinuité nerveuse avec rupture de la gaine de myéline et du tissu conjonctif environnant. On retrouvera également un œdème et une dénervation musculaire, suivis par une atrophie progressive avec infiltration graisseuse.

10. Syndrome douloureux régional complexe de type 1 [68]

Cette dénomination remplace désormais celle de l'algodystrophie. Sa définition est clinique, et correspond à un tableau douloureux, qui a pour caractéristiques principales :

- Une douleur régionale, continue, spontanée, ou provoquée, qui paraît disproportionnée en intensité ou en durée par rapport à l'évolution attendue de l'évènement déclenchant.
- Cette douleur régionale ne correspond pas à un territoire nerveux périphérique (tronculaire ou radiculaire) car il n'existe pas de lésion nerveuse périphérique (contrairement au type 2 où une lésion nerveuse sous-jacente est identifiée).
- Cette douleur peut être associée à des signes cliniques moteurs, sensitifs, vasomoteurs, trophiques, qui peuvent être inconstants et variables dans le temps.

L'algodystrophie du genou est plus rare par rapport à d'autres localisations (hanche ou cheville). Il peut se rencontrer à tout âge chez l'adulte, et peut être retrouvé chez l'enfant et l'adolescent, mais de façon exceptionnelle.

On décrit classiquement 3 stades au SDRC 1 :

- Un stade initial inflammatoire « chaud » (stade I) ; qui dure 1 à 7 semaines. Il est caractérisé par des douleurs à type de brûlures diffuses locorégionales, non limitées à un segment de membre ou à une articulation ; il s'y associe des perturbations sensitivomotrices, sympathiques vasodilatatrices et trophiques telles qu'un œdème, une hypersensibilité, une hyperthermie, un érythème et une stimulation de la pousse capillaire
- Un stade dystrophique (stade II) qui dure de 3 à 24 mois. Les douleurs régressent et deviennent mécaniques, l'œdème régresse également. Une hyposensibilité cutanée aux modifications thermiques ou mécaniques peut être présente. Enfin, une vasoconstriction s'installe à l'origine d'une hypothermie régionale. Cette phase est marquée par la raideur articulaire et l'atrophie musculaire (quadriceps fémoral) ;
- Un stade final ou atrophique « froid » (stade III), caractérisé par des douleurs mécaniques persistantes et des modifications cutanées cyanotiques et sclérodermiques-like . Des rétractions aponévrotiques ou tendineuses peuvent survenir, notamment une atrophie quadricipitale marquée et une perte de la flexion du genou. Ces modifications sont irréversibles

Les étiologies sont multiples :

- Traumatisme tendineux, articulaire, ou osseux: A l'origine de plus de la moitié des SDRC. Il n'y a pas de relation entre le déclenchement d'un SDRC et la sévérité du traumatisme. Le délai entre traumatisme et SDRC 1 est variable (quelques jours à quelques semaines). La chirurgie et l'immobilisation prolongée sont des causes favorisantes. Une rééducation trop intensive et douloureuse peut aggraver ou déclencher un SDRC, ou à l'inverse, une immobilisation prolongée inappropriée.
- Neurologique : AVC, SEP, traumatisme crânioencéphalique, lésion médullaire
- Cancérologie : envahissement néoplasique locorégionale, forme paranéoplasique rare
- Vasculaire : TVP
- Endocrinologique : diabète, dysthyroïdie
- Plus rarement une lésion viscérale : IDM, péricardite...

On citera également certains terrains favorisants, notamment le diabète, la grossesse, la prise de phénobarbital, trithérapie, ou ciclosporine. En revanche, il n'est pas reconnu de facteur psychologique prédisposant (anxiété, dépression). Cependant, environ 1/3 des SDRC1 n'a pas de circonstances étiologiques reconnues.

En radiographie standard (comparative avec le membre controlatéral), on retrouvera :

- Une hypertransparence osseuse intense, hétérogène, mouchetée, micro ou macropolygédrique, régionale (ou focale en cas d'atteinte débutante), prédominant volontiers dans l'os sous chondral épiphysaire. Cette raréfaction est parfois mieux démontrée sur l'incidence en schuss. Il existe cependant un retard radioclinique (3-8 semaines)
- La métaphyse hypervascularisée algodystrophique des enfants, adolescents ou adultes jeunes est volontiers le siège de bandes claires
- La présence d'une bande inhomogène de condensation épiphysaire ou métaphysaire évoque une fracture trabéculaire en voie de consolidation, cause ou complication de l'algodystrophie.
- Signes négatifs :
 - o L'interligne articulaire qui traduit l'épaisseur du cartilage est conservée
 - o Absence de modification des surfaces articulaires
 - o Pas de lésion ostéocondensante

Le scanner visualise en fenêtre osseuse et parties molles, la déminéralisation marquée et les anomalies de structures adjacentes (tendons, ligaments, et parties molles adjacentes), selon les phases : épaissement, rétraction, atrophie.

L'IRM objective :

- Un œdème osseux hypoT1 et hyperT2, se rehaussement après injection. Il est plus ou moins étendu dans l'épiphyse (et la métaphyse). Il prédomine aux condyles fémoraux, mais le tibia et patella peuvent aussi être affectés. Il n'est pas différent de celui observé dans les fractures de l'os sous chondral, qui peuvent parfois être associées (cause ou conséquence de la raréfaction osseuse). Le seul élément évocateur est le caractère migratoire de cet œdème sur 2 contrôles successifs (migration au sein de l'épiphyse, aux autres versants de l'articulation)

ou à une autre articulation). Cet œdème apparaît avant la raréfaction osseuse radiographique, et disparaît avant elle.

- L'IRM peut aussi être normale, malgré la présence de signe clinique et radiographique. Les résultats de l'IRM sont fonction des stades de l'algodystrophie. Au stade d'algodystrophie froide, il n'y a pas ou il n'y a plus d'œdème. Dans des formes chroniques séquellaires avec déminéralisation intense, l'IRM met parfois en évidence de petites plages épiphysaires en discret hypersignal T1 et T2, traduisant l'atténuation du signal normalement généré par la présence du réseau trabéculaire.
- Un épanchement intra articulaire réactionnel, fréquent en cas d'œdème médullaire
- Une réaction inflammatoire dans les tissus mous adjacents parfois.

La scintigraphie révèle une hyperfixation régionale diffuse non spécifique. Au stade tardif, la scintigraphie se normalise.

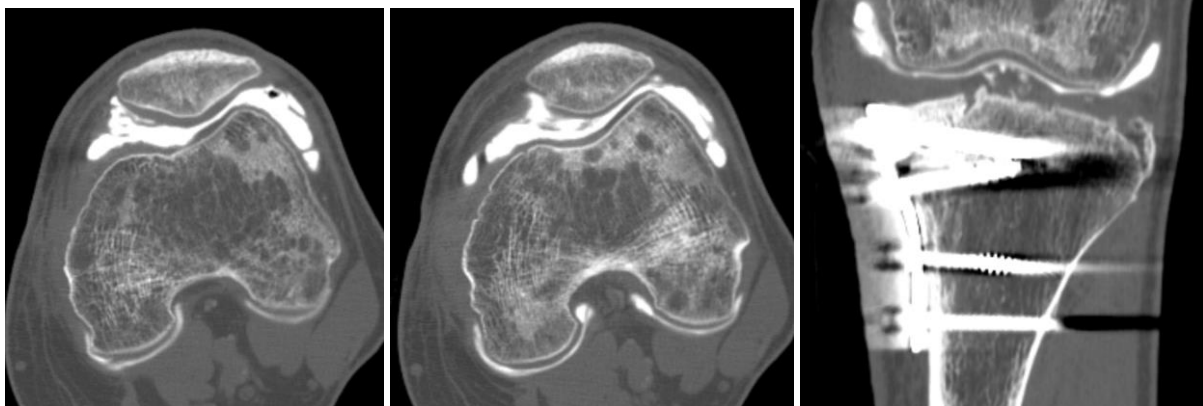
L'évolution est spontanément favorable dans 90% des cas, mais peut être prolongée (12-24 mois). Plus rarement, l'évolution est plus lente, avec persistance des douleurs pendant plusieurs années, associées à des troubles trophiques et des rétractions aponévrotiques.



[68] Radiographie du genou de profil, montrant une ostéoporose diffuse incluant la fabella, en rapport avec une algodystrophie.



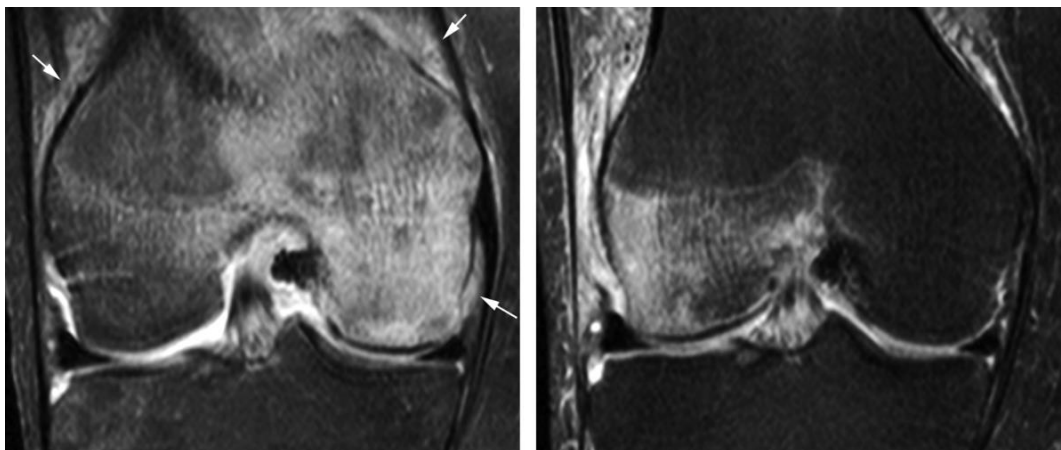
[36] Syndrome douloureux régional complexe de type 1. Raréfaction osseuse modérée, à prédominance sous-chondrale (flèches) (a, b), chez un autre patient, rarefaction osseuse marquée, mouchetée (c), chez un autre patient, une rarefaction osseuse intense prédominant au condyle fémoral latéral (d).



Patiente de 40 ans, avec ATCD de fracture du tibia opérée. Présente actuellement des douleurs du genou. Individualisation de multiples lésions lacunaires de l'os spongieux, au niveau des condyles fémoraux et de la patella, faisant évoquer en premier une algodystrophie.



[68] IRM du genou, en coupe coronale en T2 FATSAT, montrant un œdème des condyles, plateaux tibiaux et des parties molles, en rapport avec une algodystrophie.



[36] IRM du genou, coupes frontales pondérées en DP FATSAT. Migration de l'œdème de l'épiphyse et de la métaphyse fémorales distales médiales à l'épiphyse fémorale latérale 4 mois après. Noter l'œdème associé à des tissus mous adjacents (flèches).



[36] IRM du genou, avec coupes sagittale (a) et axiale (b) pondérées en T1 après injection de gadolinium. Syndrome douloureux régional complexe de type 1 avec œdème osseux affectant essentiellement la patella.

II. PATHOLOGIE DEGENERATIVE

Le genou dégénératif fait partie du quotidien des indications d'examens d'imagerie. Les lésions varient en fonction de l'âge du patient, et intéressent principalement le cartilage, les ménisques et l'os sous chondral. La gonarthrose représente la pathologie la plus fréquente chez l'adulte.

1. Gonarthrose

a. Définition

Arthropathie chronique du genou, douloureuse, déformante, secondaire à une usure et destruction du cartilage articulaire, et à des modifications de l'os sous chondral. Elle évolue sur un fond mécanique, plus ou moins émaillée d'épisodes inflammatoires.

L'arthrose fémoropatellaire est plus fréquente et plus précoce que l'arthrose fémorotibiale, et le compartiment articulaire fémorotibial médial est plus fréquemment touché et souvent plus sévère que le compartiment latéral.

Les principaux rôles de l'imagerie sont le diagnostic positif, l'évaluation du stade de l'arthrose, et la recherche de facteurs favorisants.

Il faut s'avoir que le primum movens de l'arthrose du genou est la dégradation du cartilage ou chondrolyse. Cependant, le processus arthrosique touche les 3 constituants principaux d'une articulation, à savoir le cartilage, l'os sous chondral et la synoviale, mais aussi les ménisques.

b. Radiographie

Elle doit être réalisée préférentiellement en charge, de façon bilatérale et comparative. Les incidences à réaliser sont :

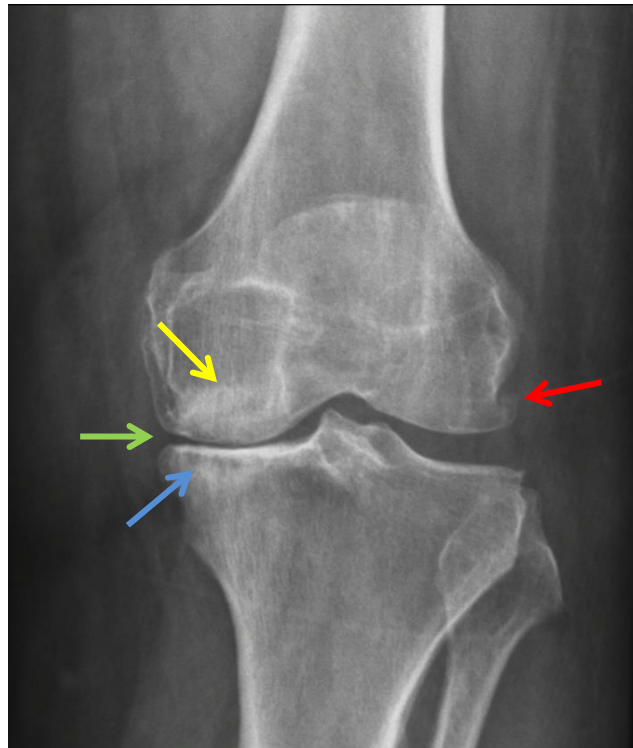
- Incidence de face (si possible appui monopodal)
- Profil en extension ou en légère flexion
- Incidence de Schuss comparative (pour déceler un pincement débutant au niveau de la partie postérieure de l'interligne fémorotibiale)
- Défilé fémoropatellaire à 30°.
- Gonométrie : nécessaire dans la discussion d'un traitement chirurgical [28]. Elle permet de quantifier la déviation angulaire du genou dans le plan frontal.
- On réalise parfois une radiographie du bassin, en cas de signe d'appel, pour rechercher une coxarthrose, pouvant être responsable de gonalgies projetées.

Les principaux signes en faveur d'arthrose en radiographie standard sont (Critères de Kellgren et Lawrence) :

- Le pincement de l'interligne articulaire :
 - Pour les arthroses fémorotibiales débutantes, elles doivent obligatoirement être recherchées soigneusement sur des clichés comparatifs en position debout, et non pas avec l'interligne controlatérale, sachant que l'interligne interne est normalement plus mince que l'externe. La hauteur de l'interligne médial est normalement de 4.5 mm chez la femme et 4.9 mm chez l'homme, contre 4.8 mm et 5.8 mm pour l'interligne latéral. Un pincement de l'interligne fémorotibiale de 1 mm par rapport au côté controlatéral est significatif.
 - Il faut également savoir qu'en décubitus, il y a une tendance, parfois légère, à la latéralisation rotulienne, pouvant écarter les surfaces osseuses médiales. Cependant, en charge, la patella est obligatoirement plaquée vers l'arrière, forçant le contact réel des surfaces articulaires, et pouvant ainsi dépister un éventuel pincement.
 - Un pincement très marqué avec déformation et engrenement des surfaces articulaires et ostéosclérose très dense peut se voir dans certaines arthroses destructrices, mais doit faire évoquer avant tout une arthropathie chondrocalcinose.
- L'ostéocondensation sous chondrale : Pour l'arthrose fémorotibiale, elle prédomine sur le versant tibial, qui peut s'associer à un creusement en cupule du plateau tibial en raison de l'usure de la plaque sous chondrale.
- L'ostéophytose de taille et de siège variable :
 - Pour l'arthrose fémoropatellaire, on les retrouve le plus souvent sur le versant patellaire.
 - Pour l'arthrose fémorotibiale, ils se développent sur le pourtour des plateaux tibiaux, les rebords des condyles et les épines tibiales.
- Les géodes sous chondrales, qui sont en fait peu fréquentes.
- Ostéochondromatose secondaire : liée à la libération intra articulaire de fragments ostéocartilagineux.
- Ces signes ne sont pas forcément tous présents.

Classification de Kellgren et Lawrence de l'arthrose fémorotibiale :

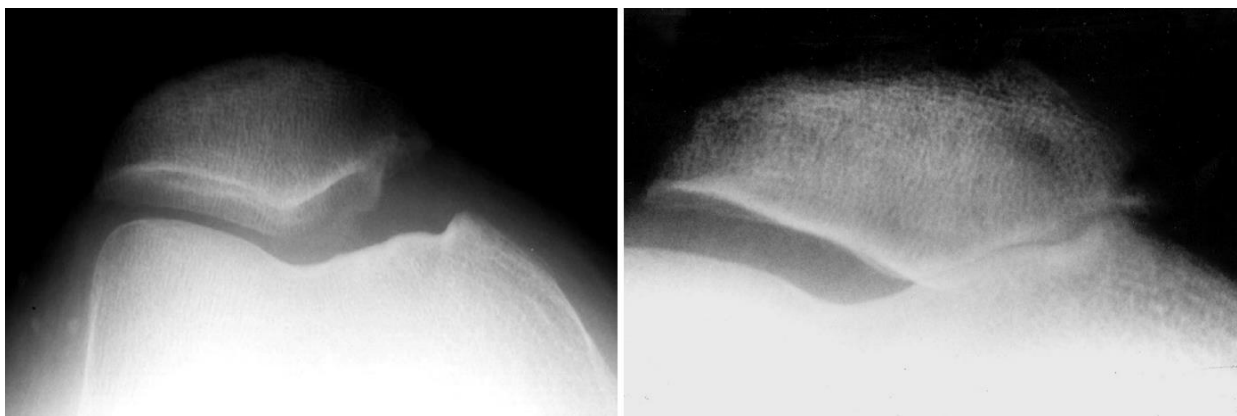
- 0 : absence de modifications radiologiques liées à l'arthrose
- 1 : Aucun pincement de l'interligne articulaire, mais ostéophyte de signification douteuse
- 2 : Net pincement de l'interligne articulaire et ostéophytes nets
- 3 : Nombreux ostéophytes modérés, net pincement de l'interligne articulaire, sclérose et déformation osseuse possible
- 4 : Ostéophytes volumineux, pincement marqué de l'interligne articulaire, sclérose grave, et déformation osseuse évidente



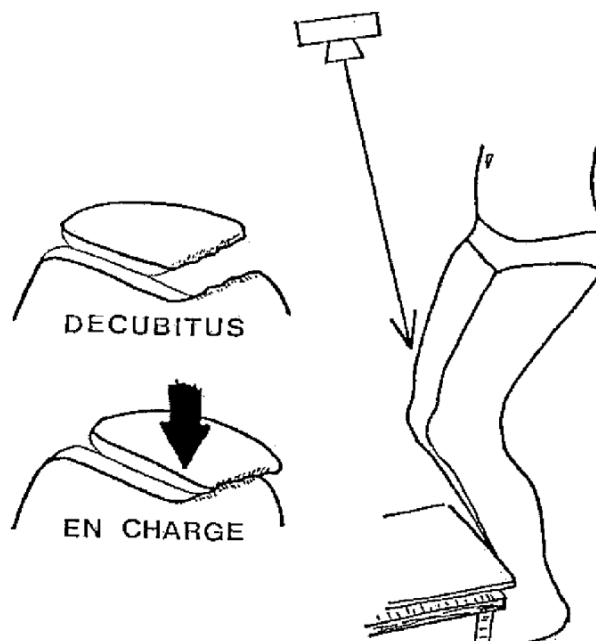
Radiographie du genou en incidence de face, avec pincement de l'interligne articulaire (flèche verte), géodes sous chondrales (flèche bleue), ostéocondensation sous chondrale (flèche jaune), ostéophyte marginal (flèche rouge).



[28] Gonarthrose fémoro-tibiale latérale : le pincement est plus marqué sur l'incidence en schuss. Noter l'ostéophyte de l'épine tibiale externe (flèche)



[28] Faux interligne fémoropatellaire médial. A. Large interligne fémoropatellaire médial sur un cliché réalisé en décubitus, et en décontraction. Noter l'aspect densifié et crénelé des surfaces osseuses correspondantes pouvant faire suspecter une abrasion cartilagineuse « dépassée ». B. Mise en évidence du pincement complet de cet interligne sur un cliché réalisé en charge.



[28] Explication de la figure précédente : en décubitus, une tendance même légère à la latéralisation rotulienne peut écarter les surfaces osseuses médiales, tandis qu'en revanche, la patella est obligatoirement plaquée vers l'arrière en charge, forçant le contact réel des surfaces articulaires. Ce cliché en charge peut être obtenu en position debout.

c. Echographie

Elle est rarement réalisée dans le contexte de gonarthrose, mais peut être considérée comme complément de la radiographie standard, pour :

- Etudier une partie du cartilage fémoral
- La morphologie de la trochlée fémorale
- Rechercher une subluxation méniscale
- Rechercher un épanchement ou des corps étrangers intra articulaires
- Rechercher des signes de synovite
- Rechercher une bursite de la patte d'oie associée ou un kyste de Baker

d. TDM / Arthroscanner

Sémiologie similaire à celle de la radiographie standard sur le scanner.

L'arthroscanner est l'examen d'imagerie le plus sensible et le plus spécifique pour visualiser les ulcérations cartilagineuses et mesurer l'étendue des lésions, et est capable de montrer précocement des lésions focales du cartilage (amincissement, ulcération) avant leur traduction radiologique, sous forme de défauts cartilagineux, remplis de PDCI.

La sémiologie arthrographique de la chondropathie est globalement superposable à celle utilisée en IRM, à savoir une analyse de la profondeur de l'ulcération cartilagineuse et de son étendue. Cependant, le grade 1 en IRM (anomalie du signal cartilagineux) correspond à un arthroscanner normal.

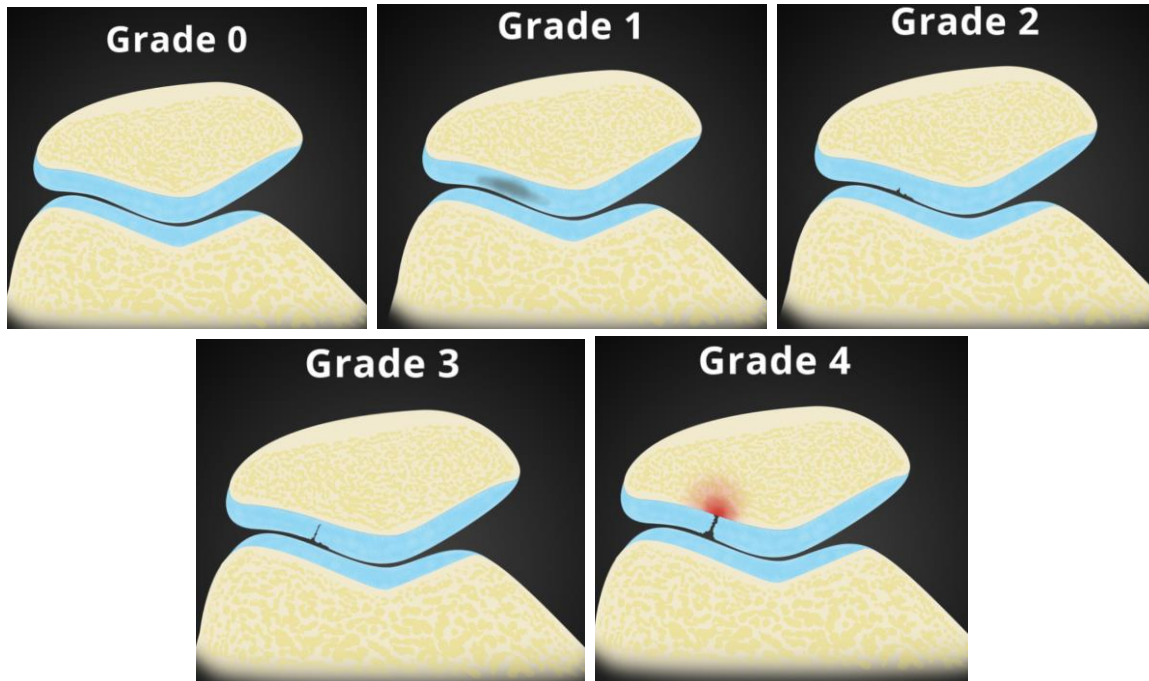
e. IRM

L'IRM n'a pas d'intérêt dans la gonarthrose simple. Elle peut être indiquée si gonarthrose douloureuse pour éliminer d'autres diagnostics, ou si poussée douloureuse, à la recherche d'une autre pathologie qui pourrait nécessiter un traitement particulier, notamment une ostéonécrose ou une fracture de contrainte [27, 28].

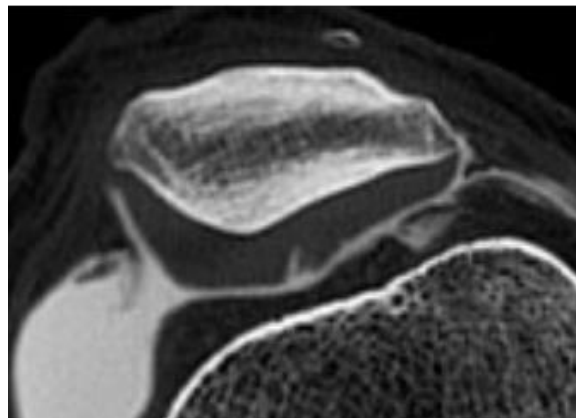
Les éléments à rechercher à l'IRM pour le diagnostic de gonarthrose sont :

- Lésions cartilagineuses : amincissement pouvant aller jusqu'à la chondrolyse complète, fissures, ulcérations (sous forme d'un défaut focal dans le cartilage, remplacé par une plage de type liquidienne en T2). Comme l'arthroscanner, elle peut elle aussi montrer précocement les lésions cartilagineuses avant la radiographie. Classification Outerbridge :
 - Grade 0 : cartilage normal
 - Grade 1 : anomalie du signal cartilagineux, mais semblant être intact sur le plan architectural
 - Grade 2 : ulcération cartilagineuse superficielle, intéressant moins de 50% de l'épaisseur du cartilage, ou surface cartilagineuse peu irrégulière.
 - Grade 3 : ulcération cartilagineuse profonde, intéressant plus de 50% de l'épaisseur du cartilage, sans atteinte de l'os sous chondral.
 - Grade 4 : perte du cartilage en pleine épaisseur, avec mise à nu de l'os sous chondral +/- œdème médullaire associé.
 - En pratique, on classera la chondropathie en superficielle ou profonde, atteignant ou non l'os sous chondral. La lésion peut être complexe, associant des lésions profondes et superficielles.
- Remodelage osseux sous chondral :
 - Condensation :
 - Adaptation à l'excès de contrainte
 - Avantage des séquences T1 (hyposignal)
 - Souvent en miroir
 - Intérêt de revoir les radiographies
 - Œdème sous chondral : en hyposignal T1 hypersignal T2, lié à des remaniements ischémiques et microfracturaires. Son importance est corrélée à la sévérité de l'arthrose. On dit qu'il est discret si inférieur à 5 mm, modéré entre 5 mm et 2 cm, et sévère si plus de 2 cm.
 - Ostéophytes :
 - Ostéophytes marginaux : réponse aux tractions capsulaires et à l'irritation synoviale
 - Ostéophytes dans l'échancrure intercondylienne
 - Ostéophytes centraux : ossification enchondrale d'une lésion cartilagineuse
 - Géodes : passage de liquide articulaire à travers une brèche sous chondrale en zones d'hyperpression +/- halo d'œdème.

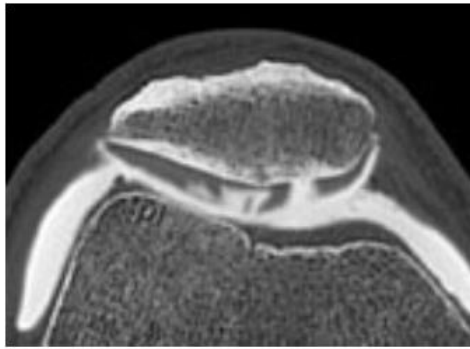
- Inclusions synoviales :
 - Développement de « kystes » intra osseux serpiginieux ou polylobés
 - Au niveau des zones d'insertion ou de vaisseaux perforants.
 - Parfois discret œdème autour
 - Fréquence augmente avec atteinte dégénérative



[32] Classification de l'atteinte cartilagineuse



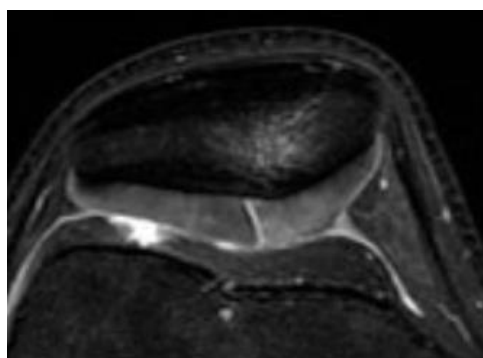
Chondropathie rotulienne superficielle : Arthroscanner en coupe axiale, montrant des ulcérations cartilagineuses de la facette rotulienne externe, intéressant moins de 50% de l'épaisseur du cartilage (grade 2).



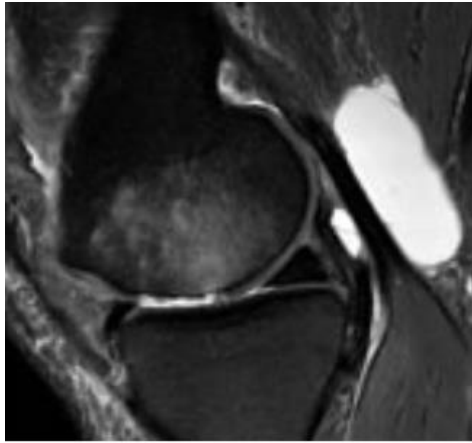
Chondropathie profonde : Arthroscanner en coupe axiale, montrant de multiples ulcérations cartilagineuses sur les facettes rotuliennes interne et externe, intéressant plus de 50% de l'épaisseur du cartilage (grade 3), et atteignant l'os sous chondral sur la facette rotulienne interne (grade 4).



Arthroscanner chez un patient admis pour instabilité du genou, en coupes coronale (A) et axiale (B). Abrasions cartilagineuses focales multiples condylienne fémorale externe et patellaires, dépassant 50 % de l'épaisseur cartilagineuse, sans nette mise à nu de l'os, en rapport avec une arthrose bi-compartimentaire grade 3.



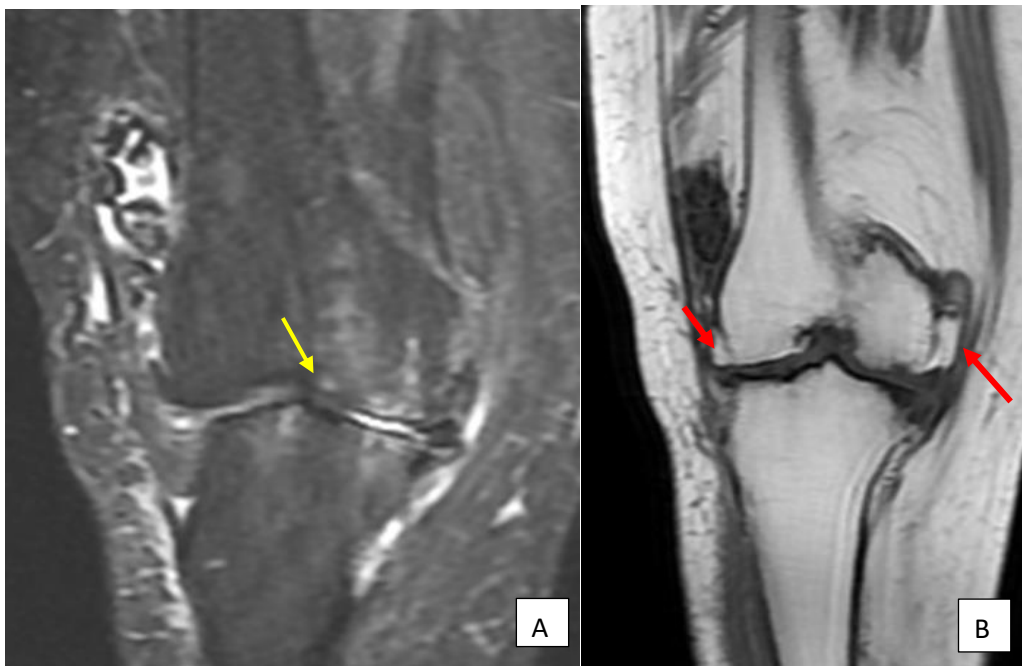
Chondropathie profonde. IRM en coupe axiale montrant une ulcération cartilagineuse linéaire, profonde, atteignant l'os sous chondral avec discret œdème sous chondral (grade 4).

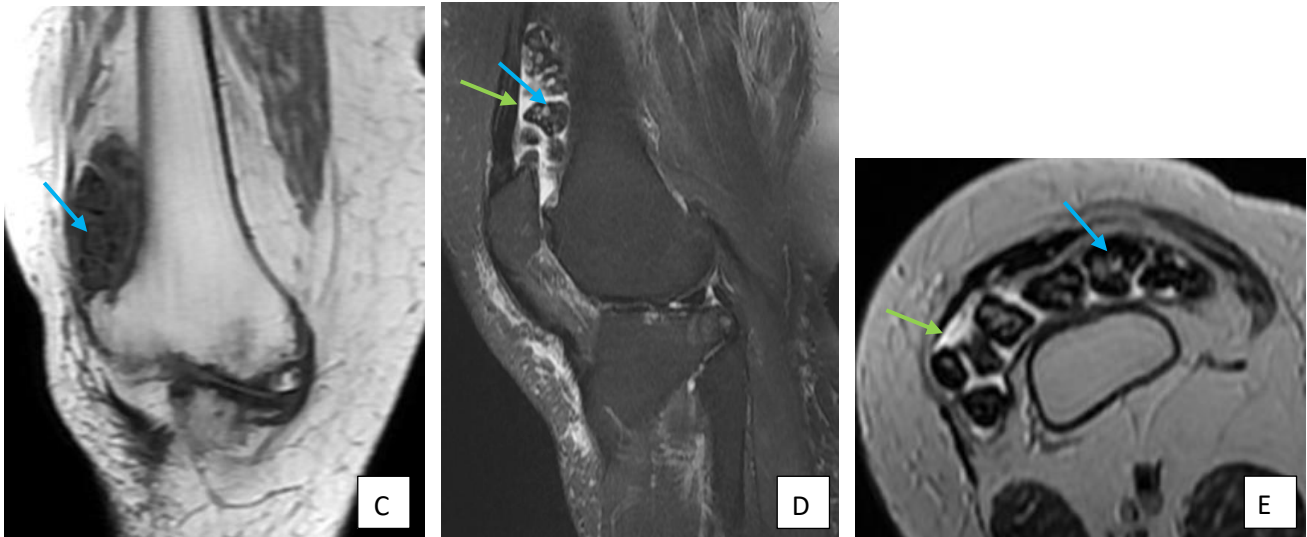


Chondropathie profonde sous forme d'ulcérations cartilagineuses atteignant l'os sous chondral, avec œdème de la plaque osseuse sous chondrale (grade 4).

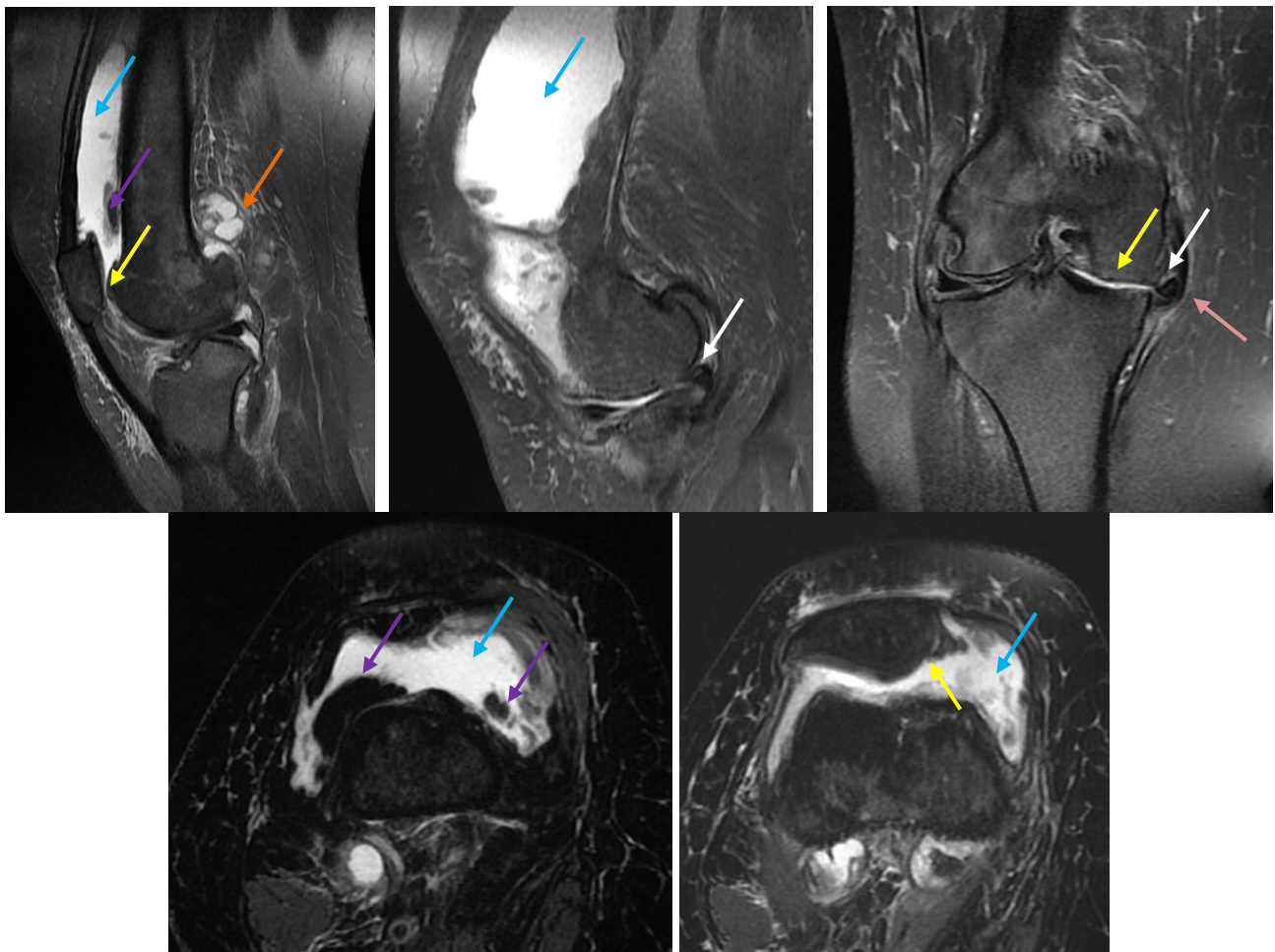
f. Rechercher les signes associés :

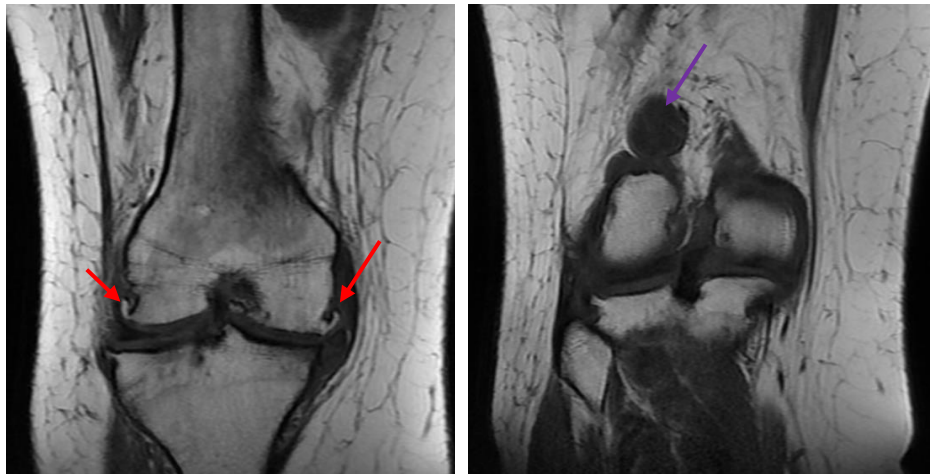
- Lésions méniscales : ménisco-calcinose, clivage horizontal, rupture méniscale radiaire, lésion complexe.
- Kyste poplité
- Ostéochondromatose secondaire : présence d'ostéochondromes secondaires à l'arthrose, se traduisant par des corps étrangers intra articulaires, présentant en fonction de leur ossification un signal cartilagineux et/ou osseux [5].
- Préciser l'état ligamentaire
- Kystes tibio-fibulaires et bursites (pré et infra patellaire, bursite du semi-membraneux)
- Epanchement intra articulaire et signes de synovite
- Syndrome de la bandelette ilio-tibiale.



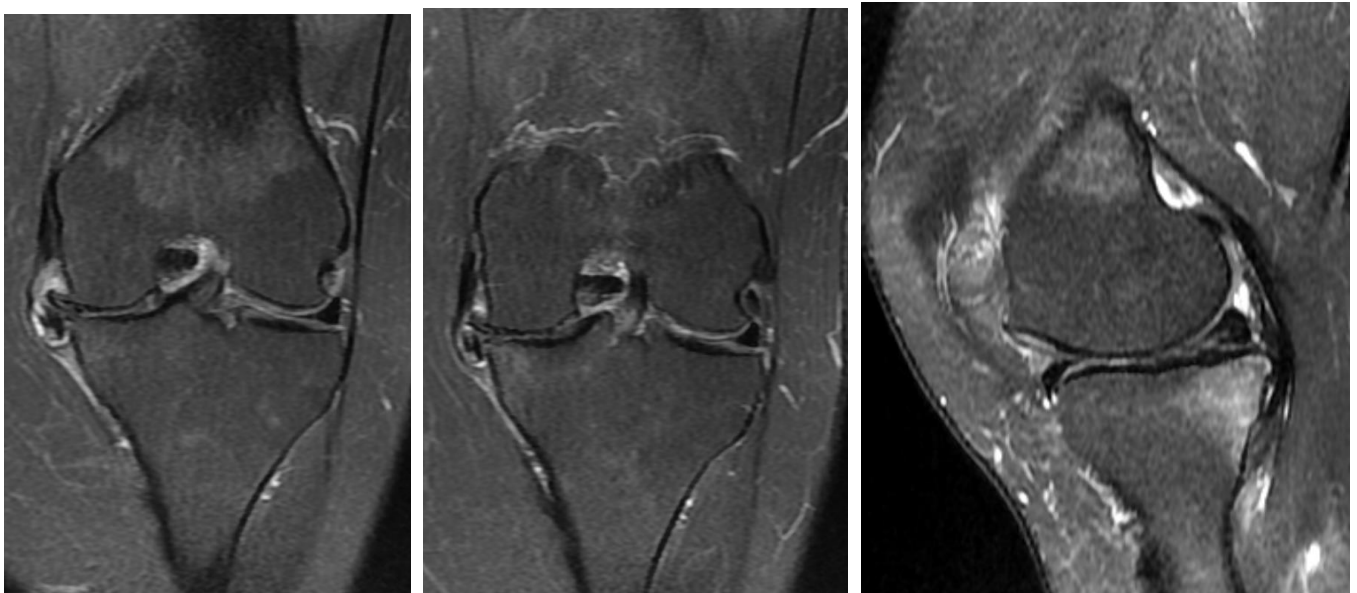


IRM du genou droit, en coupes coronales, RHO FAT SAT (A), T1 (B, C), sagittale RHO FATSAT (D), et axiale T2 (E). Patient de 64 ans, présentant une gonalgie. Abrasion du cartilage articulaire au niveau de l'articulation fémoro-tibiale (flèche jaune), avec mise à nu de l'os, ostéophytes marginaux (flèche rouge), irrégularité et œdème de l'os sous-chondral, en rapport avec une arthrose sévère grade 4. Individualisation de multiples corps libres intra articulaires (flèche bleue), intéressant le récessus quadricipital, décrits en hyposignal T1, et hyposignal T2 hétérogène, en rapport avec une ostéochondromatose secondaire. Lame d'épanchement intra articulaire (flèche verte). Images du service de radiologie du CHU Hassan II de Fès.

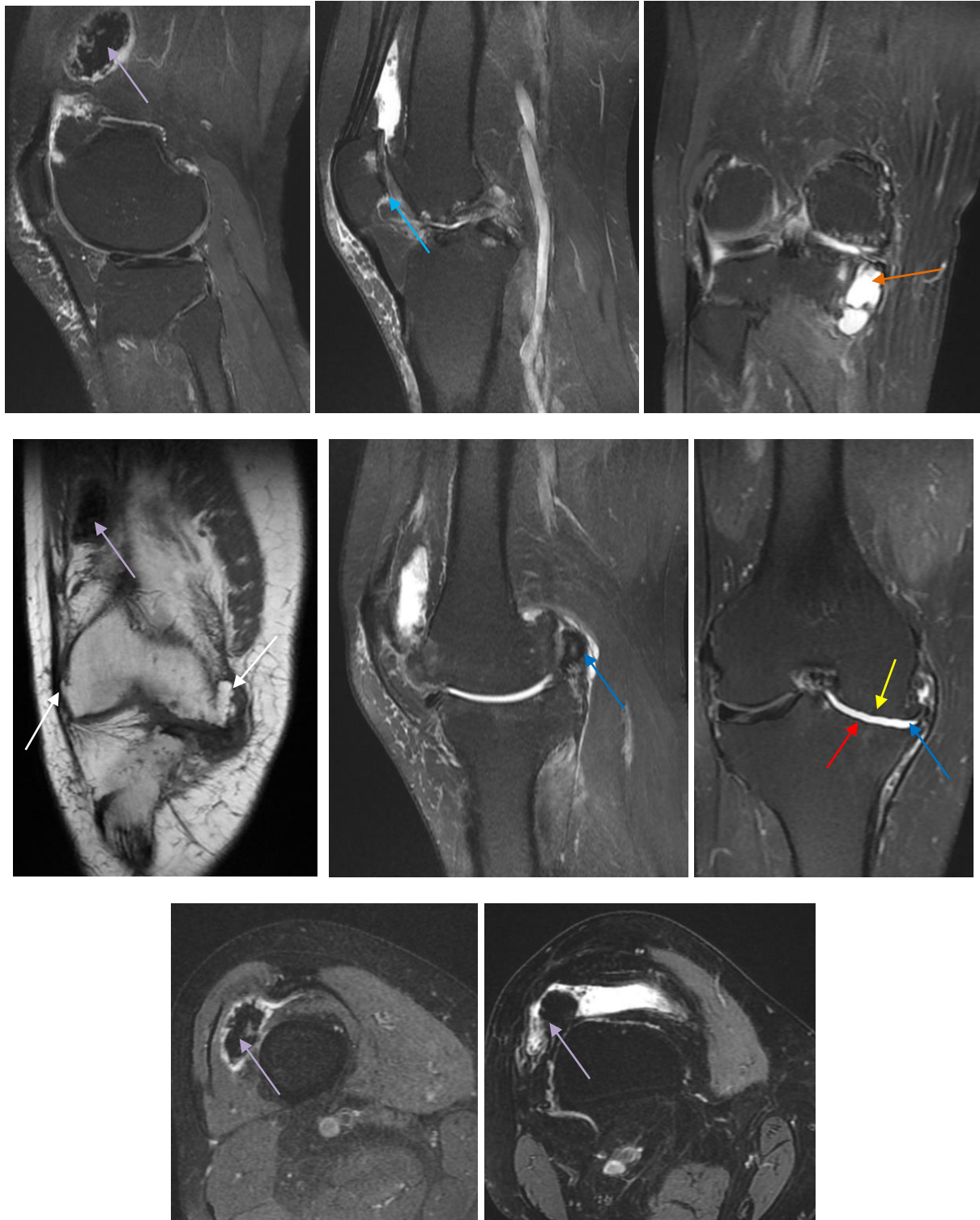




Pincement articulaire fémoro-tibial bilatéral associé à une abrasion cartilagineuse fémoro-tibiale et fémoro-patellaire (flèche jaune), des ostéophytes marginaux (flèche rouge), en rapport avec une gonarthrose tricompartmentaire grade IV. Epanchement intra articulaire de grande abondance (flèche bleue), en rapport avec une synovite réactionnelle. Kyste de Baker (flèche orange). Ostéochondromatose secondaire (flèche mauve). Fissure méniscale de la CPMI grade 3 (flèche blanche) avec extrusion méniscale (flèche rose). (765030).



IRM du genou en séquence DP FATSAT, en coupes coronales (A, B) et sagittale (C), objectivant une arthrose grade IV, compliquée d'une atteinte méniscale intéressant la corne postérieure, et d'une désinsertion de la corne antérieure du ménisque interne. (38460)



Gonarthrose chez un patient de 44 ans, avec individualisation d'ostéophytes (flèche blanche), d'un pincement articulaire avec abrasion cartilagineuse de la surface articulaire condylaire (flèche jaune) et tibiale internes (flèche rouge) ainsi que rotulienne (flèche bleue). Il s'y associe la présence d'une formation kystique du plateau tibial interne (flèche orange), en rapport avec un kyste synovial intra osseux. Ostéocondromatose secondaire (flèche mauve). Désinsertion ménisco-tibiale avec exclusion méniscale (flèche bleue foncé). 604379

g. Rechercher les facteurs favorisants :

- Anomalies osseuses : la dysplasie fémoropatellaire, morphologie patellaire.
- Anomalies de positionnement de la patella :
 - o Anomalie de hauteur : Index de Caton et Deschamps +++ : Patella alta > 1.2, patella baja < 0.8, ou index d'Insall et Salvati : Patella alta > 1.2, patella baja < 0.85.
 - o Malpositions patellaires : bascule latérale
 - o TA-GT pathologique supérieur à 20°

h. Profils évolutifs

i. La gonarthrose d'évolution lente :

Elle évolue à bas bruit, sans poussée apparente douloureuse ni épanchement. C'est une arthrose plus enraidissante que douloureuse.

Elle se manifeste radiologiquement par un pincement de l'interligne articulaire, lent et progressif, associé à des ostéophytes marqués et une condensation de l'os sous chondral qui ont eu le temps d'apparaître.

ii. La gonarthrose destructrice rapide ou chondrolyse rapide :

Sa définition est radiologique, et se base sur la mesure de l'interligne articulaire sur des radiographies successives et comparatives des genoux en charge. Le tableau est celui d'un pincement rapidement évolutif toujours associé à la présence d'un épanchement résistant au traitement médical.

La définition de la chondrolyse est un pincement d'au moins 2 mm par an, ou de plus de 50 % en un an. La destruction est tellement rapide que les ostéophytes et la condensation sous-chondrale n'ont pas le temps de s'installer.

Les chondrolyses très rapides peuvent être responsable de la disparition complète d'un interligne fémoro-tibial en 3 à 6 mois, et se reconnaissent par la perte d'1 mm de cartilage sur 2 radiographies successives en charge à 6 semaines d'intervalle.

iii. La poussée congestive d'arthrose

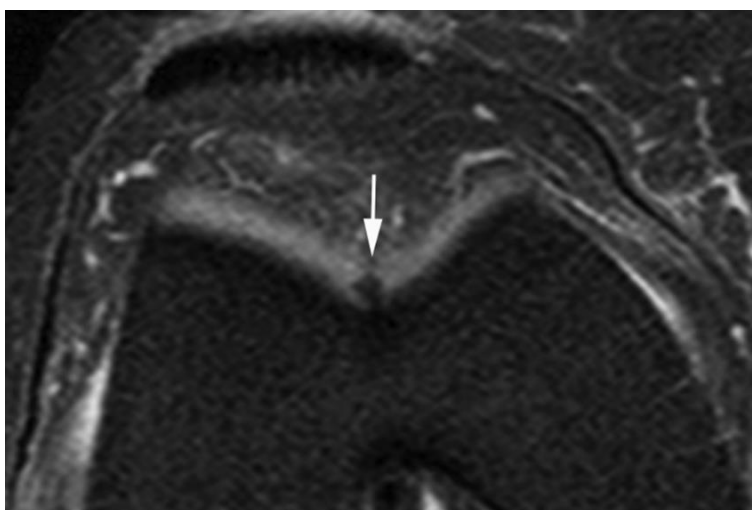
Elle est suspectée devant une modification du rythme des douleurs, qui deviennent de caractère inflammatoire. En imagerie, on retrouvera surtout la présence d'un épanchement articulaire qui définira la poussée congestive.

Le risque est la dégradation accélérée du cartilage. Un épanchement qui résiste au traitement médical au cours d'une gonarthrose radiologiquement modérée est une chondrolyse rapide jusqu'à preuve du contraire, et nécessite la répétition des clichés radiologiques à la recherche d'un pincement évolutif.

i. Forme particulière : Fente trochléaire (trochlear cleft)

Elle est parfois individualisée en IRM chez les jeunes patients actifs. Elle est visible sous la forme d'une ligne hypointense en T2, orientée perpendiculairement à la surface articulaire du cartilage, typiquement centrée sur la gorge trochléaire et s'étendant sur toute l'épaisseur cartilagineuse.

Elle indiquera une fissure cartilagineuse incomplète (un certain nombre de ces fentes sont sans traduction arthroscopique) pouvant progresser dans de rares cas vers une ulcération complète avec mise à nu de l'os sous-chondral. Il s'agirait d'une découverte IRM fortuite, en général asymptomatique, mais les études sur le sujet à l'heure actuelle restent peu nombreuses.



[50] Fente trochléaire (trochlear cleft) en IRM, visible sous la forme d'un hyposignal T2 linéaire (flèche) de la gorge de la trochlée.

2. Lésions méniscales

Détaillés dans le chapitre précédent.

3. Atteinte de l'os sous chondral : Ostéonécrose mécanique du genou

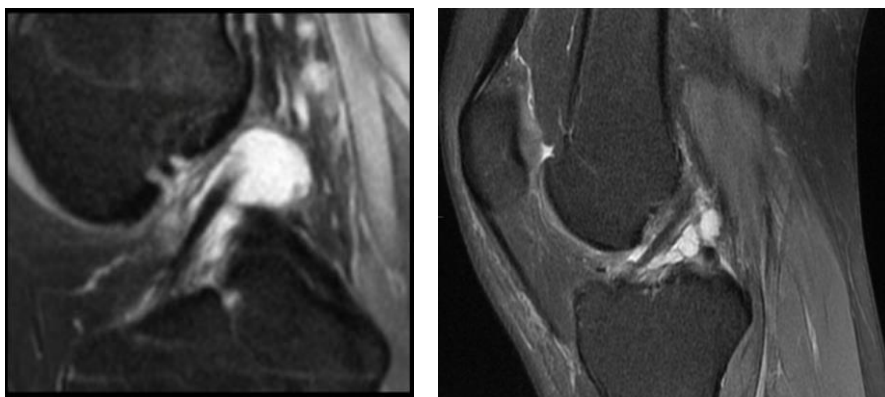
Voir chapitre pathologie ischémique.

4. Atteinte ligamentaire

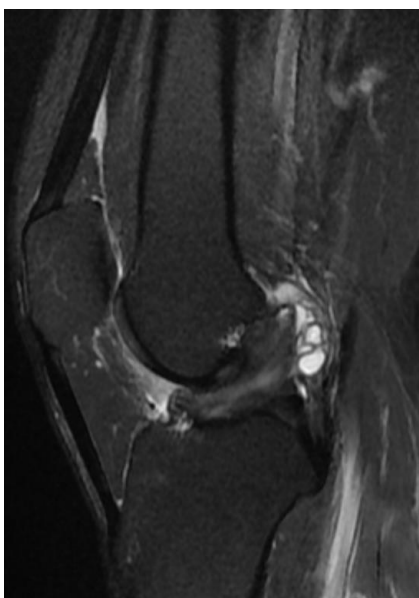
La dégénérescence mucoïde des ligaments croisés intéresse surtout le LCA. Son origine reste controversée. Les étiologies possibles comprennent une dégénérescence liée à l'âge, ou un piégeage du tissu synovial congénital ou acquis entre les fibres du ligament. La dégénérescence mucoïde peut être retrouvée sous 2 principales formes :

- Une forme kystique organisée (kyste ganglionnaire) : hypersignal T2, de contours lobulés, multiloculé, avec effet de masse sur les fibres ligamentaires.
- Une forme mucoïde infiltrante (ligament épaissi, mal défini, en hypersignal sur toutes les séquences réalisant un aspect en branche de céleri). Elle peut imiter une déchirure partielle du

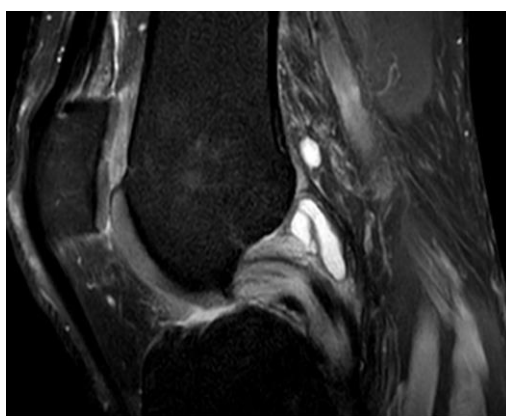
ligament. Cependant, dans le cas d'une dégénérescence mucoïde, les signes secondaires d'une lésion ligamentaire sont généralement absents.



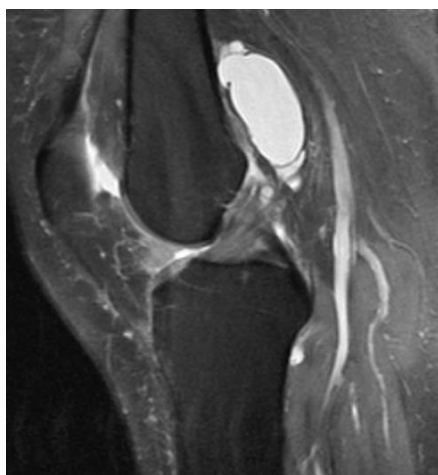
Dégénérescence mucoïde kystique du LCA



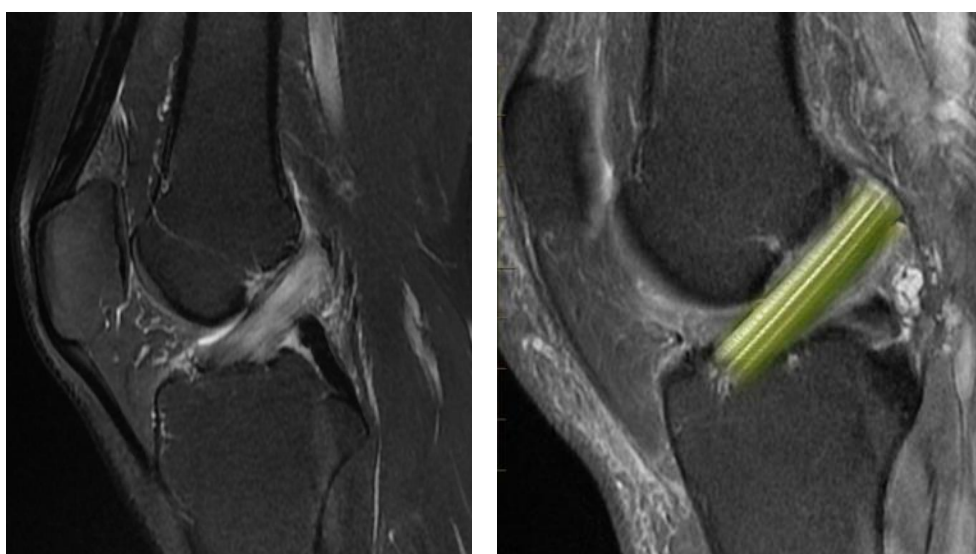
Dégénérescence mucoïde du LCA avec kyste mucoïde postérieur. Image du service de radiologie du CHU Hassan II (678367)



Dégénérescence mucoïde kystique du LCP



Dégénérescence mucoïde du LCA avec kyste ganglionnaire extra synovial postérieur



Dégénérescence du LCA dans sa forme infiltrante, réalisant un aspect en branche de céleri.

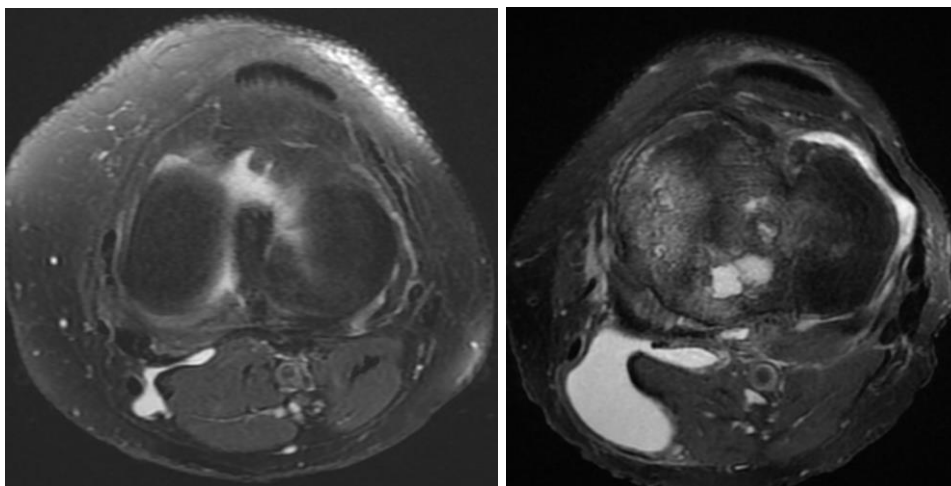
5. Kyste poplité de Baker

Il s'agit d'un kyste arthro-synovial au niveau de la fosse poplitée, entre le corps musculaire du gastrocnémien médial et le tendon du semi-membraneux (phénomène de clapet), et fusant vers l'espace intra articulaire du genou. Ce kyste est toujours secondaire à une pathologie articulaire chez l'adulte, et est souvent associé aux arthropathies dégénératives, à la PR, ou à un traumatisme. En imagerie, il s'agit d'une lésion kystique de la fosse poplitée, mais la visualisation du collet entre le tendon semi-membraneux et le gastrocnémien médial est nécessaire pour le diagnostic. Plus rarement, on peut le retrouver dans la bourse du muscle poplité.

Les principales complications sont la rupture (mise en évidence d'une suffusion liquidienne descendant superficiellement par rapport au gastrocnémien médial), la compression vasculo-nerveuse, et le syndrome de loge.

Les principaux diagnostics différentiels sont un gros kyste para méniscal, un kyste tibiofibulaire, un kyste mucoïde d'un ligament croisé, et un hématome liquéfié de la fosse poplitée.

A noter deux formes particulières : la forme intra musculaire et la forme profonde.



Kyste poplité de Baker (426911, 1409523)

III. INSTABILITE FEMORO-PATELLAIRE

La patella s'engage normalement dans la trochlée dès les premiers degrés de flexion du genou et se retrouve ainsi stabilisée. Tout facteur anatomique modifiant le mode d'entrée de la patella dans la trochlée est susceptible d'entraîner une instabilité patellaire.

Une instabilité patellaire, quelle qu'en soit la cause, se traduit par un déplacement latéral anormal de la patella par rapport à sa poulie, qui peut aller jusqu'à la luxation si elle quitte la trochlée. Il importe de retenir que ce déplacement, lorsqu'il se produit, est toujours latéral. Une instabilité médiale est exceptionnelle et doit faire rechercher une étiologie iatrogène, en particulier une hypercorrection chirurgicale. Ce terme d'instabilité patellaire regroupe les primo luxations, les subluxations et les luxations à répétition.

Exceptionnellement secondaire à un choc direct, elles font suite, le plus souvent, à un traumatisme indirect (réception de saut, simple faux pas...), témoignant, comme pour les instabilités de l'épaule, de prédispositions anatomiques sous-jacentes.

Cette pathologie est pourvoyeuse de chondropathie fémoropatellaire, de luxation patellaire, et de corps étrangers intra articulaires.

Les instabilités patellaires peuvent être divisées en instabilité objective (antécédent de luxation vraie de la patella, avec un des facteurs principaux d'instabilité), ou potentielle (douleurs de type patellaire, et/ou instabilité subjective de la patella, avec un des facteurs principaux d'instabilité).

Devant un tableau clinique d'instabilité patellaire, le bilan d'imagerie repose en premier lieu sur les radiographies standards. Elles permettent de mettre en évidence des facteurs anatomiques favorisant et d'éliminer certains diagnostics différentiels. Les autres investigations (TDM/IRM) ne sont réalisées que secondairement, en cas de doute diagnostique persistant, d'échec du traitement médical et nécessité d'un bilan préopératoire, ou pour retrouver des stigmates d'une luxation patellaire passée inaperçue.

Le scanner doit être réalisé en extension pour éviter la rotation tibiale interne qu'entraîne la flexion du genou car elle modifie certaines mesures. L'arthroscanner peut être utile pour préciser l'état cartilagineux fémoropatellaire. Le scanner tend actuellement à être remplacé par l'IRM qui a l'avantage de ne pas irradier des patients souvent jeunes et de pouvoir ainsi être plus facilement répété pour des contrôles ultérieurs. La visualisation du cartilage et des parties molles par l'IRM apporte des informations supplémentaires.

Tous ces examens d'imagerie ont un objectif : la rechercher et la mesure des facteurs d'instabilité patellaire, car leur évaluation va guider les gestes chirurgicaux, quand l'indication opératoire a été décidée. Ces facteurs sont :

1. Facteurs majeurs : Au nombre de 4 :

Ces facteurs sont dits principaux parce qu'à partir d'un certain seuil de mesure, on ne les trouve plus que dans la population d'instabilité rotulienne, alors qu'ils sont exceptionnels dans la population normale [74].

a. Dysplasie trochléenne [50, 60]

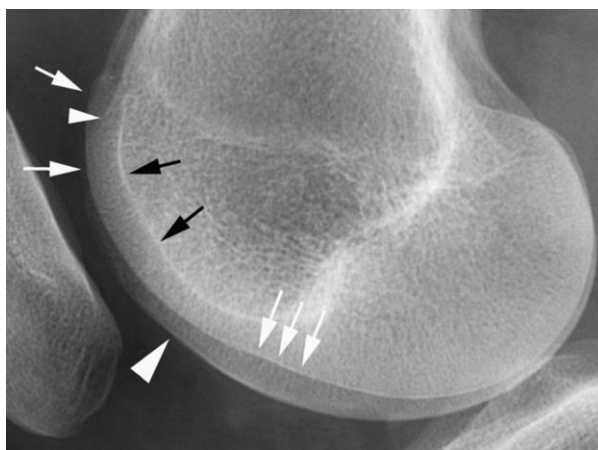
Sa cause génétique ou acquise reste incertaine. La dysplasie de la trochlée correspond à une anomalie de la forme et de la profondeur, plus ou moins étendue, notamment à sa partie proximale (gorge peu creusée, plate, convexe, ou massif trochléen plus saillant), qui ne guide plus l'engagement de la patella en début de flexion.

Le diagnostic peut être fait par la radiographie standard, incidence de profil strict. Il s'agit d'une incidence fondamentale dont la réalisation doit être parfaite (alignement bicondylien postérieur et inférieur, flexion entre 10 et 30°).

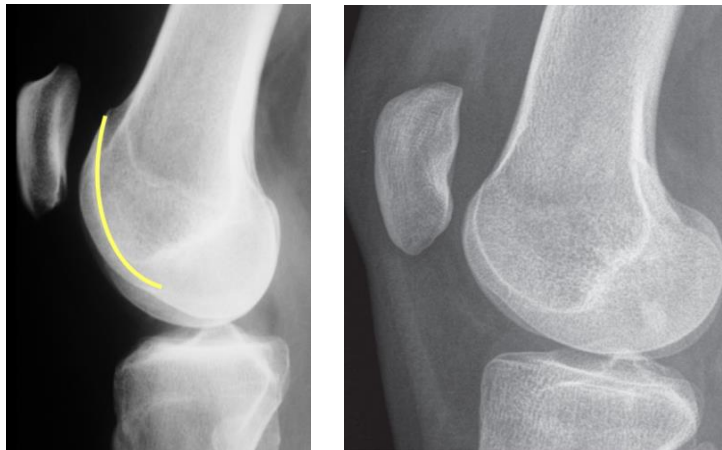
Le signe du croisement est pathognomonique de la dysplasie trochléaire, et correspond au croisement du plancher trochléaire et du bord antérieur du condyle latéral.

D'autres signes témoignent de la gravité de la dysplasie :

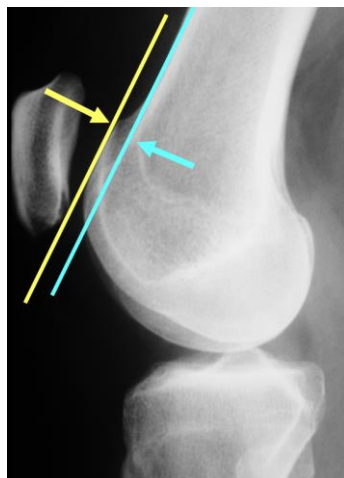
- **Eperon supra trochléaire** : éperon osseux situé à la partie la plus proximale de la trochlée. Il caractérise les dysplasies dites « luxantes »
- **Signe de double contour** : individualisation d'une image d'addition linéaire derrière la face antérieure des condyles, réalisant d'une double ligne, qui se produit si le condyle fémoral médial est hypoplasique, visualisé derrière la facette latérale. Ce double contour est pathologique s'il se termine plus bas que le signe du croisement.
- **Saillie de la trochlée fémorale** : traduit la proéminence globale du massif trochléen. Elle est mesurée par la distance entre une ligne tangente au cortex fémoral antérieur et une ligne parallèle à celle-ci passant par le point le plus antérieur de la gorge trochléenne. La saillie est le plus souvent nulle chez les sujets témoins (0-2 mm), mais elle augmente de manière linéaire avec la gravité de la dysplasie (supérieure à 3 mm)



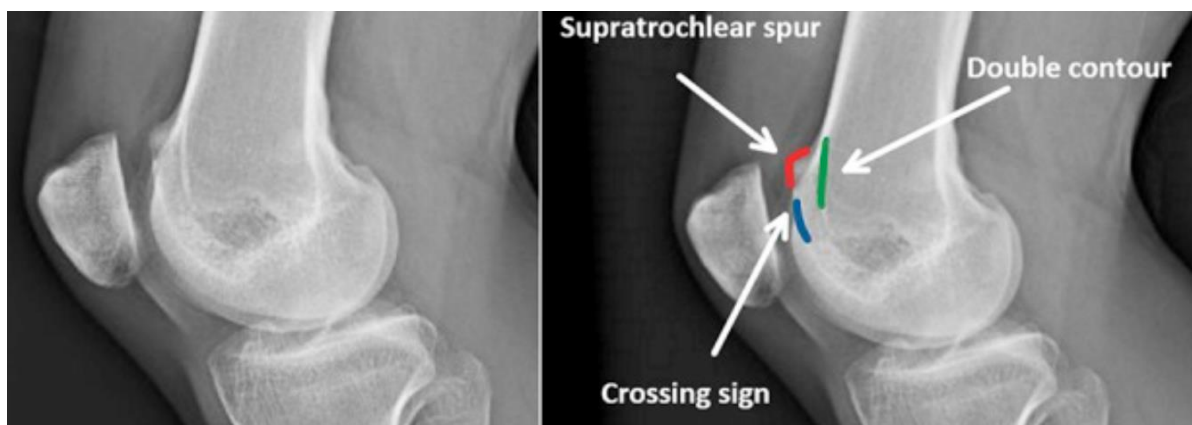
[50] Genou normal de profil strict. Le condyle latéral présente un méplat de son 1/3 moyen (triple flèche blanche) et remonte plus haut en avant (flèches blanches) que le condyle médial. Ce dernier présente une encoche (grande tête de flèche) à sa jonction 1/3 antérieur - 1/3 moyen. La partie antérieure des deux condyles est située bien en avant de la ligne de fond de trochlée (flèches noires). Notez que la partie haute du condyle médial (petite tête de flèche) rejoint la ligne de fond de trochlée.



[60] Signe du croisement, affirmant la dysplasie trochléenne.



La saillie de la trochlée fémorale est définie par la distance séparant la tangente à la corticale antérieure du fémur et la parallèle passant par le point le plus antérieur du fond de la trochlée. La valeur normale est inférieure à 3 mm.



[61] Radiographie du genou de profil, avec signes radiographiques de dysplasie trochléaire.

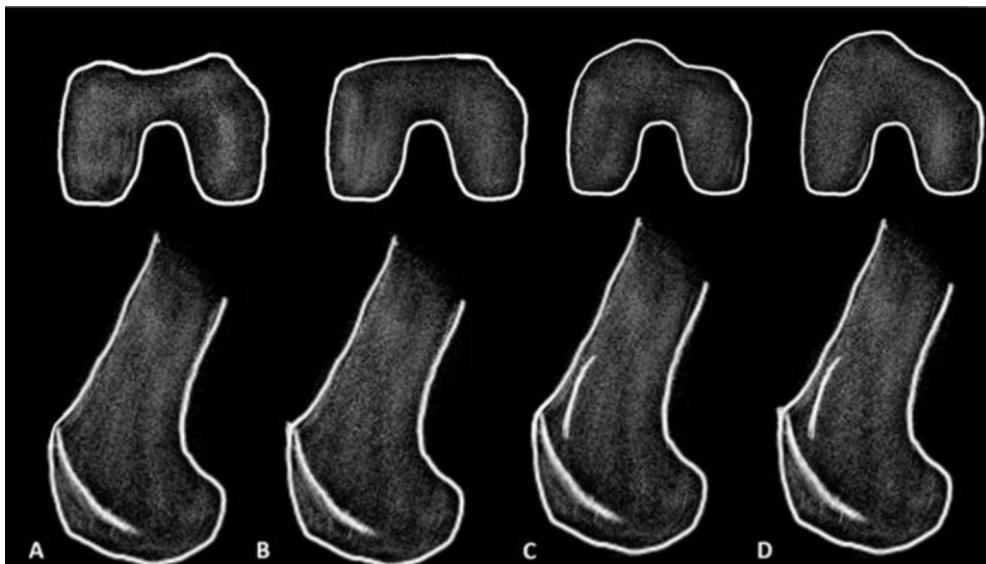
Ligne bleue : signe du croisement. Ligne rouge : éperon supra trochléaire. Ligne verte : Signe du double contour.

Le scanner et l'IRM peuvent montrer la forme de la trochlée. Les contours peuvent être peu profonds mais concaves, plats, convexité de la facette latérale, ou facette médiale hypoplasique.

La classification des dysplasies trochléaires nécessite la corrélation des 3 signes radiographiques, ainsi qu'une TDM/IRM axiale pour évaluer la morphologie trochléaire anormale.

L'intérêt de cette classification est de distinguer les dysplasies de bas grade (type A) et de haut grade (types B à D). Toutes présentent le signe du croisement (nécessaire pour le diagnostic positif).

- Type A : signe du croisement sur la radiographie de profil, et sillon trochléaire symétrique mais moins profond que la normale
- Type B : signe du croisement, éperon supra trochléaire sur la radiographie de profil, avec trochlée plate sur les images axiales voire convexe.
- Type C : signe de croisement, double contour pathologique (prolongé plus bas que le signe du croisement), convexité de la facette latérale qui est haute et hypoplasie de la facette médiale.
- Type D : signe de croisement, éperon supra trochléaire, double contours, et « falaise » sur les images axiales en raison de la nette asymétrie des facettes trochléaires fémorales latérale et médiale.



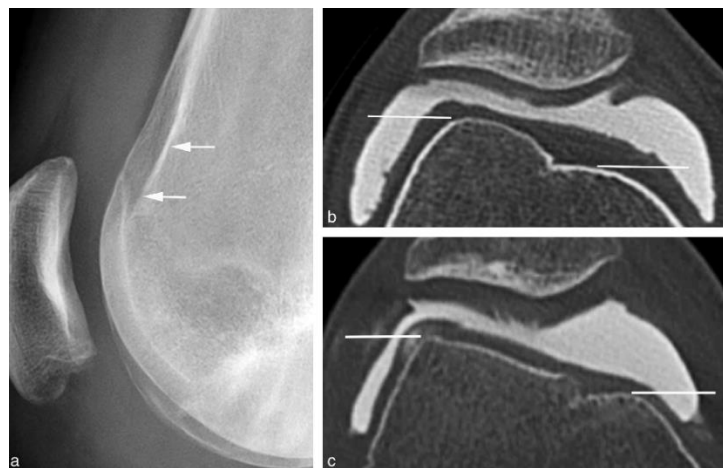
[61] Dysplasie de la trochlée : classification de David Dejour en 4 stades.



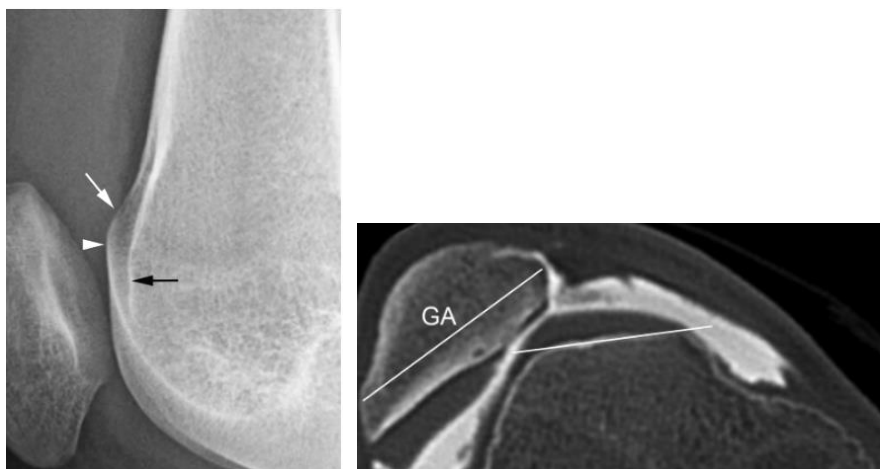
[50] Dysplasie de la trochlée de type A. Signe du croisement (flèche blanche). Le double contour ne se prolonge pas plus bas que le signe du croisement. Il s'agit donc d'un aspect normal. La trochlée est peu profonde, limite plate.



[50] Dysplasie trochléenne de type B. Eperon sus trochléen en radiographie (flèche), avec saillie de la trochlée fémorale.



[50] Dysplasie trochléenne de type C. Signe du double contour pathologique en radiographie (flèche), se prolongeant plus bas que le signe du croisement. Métaphyse fémorale antéromédiale moins saillante que l'antérolatérale. Noter également la chondropathie patellaire associée.



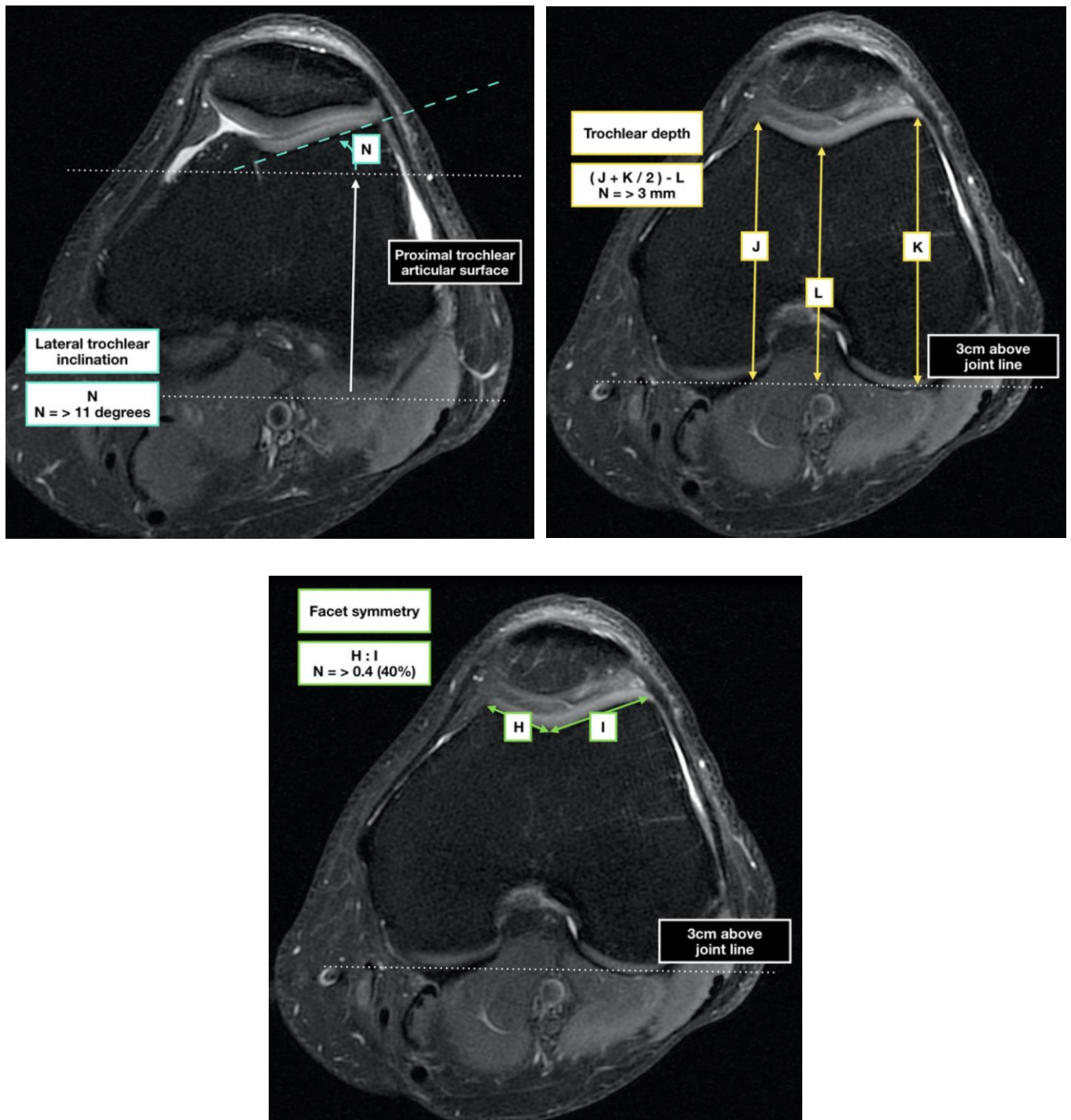
[50] Dysplasie trochléenne de type D. Signe du croisement (tête de flèche), de l'éperon (flèche blanche), et du double contour pathologique (flèche noire) en radiographie. Saillie du condyle latéral avec hypoplasie médiane. Il s'y associe une bascule latérale sévère de la patella.

D'autres mesures pour l'évaluation de la dysplasie ont été décrites en TDM/IRM :

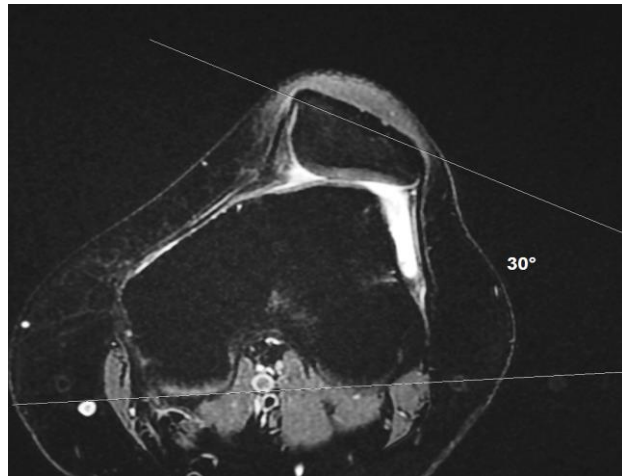
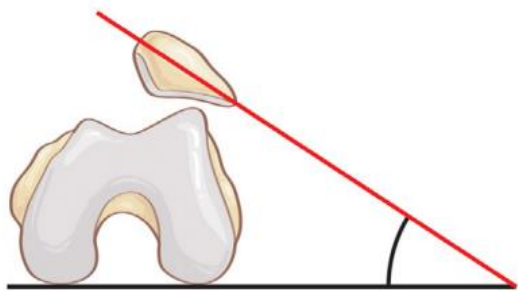
- Pente latérale de la trochlée : il s'agit de l'angle d'inclinaison entre la facette trochléenne latérale et une ligne tangentielle condylienne postérieure. L'évaluation se fait sur la coupe axiale la plus proximale contenant du cartilage trochléaire. Un angle inférieur à 11° indique une dysplasie trochléaire. Il s'agit généralement d'une mesure fiable.
- Profondeur de la trochlée : À partir du plan bicondylien, on trace les lignes perpendiculaires qui joignent les points osseux les plus antérieurs des condyles (J et K) et celui de la gorge de la trochlée (L). La profondeur correspond à la distance $([J + K]/2) - L$. Une valeur inférieure à 3 mm en scanner/IRM témoigne d'une insuffisance de creusement. Il s'agit généralement d'une mesure fiable.
- Asymétrie des facettes : rapport entre la longueur de la facette trochléenne médiale et latérale, à 3 cm de l'interligne fémorotibial. Un rapport inférieur à 40% indique une dysplasie trochléenne.
- L'ouverture trochléenne (angle de sulcus) : mesurée par l'angle entre les facettes médiale et latérale, qui est normalement situé entre 125° et 145° . On parlera de dysplasie si l'angle dépasse $145-150^\circ$.
- La translation : on apprécie la distance entre la crête de la patella et la gorge de la trochlée. Elle est considérée comme normale si inférieure à 5 mm.
- La bascule patellaire : c'est l'angle formé par l'axe transversal de la patella et le plan bicondylien postérieur, mesuré sur les coupes axiales du scanner/IRM, dont la valeur est inférieure à 20° en l'absence d'instabilité patellaire. Certains auteurs l'évaluent en contraction et décontraction quadricipitale.



[62] Pour les mesures axiales, toujours choisir une coupe 3 cm au-dessus de l'interligne fémorotibiale.



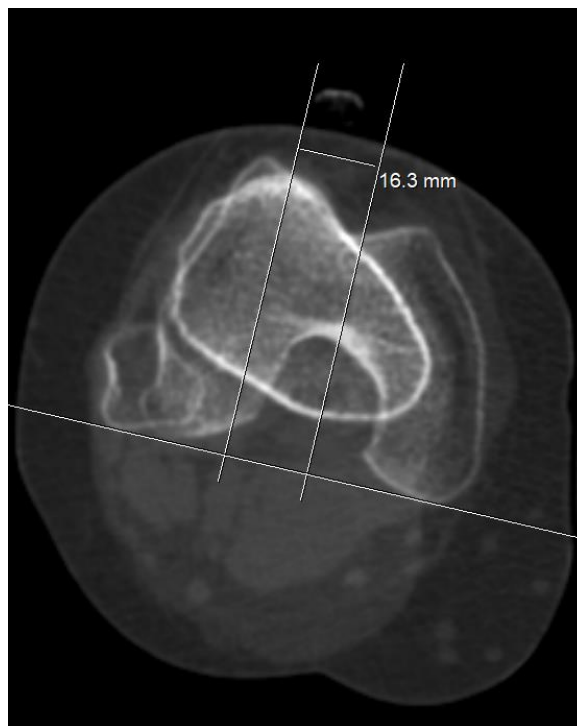
[62] A. Mesure de la pente latérale de la trochlée. B. Mesure de la profondeur de la trochlée. C. Mesure de l'asymétrie des facettes.



Bascule patellaire : angle formé par l'axe transversal de la patella et le plan bi-condylien postérieur. Dans notre cas, la bascule est mesurée à 30°, en rapport avec une instabilité patellaire.

b. Latéralisation de la TTA [60]

Il s'agit d'une malposition de la TTA, mesurée par la distance TA-GT (distance entre le milieu de la TTA, au niveau du site d'insertion du tendon patellaire, et la gorge de la trochlée). Deux coupes axiales, de scanner ou IRM sont superposées : une coupe proximale au niveau de la trochlée, dès que la gorge est suffisamment creusée pour être individualisable, et une coupe distale, au niveau du sommet de la TTA. La distance TA-GT est pathologique pour une valeur supérieure à 20 mm (position trop latérale de la TTA favorise l'instabilité).



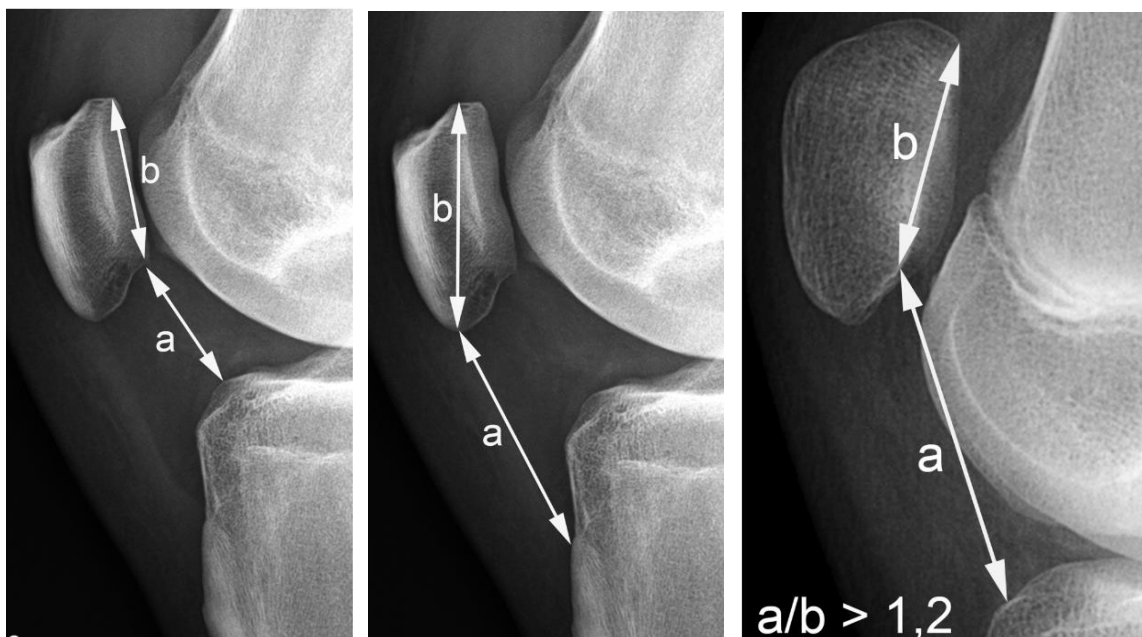
Distance TA-GT.

c. Patella alta [50, 60]

Une patella trop haute s'engage tardivement dans la trochlée, avec par conséquent, une moins bonne stabilité dans les premiers degrés de flexion. C'est un facteur important d'instabilité patellaire, et est observée dans 30% des instabilités patellaires objectives. Elle serait l'expression d'une longueur excessive du tendon patellaire. Des lésions du cartilage patellaire associées doivent être recherchées.

Plusieurs indices ont été proposés pour authentifier la patella alta sur un genou à 30° de flexion, pour tendre le tendon patellaire (pouvant être calculés également au scanner et en IRM). Parmi eux :

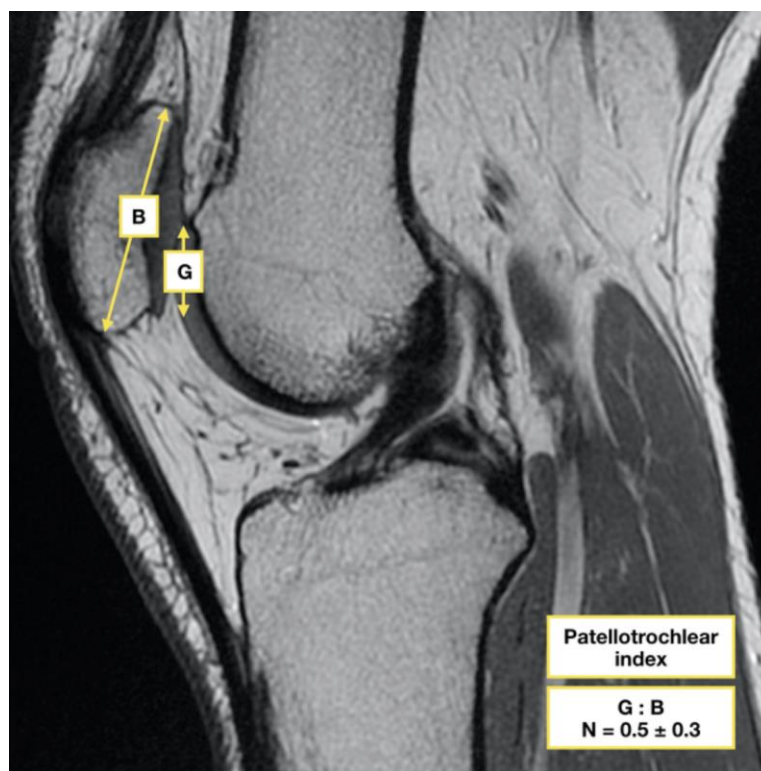
- **Indice de Caton-Deschamps** : rapport entre d'une part, la distance entre le bord inférieur articulaire de la patella et l'angle antérosupérieur du tibia, et d'autre part, la longueur de la surface articulaire patellaire. Une valeur supérieure à 1.2 indique une patella anormalement haute. Une valeur inférieure à 0.6 est en faveur d'une patella baja. La valeur seuil en imagerie en coupe est de 1.3.
- **Indice d'Insall et Salvati** : rapport entre la longueur du tendon patellaire par la hauteur de la patella. On parlera de patella alta si index supérieur à 1.2, et baja si inférieur à 0.8. La valeur seuil en imagerie en coupe est de 1.3.
- **Indice de Bernageau** : mesuré sur une radiographie de profil cette fois en extension complète et contraction du quadriceps. Il est calculé par la distance entre 2 lignes parallèles dont la première est le sommet de la gorge trochléenne et la seconde le point le plus distale de la surface articulaire patellaire. Une patella alta est définie sur une distance supérieure à 6 mm.
- **Indice patello-trochléaire** : Mesuré si imagerie en coupe réalisée avec un genou en extension, pied en rotation externe de 15°, et muscle quadricipital décontracté. Cet indice reflète l'engagement sagittal de la patella, et correspond à la hauteur du contact patello-fémoral sur les coupes sagittales (rapport entre la longueur du cartilage articulaire trochléaire en projection du cartilage patellaire et la longueur articulaire patellaire maximale). On parle de patella alta si rapport inférieur à 12.5% et patella baja si rapport supérieur à 50%. L'avantage de cet indice est de prendre en compte le cartilage patello-trochléaire et de ne pas être affecté par les modifications osseuses (post-thérapeutiques par exemple).



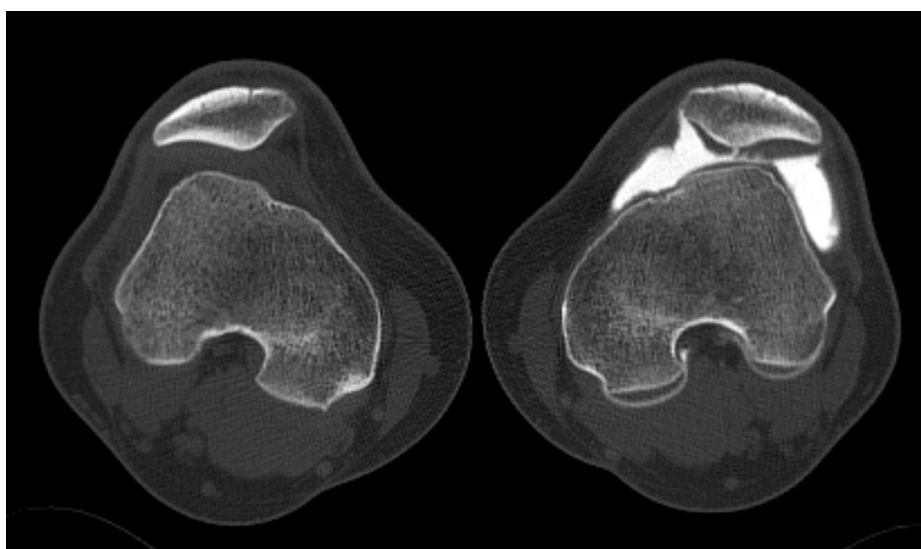
[50] A. Indice de Caton et Deschamps, B. Indice d'Insall et Salvati C. Patella alta avec indice de Caton et Deschamps supérieur à 1.2



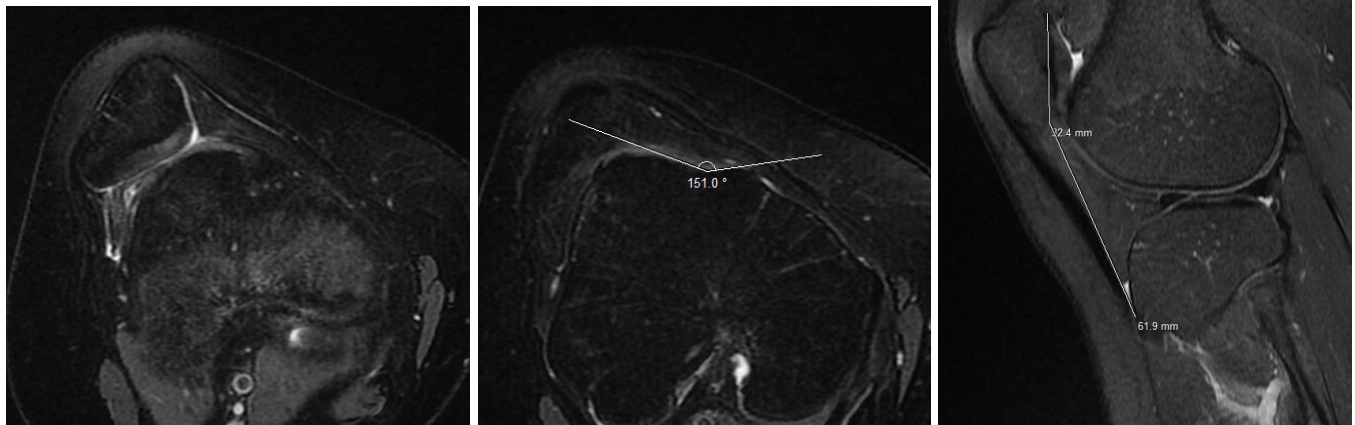
Index de Bernageau



[60] Index patello-trochléaire



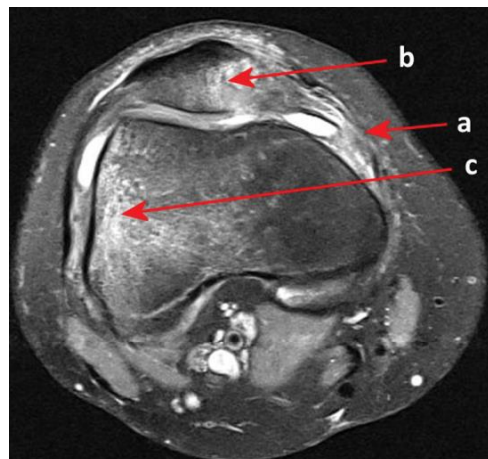
Dysplasie trochléenne bilatérale, avec trochlée d'aspect plate, et subluxation externe des deux rotules. Il s'y associe également une abrasion cartilagineuse patellaire gauche.



Patient de 16 ans, présentant un dérobement du genou. Luxation latérale de la rotule. Dysplasie trochléenne avec angle trochléen mesuré à 151° . Rapport d'Insall-Salvati mesuré à 1.8 en rapport avec une patella alta. L'ensemble des anomalies sont en rapport avec une dysplasie trochléenne.

d. Rupture du ligament patello-fémoral médial [60]

D'abord conséquence, elle devient ensuite facteur d'instabilité. Ce ligament, tendu de la patella au condyle médial fémoral, est en effet la structure anatomique la plus importante pour le maintien de la patella dans la trochlée durant les 20 premiers degrés de flexion du genou. Son intégrité est évaluée par l'IRM.



[60] Rupture du ligament patello-fémoral médial. Elle siège ici au niveau de son 1/3 moyen (a). Sont associées chez ce patient des contusions au niveau du bord médial de la patella (b) et du condyle fémoral latéral (c). Ces contusions osseuses sont pathognomoniques d'une luxation patellaire récente. Elles témoignent du conflit fémoropatellaire brutal lors de la luxation.

2. Facteurs secondaires

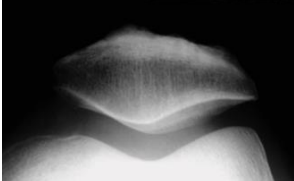
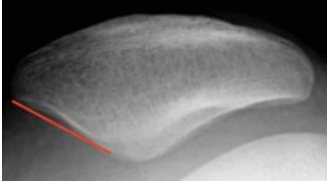
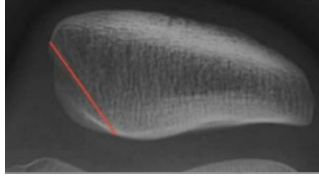
Ils sont comme les facteurs principaux significativement plus fréquents dans la population d'instabilité rotulienne, mais il n'y a pas de notion de seuil [74]. Un facteur secondaire peut très bien être excessif, par exemple, un genu valgum, sans pour autant qu'il y ait une instabilité rotulienne.

a. Dysplasie rotulienne [50]

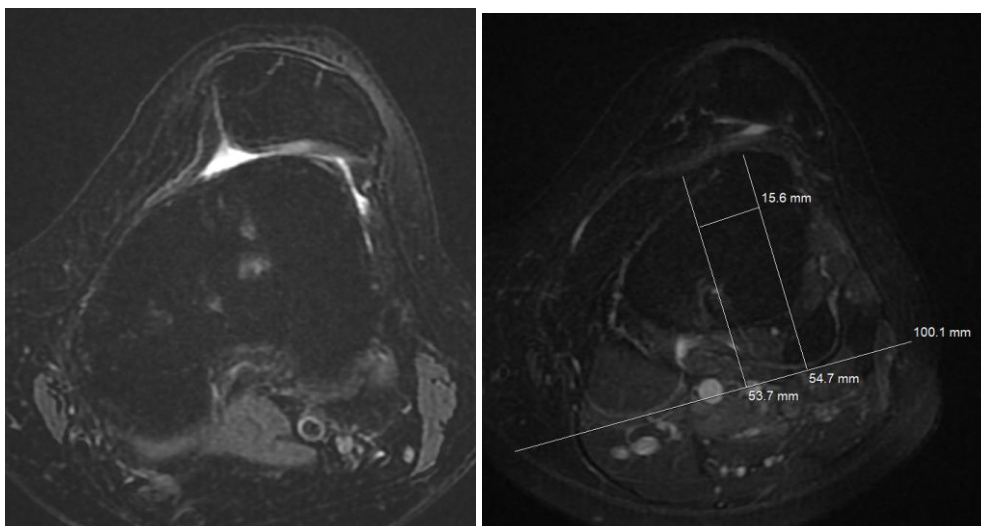
Selon la morphologie de la facette patellaire médiale sur l'incidence fémoropatellaire à 30° de flexion, 3 types de patella ont été individualisés : Classification de Wiberg :

- Le type I : facette patellaire médiale concave en arrière et longue (aussi longue que la facette latérale). Moins de 10% des cas
- Le type II : facette patellaire médiale concave en arrière et courte. 60% des cas.
- Le type III : facette patellaire médiale convexe en arrière et courte (25% des cas).

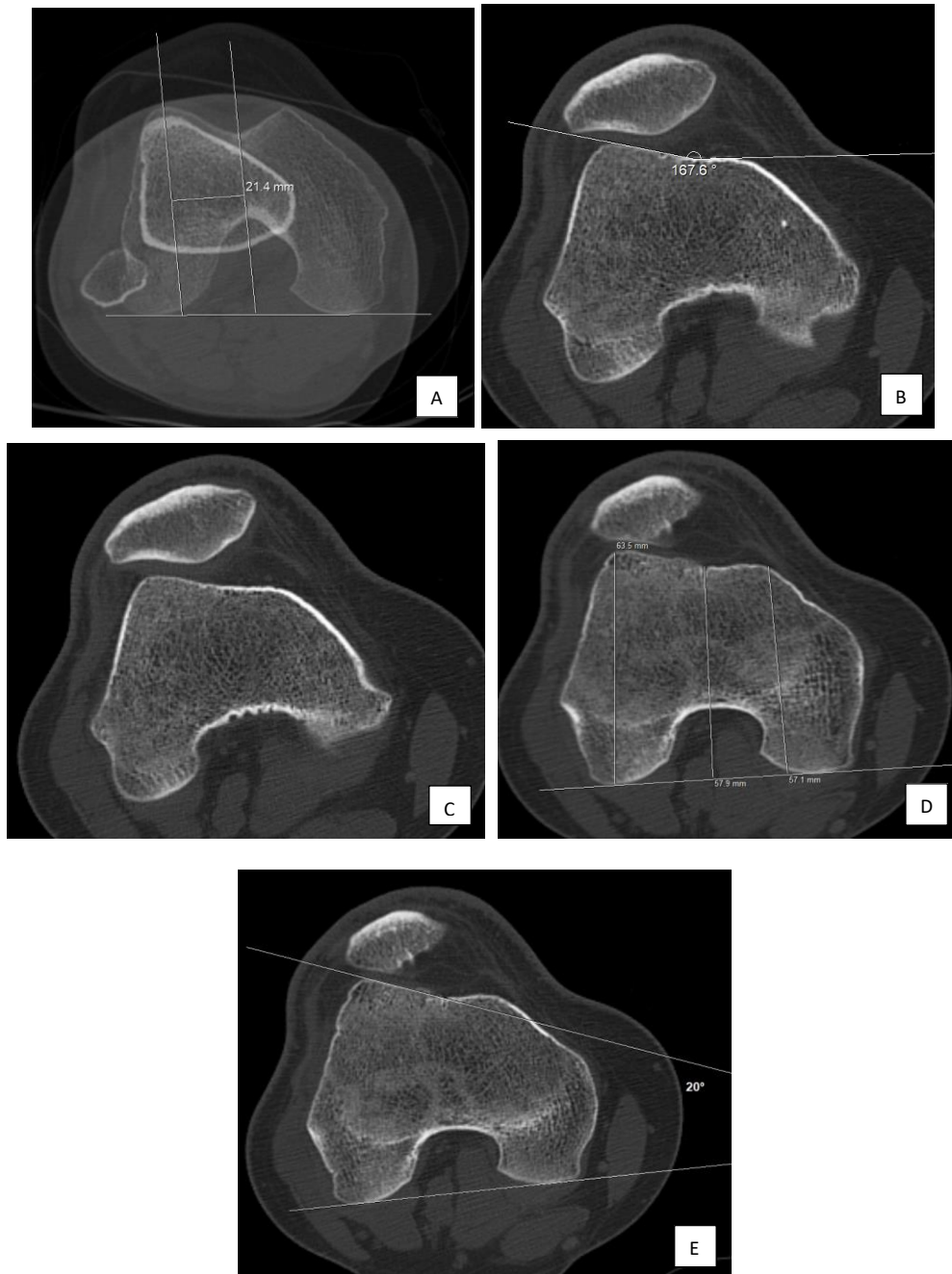
Les types I et II sont des variantes de la normale, alors que le type III correspond à une dysplasie de la patella.

		
		
Type I	Type II	Type III
2 facettes égales	Facette interne concave et courte	Facette interne convexe et courte

[50, 63] Schéma des 3 types de patella.



Instabilité fémoro-patellaire secondaire à une dysplasie trochléenne (angle trochléen à 160, TAGT à 15 mm) et rotulienne (Rotule type 3 de Wiberg).



Dysplasie trochléenne associée à une dysplasie patellaire. TATG mesurée à 21 mm (A). Angle trochléen mesuré à 168° (B). Subluxation de la patella (C), avec facette interne convexe et courte, en rapport avec une patella type III de Wiberg. Profondeur de la trochlée mesurée à 2 mm (D). Pente latérale de la trochlée mesurée à 20° (E).

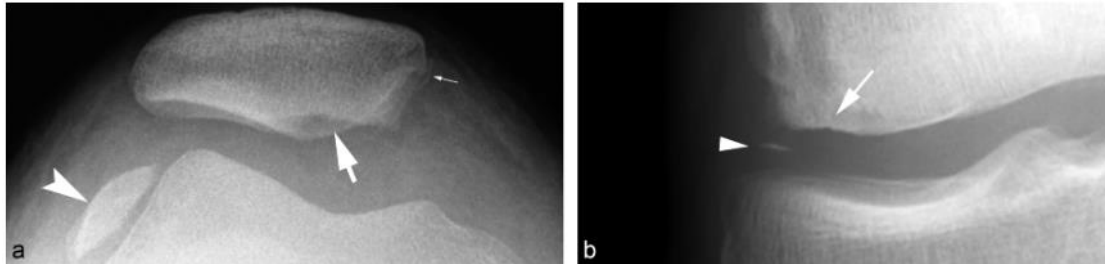
b. Autres

- Genu valgum, recurvatum
- Antéversion fémorale excessive
- Rotation externe fémorotibiale

2. Stigmates de luxation patellaire

- Fracture du bord médial de la patella ou avulsion du rétinaculum patellaire médial, à son insertion patellaire ou fémorale

- Fractures ostéochondrales de la crête patellaire, facette patellaire médiale et/ou latérale de la trochlée.
- Fracture ostéochondrale de la partie antéro-inféro-latérale du condyle fémoral latéral
- Présence de fragments osseux intra articulaires libres
- Atteinte des stabilisateurs médiaux de la patella : ligament fémoropatellaire médial, rétinaculum patellaire médial, partie distale du muscle vaste médial.



[50] Stigmates de luxation aiguë de la patella. a. Petite avulsion osseuse du bord médial de la patella (petite flèche), fragment ostéochondral libre en dehors du condyle fémoral latéral (tête de flèche) provenant de la crête patellaire (grande flèche). b. Fracture ostéochondrale de la partie antéro-inféro-latérale du condyle fémoral tibial (flèche) avec petit fragment ostéochondral libre en regard (tête de flèche).

IV. PATHOLOGIE ISCHEMIQUE :

1. Ostéonécrose

L'ostéonécrose est la conséquence d'une réduction ou d'une perte totale de l'apport sanguin à l'os. Le terme ostéonécrose du genou désigne 3 entités différentes: L'ostéonécrose spontanée ou mécanique du genou, l'ostéonécrose post arthroscopique ou post chirurgicale (caractéristiques très proches de l'ONM), et l'ostéonécrose secondaire du genou.

Presque tout oppose les ostéonécroses spontanées aux secondaires : le terrain, les facteurs de risque, la topographie et l'aspect en IRM différent nettement. Le seul point commun étant l'évolution radiographique possible vers la dissection et l'effondrement de la lésion.

A) Les ostéonécroses spontanées, ou de type mécanique (ONM) ou primitives.

C'est la forme d'ostéonécrose la plus fréquente du genou.

Elle correspond à la complication et décompensation de fractures de l'os sous chondral (le plus souvent fracture par insuffisance osseuse). En effet, l'accumulation d'impacts sur un os fragilisé, présentant des difficultés de réparation osseuse provoquerait une ischémie sous chondrale par perturbation vasculaire ou hyperpression intra osseuse en raison d'une accumulation de liquide articulaire (augmentation de la perméabilité du cartilage). L'œdème médullaire associé majore la pression intra-osseuse et l'ischémie sous-chondrale, aggravant à leur tour l'œdème médullaire. Ce cercle vicieux aboutit à la nécrose. Cette nécrose reste confinée à l'os sous-chondral situé entre la fracture et le cartilage. Si la revascularisation survient avant le collapsus, la radiographie peut rester normale (stade I) et les symptômes régressent rapidement. Si le collapsus survient, les espaces inter trabéculaires sont remplis de débris rendant la revascularisation précoce difficile

Cette entité est retrouvée essentiellement chez les femmes âgées de plus de 60 ans, sans facteur de risque classique d'ostéonécrose, ayant le plus souvent une faible densité minérale osseuse, avec un début de symptômes souvent brutal suite à un traumatisme ou à un banal faux mouvement. La lésion intéresse le plus souvent le pôle inférieur du condyle fémoral interne (territoire de contraintes maximales). Elle peut être associée à une arthrose, lésion méniscale ou ménisectomie (majoration des contraintes mécaniques sur l'os sous chondral).

L'aspect radiographique est généralement normal au début de la symptomatologie, puis après quelques semaines apparaissent de façon variable :

- Clarté sous chondrale entourée d'un halo sclérotique
- Condensation sous chondrale aspécifique
- Un méplat focalisé de la surface articulaire sous chondrale du condyle fémoral médial
- Collapsus épiphysaire focal
- Fragmentation voire libération de la zone nécrosée à l'origine de corps étrangers intra articulaire
- Compliquant une fracture sous chondrale avec réaction périostée.
- Plus tardivement : possible néoformation osseuse.

Sur la radiographie, la classification Koshino est parfois utilisée, soit :

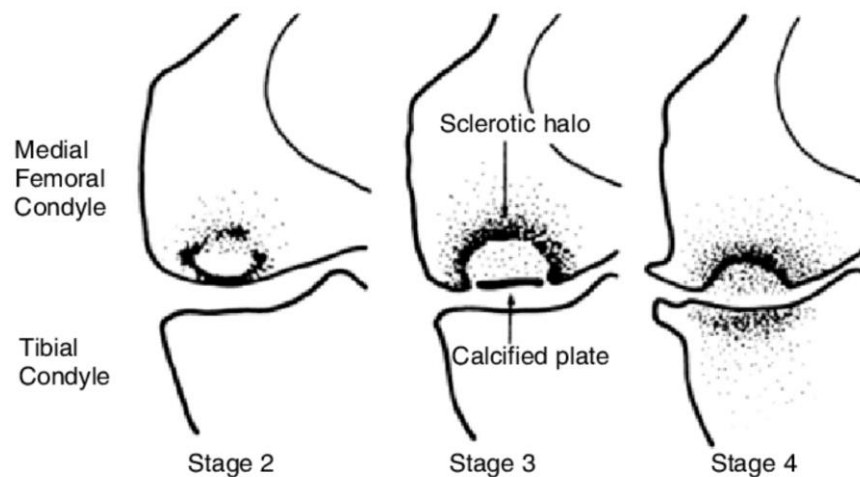
- Stade I : patient symptomatique mais radiographie normale.
- Stade II : radiotransparence dans la zone d'appui sous chondrale
- Stade III : zone claire élargie entourée de sclérose, effondrement osseux sous chondral
- Stade IV : ostéophytes et ostéosclérose sur condyle atteint

Le scanner n'est pas indiqué car sa sensibilité et sa spécificité sont faibles.

L'IRM représente l'outil d'imagerie de choix, permettant un diagnostic plus précoce qu'en radiographie. On y trouvera :

- Une bande sous chondrale caractéristique (correspondant à la clarté radiographique), de 2–4 mm d'épaisseur, fortement hypointense sur toutes les séquences, située en zone portante, non rehaussée après contraste. Cette bande est entourée d'un halo d'œdème médullaire. Il est nécessaire de préciser qu'il n'existe pas de liseré de démarcation, contrairement à l'ONS.
- Dissection sous chondrale remplie de liquide
- Stries hypointenses de l'os sous chondral au contact ou à distance de l'ONM, traduisant la présence de fines fractures et fissures de l'os trabéculaire et à du tissu nécrotique dégradé.
- Impaction de l'os sous chondral (méplat ou dépression focale du contour épiphysaire)
- Images kystiques de l'os sous chondral adjacent (plus rarement)
- Anomalies cartilagineuses dues au collapsus sous chondral.

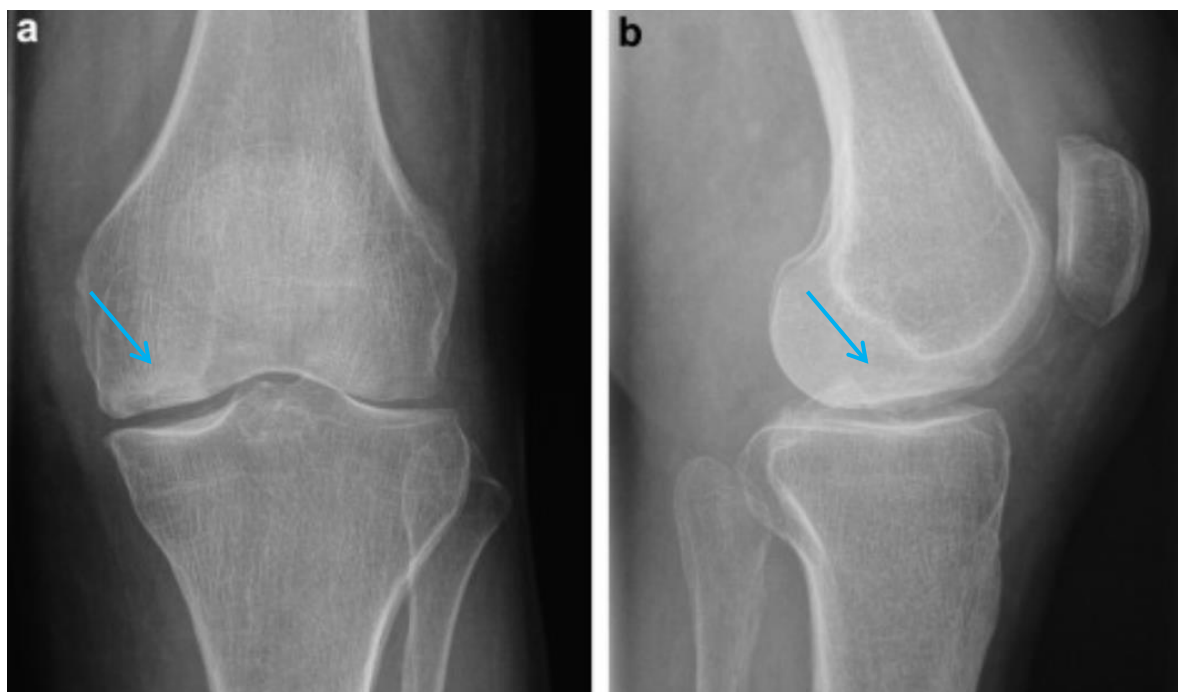
A la différence de la fracture, la nécrose de l'os sous chondral ne guérit pas.



[37] Classification de Koshino.



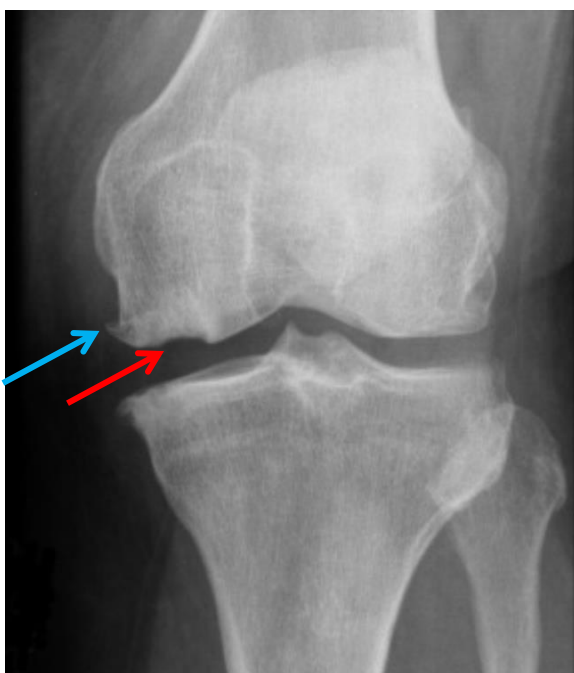
[36] Ostéonécrose mécanique du condyle fémoral médial avec transparence hétérogène de l'os sous chondral du condyle fémoral médial (flèche)



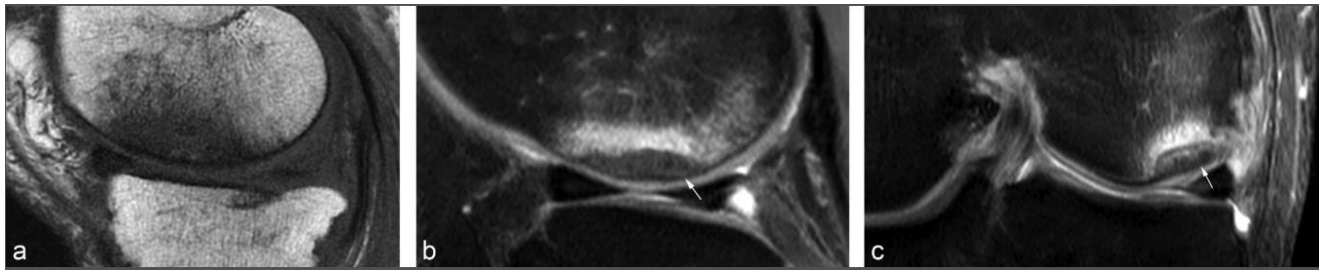
[37] Clarté sous chondrale du condyle fémoral médial entourée d'un liseré de sclérose, associé à un aplatissement du condyle fémoral médial.



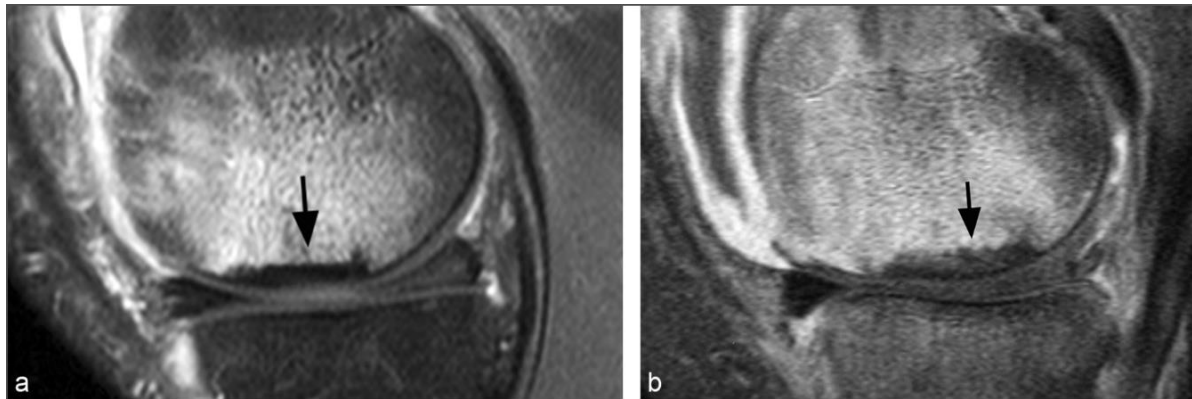
[37] Radioclarité ovale sous chondrale (flèche bleue) surmontée d'une plage d'ostéocondensation (flèche rouge) au niveau du condyle fémoral médial.



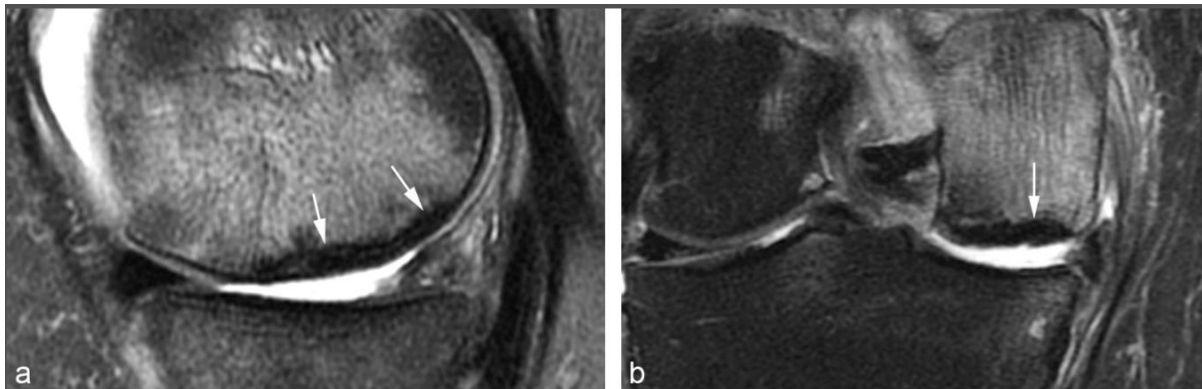
[37] Déformation et perte de substance osseuse (flèche rouge) associé à des signes d'arthrose (flèche bleue) (qui peuvent préexister ou apparaître dans l'évolution) du condyle fémoral médial.



[36] Ostéonécrose mécanique du condyle fémoral médial, hypointense sur toutes les séquences (flèche). Coupes sagittale pondérée en T1 (a), sagittale (b) et frontale (c) pondérées en DP.



[36] Ostéonécrose mécanique du condyle fémoral médial, hypointense sur toutes les séquences (flèche) : coupes sagittales pondérées en DP (a) et T1 après injection de gadolinium (b).

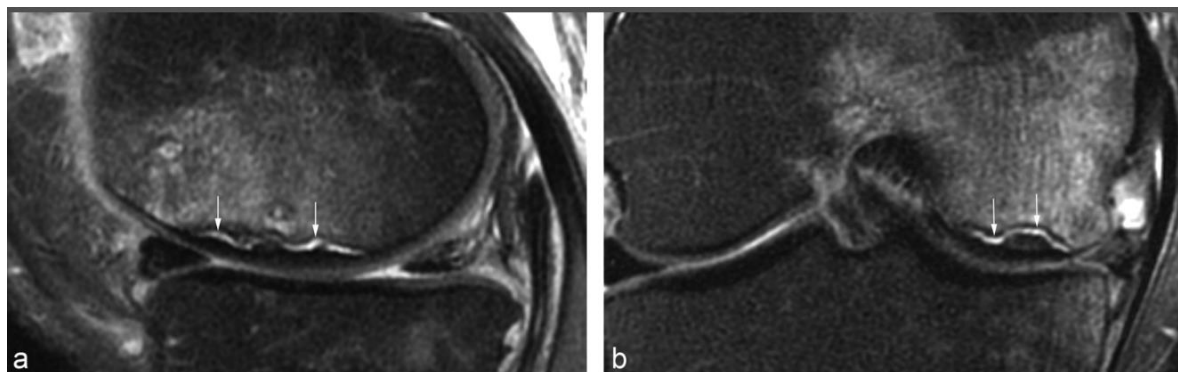


[36] Ostéonécrose mécanique du condyle fémoral médial, hypointense en pondération DP, très étendue, avec impaction de la surface articulaire (flèche) : coupes sagittale (a) et frontale (b)

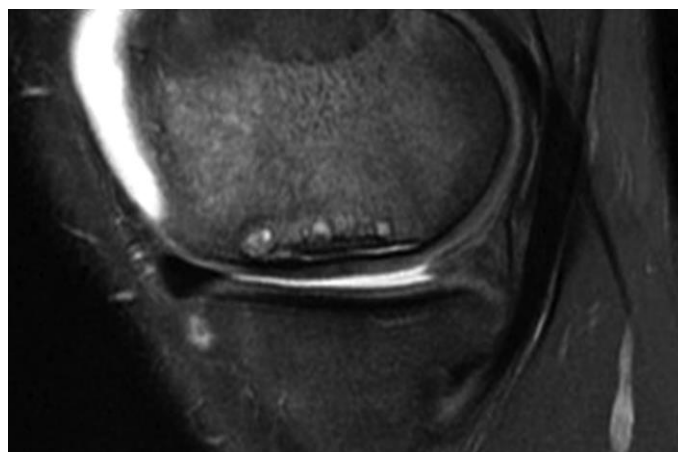


[36] Nécrose mécanique du condyle fémoral médial avec déformation osseuse sous chondrale et important œdème. (a, b) Coupes coronales DP FATSAT et T1 montrant la nécrose avec liseré en hyposignal sous chondral noyé dans l'œdème en T1. La

plaque osseuse sous chondrale est déformée, convexe vers le haut. Noter l'importance de la réaction œdémateuse dans les parties molles en dedans du LCM. (c) Coupe sagittale DP FATSAT montrant une plaque osseuse sous chondrale irrégulière faisant augurer une évolution athérogène.



[36] Ostéonécrose mécanique du condyle fémoral médial, avec clivage de signal liquidien (flèches) : coupes sagittale (a) et frontale (b) pondérées en DP.



[36] Ostéonécrose mécanique du condyle fémoral médial, avec clivage de signal liquidien et images kystiques de l'os sous chondral adjacent : coupe sagittale pondérée en DP.

B) Les nécroses de type systémique (ou aseptique ou secondaire)

Le genou représente la 3^{ème} localisation d'ostéonécrose systémique (ONS) en fréquence après la hanche et l'épaule, cependant, le genou est souvent environ 90 fois moins souvent affecté que la tête fémorale. Elle affecte habituellement des sujets à risque (corticothérapie, éthylisme, hyperuricémie, transplantation rénale, hémoglobinopathies type drépanocytose, maladie de Gaucher, lupus, suites d'une arthroscopie, radiothérapie, chimiothérapie, pancréatite, cirrhose).

Contrairement à l'ONM, elle peut aussi bien intéresser la région épiphysaire, métaphysaire ou diaphysaire, et est habituellement plurifocale (hanche, épaule, cheville) et bilatérale (plus de 80% des cas). Elle intéresse surtout le fémur, mais peut intéresser ou être associée à une atteinte tibiale ou plus rarement rotulienne. Pour l'atteinte épiphysaire fémorale, elle peut intéresser aussi bien le condyle interne qu'externe.

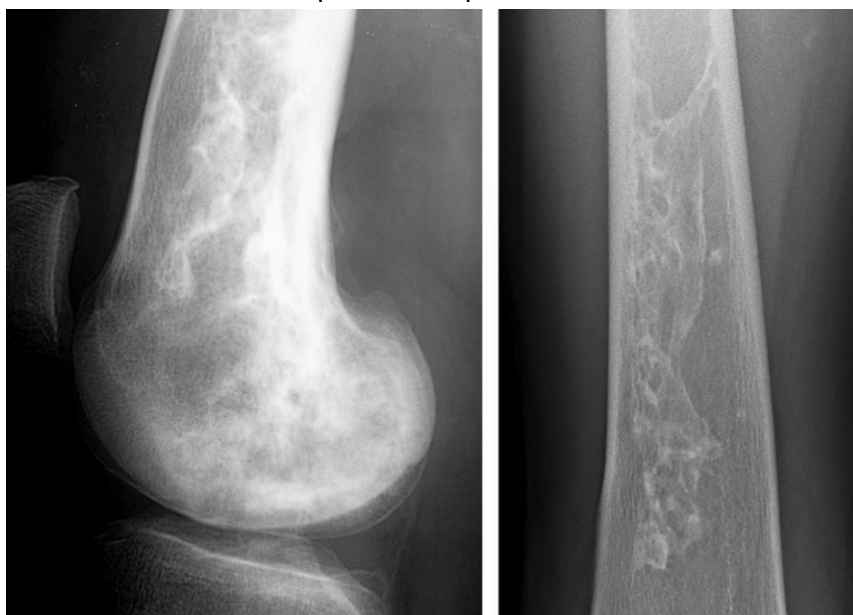
En radiographie, la sémiologie est superposable à celle de la tête fémorale. La radiographie peut être normale ou révéler :

- Des plages osseuses claires (zones infarcies) cerclées d'un liseré serpiginieux d'ostéocondensation en carte géographique. L'image en « coquille d'œuf » de la lame osseuse sous chondrale est évocatrice.
- Dépression avec perte de la sphéricité du contour épiphysaire
- Clarté sous chondrale en croissant, reflet d'une fracture sous chondrale, témoignant d'une ONS épiphysaire avancée
- Réaction périostée métaphysaire discrète
- Arthrose secondaire tardivement dans les formes évoluées.

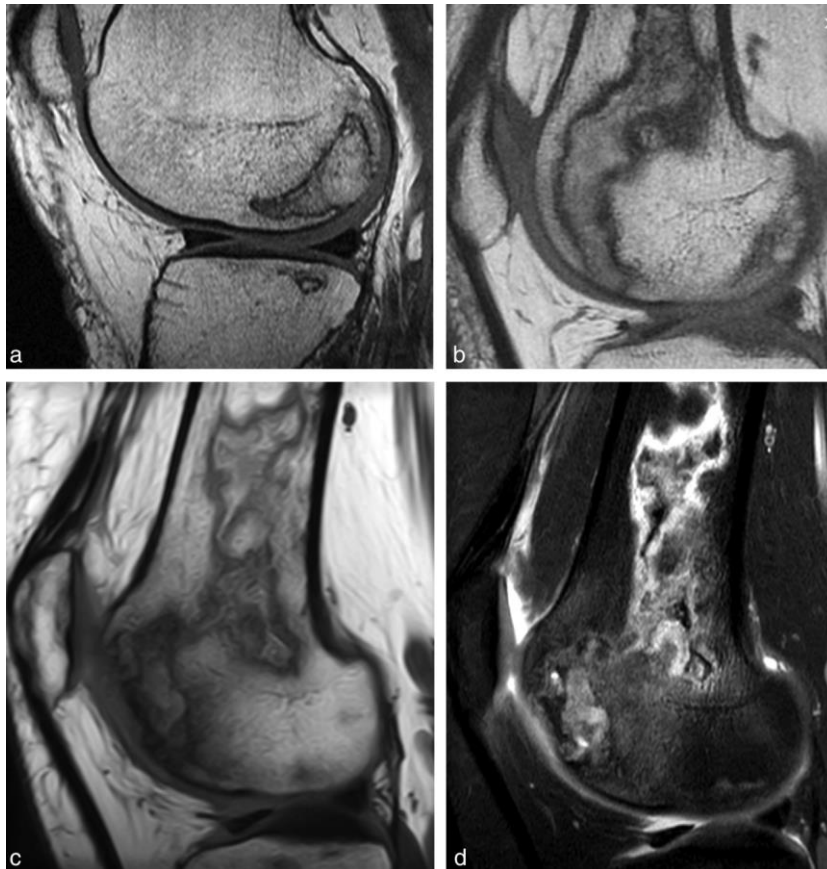
En IRM, on pourra trouver :

- Une lésion en carte géographique, présentant un signal médullaire de type graisseux +/- conservé, cerclée d'un liseré de démarcation périphérique caractéristique (interface entre le séquestre et l'os sain), en hyposignal T1, avec un double contour de Mitchell en pondération T2 (hypersignal interne (tissu de granulation) bordé d'un hyposignal périphérique (os sclérotique)). Ce double contour peut être absent sur les séquences avec saturation de la graisse vu qu'il est lié à un artefact de déplacement chimique.
- Œdème médullaire osseux
- Collapsus progressif de la nécrose épiphysaire, en association à la présence d'un œdème périlésionnel et d'une modification du signal de la nécrose dans les zones mécaniques de contrainte (iso/hypo/hypersignal T1 et T2)
- Fracture ou clivage au sein de la nécrose
- Epanchement articulaire

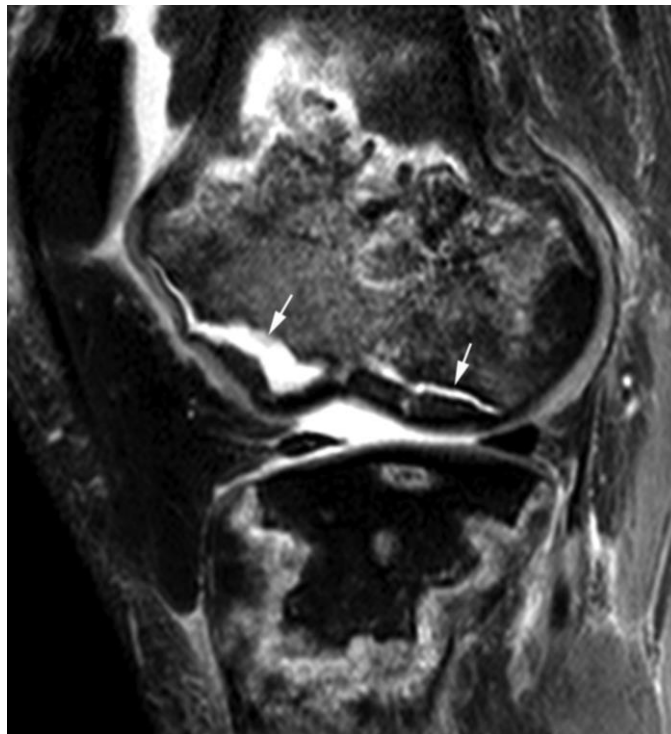
En ce qui concerne l'évolution, les lésions métaphysaires et diaphysaires sont de meilleur pronostic que les lésions épiphysaires. Une régression de ces lésions est possible. Les lésions de petite taille peuvent se stabiliser spontanément mais dans plus de 90% des cas, elles progressent. Les ONS des plateaux tibiaux sont à faible risque de collapsus.



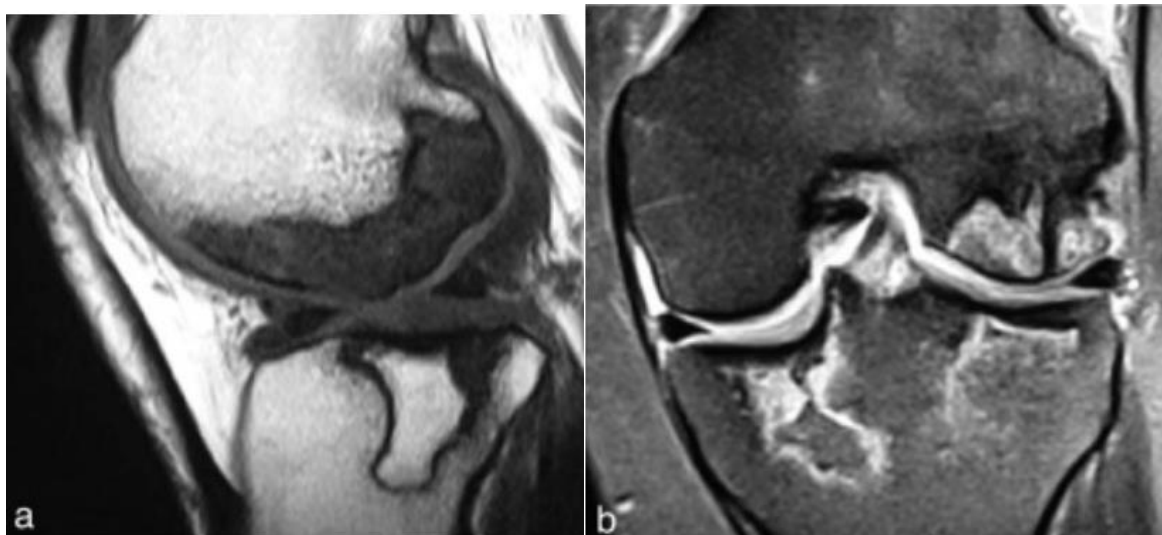
[36] Ostéonécrose systémique du genou (patients différents). Noter le liseré de démarcation ostéocondensé et l'aspect morphologique en carte géographique des lésions.



[36] Ostéonécrose systémique affectant l'épiphyse sans (a, b) et avec impaction (c, d) de la surface articulaire : coupes sagittales pondérées en T1 (a, b, c), et DP (d) (patients différents).



[36] Ostéonécrose systémique du condyle fémoral médial très étendue, avec clivage de signal liquidien (flèches) : coupe sagittale pondérée en DP. Notez la nécrose tibiale associée.



[36] Ostéonécrose aseptique typique multifocale chez une patiente présentant un lupus. (a) Coupe sagittale T1 montrant une nécrose épiphysaire fémorale et tibiale latérale. (b) Coupe coronale T2 FATSAT montrant en plus une localisation tibiale médiale.

2. Ostéochondrite disséquante

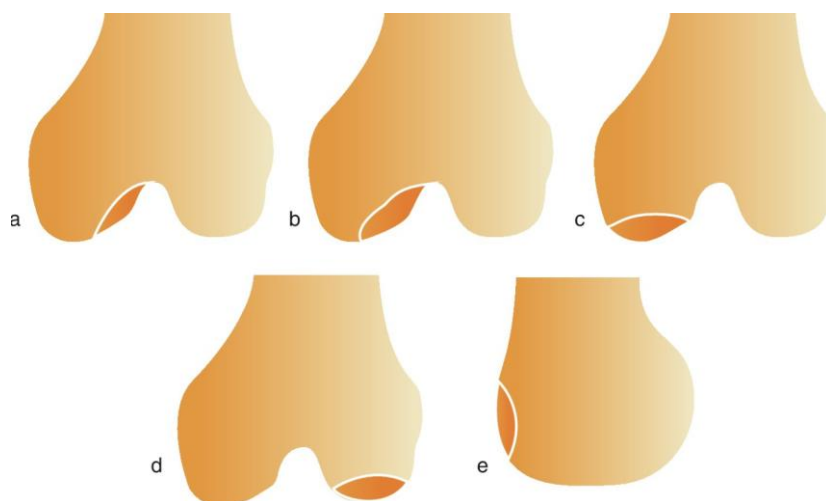
Il s'agit d'une nécrose de l'os sous chondral et du cartilage en regard, avec séparation aseptique du fragment ostéochondral, et fragmentation progressive de la surface articulaire. Il s'agit d'une pathologie qui affecte typiquement le grand enfant, l'adolescent et l'adulte jeune (2^{ème} – 4^{ème} décennie), essentiellement de sexe masculin, et représente la pathologie cartilagineuse la plus fréquente chez l'enfant, surtout sportif. En effet, la plaque de croissance, pathognomonique du squelette immature, confèrent à l'os une certaine fragilité. C'est pourquoi les enfants et adolescents sont plus à risque que les adultes de développer cette pathologie.

L'ostéochondrite disséquante (OCD) juvénile est de meilleur pronostic que celle de l'adulte jeune. La majorité des patients adultes ont, en réalité, eu des OCD de l'enfance non soignés.

La maladie passe parfois inaperçue, de découverte fortuite tardive. La cicatrization spontanée a d'autant plus de chance de se produire que le sujet est jeune. Non traité, l'OCD peut entraîner la formation de corps étrangers intra articulaires, et prédisposer le patient au développement précoce d'une arthrose.

A) Topographie :

Le genou est l'articulation la plus fréquemment affectée par l'OCD (devant le talus et le coude). Elle affecte typiquement la partie latérale du condyle fémoral médial, en zone non portante, près de l'échancrure intercondyalaire, typiquement dans son 1/3 moyen ou postérieur. Elle peut toucher également le condyle fémoral latéral (en zone portante, au niveau de la région inférocentrale), la trochlée fémorale ou la patella. Elle peut être bilatérale dans 20% des cas.



[36] Topographie des OCD du genou selon Aichroth. Condyle fémoral médial : atteinte de sa partie latérale en zone non portante (a), atteinte plus étendue (b), atteinte de la zone portante (c), atteinte du condyle fémoral latéral (d), atteinte antérieure (e).

B) Etiologie :

Le terme ostéochondrite est incorrect car aucun processus inflammatoire ne semble impliqué. Il devrait être remplacé par ostéochondrose. La cause de la séparation de ce fragment ostéochondral a fait l'objet de multiples théories, et est probablement multifactorielle (traumatisme et microtraumatisme par hypersollicitation, vasculaire, prédisposition familiale (cas de formes familiales dans la littérature), embolie graisseuse).

La physiopathologie traumatique s'expliquerait ainsi [41] : un traumatisme focal ou l'accumulation de contraintes seraient responsables d'une hypo vascularisation locale, provoquant une nécrose sous chondrale : l'ostéochondrite. Si la revascularisation tarde à se faire, la lésion évolue vers le détachement d'un fragment ostéochondral dans l'espace intra articulaire : le fragment sera dit « instable » (in situ ou déplacé) et la maladie « disséquante ». A court terme, la plainte principale sera la survenue de blocages, à long terme, ce seront des douleurs en rapport avec une arthrose. L'évolution jusqu'au statut instable sera surtout observée chez l'adulte car la cicatrisation y est beaucoup plus précaire.

C) Radiographie :

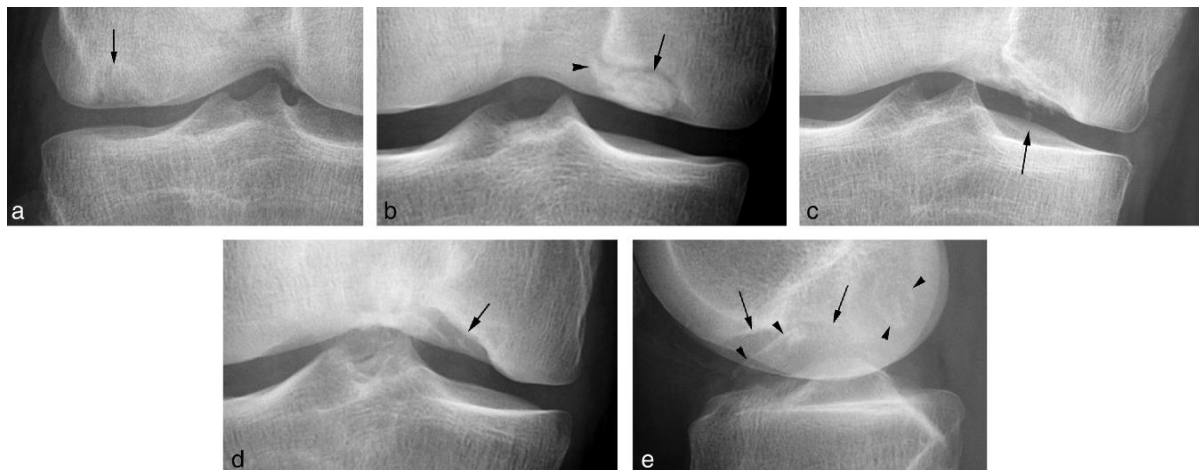
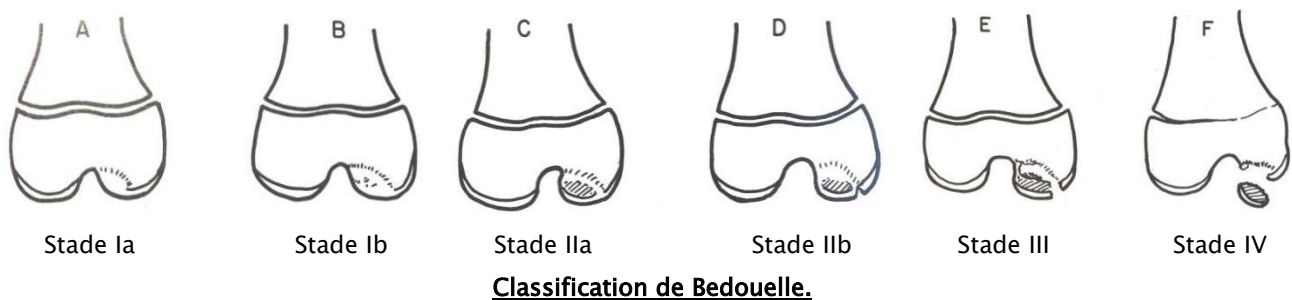
Le bilan inclus des incidences de face, de profil et en schuss (meilleure détection des OCD de la partie postérieure du condyle fémoral médial). Une incidence fémoropatellaire peut être réalisée si suspicion d'OCD au niveau de cette articulation.

Les radiographies initiales peuvent être normales. Par la suite, on recherchera :

- Un léger aplatissement du condyle fémoral
- Une clarté sous chondrale linéaire, aux limites irrégulières, sans interruption de la lame osseuse sous chondrale (stade I), ne contenant pas (Ia) ou contenant (Ib) des calcifications irrégulières

- Un fragment osseux sous chondral normal ou sclérotique (nodule condensé), séparé de l'os adjacent par une clarté linéaire (stade II). Le fragment est bien logé dans sa niche (IIa), ou est un peu décalé vers le bas, faisant suspecter une fissure du cartilage (IIb).
- Un fragment osseux sous chondral irrégulier, fragmenté (image en grelot), un peu décalé par rapport à la surface articulaire adjacente (stade III)
- Une niche vide (fragment libéré) dont les contours sont condensés et contiennent parfois des images de type kystique, avec fragment libre intra articulaire.

La topographie de l'ostéochondrite doit être précisée de face et de profil (1/3 antérieur en avant de la ligne de Blumensaat, 1/3 moyen entre cette ligne et celle prolongeant la corticale postérieure du fémur, 1/3 postérieur en arrière de cette dernière ligne).

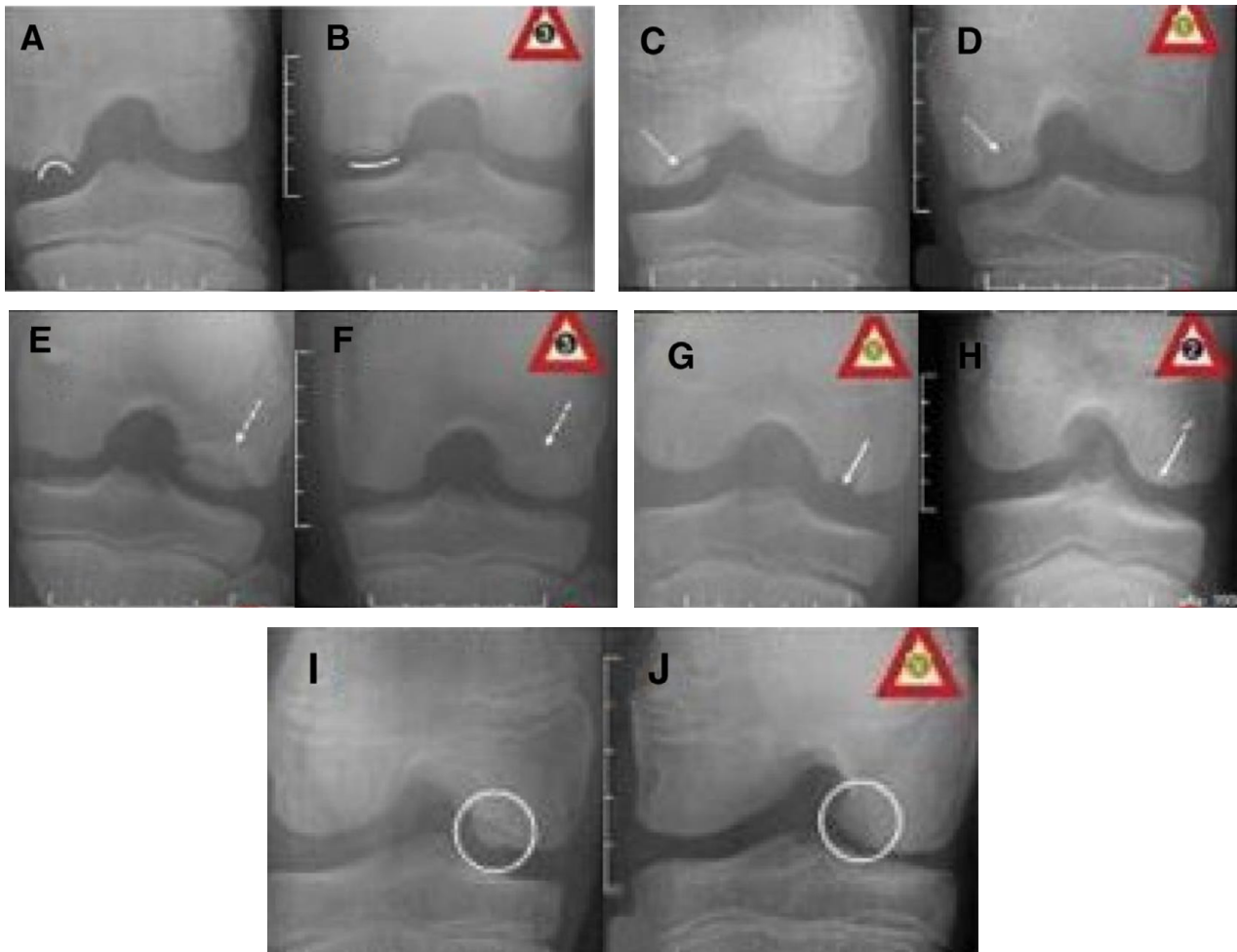


[36] Ostéochondrite disséquante en radiographie (patients différents). a. Clarté sous chondrale sans interruption de la lame osseuse sous chondrale (flèche) b. Image de séquestre au sein de sa niche, avec discret décalage du fragment (tête de flèche) c. Fragment osseux sous chondral irrégulier, fragmenté (image en grelot) d.e. Niche « vide » (flèches) avec un fragment libre et un en voie d'expulsion (têtes de flèches).

Wall et al [41] ont évalué la fiabilité de 5 critères radiologiques permettant d'apprécier l'état de cicatrisation des lésions :

- La forme de la surface articulaire : concave (A), convexe (B).
- L'aspect des limites lésion/os sain : plus (C) ou moins apparente (D)
- La présence de sclérose : halo hyperdense au niveau de l'os sain avoisinant : plus (E) ou moins (F) sclérosé.
- L'ossification : quantité d'os néoformé au sein de la lésion : lacune (G), ossifié (H).

- L'état global de la cicatrisation : peu (I), complètement (J) cicatrisé.
- La taille de la lésion : longueur, largeur, profondeur.



C) Scanner :

Malgré son excellente résolution spatiale permettant une bonne délimitation de la lésion, il est incapable d'évaluer les capacités de guérison potentielle de la lésion.

L'arthroscanner pour étudier les anomalies des surfaces cartilagineuses. Si intactes, la lésion est stable. La fissure du cartilage signe l'instabilité de la lésion (passage de PDC à la périphérie du séquestre).

D) IRM :

L'IRM est la modalité de choix, et est réalisée en cas de doute en radiographie, ou à visée préopératoire. L'injection de gadolinium n'est pas indispensable, mais peut être utile afin de différencier le liquide et le tissu de granulation. La présence de ce dernier pourrait signer la guérison. Elle sert aussi à évaluer l'irrigation sanguine du fragment osseux et sa stabilité. La réalisation d'une arthro-IRM peut améliorer la précision de l'évaluation du revêtement cartilagineux et la détection de corps étrangers intra articulaires de petite taille.

On analysera 5 principales zones :

- Revêtement cartilagineux : On cherchera notamment une fissure du cartilage en regard de la zone de démarcation.
- Fragment ostéochondral :
 - o La forme de l'OCD, en général semi ovale ou semi circulaire, relativement bien délimitée de l'os adjacent
 - o Son signal est en général hypointense en T1, et hétérogène en T2, mais avec une prédominance en hyposignal.
 - o Son rehaussement après injection indique que le fragment est complètement ou presque complètement perfusé, ce qui témoigne d'un processus de réparation active. Détail à préciser obligatoirement car il prédit le pronostic (viabilité du fragment ou pas).
 - o Le séquestre osseux est en hyposignal T1 et hypersignal T2, parfois entouré d'une bande hypoT1 et T2.
 - o Il faut toujours préciser la topographie de ce fragment. A noter que la séquence T2* peut aider à visualiser le fragment ostéochondral déplacé.
- La zone périphérique de démarcation : entre le fragment et la niche épiphysaire est toujours en hyposignal T1, et fréquemment en hypersignal T2. L'injection permettra de différencier un tissu de granulation vascularisé de la présence de liquide insinué entre le fragment et les bords de la niche. Cet espace de démarcation peut aussi présenter un aspect en 3 bandes (hypersignal T2 central bordé d'hyposignaux, témoignant d'un clivage entre la niche et le fragment).
- Le fond de niche : Un défaut ostéochondral focal rempli de liquide articulaire indique un détachement complet du fragment.
- Le signal de l'os adjacent à la niche : on peut observer des images pseudo kystiques arrondies sous la lésion et un œdème plus étendu. Chez l'adolescent, il faut que le kyste soit de plus de 5 mm de diamètre ou qu'il y en ait plusieurs.

Les 5 signes classiques d'instabilité décrits en IRM pour l'OCD juvénile sont :

- Liseré en hypersignal T2 liquidien entourant le fragment osseux + liseré plus profond en hyposignal sur l'os adjacent.
- Ruptures multiples de l'os sous chondral
- Kystes multiples ou kystes simples de plus de 5 mm de diamètre
- Niche osseuse remplie de liquide articulaire.
- Trait de fracture / fissuration du cartilage articulaire en hypersignal T2. La fissure du cartilage peut également être en hyposignal T2.

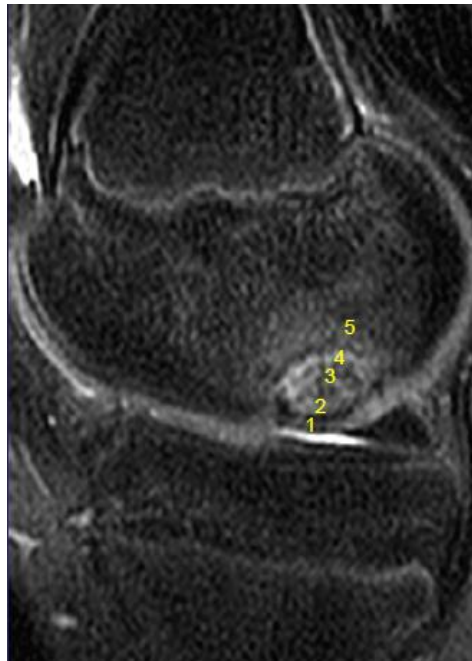
Les 4 signes IRM prédictifs d'instabilité dans l'OCD adulte :

- Fragment déplacé ou libéré dans l'articulation
- Fragment entouré d'un hypersignal T2
- Trait de fracture/ fissuration du cartilage articulaire en hypersignal T2.
- Kystes entourant l'OCD

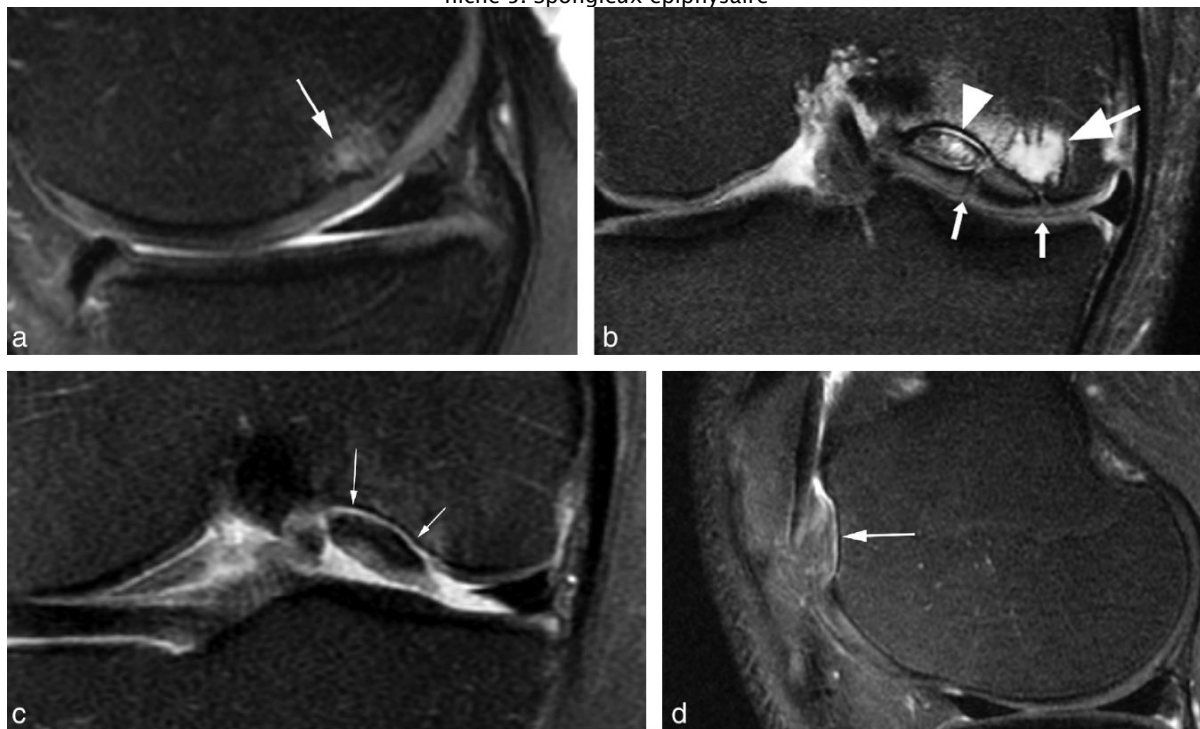
Les principaux facteurs prédictifs de stabilité sont la continuité du fragment avec l'os adjacent, sans liseré hyperintense, sans kyste ni fissuration du cartilage.

Les signes de guérison en IRM après traitement :

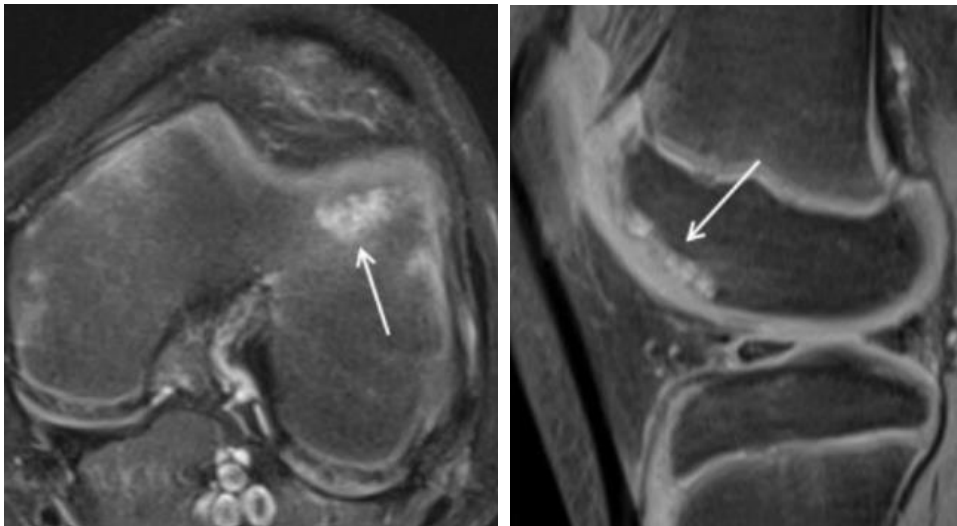
- Diminution de la taille de la lésion, kystes et œdème médullaire
- Augmentation du comblement osseux de la niche lésionnelle d'OCD
- Régularisation de la surface du cartilage articulaire



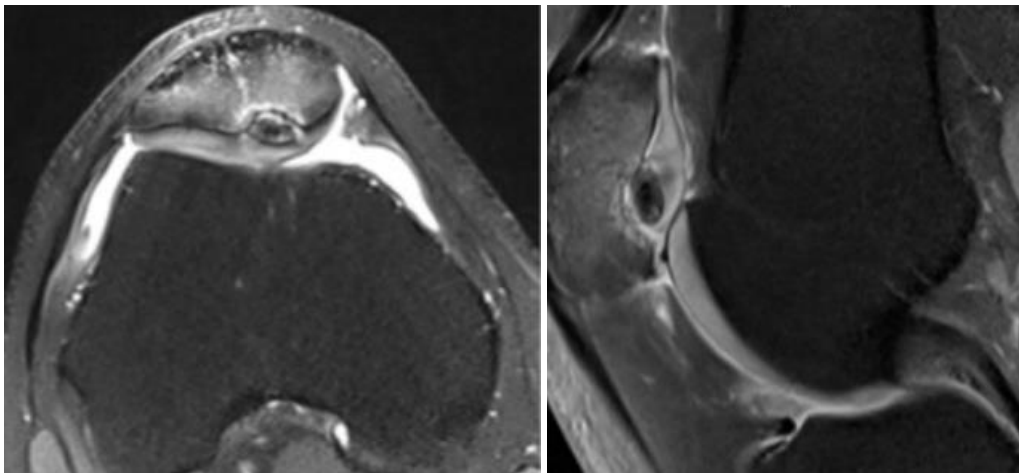
Différentes zones à étudier. 1. Revêtement cartilagineux. 2. Fragment ostéocondral 3. Interface fragment – niche 4. Fond de niche 5. Spongieux épiphysaire



[36] Ostéochondrite disséquante en IRM (patients différents). a) OCD de petite taille, stable. b) OCD instable, bordée d'une ligne de démarcation fortement hyperintense en T2 (tête de flèche), avec lésion kystique adjacente (grande flèche) et défauts focaux du cartilage (petites flèches). c) OCD instable, bordée d'une ligne de démarcation fortement hyperintense en T2 (flèches) et décalage de la surface articulaire. d) Image de niche vide (flèche).



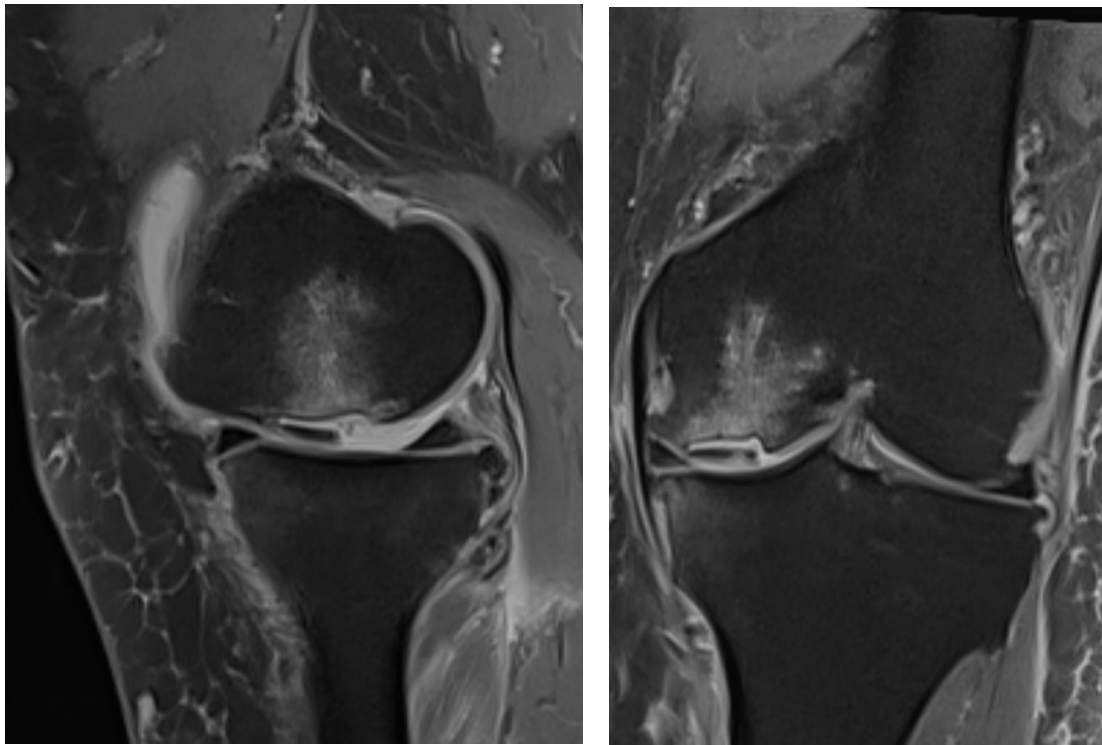
Coupe axiale et sagittale en DP FAT SAT. Ostéochondrite trochléenne (flèche) de petite taille, grade I, chez un adolescent.



Coupe axiale et sagittale en DP FATSAT. Ostéochondrite patellaire grade II chez un adulte jeune qui présente par ailleurs une dysplasie trochléenne avec saillie supra trochléenne et trochlée peu creusée.



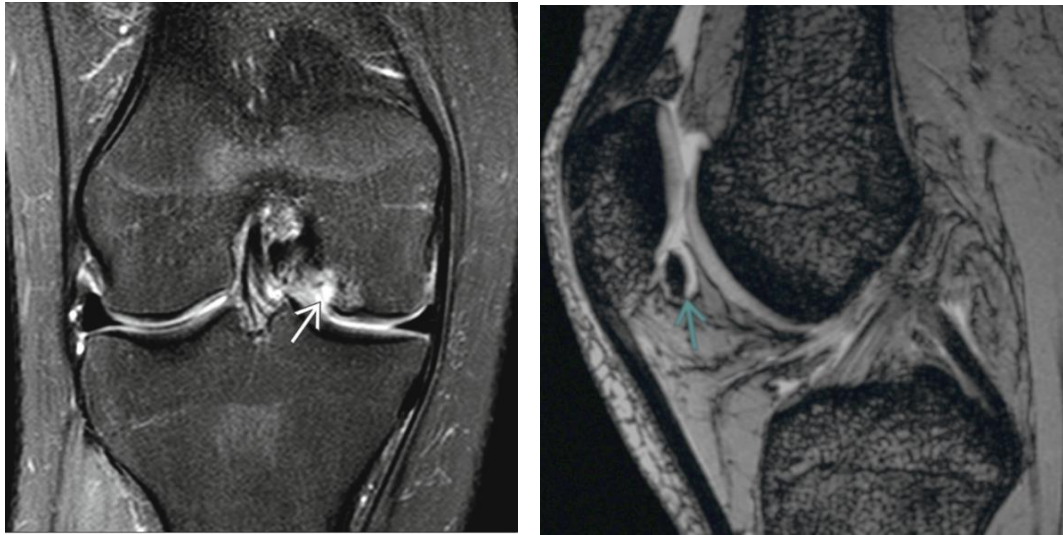
[41] IRM du genou en coupe sagittale en T2 : lésion d'OCD avec fragment détaché in situ, entouré de tissu interposé rehaussé séparant le fragment osseux du condyle fémoral interne.



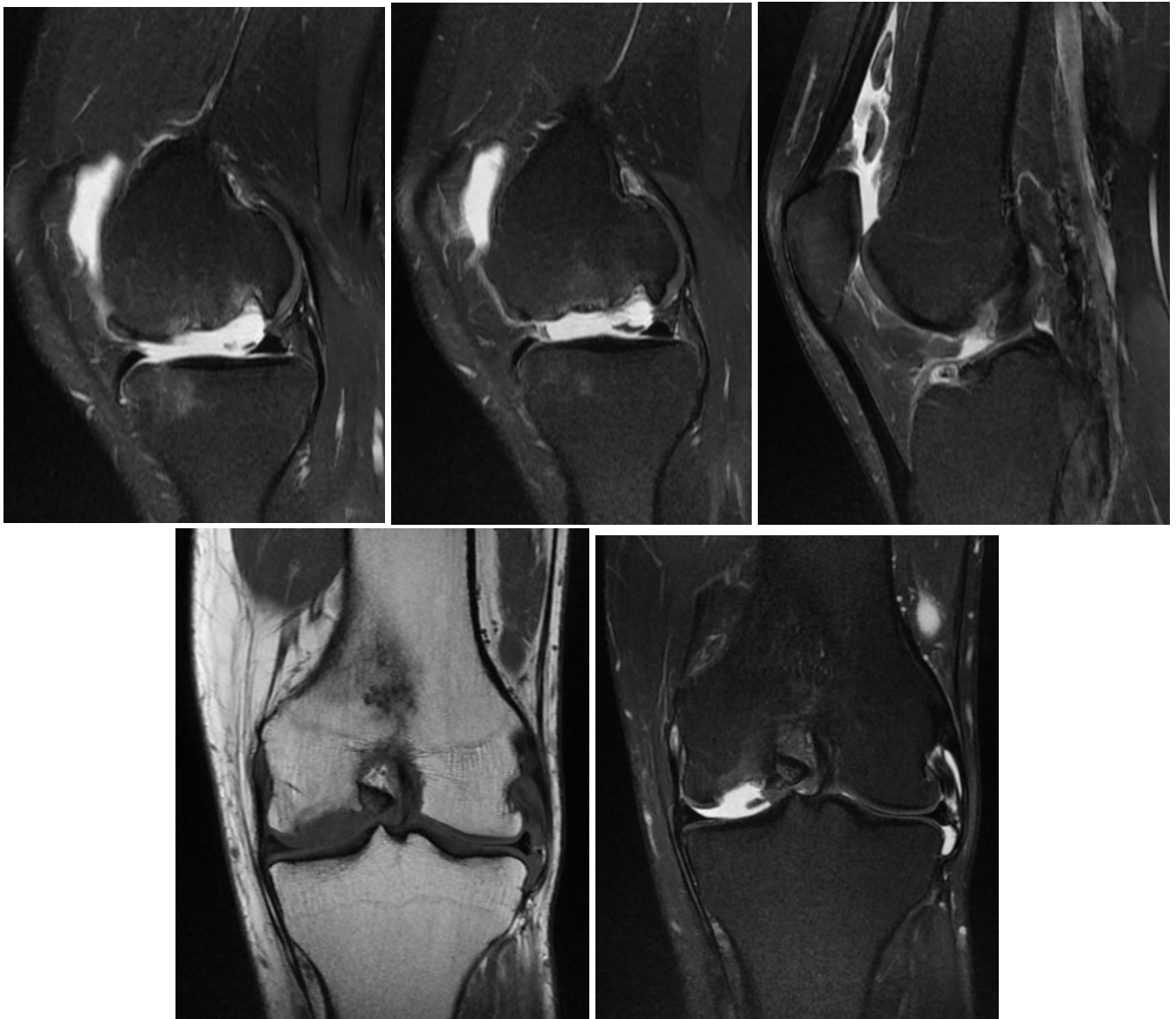
Ostéochondrite disséquante du condyle fémoral médial, avec détachement mais sans déplacement d'un fragment ostéochondral instable, classé grade III.



[40] IRM avec coupe coronale en T2 FATSAT, chez un patient de 15 ans, présentant une OCD avec un fragment ostéochondral du condyle fémoral interne, circonscrit par un signal de type liquidien (flèche fine), et une fissure en hyposignal du cartilage sous-jacent (flèche épaisse), traduisant une lésion instable.



[40] IRM avec A. coupe coronale en T2 FATSAT, présentant du liquide remplissant un défaut ostéochondral (flèche blanche) du condyle fémoral adjacent. B. coupe sagittale en T2* chez le même patient, montrant le fragment ostéochondral déplacé, visible en arrière de la surface articulaire inférieure de la rotule.



Patient de 26 ans, victime d'un traumatisme du genou. Défect ostéo-cartilagineux au niveau du condyle fémoral interne, rempli avec du liquide articulaire, avec séparation complète des fragments ostéochondraux, retrouvés au niveau de l'interligne articulaire et au

niveau du récessus sous-quadricepsal. Epanchement liquidien intra articulaire de moyenne abondance. Aspect en faveur d'une ostéochondrite disséquante du genou stade IV.

D) Diagnostic différentiel :

Des variantes de l'ossification enchondrale des condyles fémoraux peuvent mimer une OCD débutante stable. Ces variantes sont nettement plus fréquentes chez le garçon, sont asymptomatiques et disparaissent spontanément.

	OCD stable	Variantes d'ossification
Age	8-16 ans	2-10 ans (fille) 3-13 ans (garçon)
Pic de fréquence	11-14 ans	7-10 ans
Topographie	Condyle médial +++	CM = CL, 1/3 postérieur
Topographie aux condyles fémoraux	1/3 moy ou post Région latérale	1/3 moy Région inférocentrale
Revêtement cartilagineux	Fonction du stage	Toujours continu
Hypersignal T2 linéaire sous chondral (centre d'ossification enchondral secondaire)	Rompue	Continu
Œdème médullaire périphérique	Présent (90%)	Absent +++
Noyaux d'ossification accessoire	Possibles	Présents et souvent multiples
Aspect spiculé (plan frontal)	Absent	Possible
Angle de la lésion (plan coronal)	Sup 105°	Inf 105°

[36] Principaux éléments différentiels entre OCD et une variante d'ossification

Les autres diagnostics différentiels sont : l'ostéonécrose, la fracture ostéochondrale par impaction (un seul événement traumatique, emplacement différent d'une lésion typique d'OCD), et la fracture de stress ou par insuffisance de minéralisation.



[36] Variantes d'ossification au condyle fémoral médial chez un garçon de 12 ans : radiographie de profil (a) et coupe sagittale pondérée en T2 (b). Au condyle fémoral latéral chez un garçon de 7 ans : coupes sagittales pondérées en T1 (c) et T2 (d).

V. PATHOLOGIE INFECTIEUSE ET INFLAMMATOIRE :

1. Arthrite et ostéo–arthrite infectieuse

L'arthrite correspond à une infection intra articulaire causée par un micro–organisme. Cette infection peut s'étendre à l'os et au cartilage (ostéo–arthrite). Il s'agit d'une véritable urgence médico–chirurgicale. Le genou est atteint dans 1/3 des cas.

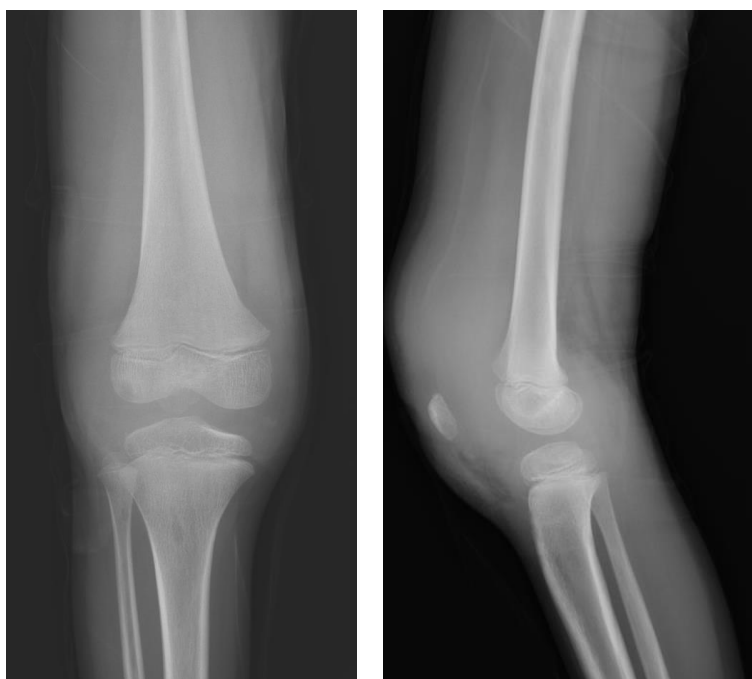
Les principales voies de contamination sont l'inoculation directe du germe, la propagation d'une infection osseuse de voisinage, et l'origine hématogène (bactériémie).

Les agents pathogènes les plus fréquents sont le staphylocoque, streptocoque, Haemophilus influenzae, gonocoque, et BGN. Les principaux facteurs de risque sont les extrêmes d'âge, le diabète, l'immunodépression, la drépanocytose, toxicomanie, les rhumatismes inflammatoires chroniques, les injections intra articulaires, et les prothèses.

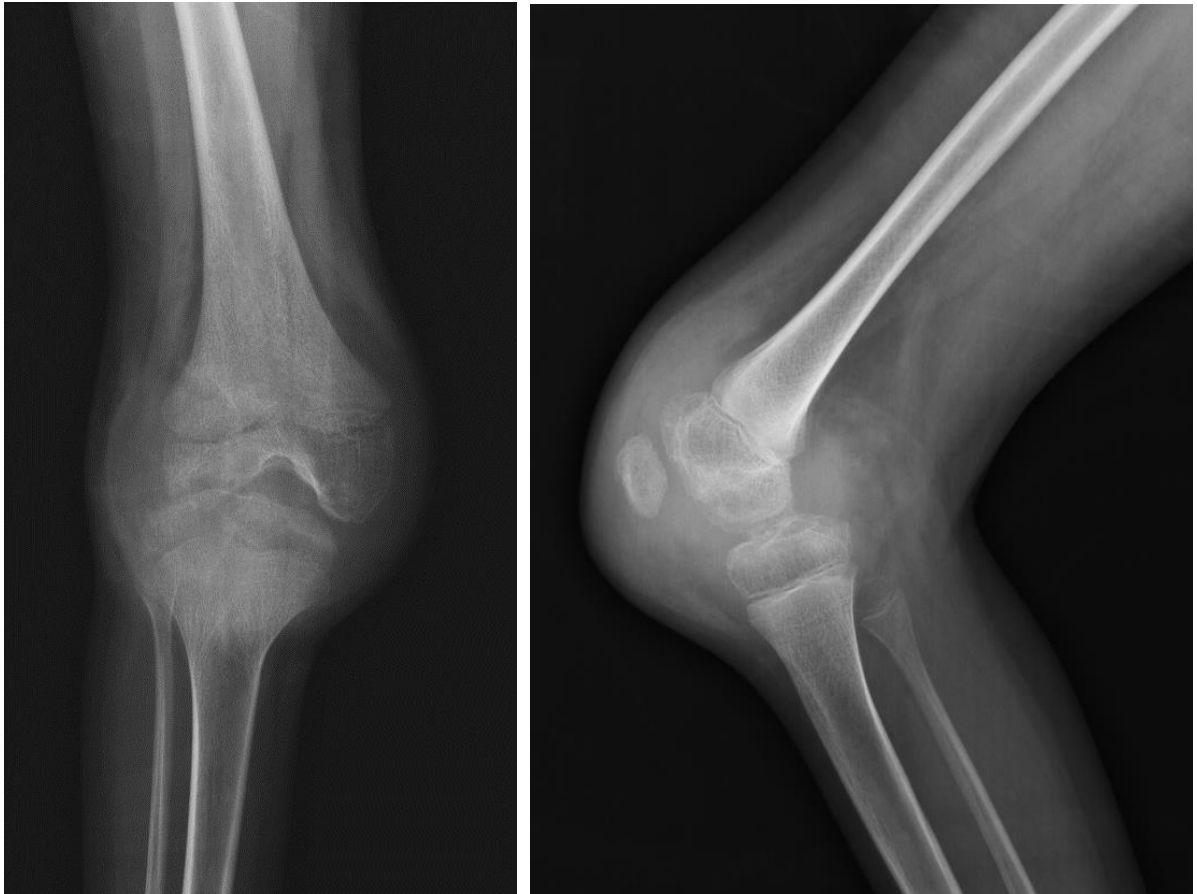
L'atteinte infectieuse du genou peut engager le pronostic vital, mais aussi fonctionnel, surtout chez l'enfant (arrêt de croissance, déformation, destruction articulaire, passage vers la chronicité).

La radiographie peut être normale au tout début, puis on recherchera :

- Une densification correspondant à des signes d'épanchement intra articulaire ou une infiltration des parties molles.
- Une déminéralisation osseuse au niveau des berges articulaires.
- Des érosions ou géodes de l'os cortical.
- Un élargissement de l'interligne articulaire au début secondaire à l'épanchement, puis rétrécissement de l'espace articulaire dû à la destruction du cartilage.
- Séquestre osseux dans les formes évoluées.
- Si non traitée, une sclérose juxta articulaire voire même une ankylose dans les cas les plus sévères peuvent se développer.

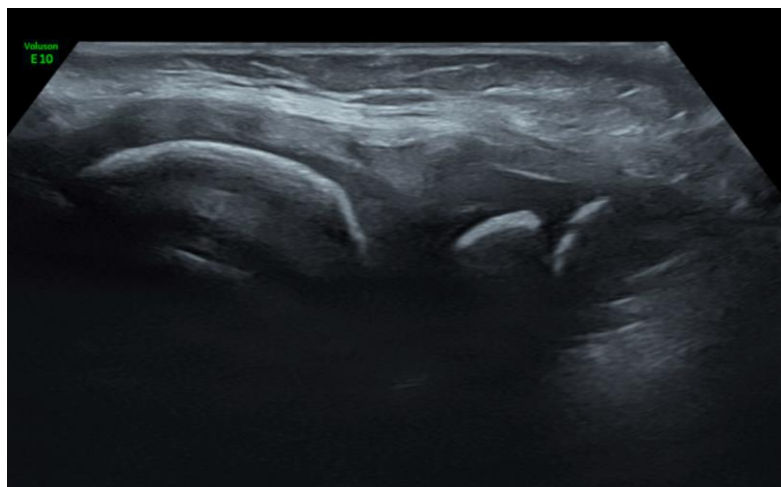


Radiographie de face et de profil d'un enfant de 8 ans, se présentant pour douleur du genou avec fièvre depuis 2 jour. Densification des parties molles avec déminéralisation osseuse focale au niveau du condyle fémoral externe, ainsi qu'un élargissement de l'interligne articulaire secondaire probablement à l'épanchement. 1203076



Radiographie de face et de profil chez un enfant de 7 ans, présentant une douleur du genou avec fièvre et signes inflammatoires clinico-biologiques. Densification des parties molles avec érosion du condyle fémoral externe, et pincement de l'interligne articulaire.

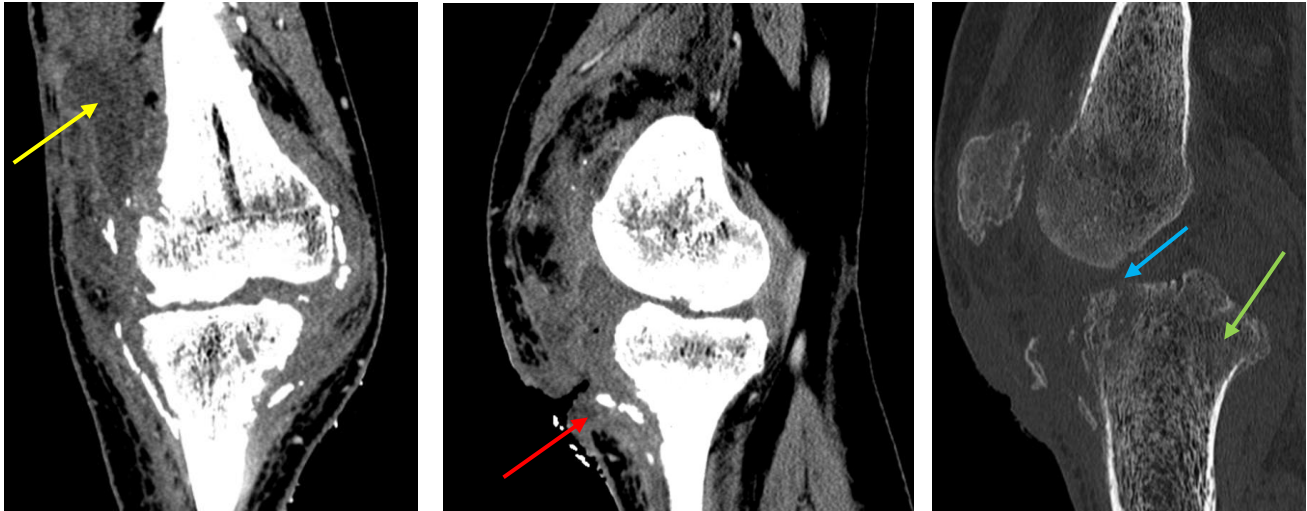
En échographie, on tâchera de rechercher un épanchement intra articulaire avec distension capsulaire et une synovite (épaississement et prise de l'encodage doppler correspondant à une hyperhémie). L'échographie sert également à la ponction articulaire.



Epanchement intra articulaire avec épaississement synovial et infiltration des parties molles du genou.

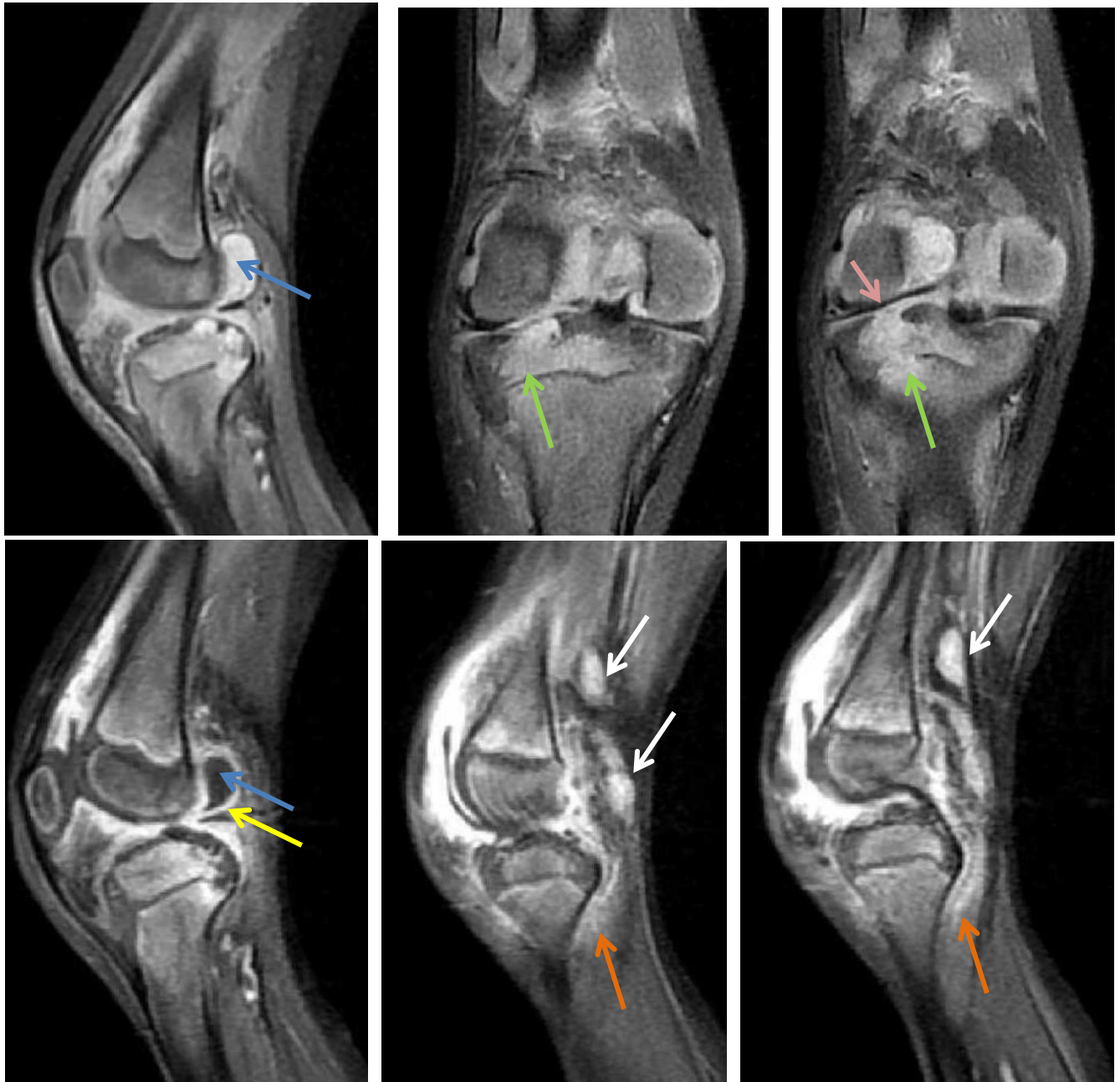
En scanner, on pourra trouver :

- Des collections intra articulaires avec prise de contraste synoviale.
- Des signes d'ostéite (érosion corticale floue, ostéolyse en sucre mouillé, séquestre osseux)
- Infiltration (cellulite) ou collection des tissus mous et des structures musculaires de voisinage.

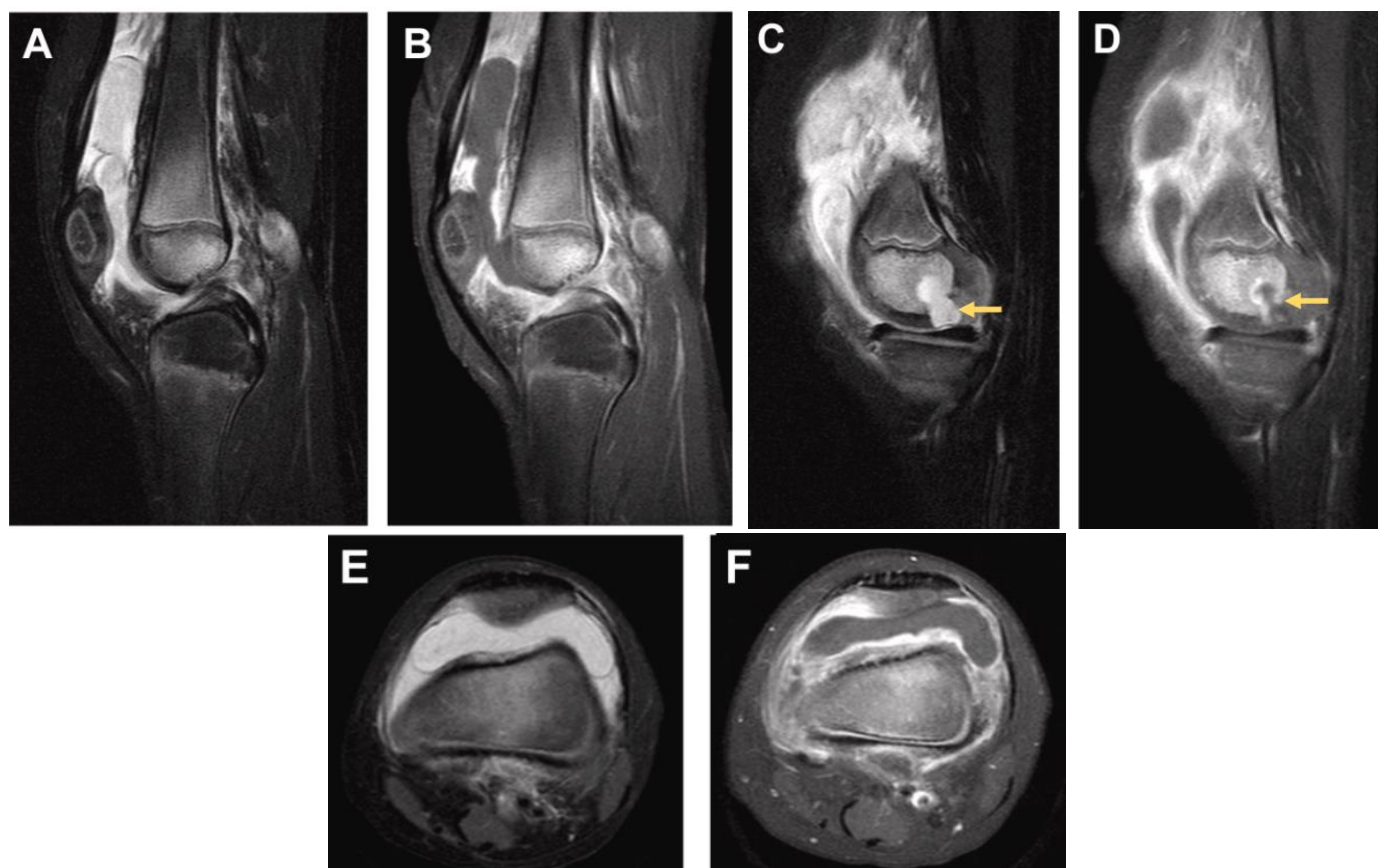


Patient de 20 ans, opéré pour instabilité du genou sur rupture du LCA. Présente une raideur en extension avec signes inflammatoires en regard du site opératoire. Individualisation de collections abcédées au niveau des parties molles du genou (flèche jaune). Aspect hétérogène et lysé de la médullaire osseuse (flèche verte), avec lyse corticale (flèche bleue), plus marqué au niveau de l'extrémité supérieure du tibia avec individualisation d'un défaut au niveau des parties molles antérieures du genou, correspondant à la voie d'abord chirurgicale, renfermant des séquestres osseux en leur sein (flèche rouge). Aspect faisant évoquer une ostéo-arthrite chronique du genou.

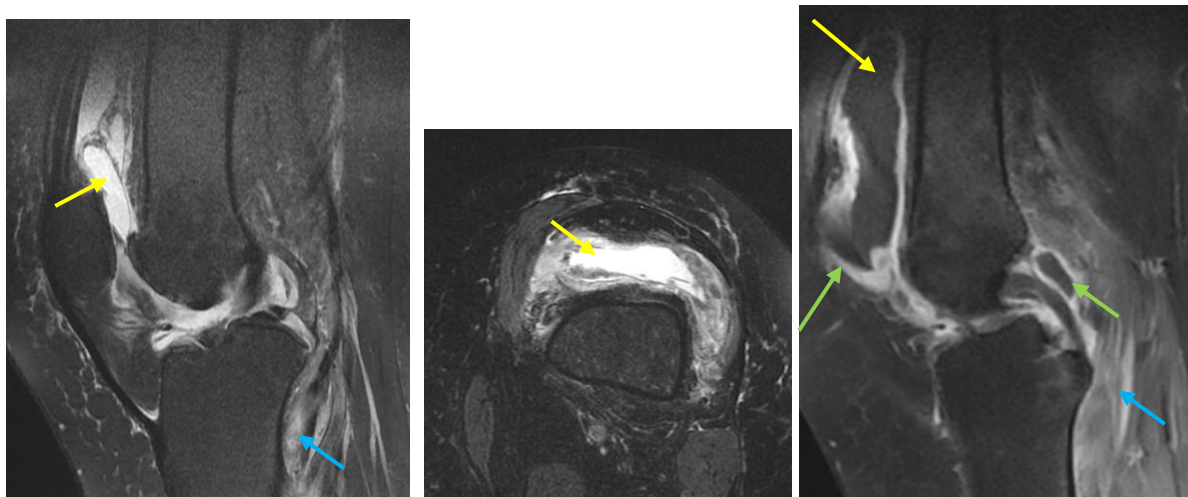
L'IRM présente un intérêt particulier, vu qu'il peut mettre en évidence de l'œdème osseux qui est un signe précoce. On recherchera également un épanchement articulaire avec prise de contraste synoviale, une infiltration des tissus mous péri articulaires, ainsi que des collections abcédées.



Patient de 6 ans, présentant un gonflement douloureux du genou droit, avec impotence fonctionnelle, fièvre et hyperleucocytose. IRM avec coupes sagittale (a) et coronales (b, c) en DP FATSAT et sagittale T1 injectée (d, e, f). Mise en évidence d'un épanchement intra articulaire (flèche bleue), avec épaissement important et rehaussement de la synoviale (flèche jaune). Présence également d'un œdème médullaire épiphysaire tibial proximal, principalement au niveau du plateau tibial latéral (flèche verte), avec brèche corticale (flèche rose). Il s'y associe la présence d'une infiltration œdémateuse des tissus mous environnants avec rehaussement musculaire (myosite, flèche orange) ainsi que des ADP au niveau de la fosse poplitée (flèche blanche)



Enfant de 5 ans, présentant une ostéo–arthrite du genou. Coupes sagittales en T2 FATSAT (A et C), et T1 FAT SAT après injection de gadolinium (B, D), axiale T2 FATSAT (E), et T1 FAT SAT injectée (F). Mise en évidence d'un épanchement intra articulaire avec épaissement et rehaussement synovial. Il s'y associe également la présence d'un abcès intra osseux épiphysaire fémoral distal (flèches en C et D), en rapport avec une ostéomyélite environnante, ainsi qu'un œdème et rehaussement des parties molles environnantes.



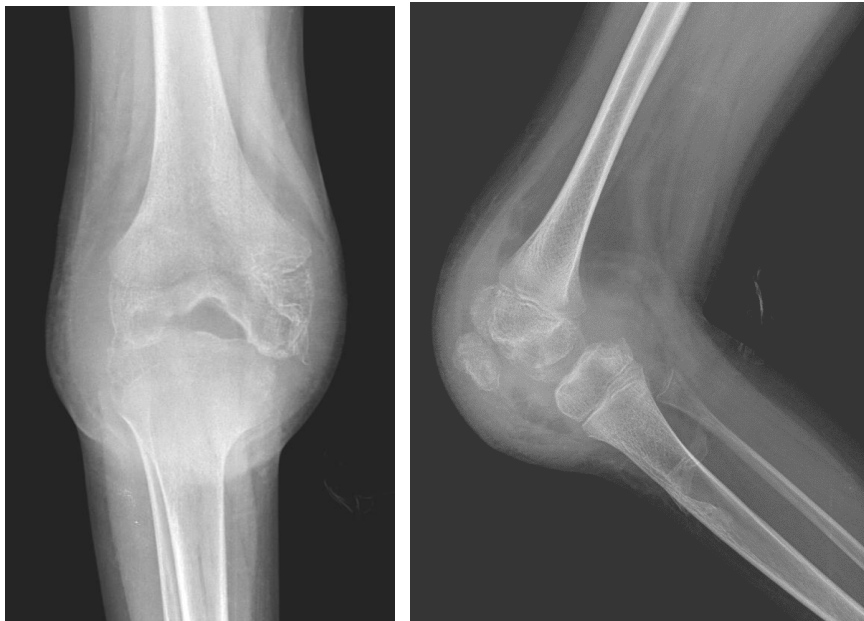
Patient de 50 ans, suivi pour spondylarthrite axiale, présentant une tuméfaction du genou gauche. IRM du genou en pondération DP FATSAT en coupes coronale (A), axiale (B), et en T1 FATSAT injecté (C). Mise en évidence d'un épanchement intra articulaire plus marqué au niveau du récessus sous–quadricipital (flèche jaune), associé à un important épaissement synovial intéressant les différents compartiments du genou, rehaussé de façon intense après contraste (flèche verte). Il s'y associe également une réaction inflammatoire des parties molles péri articulaires (flèche bleue). Images du service de radiologie du CHU Hassan II de Fès.

L'arthrite tuberculeuse résulte généralement d'une propagation hématogène ou plus souvent d'une ostéomyélite épiphysaire de voisinage, réalisant une atteinte mono–articulaire chronique

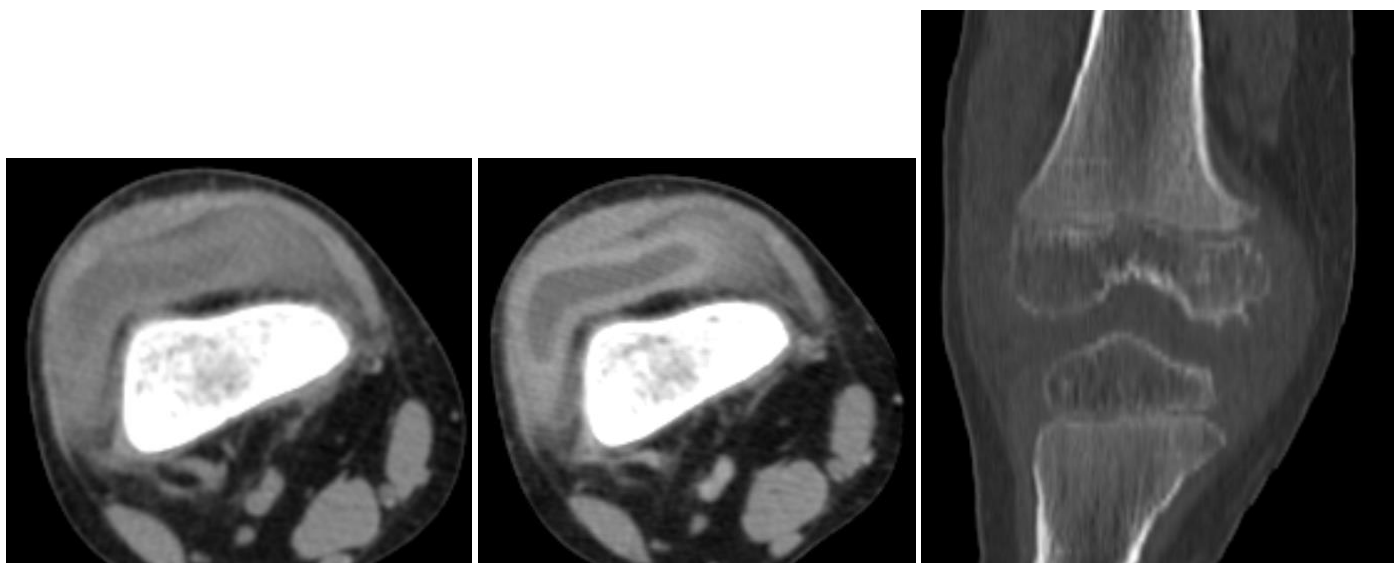
progressive. Au fil du temps, la mycobactérie envahit la synoviale, provoquant la formation d'un pannus confluent, qui peut éroder l'os secondairement.

L'hypertrophie synoviale dans l'arthrite tuberculeuse est en hyposignal T2, ce qui peut aider à réduire les diagnostics possibles. En effet, les affections pouvant provoquer une hypertrophie synoviale hypoT2 sont la goutte (atteinte polyarticulaire), la tumeur à cellules géantes téno-synoviales, l'amylose (contexte d'insuffisance rénale chronique), et les synovites sidérotiques.

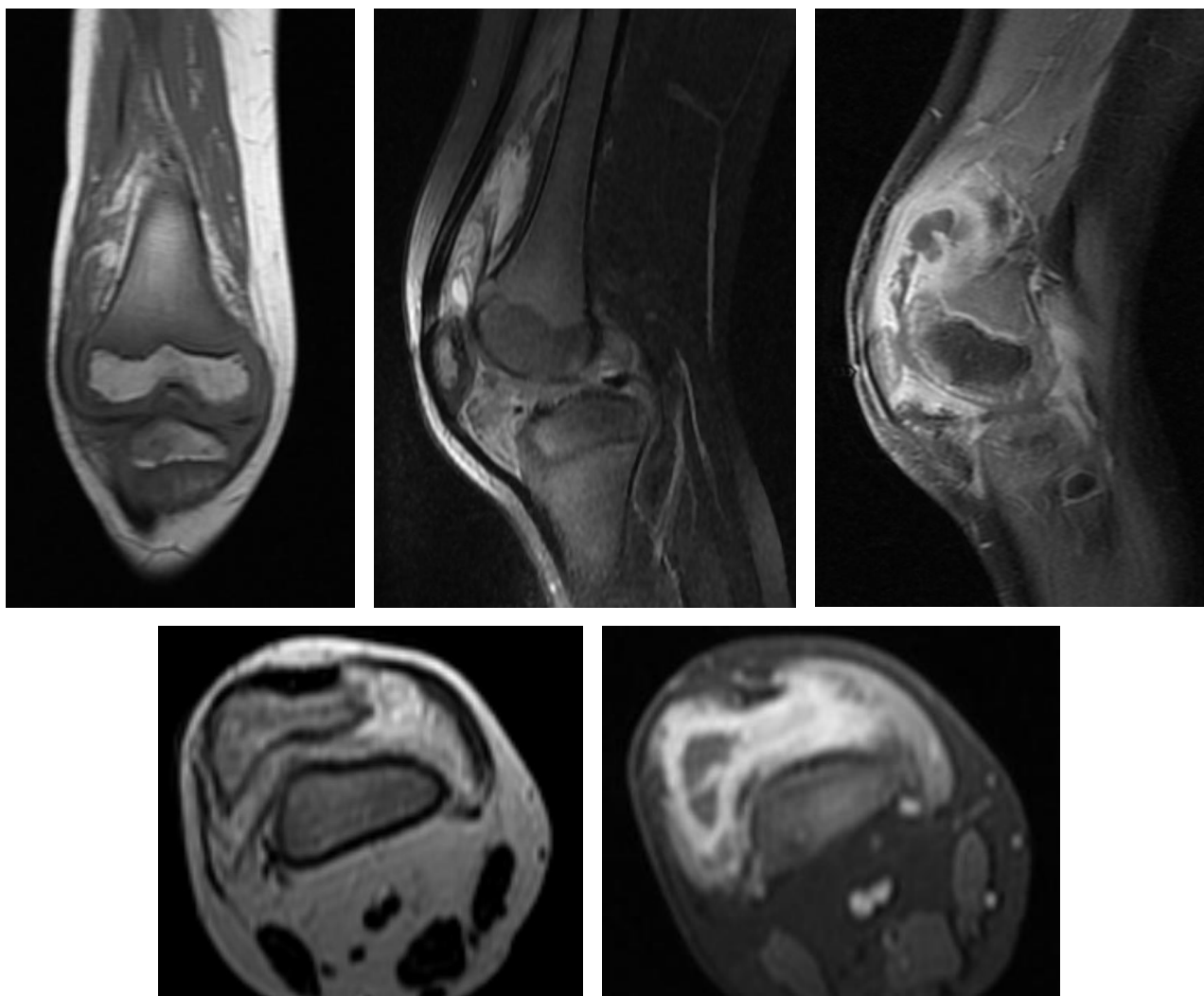
Les autres signes retrouvés en cas de tuberculose sont l'œdème osseux, la myosite, et dans les cas tardifs non traité la destruction sévère de l'articulation et l'ankylose.



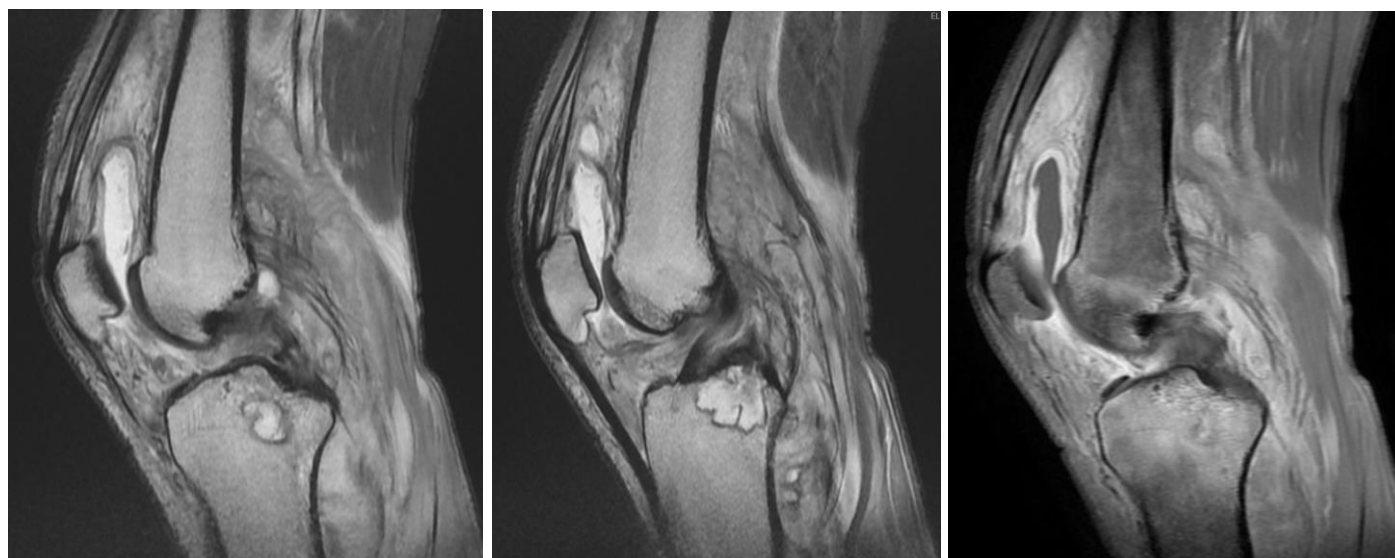
Patient de 7 ans, admis pour prise en charge d'un tableau d'ostéoarthrite du genou trainant depuis quelques semaines. Radiographie de face et de profil, objectivant une irrégularité des berges articulaires, avec érosion des condyles fémoraux, pincement de l'interligne articulaire, et densification des parties molles.

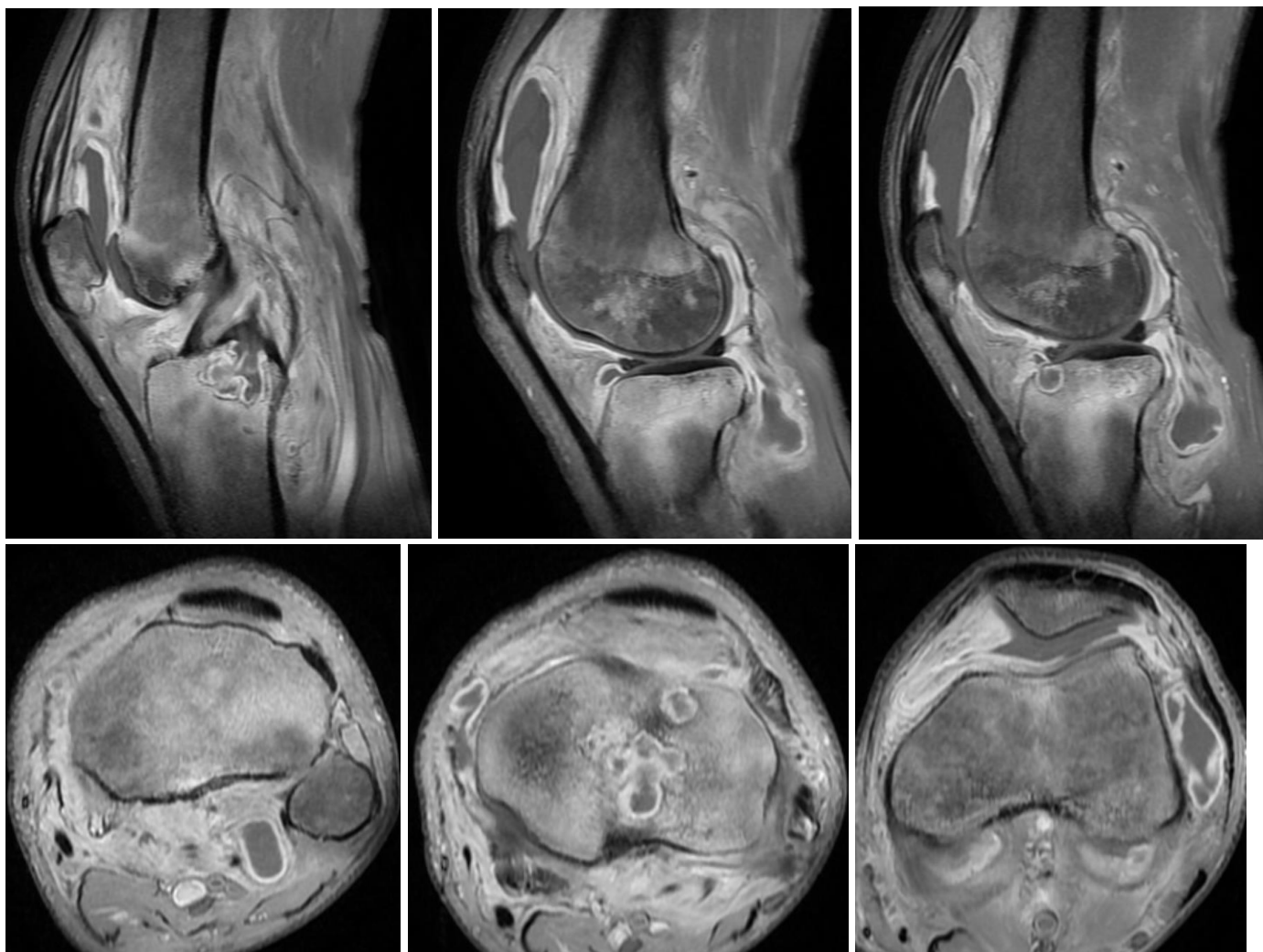


Scanner du même patient, objectivant un épaississement synovial diffus avec épanchement intra articulaire, associés à une infiltration des parties molles. Présence également d'érosions et de géodes des condyles fémoraux, plus marqué au niveau du condyle interne.



IRM du même patient. Important épaissement synovial diffus, décrit en hyposignal T2, rehaussé après contraste, avec épanchement intra articulaire. Erosions et géodes des condyles fémoraux. Une biopsie synoviale a été réalisée, revenant en faveur d'une tuberculose.





Patient de 48 ans, présentant un tableau de mono-arthrite récidivante, avec à la ponction un liquide séro-hématique, d'allure inflammatoire non spécifique. Le patient ne présente pas de syndrome infectieux biologique significatif, et ne s'améliore pas sous antibiothérapie. Il présente également une altération de l'état général. IRM du genou montrant un important épaissement et rehaussement synovial au niveau du récessus sous quadricipital, avec épanchement à ce niveau, avec individualisation de collections des parties molles du genou, localisées au niveau des faces interne et externe, ainsi qu'au niveau du creux poplité, à contenu liquidien, et à paroi rehaussée après contraste. Présence également d'un épanchement intra articulaire fémoro-tibial avec épaissement et rehaussement synovial, communiquant avec des abcès intra osseux épiphysaires tibiaux proximaux, à contenu liquidien et à paroi rehaussée après contraste, mesurant pour la plus volumineuse 20 mm de grand axe. Il s'y associe un important œdème osseux et des parties molles avoisinantes d'allure réactionnelle. Le diagnostic retenu est une ostéoarthrite infectieuse du genou, probablement d'origine tuberculeuse vu le contexte clinico-biologique et la présentation en imagerie.

2. Rhumatismes inflammatoires

a. La polyarthrite rhumatoïde

La PR est le plus fréquent des rhumatismes inflammatoires. C'est une arthropathie auto-immune, chronique et progressive. Elle débute entre 40 et 60 ans, avec une prédominance féminine.

La lésion de base est le pannus synovial (hyperplasie inflammatoire hypervasculaire de la membrane synoviale), dont les cibles préférentielles sont les articulations périphériques des membres (essentiellement les articulations synoviales du squelette appendiculaire : poignet, main, avant-pied), le rachis supérieur et très peu d'enthèses, mais l'articulation du genou peut également être touchée. Les atteintes associées articulaires et extra articulaires orientent le diagnostic.

La PR évolue par poussées successives, vers la polyarthrite bilatérale et symétrique. Au fil du temps, la destruction articulaire et les lésions capsulo-tendino-ligamentaires sont responsables de déformations.

En imagerie, on cherchera :

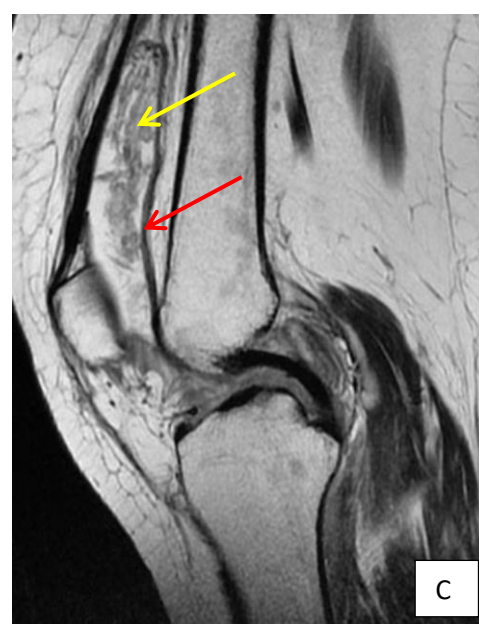
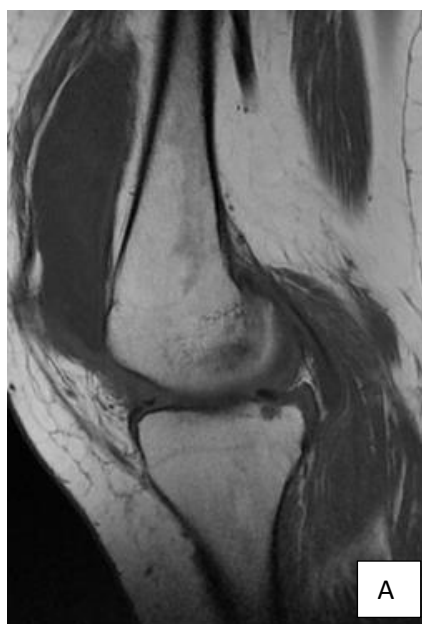
- Au stade de début : signes de synovites : épaissement et rehaussement synovial, épanchement, en particulier du récessus supra patellaire.
- Une hypertransparence et déminéralisation sous chondrale, secondaire à une raréfaction osseuse par destruction.
- Erosion et géodes osseuses, secondaire à la synovite.
- Un pincement global de l'interligne articulaire, au niveau des compartiments fémoro-tibiaux médial et latéral, voire même tricompartimental, secondaire à la destruction cartilagineuse ou chondrolyse globale. Il diffère du pincement focal de l'interligne articulaire que l'on observe dans l'arthrose, en zone de contraintes mécaniques maximales.
- Destruction articulaire : fréquente, habituellement sévère, et s'installe progressivement, à la faveur des poussées successives.
- Déformations et subluxations articulaires.
- Bursite pré patellaire.
- L'aspect en graine de riz : il s'agit de multiples petits corps étrangers intra articulaire, localisés dans le liquide synovial, témoignant très probablement de débris d'une synoviale infarctée. Ils sont le plus souvent observés dans la PR, mais peuvent également être observés dans l'arthrite juvénile idiopathique, les arthrites infectieuses (notamment tuberculeuses), les synovites et bursites chroniques. On les décrit en iso à hyposignal T1 et T2, sans modification après contraste.

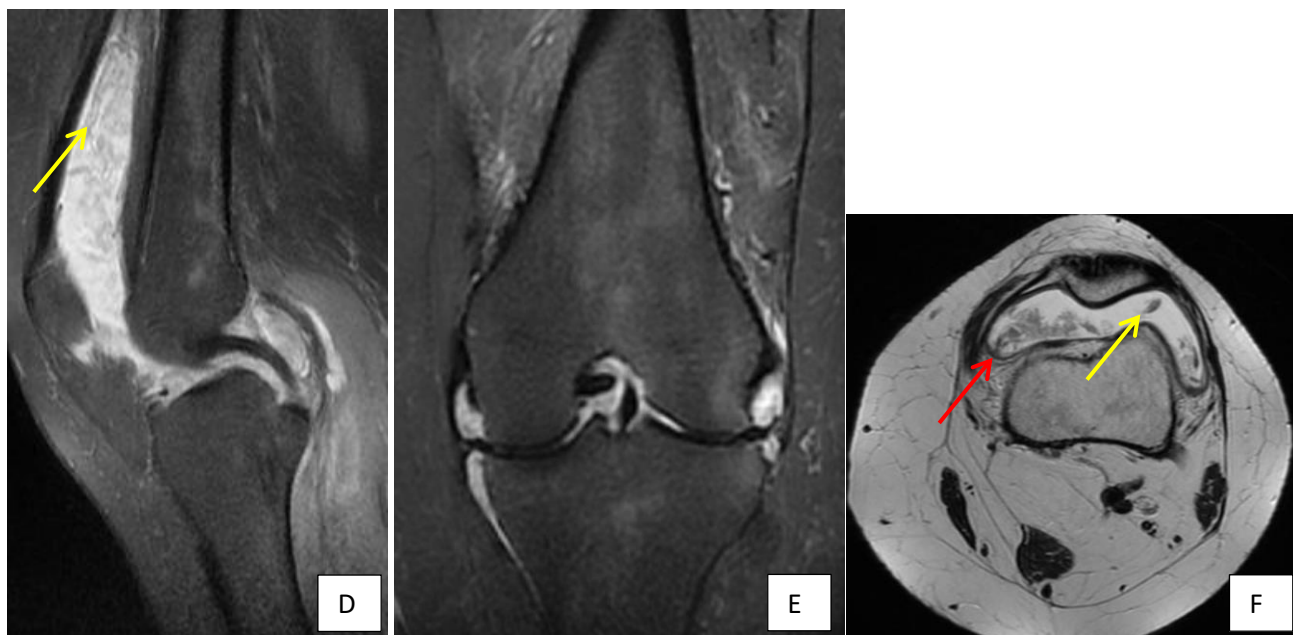
Diagnostic différentiel : arthrose : Dans la PR :

- Plutôt implication symétrique des 3 compartiments articulaires (contrairement à l'arthrose, qui a une tendance à l'atteinte du compartiment médial, avec répartition asymétrique)
- Atteinte synoviale prédominante
- Absence de signe de reconstruction osseuse, notamment absence d'ostéophyte. Si présents, et contexte très évocateur de PR : penser à une arthrose secondaire avec un fond de polyarthrite rhumatoïde.



[42] Arthrite rhumatoïde du genou en radiographie. Noter le pincement global de l'articulation, intéressant les deux compartiments fémorotibiaux.





IRM du genou chez une patiente suivie pour PR, accusant des douleurs et gonflement du genou. Séquences T1 en coupe sagittale (A, B), séquence T2 en coupe sagittale (C), séquence DP FATSAT en coupe sagittale (D) et coronale (E), séquence T2 en coupe axiale (F). Epaississement synovial (flèche rouge) associé à un épanchement intra articulaire de grande abondance, contenant des petits corps étrangers (flèche jaune), réalisant un aspect en grains de riz. Erosion de la face postérieure du plateau tibial médial (flèche verte). Amincissement diffus du cartilage. Modification du signal de la moelle.

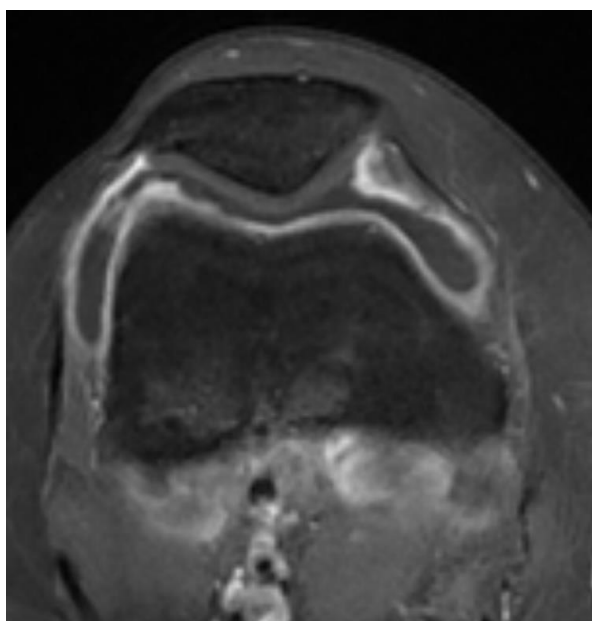
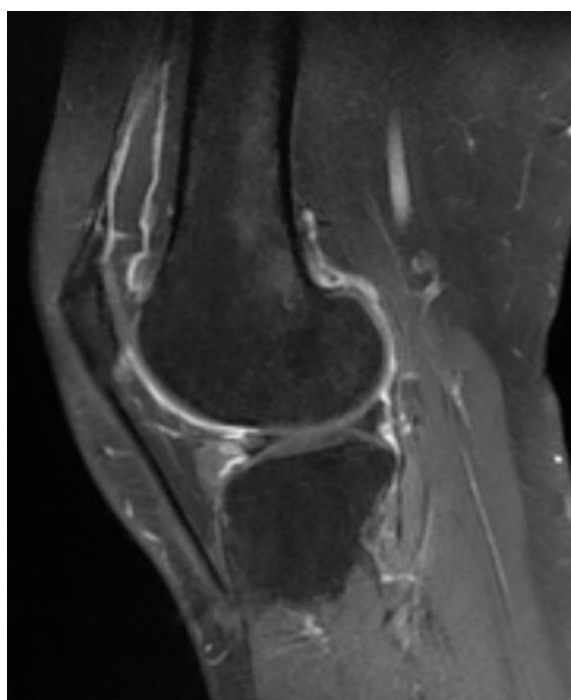
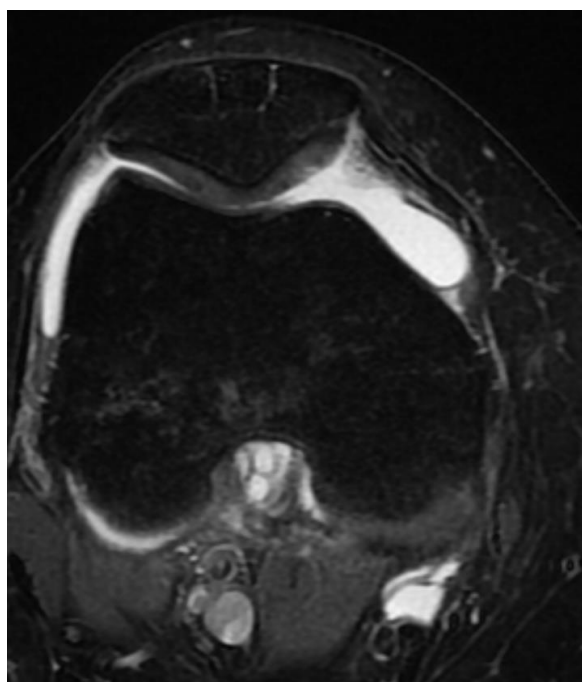
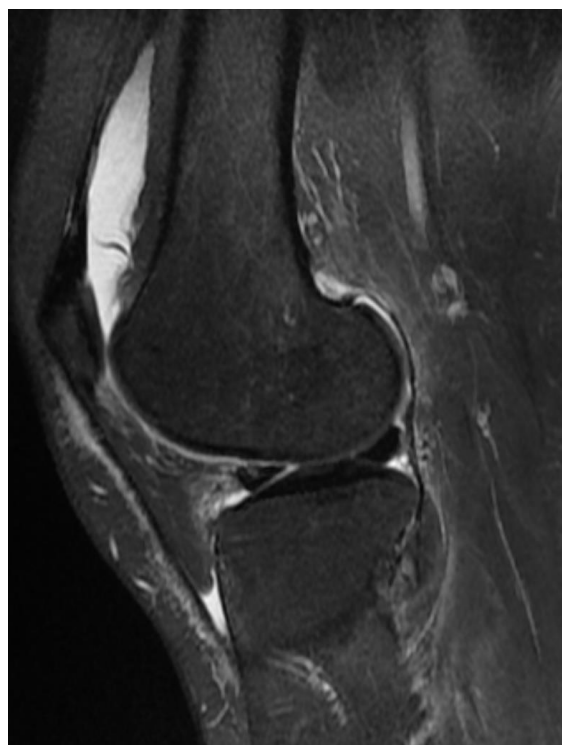
b. Les spondylarthropathies séronégatives [45]

Les spondylarthropathies séronégatives constituent un groupe diversifié d'arthropathies inflammatoires auto-immunes présentant des présentations cliniques musculo-squelettiques et des résultats d'imagerie similaires. Ce groupe comprend la spondylarthrite ankylosante, l'arthrite réactive, l'arthrite psoriasique et l'arthrite associée aux MICI.

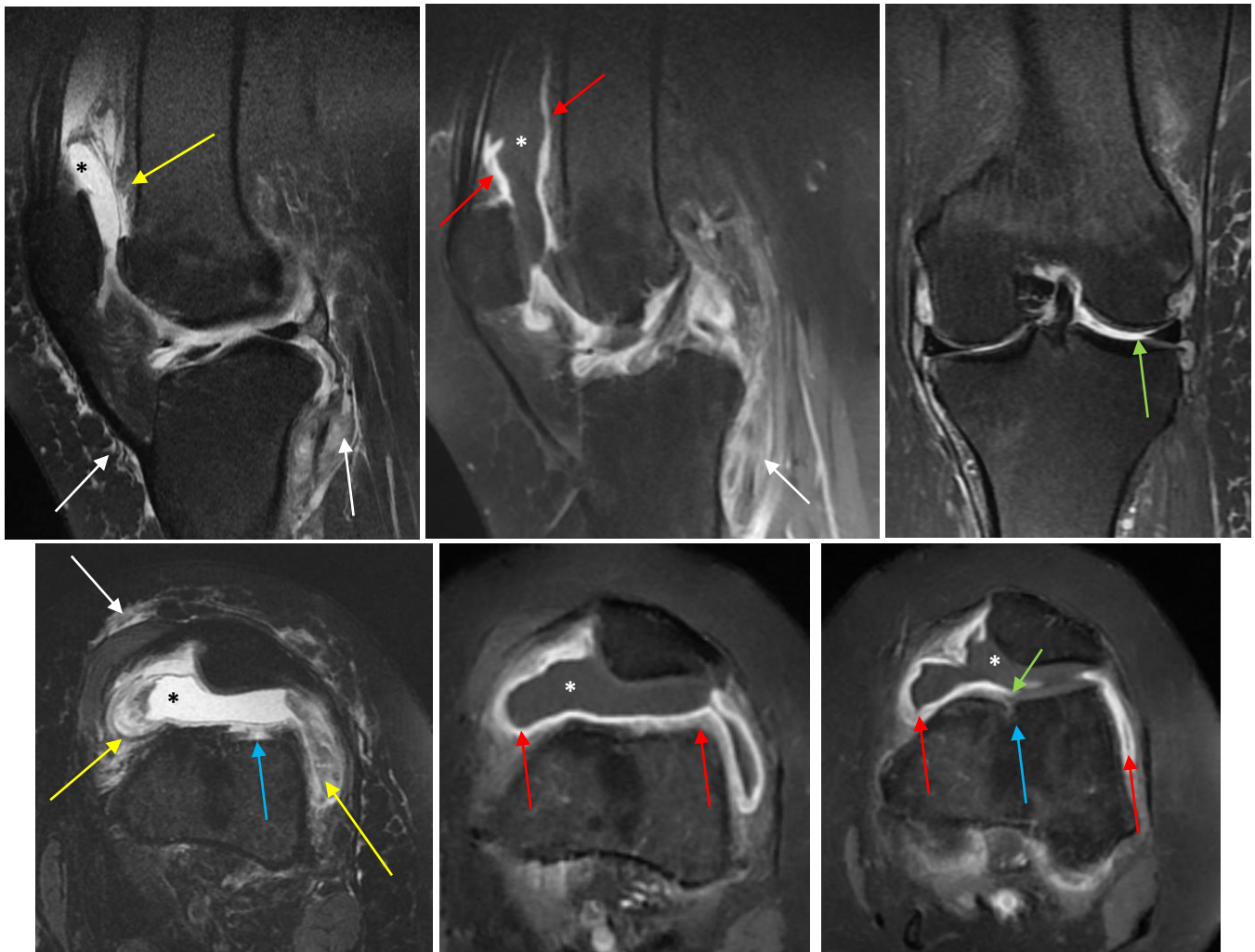
Contrairement à la PR, le facteur rhumatoïde est généralement négatif. Cependant, le HLA-B27 est souvent positif. Les présentations cliniques courantes comprennent l'enthésite, la synovite, la spondylarthrite, l'uvéïte, et la sacroïlite.

On pense que l'enthésite précède la synovite chez la plupart des patients atteints de SPA et, chez certains, peut précéder l'apparition de symptômes musculo-squelettiques.

L'œdème médullaire dans le rhumatisme psoriasique, particulièrement au début de la maladie, est souvent situé à proximité des enthèses, par opposition aux attaches capsulaires et à l'os sous-chondral dans l'arthrose et la PR, respectivement.



Epaississement et rehaussement synovial associé à un épanchement intra articulaire, chez une patiente suivie pour SPA.



Patiente de 50 ans, suivie pour spondylarthrite axiale, se présentant pour tuméfaction du genou gauche. IRM du genou, en coupes sagittales, en RHO FATSAT (A) et T1 injectée (B), coronale RHO FATSAT (C), et axiales, en RHO FATSAT (D), et T1 injectée (E, F). Important épaississement (flèche jaune) et rehaussement synovial (flèche rouge), intéressant les différents compartiments de l'articulaire du genou, associé à un épanchement intra articulaire (*), de grande abondance, cloisonné au niveau de la bourse quadricipitale. Chondrolyse (flèche verte) et érosion de la lame sous chondrale (flèche bleue). Réaction inflammatoire des parties molles péri articulaire (flèche blanche).

VI. PATHOLOGIE SYNOVIALE ET BURSOPATHIE:

L'atteinte synoviale est une affection fréquente, non spécifique, avec des causes très variables.

L'IRM en raison de son contraste supérieur dans les tissus mous, est la modalité d'imagerie de choix pour démontrer et quantifier les modifications pathologiques de la synoviale. L'épaississement synovial, l'épanchement articulaire et le rehaussement synovial en sont les principales manifestations, et sont présents dans tout le spectre des étiologies, ne permettant pas un diagnostic spécifique dans la plupart des cas.

Les principales bourses du genou sont situées en antérieur au contact du tendon patellaire, en médial et latéral (voir chapitre anatomie). Habituellement virtuelles, elles ne communiquent jamais avec l'articulation.

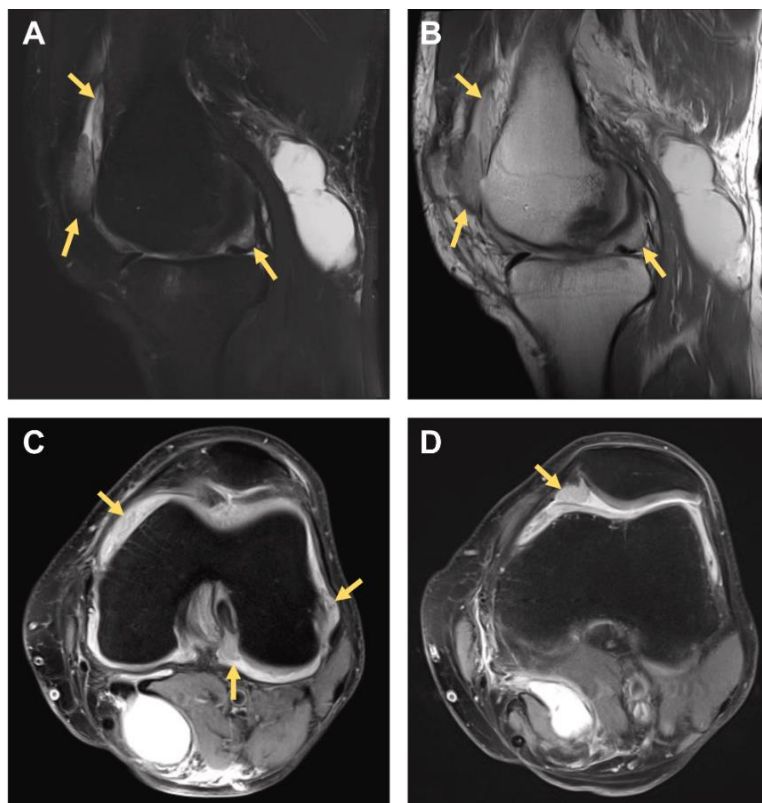
1. Pathologie infectieuse et inflammatoire

Voir le chapitre précédent.

2. Synovite arthrosique [45]

La cause la plus fréquente de synovite du genou est l'arthrose. Celle-ci joue un rôle important dans les causes de l'arthrose et son évolution.

La synovite dans ce cas est plus hétérogène et moins répandue que dans la PR, et est retrouvée surtout dans le récessus supra patellaire, le récessus du LCP et des récessus méniscales médial et latéral.



[45] Homme de 68 ans, présentant une chondrose de haut grade du compartiment médial. Coupes sagittales en T2 FATSAT (A), DP (B), et axiale DP (C, D), démontrant un épaississement synovial (flèche) hypointense sur les deux séquences, rehaussé après contraste. A noter un kyste de Baker.

3. Tumeurs et pseudotumeurs synoviales :

- Tumeur ténosynoviale à cellules géantes
- Chondromatose synoviale
- Hémangiomes et malformations vasculaires
- Lipome arborescent
- Sarcome synovial

Voir chapitre consacré.

4. Synovites sidérotiques

Elles sont observées avec tout processus provoquant des saignements récurrents dans l'articulation du genou. Les causes courantes sont l'arthropathie hémophilique, les tumeurs ténosynoviales à cellules géantes, l'arthrite angiodyplasique et les malformations vasculaires intra articulaires (notamment l'hémangiome).

Le point commun de ces pathologies sont la présence de dépôts d'hémosidérine au niveau de la synoviale, en hyposignal T2*.

5. Bursite

a. Généralités

Elle correspond à l'inflammation d'une bourse séreuse. Plusieurs processus différents peuvent conduire à une inflammation de la muqueuse synoviale de la bourse, entraînant une production accrue de liquide synovial et une distension ultérieure de la bourse.

Parmi les étiologies, on retrouve les traumatismes aigus ou répétitifs, la surutilisation chronique, l'infection et l'arthropathie inflammatoire.

La bursite pré patellaire (ou hygrome) est une inflammation et accumulation de liquide dans la bourse pré patellaire. Elle a été historiquement appelé « genou de la femme de ménage ». En effet, une irritation chronique due à un traumatisme ou à une mise à genoux répétée entraîne une bursite pré patellaire chronique et parfois une transformation hémorragique. Les causes les moins courantes sont la PR, la goutte et l'infection.

En radiographie, on trouvera un gonflement des tissus mous prépatellaires, et un amas de calcifications dans les tissus mous prépatellaires dans les cas chroniques.

En échographie, on recherchera du liquide hypoéchogène, contenant parfois des débris, en avant de la surface rotulienne.

En IRM, on retrouvera une distension de la bourse en avant de la rotule, en hyposignal T1 et hypersignal T2, à paroi rehaussée après injection, pouvant être hypertrophiée si atteinte inflammatoire ou inflammatoire. En cas de bursite hémorragique secondaire le plus souvent à un traumatisme, on trouvera un hypersignal T1 et hyposignal T2, mais avec l'évolution, l'aspect devient

plus hétérogène, avec des zones de faible signal liées à l'évolution des produits sanguins, et apparition de calcifications en sein de l'hématome organisé, pouvant être interprétées à tort comme une masse des tissus mous.

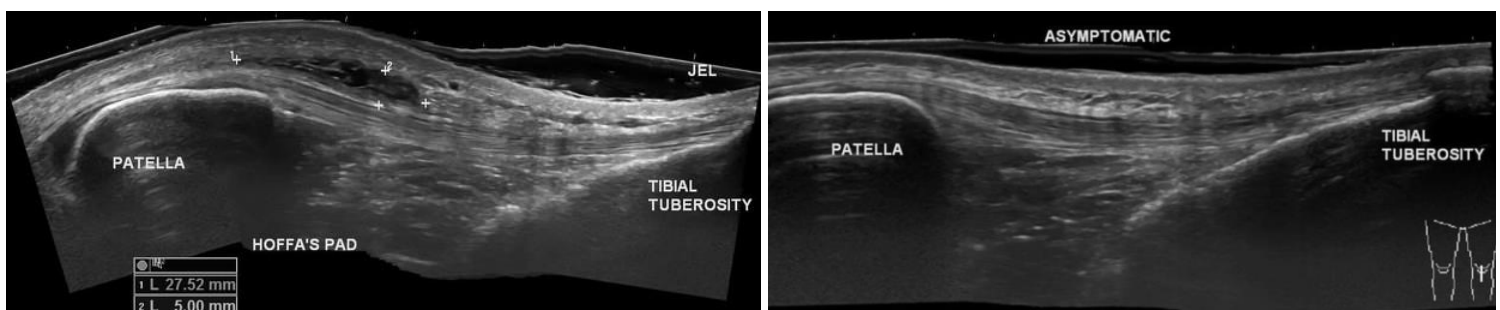
Le principal diagnostic différentiel de la bursite pré patellaire hémorragique est la lésion de Morel-Lavallée, qui résulte d'un mécanisme de cisaillement à l'interface entre les tissus sous-cutanés profonds et le fascia pré patellaire antérieur. Les principales caractéristiques distinctives sont la grande taille, l'emplacement légèrement excentrique par rapport à la rotule et la présence de lobules graisseux au sein de la collection hémorragique.

Cette sémiologie est applicable aux différentes autres bourses.

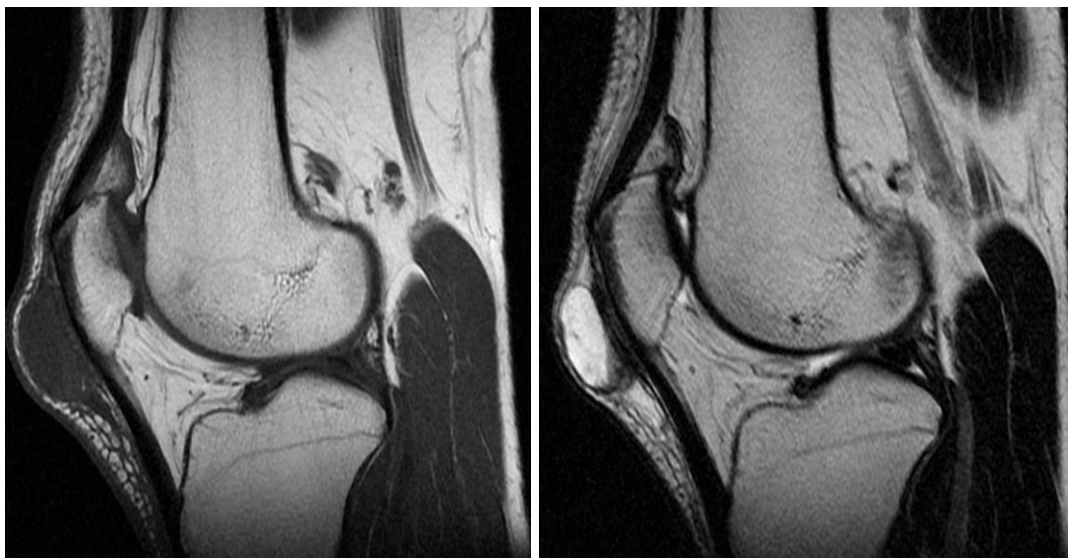
Les bourses infra patellaire, superficielle et profonde sont parfois enflammées lors des enthésopathies tibiales du tendon patellaire.



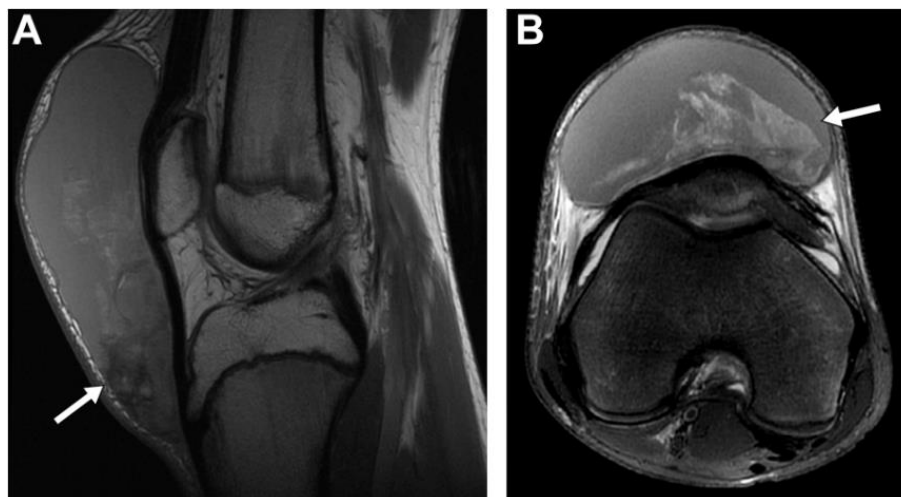
[52] Radiographie du genou de profil, montrant la présence de multiples calcifications en regard de la rotule, dans la bourse prépatellaire, en rapport probablement avec une bursite chronique calcifiante.



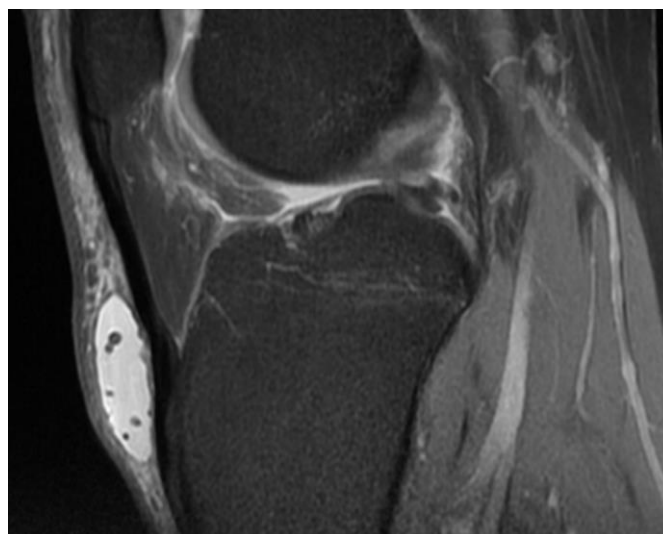
[51] A. Individualisation d'une collection pré patellaire venant buter contre le pôle inférieur de la rotule et l'extrémité supérieure du tendon rotulien. Elle est à contenu finement échogène, contenant quelques fins septas. B. Côté asymptomatique.



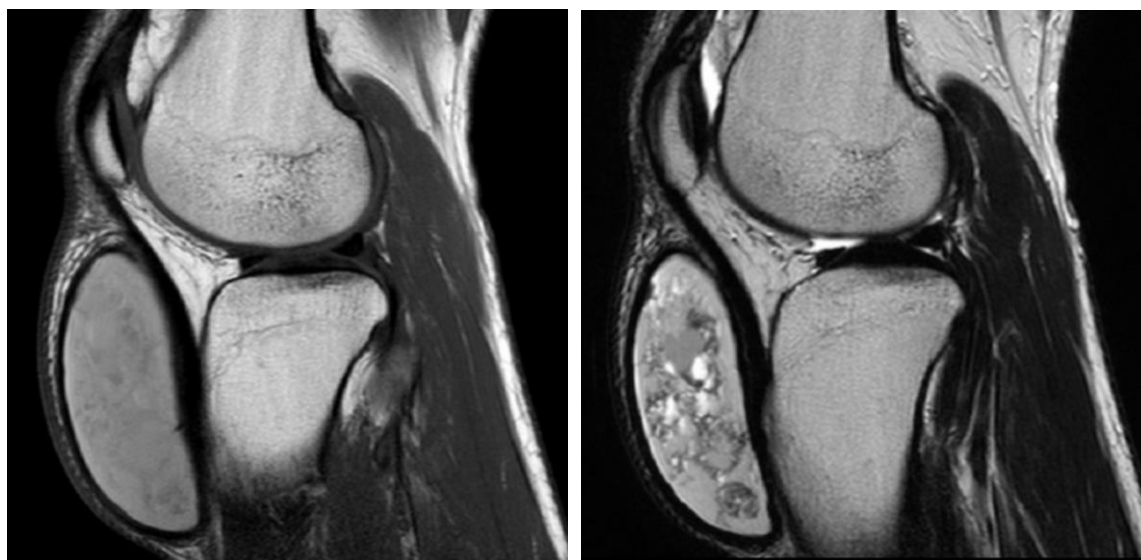
[53] IRM du genou en coupes sagittales en T1 (A) et T2 (B) montrant une bursite prépatellaire.



[54] Patient de 17 ans, ayant des antécédents d'hémophilie et une blessure au genou droit. IRM en coupe sagittale en DP (A) et axiale en FATSAT montrant une volumineuse collection liquidienne hétérogène en regard de la rotule, et des tendons quadricipital et rotulien. Malgré la localisation typique d'une bursite hémorragique pré patellaire, la taille de l'hématome est évocatrice d'une lésion de Morel-Lavallée.



[55] IRM du genou en coupe sagittale en DP FAT SAT montrant une collection liquidienne superficielle en regard du tendon patellaire, en rapport avec une bursite infra patellaire superficielle.

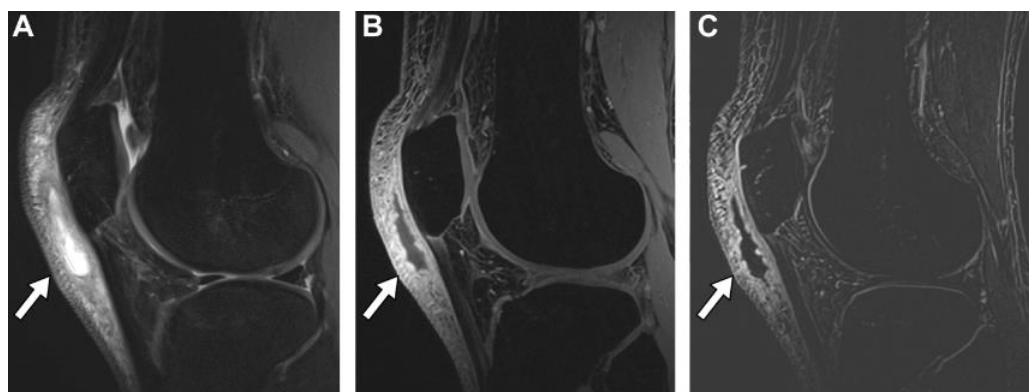


[57] Individualisation d'une collection au niveau de la bourse infra patellaire superficielle, bien circonscrite, à paroi épaisse, en hypersignal T1, et hétérogène en T2, exerçant un effet de masse sur le tendon rotulien, en rapport avec une bursite infra patellaire superficielle hémorragique.

b. Bursite infectieuse

La bursite septique résulte généralement d'une blessure traumatique et de l'inoculation d'un agent infectieux (le plus souvent *Staphylocoque aureus*) dans la peau avec une translocation ultérieure dans l'espace de la bourse.

En IRM, on trouvera une distension de la bourse, un épaissement et rehaussement de la paroi, et une synovite avec liquide contenant des débris, bien que ces caractéristiques ne soient pas spécifiques à l'infection et peuvent être observées avec d'autres étiologies. La présence d'air (vide de signal) conforte le diagnostic.



[57] Patient de 21 ans, présentant une tuméfaction antérieure du genou, des douleurs et un érythème. IRM du genou en coupes sagittales, en T2 FATSAT (A), T1 FATSAT injectée (B) et après soustraction, montrant une distension de la bourse prépatellaire, avec épaissement et rehaussement synovial, ainsi qu'un œdème environnant, compatible avec une bursite prépatellaire septique (flèche).

c. Exemple de bursopathie inflammatoire : la goutte

L'articulation du genou peut être affectée par de nombreuses affections inflammatoires différentes (PR et arthropathies cristallines : goutte, arthropathie déshydratée au pyrophosphate de calcium). Bien que l'atteinte intra-articulaire soit la manifestation prédominante des arthropathies inflammatoires, différentes bourses peuvent également être touchées en raison de la présence de tissu synovial et d'une éventuelle communication avec l'espace articulaire.

Parmi les différentes arthropathies inflammatoires, la goutte est l'une de celles touchant le genou, même s'il s'agit d'une localisation peu fréquente de la pathologie :

- A la phase aiguë, la poussée peut être similaire à toute autre arthropathie inflammatoire, avec une synovite (épanchement et épaissement) et un œdème environnant.
- Au fil du temps, le dépôt de cristaux d'urate monosodique conduit à la formation de tophi extra-articulaires, le plus souvent observés le long du tendon poplité, de la fossette poplitée dans le condyle fémoral latéral, du tendon rotulien et du quadriceps distal. Ils présentent généralement un aspect hyperéchogène hétérogène, avec contours mal définis, parfois entouré d'un halo hypoéchogène provoqué par la zone d'inflammation chronique, prenant l'encodage doppler de façon intense, un iso ou hyposignal en T1, et un signal variable en T2 (le plus souvent hypointense hétérogène), se rehaussant après contraste, plus marqué en périphérie. Le scanner permet de montrer le dépôt de cristaux. Les tophi peuvent se calcifier (rare en l'absence de maladie rénale).
- L'atteinte de la bourse est variable, et plus fréquente pour la bourse prépatellaire, peut-être en raison de la proximité de l'appareil extenseur et du dépôt fréquent de tophi dans les tissus mous antérieurs du genou
- Le tophus peut beaucoup plus rarement présenter une localisation intra osseuse
- Erosions osseuses aux stades évolués secondaire aux tophi formés adjacents

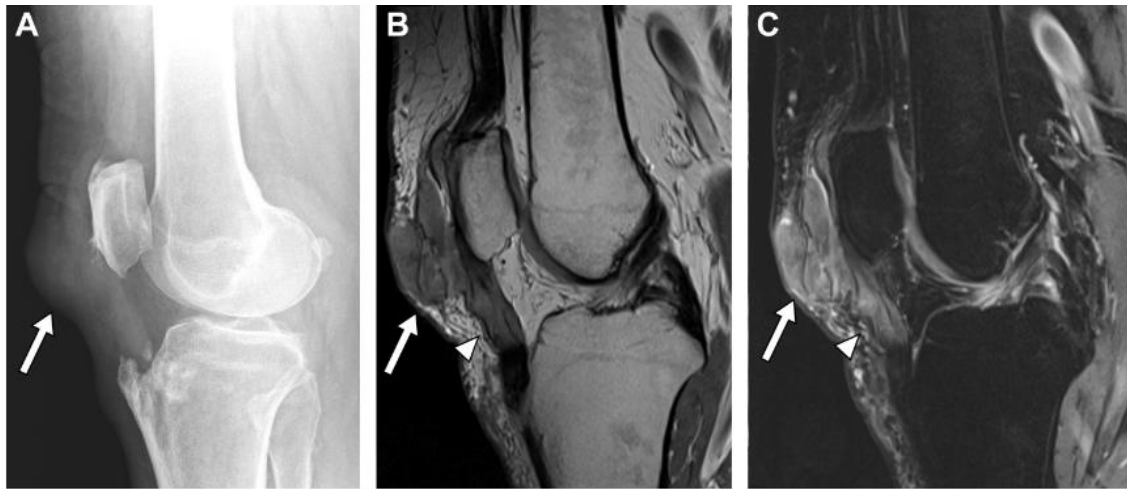


[59] Gonflement des tissus mous péri articulaires avec individualisation d'opacités péri articulaires correspondant à des tophi denses dans les bourses supra et infra patellaire, les tissus mous péri articulaires médiaux et latéraux et la fosse poplitée.

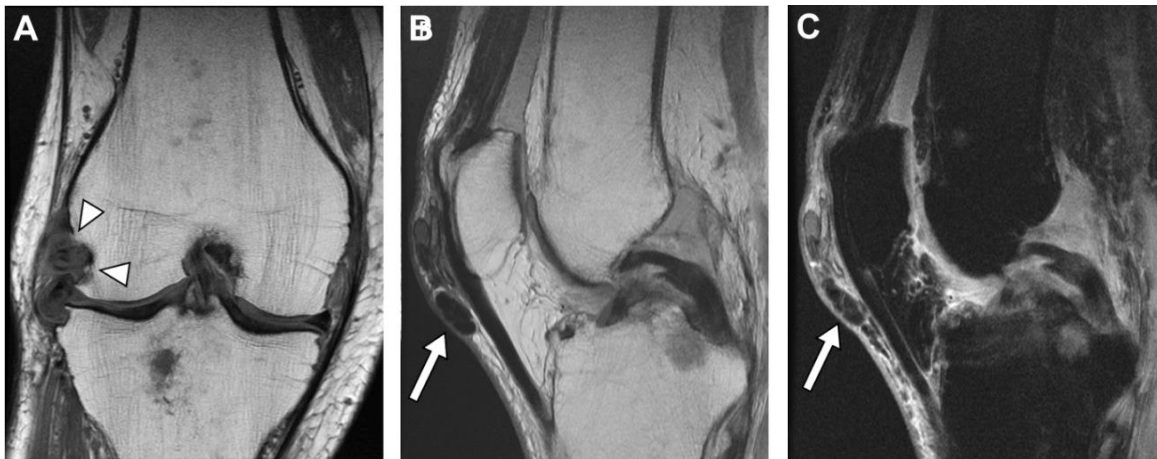


Patient de 45 ans, suivi pour goutte, présentant des douleurs du genou gauche. IRM du genou (A-F) en séquence T1 coronale, RHO FAT SAT sagittale (B) et axiale (C), MERGE (D), T1 injectée en coupe sagittale (E) et axiale (F). TDM du même patient (G-H) en coupe axiale et reconstruction sagittale. Individualisation d'une formation lésionnelle au niveau de l'enthèse du gastrocnémien médial, de contours mal définis, décrite en isosignal T1, de signal intermédiaire en RHO FATSAT, hyposignal en MERGE, hétérogène,

contenant des zones en asignal, entourée d'un halo hyper intense, rehaussée après contraste, responsable d'une résorption osseuse du condyle médial. Cette formation est partiellement calcifiée sur le scanner. 1327918



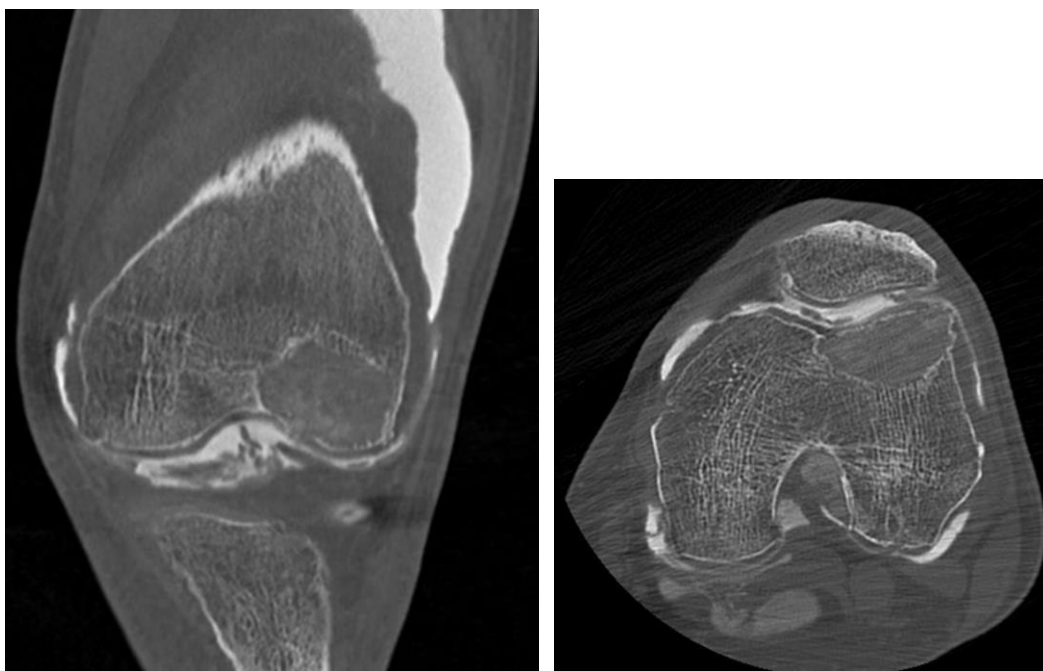
[54] Patient de 68 ans, atteint de goutte prouvée par biopsie. A. La radiographie montre une tuméfaction marquée des tissus mous prépatellaires (flèche) et un épaissement du tendon rotulien. B. IRM du genou en coupes sagittales DP et (C) T2 FATSAT montrant des tophes des tissus mous impliquant la bourse prépatellaire (flèches) et le tendon rotulien (tête de flèche)



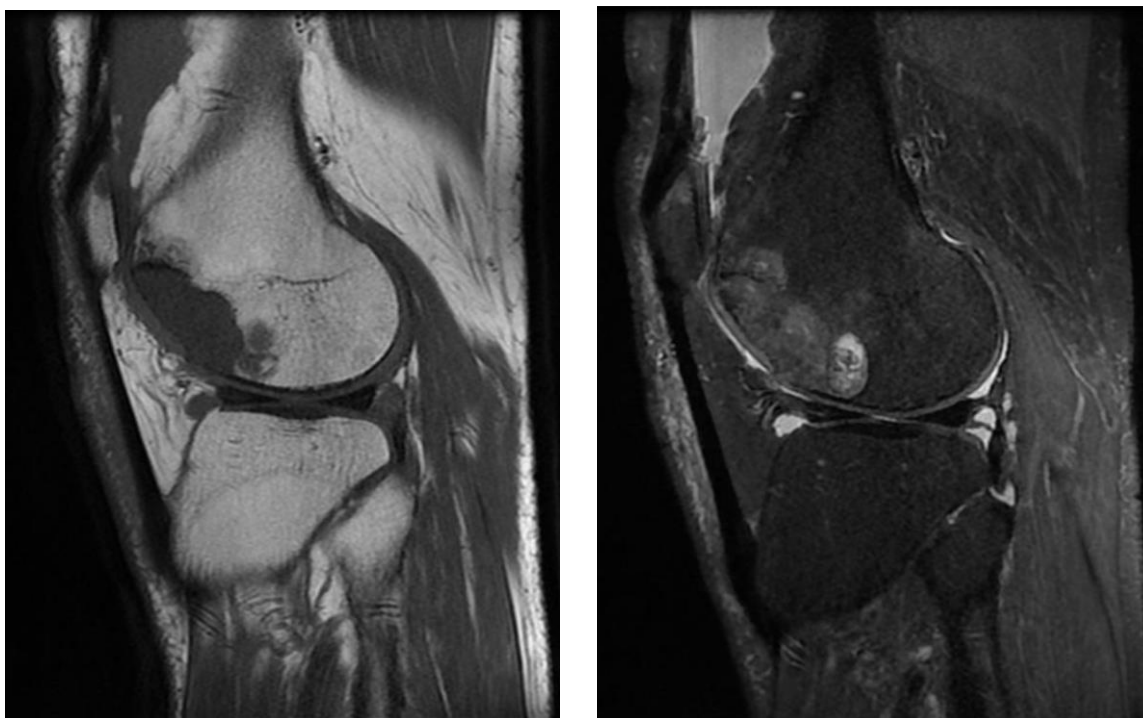
[54] Patient de 69 ans, suivi pour goutte. (A) IRM du genou en coupe coronale en T1 montrant des érosions osseuses au niveau de la fossette poplitée au niveau du condyle fémoral latéral (tête de flèche) avec un épaissement diffus du tendon poplité. Coupes sagittales en DP (B) et T2 FAT SAT (C) montrant les tophes à faible signal impliquant la bourse prépatellaire (flèches).

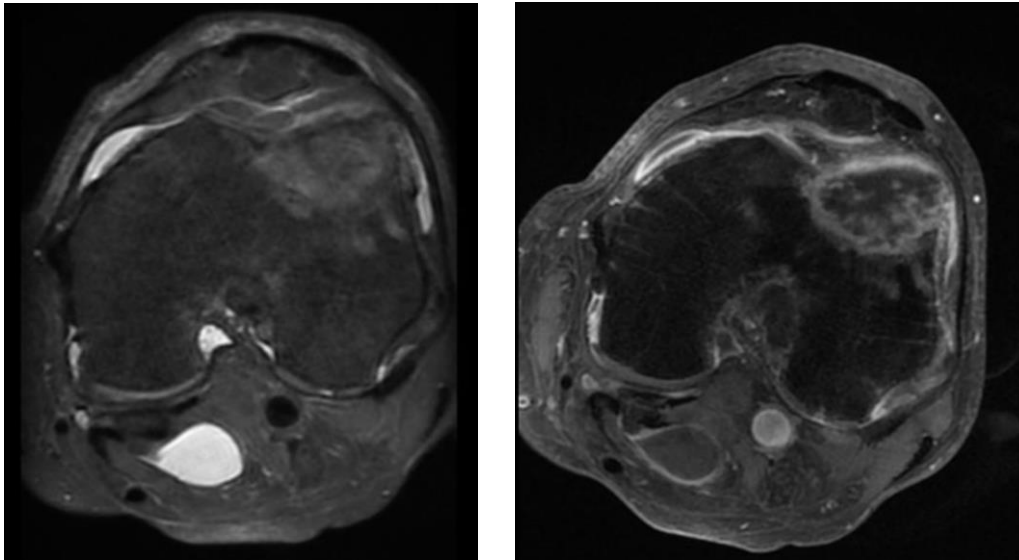


[54] TDM du genou en coupes sagittale (A) et axiale, fenêtre osseuse (B), montrant des tophes calcifiés au niveau de la bourse prépatellaire (tête de flèche).



[58] TDM du genou en coupe coronale (A) et axiale (B), en fenêtre osseuse chez un patient connu souffrant de goutte, montrant un remplacement de la moelle osseuse sous chondrale du condyle latéral par une masse tissulaire dense (230 UH), légèrement calcifiée.





[58] IRM du même patient, avec coupes sagittales en T1 (A), DP FAT SAT (B), et axiale DP FATSAT (C) et T1 FATSAT injectée (D), montrant une lésion lytique en hyposignal franc en T1, discret hypersignal en DP FATSAT, avec un rehaussement périphérique, et une synovite associée. La biologie a révélé une hyperuricémie importante. L'analyse du liquide articulaire a révélé des cristaux biréfringents négatifs et en forme d'aiguille compatibles avec des cristaux d'urate. Notre diagnostic final était celui d'un tophus goutteux intra osseux.

VII. PATHOLOGIE TENDINEUSE :

La pathologie tendineuse du genou est fréquente. Les tendinopathies intéressent le plus souvent les tendons de la patte d'oie, le tendon patellaire, quadricipital et plus rarement le tendon bicipital.

Le diagnostic est clinique, confirmé aisément par l'échographie. Celle-ci permet de réaliser une étude dynamique et comparative.

L'IRM elle montre un épaississement et une augmentation du signal intra tendineux en T2/STIR, ainsi qu'un œdème péri tendineux, parfois une fissure intra tendineuse, une bursite ou une enthésopathie.

1. Pathologie du tendon patellaire

Le tendon patellaire est le stabilisateur passif principal de la patella, et est le siège de 90% des tendinopathies de l'appareil extenseur. Son atteinte est fréquente chez les athlètes pratiquant des sports de sauts ou impliquant un surmenage de l'appareil extenseur du genou.

En radiographie standard, aucune caractéristique spécifique n'est mise en évidence, mais on peut retrouver des calcifications le long du tendon et un épaississement des tissus mous avoisinants.

L'échographie peut démontrer un tendon rotulien épaissi, de même que l'IRM, ainsi qu'un œdème des structures avoisinantes. Les auteurs suggèrent que le diamètre AP d'un tendon normal, au niveau de sa partie proximale, ne doit pas dépasser 7 mm.

Certaines formes peuvent être associées à des situations spécifiques, notamment :

a) Genou du sauteur (Jumper's knee) :

Le Jumper's knee représente à lui seul 80% des tendinopathies du genou.

Il s'agit d'une lésion chronique intéressant les fibres proximales du tendon rotulien au niveau de son insertion au pôle inférieur de la rotule. On retrouve cette anomalie chez les joueurs de basketball, volleyball, football, tennis et de l'athlétisme, d'où le nom de la pathologie, et peut s'observer à tout âge. Elle peut être favorisée par des remaniements ossifiés séquellaire de la pointe patellaire (maladie de Sinding Larsen Johansson).

En radiographie, on cherchera :

- Un patella alta
- Une hypertrophie de la pointe de la patella
- Erosions ou calcifications sous la pointe de la patella

L'échographie avec étude doppler est l'examen de choix pour confirmer l'atteinte tendineuse proximale, en décrivant [47] :

- Epaississement de l'insertion proximale du tendon (supérieur à 7 mm en coupe longitudinale, et toujours comparer avec le tendon controlatéral), avec un foyer hypoéchogène à ce niveau.
- Une fissure intra tendineuse : en utilisant les caractéristiques dynamiques de l'échographie, la contraction du quadriceps, genou en extension, permet de faire basculer en arrière la pointe

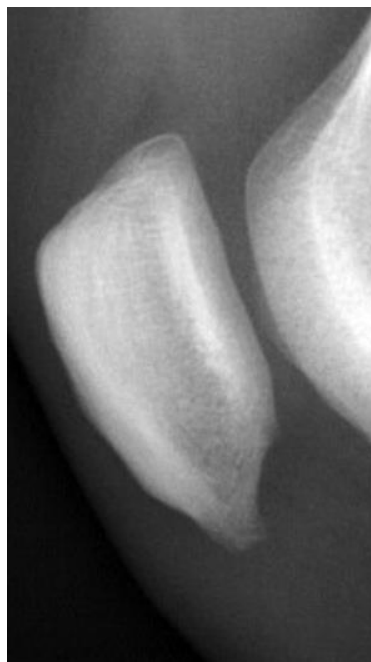
de la patella, écartant les fibres superficielles en continuité avec le quadriceps (voir chapitre anatomie) et les fibres profondes fixées à la patella. Cette manœuvre permet d'ouvrir et de mieux visualiser la fissure tendineuse.

- Une hyperhémie au doppler au sein de ce foyer de tendinopathie
- Au stade chronique :
 - Kystes intra tendineux
 - Calcifications ou ossifications dystrophiques
 - Irrégularités du pôle inférieur de la patella

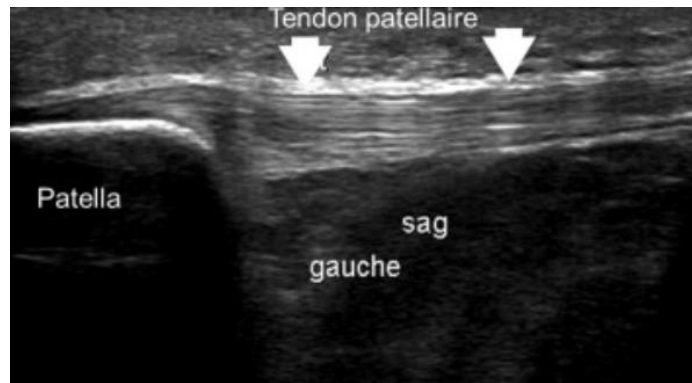
En cas de doute diagnostique en échographie ou de suspicion d'association lésionnelle, on réalisera une IRM :

- Epaissement tendineux en hypersignal T2, sous la pointe patellaire (A ne pas confondre avec l'artefact d'angle magique ou les interdigitations graisseuses de la graisse de Hoffa, décrites dans le chapitre de radioanatomie).
- Avulsion ou petite fissure sous la pointe patellaire (hypersignal linéaire T2 de type liquidien en intra tendineux).
- Œdème osseux de la pointe patellaire
- Œdème de la graisse de Hoffa

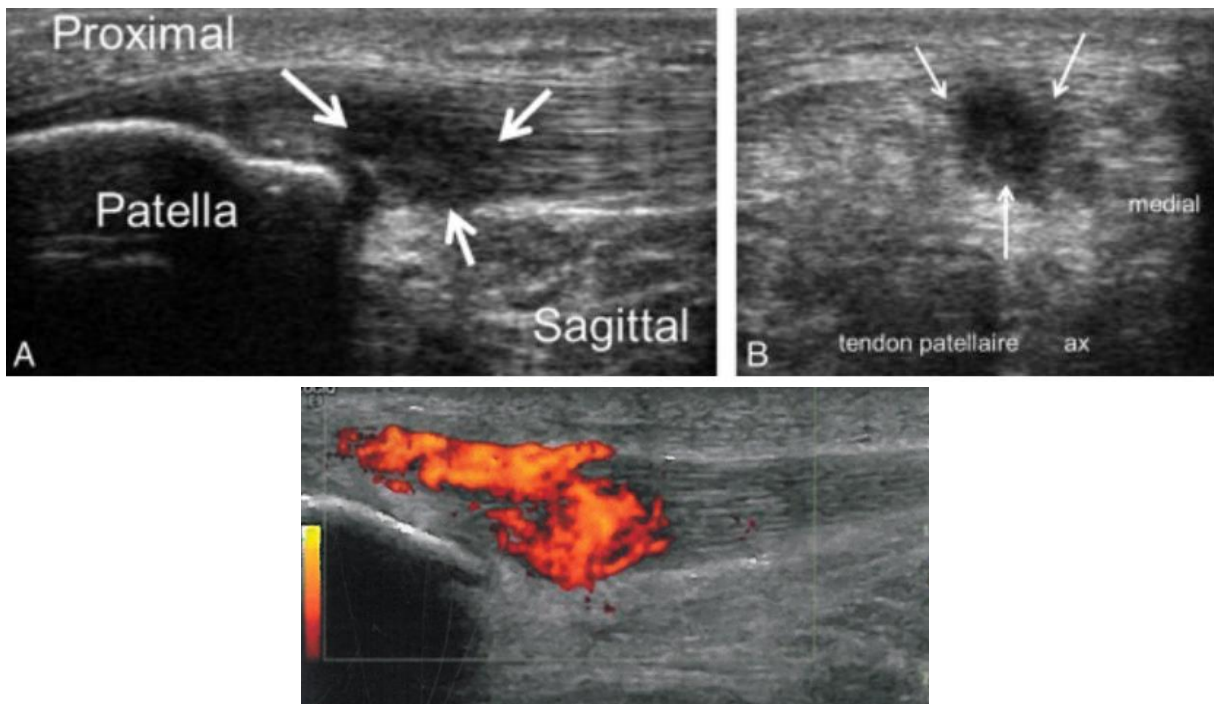
La possibilité d'un rhumatisme périphérique (spondylarthropathie, goutte) ne doit jamais être oubliée (sémiologies échographies et IRM très proches) : l'absence de remaniements dégénératifs, l'importance des signes inflammatoires intra et péri tendineux, et l'importance de l'œdème de la pointe de la patella peuvent faire évoquer le diagnostic de maladie inflammatoire, sans pour autant l'affirmer.



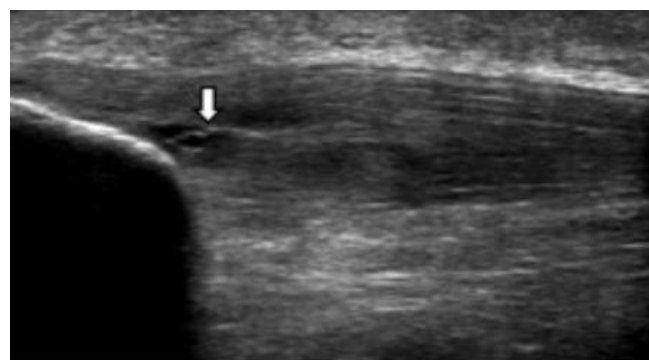
[47] Hypertrophie de la pointe de la patella en radiographie.



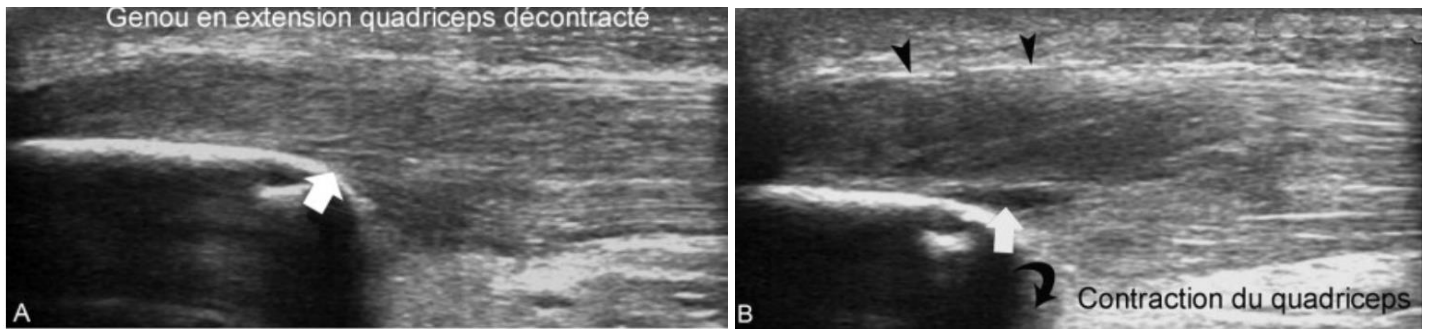
[47] Echographie avec coupe longitudinale d'un tendon patellaire normal.



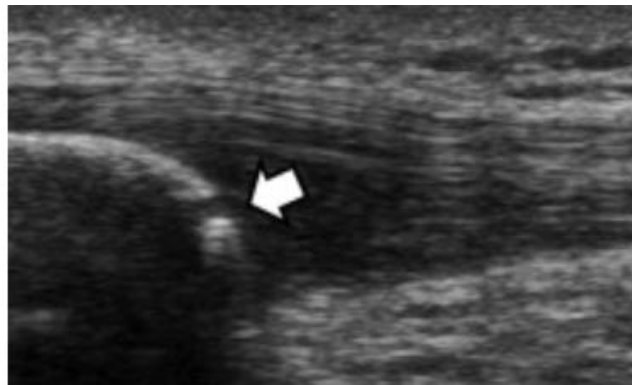
[47] Jumper's knee typique en échographie. Coupe sagittale (A) et axiale (B) montrant une zone hypoéchogène tendineuse profonde sous l'insertion du tendon sur la pointe patellaire. (C) Hypervascularisation à proximité de l'enthèse proximale du tendon patellaire.



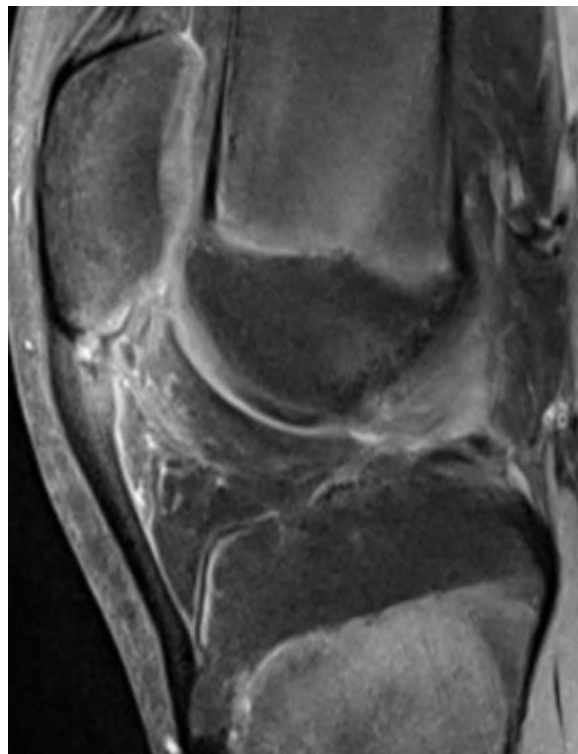
[47] Fissure tendineuse longitudinale sur un « Jumper's knee » typique en échographie. Coupe sagittale montrant une zone anéchogène tendineuse linéaire à l'insertion du tendon sur la pointe patellaire, correspondant à une fissure longitudinale.



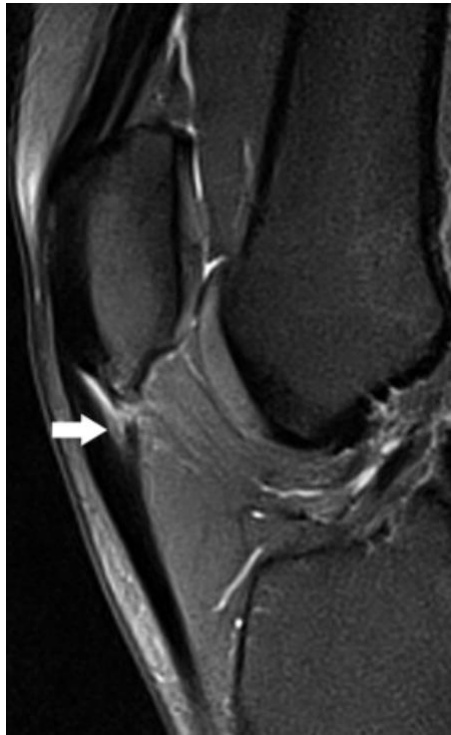
[47] Intérêt de la contraction quadricipital genou en extension. A. En décontraction du quadriceps, la fissure n'est pas visible. B. Après contraction du quadriceps, la fissure apparaît.



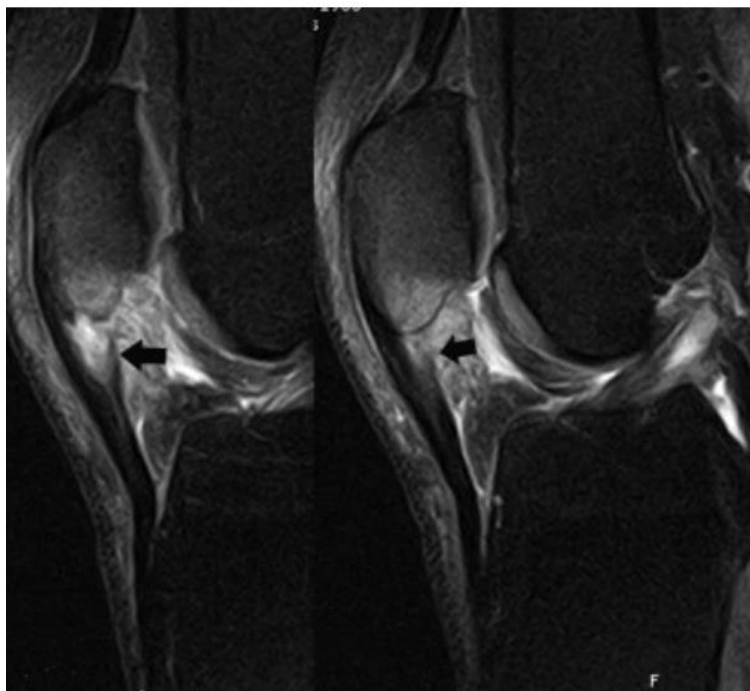
[47] Erosion osseuse de la pointe patellaire sur un « Jumper's knee » en échographie.



[5] Coupe sagittale en DP FATSAT montrant une enthésopathie proximale chez un jeune basketteur (jumper's knee) avec épaissement tendineux et hypersignal de la graisse postérieure et de la pointe de la patella.



[47] IRM du genou avec coupe sagittale en T2 FAT SAT, montrant une fissure de la pointe patellaire (flèche)



[47] IRM du genou avec coupe sagittale en T2 FATSAT : Jumper's knee avec fissure intra tendineuse, hypersignal osseux et de la graisse de Hoffa (flèche)

b) Maladie de Sinding-Larsen-Johansson :

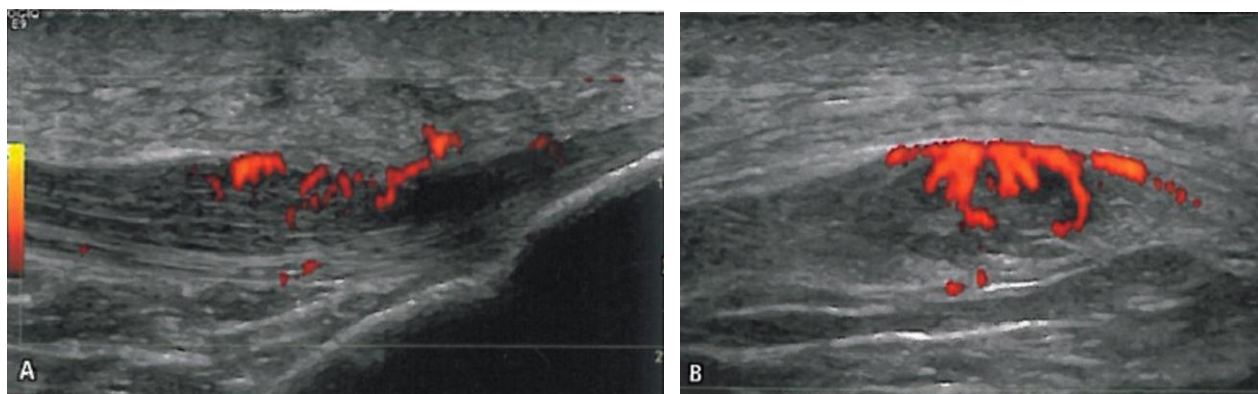
c) Maladie d'Osgood-Schlatter (MOS) :

Voir chapitre particularités de l'enfant.

d) Atteinte distale

L'atteinte distale du tendon patellaire est moins fréquente. Elle peut être d'origine traumatique ou micro traumatique, métabolique (diabète, goutte, hyperparathyroïdie, IRC, quinolones, corticoïdes) ou iatrogène (arthroscopie avec abord transtendineux, conflit direct par le matériel chirurgical, prélèvement de greffon tendineux patellaire en vue d'une greffe).

En échographie, on retrouve un épaissement hypoéchogène du tendon sur toute sa longueur.



[23] Tendinopathie patellaire corporéale. Coupes sagittale (A) et axiale (B) en mode doppler énergie. Epaissement fusiforme hypoéchogène et hyperhémie du corps tendineux.

2. Pathologie du tendon quadricipital

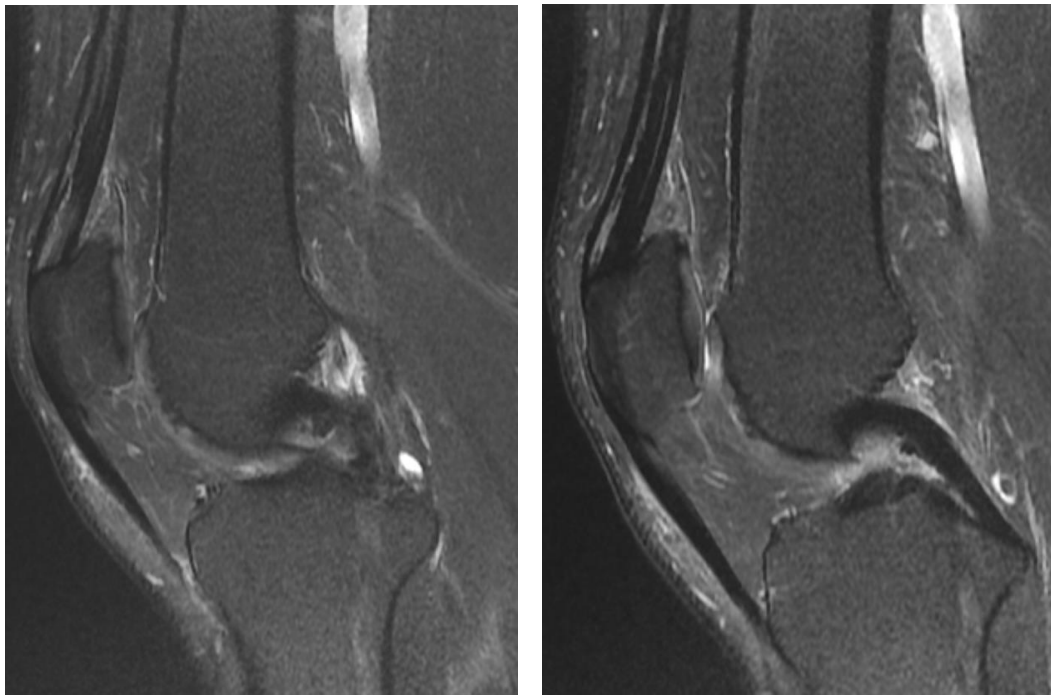
A. Tendinopathie :

La tendinopathie du quadricipital en pathologie sportive est beaucoup plus rare que celle du ligament patellaire. Elle est retrouvée plus fréquemment chez les hommes, avec un sex ratio de 8/1, et surviennent surtout dans les sports imposant une flexion importante du genou (cyclisme, musculation et haltérophilie).

Sur le plan anatomique, c'est essentiellement le vaste latéral qui sera atteint.

La tendinopathie quadricipitale est le plus souvent globale, avec à l'échographie un épaissement hypoéchogène de l'ensemble du tendon avec perte de l'échostructure fibrillaire normale, associée à une hypervascularisation en doppler énergie. L'évolution vers la rupture tendineuse est possible dans les formes chroniques [23].

Le tendon quadricipital est le plus souvent le siège de rupture surtout partielles, présentent un siège préférentiel à 1 ou 2 cm de l'insertion patellaire [5], lieu de fragilité habituel du tendon. L'échographie est généralement suffisante pour établir le diagnostic (voir chapitre de la pathologie traumatique).



Hypersignal de l'insertion du tendon quadricipital, avec infiltration de la graisse en regard.

B. Enthésopathie :

L'atteinte de l'enthèse est plutôt d'origine micro-traumatique ou inflammatoire que dégénérative. L'aspect échographique varie selon l'ancienneté de l'atteinte :

- Aiguë : épaissement hypoéchogène et hypervascularisé de l'enthèse distale
- Chronique : présence d'enthésophytes, souvent sur les couches superficielles et moyennes de l'insertion patellaire, visibles sous forme de structures calcifiées hyperéchogènes, atténuantes, raccordées à la patella.



[50] Enthésopathie sévère du tendon du muscle quadriceps fémoral en IRM. Coupes sagittales pondérées en T1 (a) et T2 (b), montrant un épaissement hétérogène de l'enthèse du tendon, avec clivage intra tendineux associé (tête de flèche).

L'enthésopathie prédomine nettement sur la lame tendineuse intermédiaire avec respect relatif de la lame tendineuse superficielle et profonde (flèches)

3. Pathologie des tendons de la patte d'oie

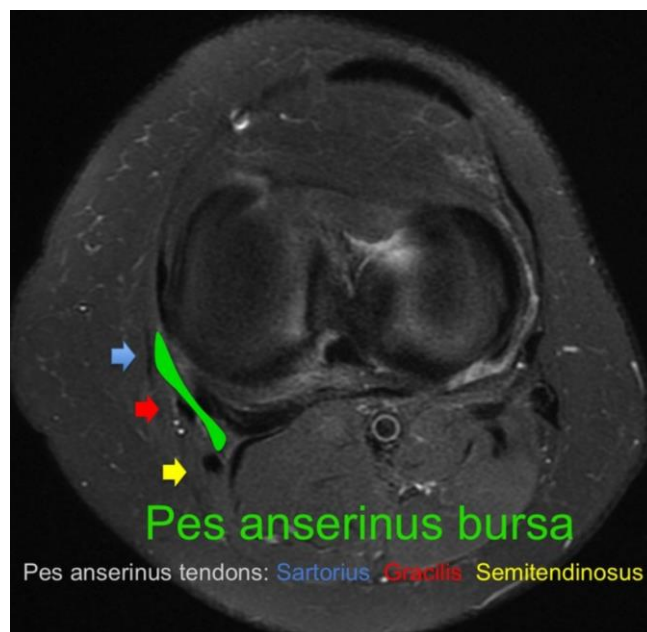
Trois tendons constituent la patte d'oie : le Sartorius, le gracile et le semi-tendineux. Ils s'insèrent sur la face antéro-médiale du tibia, en avant du LCM.

D'un point de vue physiopathologique, la zone d'insertion des tendons de la patte d'oie peut être le siège d'une tendinopathie, d'une bursite ou des deux associées (tendinobursite).

La tendinopathie de la patte d'oie est une pathologie relativement fréquente chez le sportif. La bursite peut être causée ou associée à une surutilisation en particulier chez les coureurs, à une arthropathie inflammatoire, diabète sucré, ou une obésité.

Il est souhaitable de réaliser une échographie, qui, dans la plupart des cas, est suffisante pour poser le diagnostic : les tendons apparaissent hypoéchogènes, avec perte de l'échostructure fibrillaire normale, et parfois visualisation d'un véritable nodule d'insertion. En cas de bursite isolée ou associée, on visualisera une image liquidienne anéchogène autour des tendons (bourse ansérine), au contact de la face interne de l'extrémité supérieur du tibia. Cette collection ne communique pas avec l'articulation.

Le principal diagnostic différentiel du fait de leurs localisations anatomiques très proches correspond à des séquelles d'entorse du LCM (syndrome de Pellegrini-Stieda), où l'on retrouvera des calcifications éparses.



[56] IRM du genou montrant la relation entre la bourse ansérine et les tendons de la patte d'oie au niveau de la face postéro-interne du genou.

4. Syndrome de la bandelette ou du tractus iliotibial

Appelé également syndrome de friction du tractus iliotibial (TIT), syndrome de l'essuie-glace, syndrome de Maissiat, ou genou du coureur.

Le TIT (ou bandelette de Maissiat, ou bandelette ilio-tibiale) est une structure anatomique tendue entre l'épine iliaque antérosupérieure et le tubercule de Gerdy, localisé au niveau de la tubérosité latérale du tibia.

Lors de la marche, le tractus se déplace en arrière à la manière d'un essuie-glace. Il passe alors au-dessus du condyle externe du fémur. Ainsi, ce syndrome correspond à une réponse inflammatoire chronique à la friction entre le TIT et l'épicondyle latéral (partie saillante de la face latérale condyle fémoral latéral), en réponse à des lésions répétitives dues à une surutilisation.

Il s'agit d'une cause fréquente de douleur latérale du genou liée à une activité physique intense chez les patients jeunes. Alternativement, la même pathologie peut survenir au niveau du grand trochanter et est considérée comme le même diagnostic.

Il existe des facteurs de risque pour le syndrome : écart de longueur des membres, genu varum, rotation tibiale, pronation excessive du pied, valgus calcanéen, et faiblesse des adducteurs de la hanche.

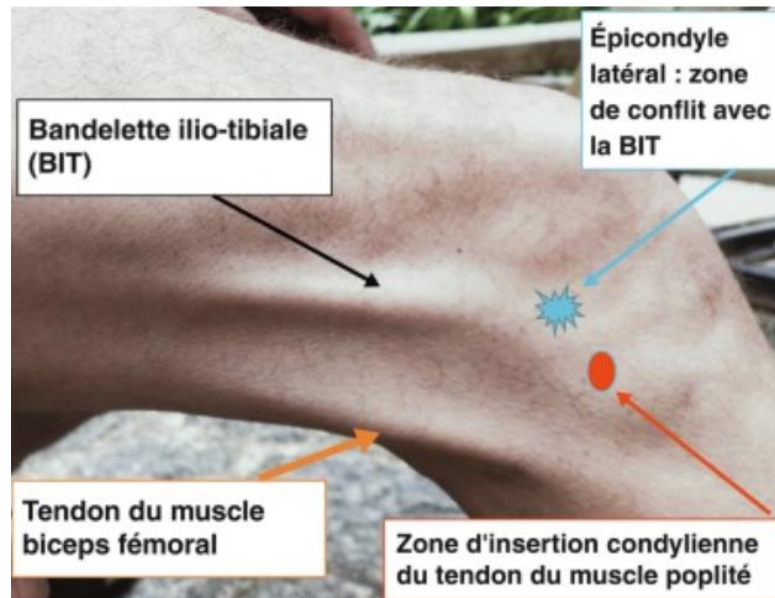
Le diagnostic est fait par l'anamnèse et la clinique, par une douleur au niveau de la face latérale du genou, et une sensibilité à 1-2 cm au-dessus de l'articulation. La douleur s'aggrave lors de la course et augmente tout au long de l'activité. Il est parfois utile, en cas de doute persistant de s'aider d'examens complémentaires.

L'échographie permet de visualiser :

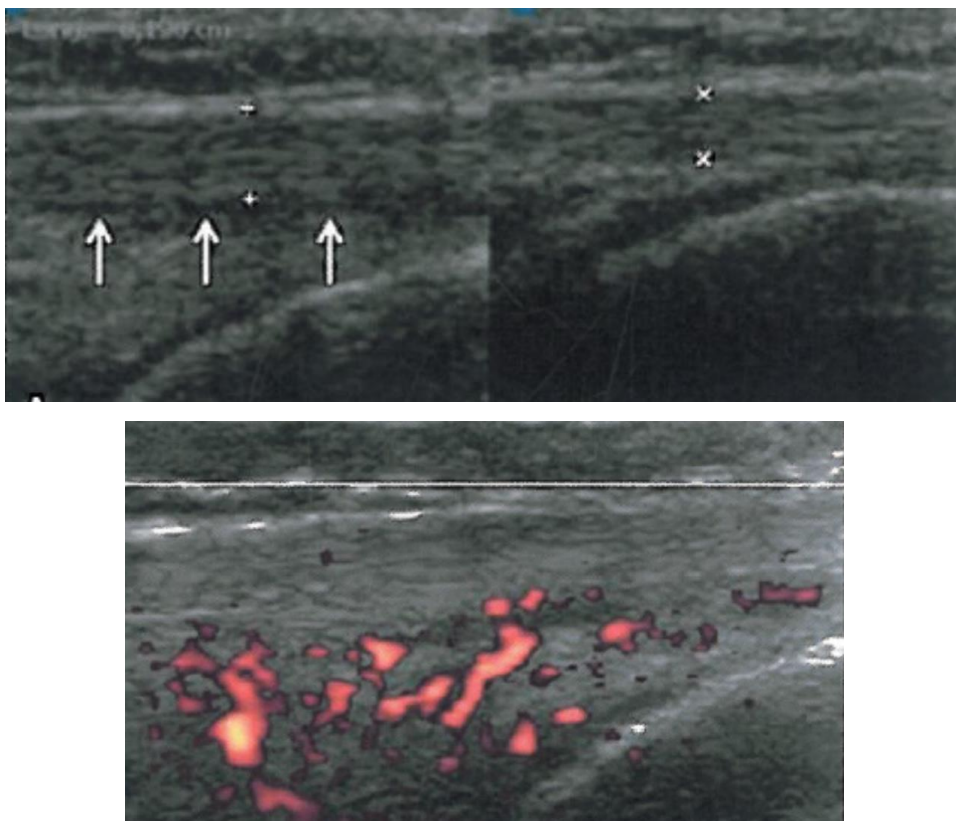
- Le conflit en évaluant le mouvement dynamique de la bandelette iliotibiale par flexion et extension du genou.
- L'aspect oedémateux hypoéchogène sous le TIT.
- Epanchement dans le récessus synovial latéral.
- Epaississement du TIT (supérieur à 3 mm)
- Hyperhémie en doppler.

L'IRM est réservé quand le diagnostic n'est pas clair ou pour exclure d'autres étiologies de douleurs latérales du genou. On retrouvera :

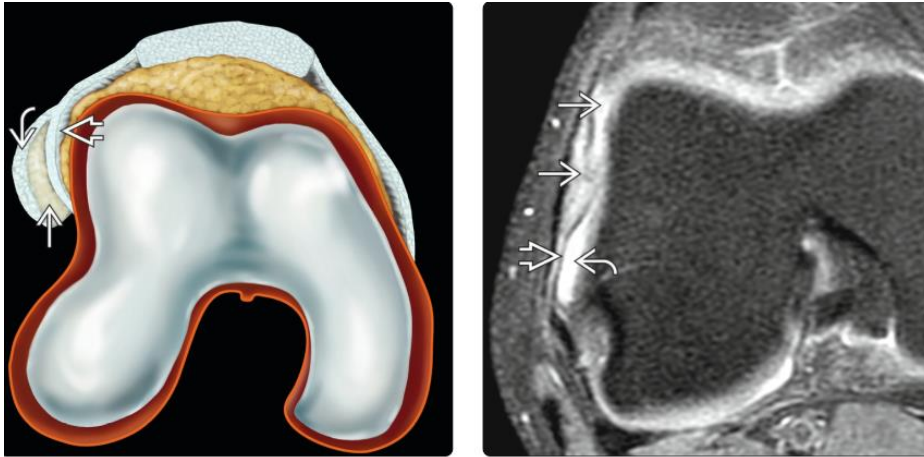
- Un hypersignal T2 à l'interface TIT-condyle latéral
- Le récessus synovial latéral (RSL) est une bourse adventitielle au niveau de l'articulation supérolatérale du genou, qui siège entre le TIT et le CFL. Si une collection liquidienne se développe à ce niveau, on pourra parler de bursite iliotibiale.
- Œdème des tissus mous en regard
- Possibles épaississement du TIT (supérieur à 5 mm versus 2.5 mm normalement) voire fissurations intra tendineuses.



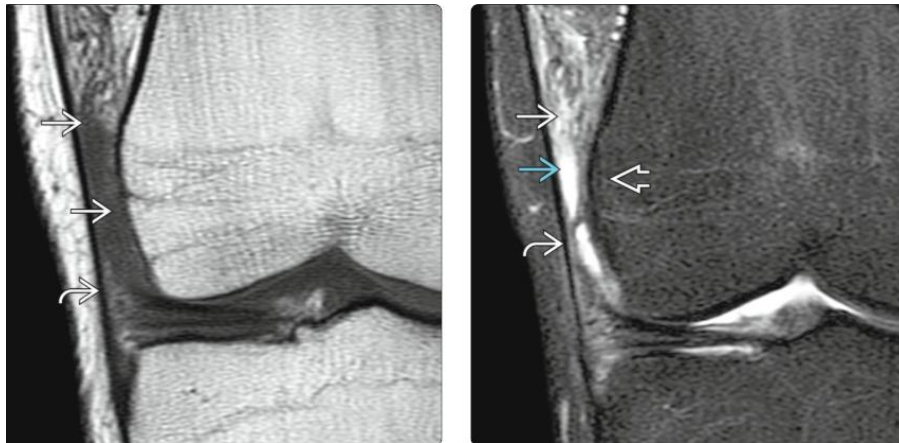
[49] Bandelette iliotibiale (tendon du tenseur du fascia lata) et tendon distal du biceps fémoral visibles, cuisse en abduction – flexion, par contraction contre résistance, genou en flexion active contre résistance de 30°.



[23] (A) Coupe échographique longitudinale montrant un épaissement du TIT, bordé par une fine lame hypoéchogène (flèches), en comparaison avec le côté controlatéral (B). Hyperhémie du TIT au doppler énergie (C).



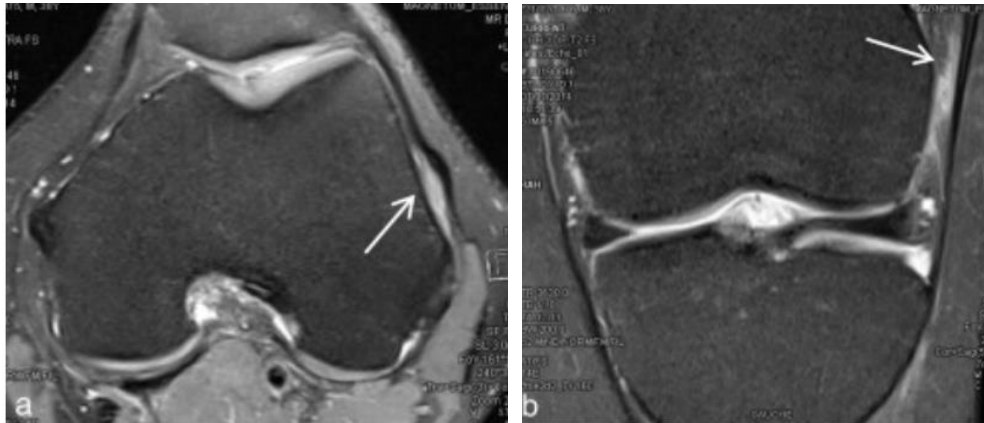
[48] A. Schéma en coupe axiale montrant l'inflammation de la cavité synoviale latérale (flèche), un espace entre le TIT (flèche recourbée) et la réflexion latérale de la synoviale de l'articulation du genou (flèche épaisse). Inflammation du récessus causée par un frottement répétitif entre le TIT et le condyle. B. IRM en coupe axiale en DP FAT SAT, montrant un œdème mal défini dans le récessus synovial latéral (flèche), séparé du liquide artériel (flèche recourbée) par la réflexion synoviale (flèche épaisse).



[48] IRM chez le même patient. A. Infiltration de la graisse dans le récessus synovial latéral (flèche). Pas d'épaississement du TIT (flèche recourbée) dans ce cas. B. Œdème intense (flèche) et épanchement focal (flèche bleue) entre TIT (flèche recourbée) et le CFL (flèche épaisse), indicateur du syndrome de friction du TIT.

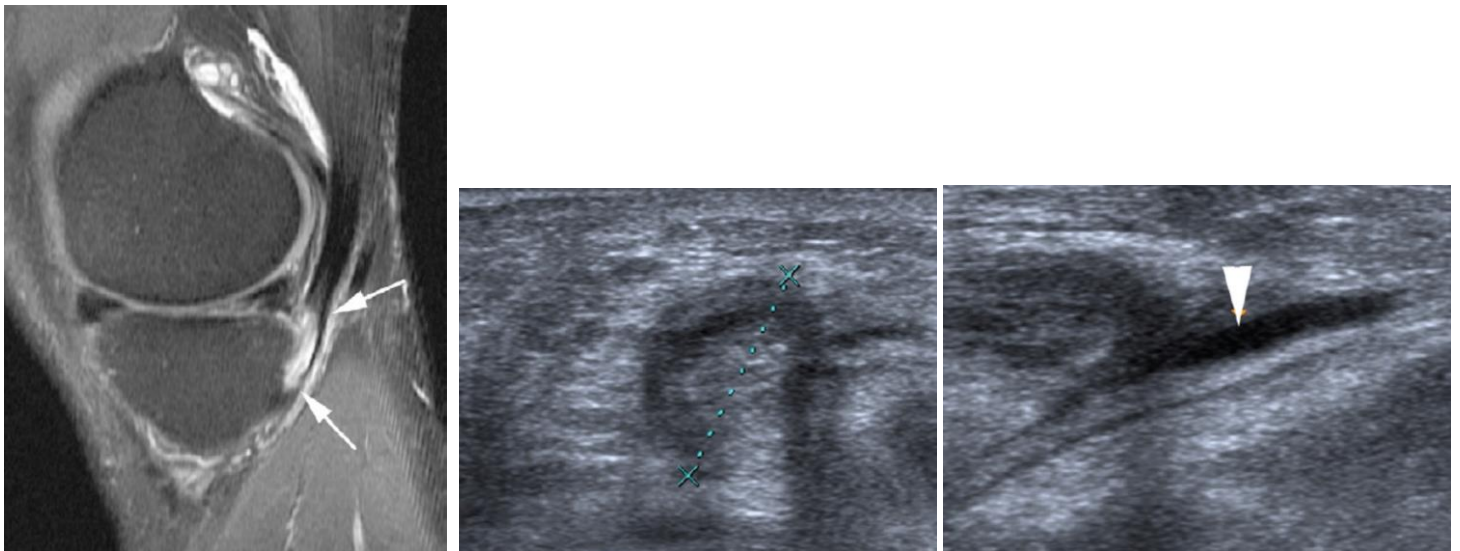


[47] Syndrome du TIT : infiltration en hypersignal (flèche) de l'espace séparant la corticale du condyle latéral et le tractus iliotibial (têtes de flèche)



Syndrome du TIT. (a) Coupe axiale en DP FATSAT montrant un hypersignal (flèche) au niveau de l'interface séparant le TIT du condyle fémoral latéral. (b) Coupe coronale DP FATSAT montrant l'extension en hauteur de l'hypersignal des parties molles de la face profonde de la bandelette (flèche).

5. Autres tendinopathies



[5] A. Enthésopathie du tendon semi-membraneux. IRM en coupe sagittale en séquence RHO FAT SAT : aspect hyperintense à la fois de la partie distale du tendon et de la zone d'enthèse osseuse (flèche).

Echographie réalisée chez le même patient, en coupe axiale (B) et longitudinale (C), montrant un tendon entouré d'un épanchement liquidien, circonférentiel, traduisant la tendinobursite associée à l'enthésopathie.



[5] Tendinopathie distale du biceps fémoral. IRM en coupe frontale en séquence pondérée T2 FAT SAT : L'insertion tendineuse du biceps (tête de flèche) est fusiforme et en hypersignal. Cette anomalie s'accompagne d'un épanchement liquidien.

VIII. PATHOLOGIE TUMORALE ET PSEUDO TUMORALE :

On parlera dans ce chapitre des tumeurs et pseudotumeurs du genou les plus fréquentes, de façon non exhaustive.



[63] Principales tumeurs bénignes et malignes osseuses chez les patients de moins de 30 ans.



[63] Principales tumeurs osseuses chez les patients de plus de 30 ans

TUMEURS ET PSEUDOTUMEURS OSSEUSES

Le genou est un site fréquent de tumeurs osseuses, qu'elles soient cliniquement douloureuses ou non.

L'imagerie joue un rôle crucial dans la détection précoce, la caractérisation et le suivi des tumeurs du genou.

La radiographie standard représente la première étape obligatoire de l'évaluation d'une tumeur osseuse. Elle peut proposer une gamme diagnostique et écarter certains diagnostics différentiels. On peut parfois s'arrêter à ce stade si la lésion est assez typique, mais parfois la

confrontation aux données d'une imagerie en coupe permettra le diagnostic final, notamment la TDM pour l'étude des densités, de la matrice tumorale, de la corticale osseuse, et une meilleure caractérisation des appositions périostées. L'IRM, elle, est utile en cas de doute diagnostique, et permet une meilleure caractérisation, notamment des tissus mous.

La démarche diagnostique doit être systématisée. Il faut tout d'abord localiser la lésion dans le genou, puis la rattacher à une structure anatomique, enfin le contexte clinique, épidémiologique (âge du patient, argument de fréquence, signes associés) et la caractérisation en IRM permettent de mieux préciser le diagnostic [64].

I) PSEUDOTUMEURS ET TUMEURS BENIGNES [66, 67]

Les pseudotumeurs ne sont pas classées comme de véritables néoplasmes, car elles ne présentent pas de caractéristiques pathologiques spécifiques et ne contiennent pas de cellules néoplasiques. Elles sont souvent le résultat d'une stimulation métabolique ou d'une hyperactivité de cellules normales, telles que les ostéoclastes.

A) Tumeurs kystiques

1) Kyste osseuse simple ou solitaire ou essentiel

Il s'agit de la tumeur osseuse bénigne la plus fréquente, et est de cause inconnue. Il apparaît pendant l'enfance ou l'adolescence (3–14 ans), et est rare après 30 ans. La fracture constitue la première manifestation clinique dans 70% des cas. Il ne dégénère jamais.

Le diagnostic peut être fait par la radiographie standard, caractérisé par une lésion de topographie le plus souvent métaphysaire, bien définie, radiotransparente, lytique, uniloculée, sans cloison, à grand axe parallèle au grand axe de l'os porteur, respectant la corticale, même s'il peut l'amincir, avec un bord sclérotique. Il n'existe pas de réaction périostée. Sa taille varie de 2 à 15 cm. Si présence de fracture, on trouvera un fragment osseux tombant dans le fond de la cavité, réalisant le « fallen fragment sign », pathognomonique.

La TDM et l'IRM permettent une bonne caractérisation si doute diagnostique, ou pour le différencier d'un kyste osseux anévrysmal. L'aspect sera celui d'une lésion lytique bien limitée, à contenu liquidien, parfois hématique, ne prenant pas le contraste.



Lésion ostéolytique métaphysaire fémorale inférieure, de forme arrondie, bien limitée, entourée d'une ostéosclérose. 1405164

2) Kyste osseuse anévrysmal

Il s'agit d'une lésion tumorale bénigne, rare, correspondant à des espaces multiloculés remplis de sang de taille variable séparés par des septa fibreux. Ils sont observés chez les enfants et les adolescents, dont environ 80% ont moins de 20 ans, mais peuvent survenir à tout âge.

Il peut être primitif, et c'est le plus souvent le cas, parfois avec présence d'un antécédent de traumatisme, ou alors secondaire à une tumeur pré existante : tumeur à cellules géantes, ostéoblastome, chondroblastome, angiome, angiosarcome télangiectasique, kyste osseux solitaire, dysplasie fibreuse, xanthome, fibrome chondromyxoïde, fibrome non ossifiant, métastase.

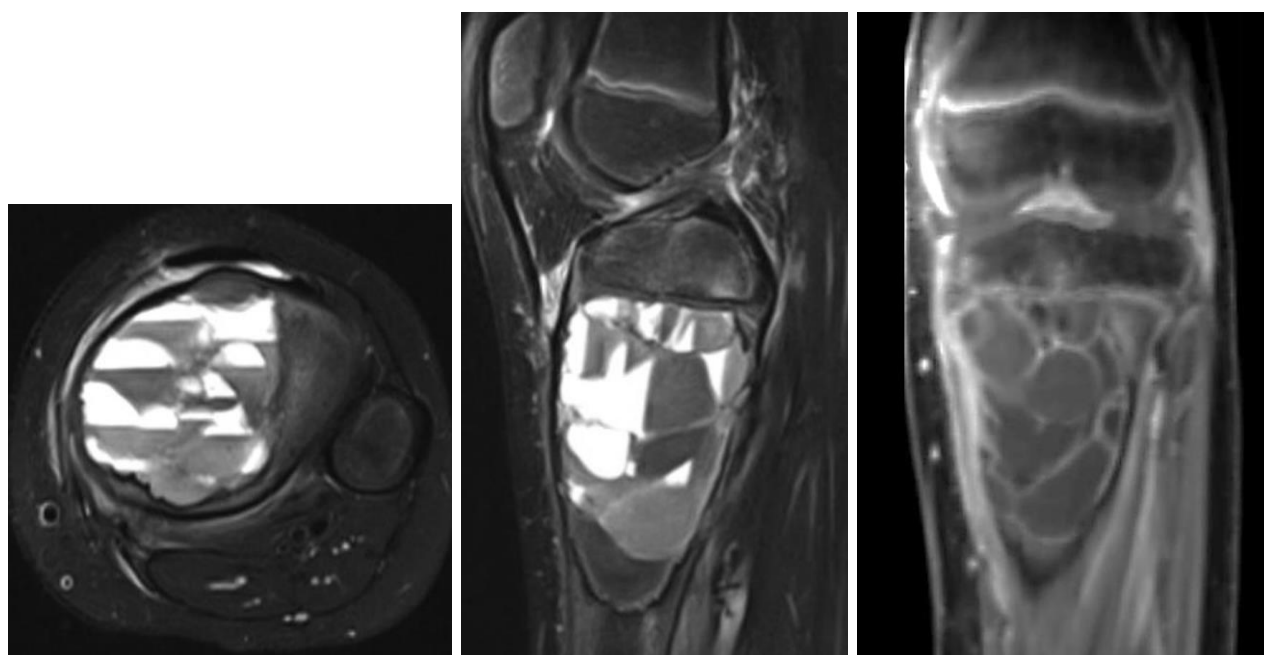
Le diagnostic peut être évoqué en radiographie, sous forme d'une lésion métaphysaire solitaire, ostéolytique, expansive, bien définie, pouvant présenter des trabéculations internes fines, excentrique, respectant la corticale, avec possible amincissement de celle-ci, respectant l'épiphyse. Ils ont une croissance rapide, et n'ont donc qu'un mince bord sclérotique, voire aucun.

La TDM montrera les mêmes caractéristiques, et s'assurera de l'absence de l'atteinte des tissus mous, et recherchera la présence de niveaux liquide-liquide.

L'IRM permet de confirmer le diagnostic si doute, sous forme d'une lésion multiloculée, de signaux différents, correspondant à des saignements d'âges différents, avec des niveaux liquide-liquide, et prise de contraste hétérogène.



Lésion ostéolytique métaphysaire tibiale proximale, bien limitée, expansive, multi loculée, respectant la corticale et les parties molles.



Individualisation d'une lésion métaphysaire tibiale proximale, contenant des niveaux liquide-sang, avec rehaussement des septas après contraste.

B) Tumeurs fibreuses

1) Dysplasie fibreuse

C'est une pseudotumeur fibro-osseuse bénigne dans laquelle l'os normal est remplacé par du tissu fibreux imprégné d'os trabéculaire hétérogène immature.

Souvent asymptomatique, elle peut être diagnostiquée à l'âge adulte, lors de la découverte fortuite d'une déformation osseuse lors d'un examen radiologique, ou dans l'enfance en raison d'une fracture pathologique. Avec l'âge, la lésion a tendance à déformer progressivement l'os atteint.

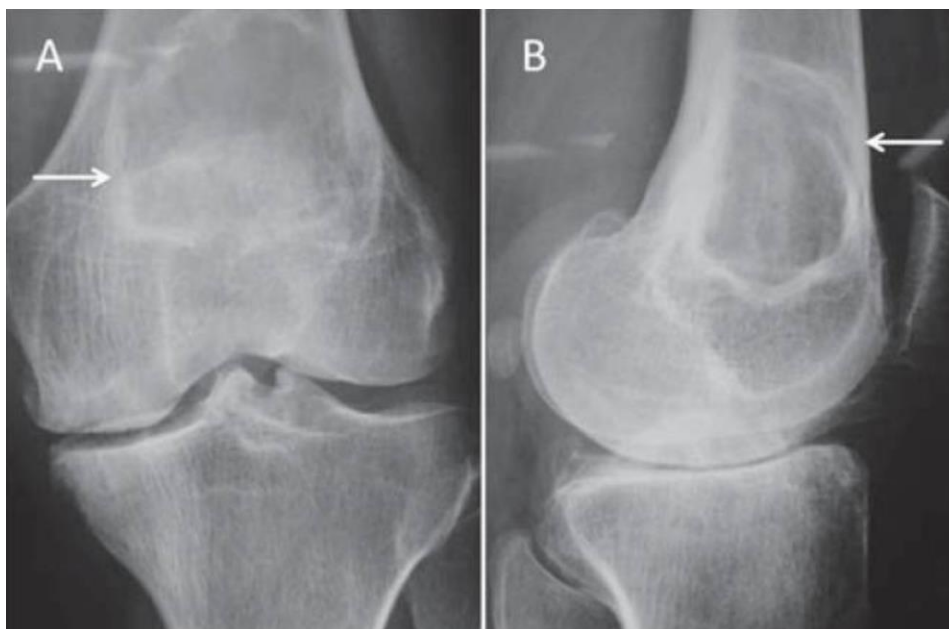
En radiographie, il s'agit d'une lésion métaphysaire ou diaphysaire, ostéolytique, bien limitée, centrée ou excentrée, avec un aspect intra lésionnel caractéristique en verre dépoli, expansive, entourée d'un liseré d'ostéosclérose, respectant la corticale.

Le scanner est considéré comme la modalité de choix dans le diagnostic de dysplasie fibreuse. On retrouvera une lésion ostéolytique, bien limitée, en verre dépoli, entourée d'un liseré sclérotique, bien, respectant la corticale.

L'IRM n'est pas particulièrement utile pour différencier la dysplasie fibreuse des autres entités. Il s'agira d'une lésion généralement en hyposignal T1 ou intermédiaire, hétérogène, avec un signal variable en T2, et une prise de contraste hétérogène modérée.

Le principal diagnostic différentiel est le kyste osseux simple.

Le diagnostic de dysplasie fibreuse repose principalement sur les caractéristiques cliniques et radiologiques typiques et si les caractéristiques d'imagerie sont caractéristiques, la lésion ne nécessite pas d'histologie



[66] Radiographie du genou, de face (A) et de profil (B), avec individualisation d'une lésion métaphysaire fémorale distale, lytique, bien limitée, avec bord sclérotique (flèches), ne dépassant pas l'os cortical. Aspect en « verre dépoli » caractéristique. A noter également une arthropathie dégénérative.

2) Cortical defect (ou lacune corticale bénigne)

Il s'agit d'une pseudotumeur du tissu conjonctif très fréquente, retrouvée principalement chez l'enfant. Il est habituellement asymptomatique.

C'est une lésion de topographie métaphysaire, corticale, à grand axe parallèle à celui de la diaphyse, de taille inférieure à 2 cm, elle est ostéolytique, de taille inférieure à 2 cm, uni ou polyloculée. Il n'existe pas de réaction périostée et aucune atteinte de la cavité médullaire sous-jacente.

Le scanner présente les mêmes caractéristiques qu'en radiographie, sous forme d'une lésion hypodense ostéolytique corticale, entourée d'un liseré dense périphérique.

L'IRM n'est pas indiquée si la lésion est typique. Si réalisée, on trouvera une lésion hypoT1 et DP périphérique, en lien avec la sclérose, et de signal central intermédiaire. Le signal est variable en T2, en fonction de la phase de cicatrisation.

3) Fibrome non ossifiant

Il s'agit d'une pseudo-tumeur bénigne du tissu conjonctif, correspond à la même lésion que le cortical defect, mais avec une taille supérieure à 2 cm pour le fibrome, et une forme expansive intra médullaire de celui-ci. Il s'agit d'une « no touch lesion ».

Les sujets de moins de 20 ans sont la population la plus touchée. C'est la tumeur bénigne la plus fréquente de l'enfant. Il s'agit le plus souvent d'une lésion asymptomatique, de découverte fortuite. Une fracture pathologique peut survenir si la lésion dépasse 5 cm ou si l'extension dépasse 50% du diamètre de l'os.

En radiographie, l'aspect est classique. Il s'agit d'une lésion métaphysaire, excentrée, corticale, ostéolytique, de contour polylobulé, bien limitée, en bulle de savon, respectant la corticale, qui peut cependant être soufflée, sans réaction périostée. Il n'y a pas d'extension à la médullaire ni aux parties molles.

En TDM, la lésion est métaphysaire, excentrée, corticale, ostéolytique, bien limitée, multiloculée, entourée d'un liseré dense périphérique, à grand axe parallèle à celui de la diaphyse.

En IRM, il s'agit d'une lésion en hyposignal T1 et DP périphérique en rapport avec la sclérose, et de signal intermédiaire central, avec un hypersignal T2. Le rehaussement est variable.

Le point de départ cortical peut ne pas être évident dans certains cas du fait de la taille.

La lésion est le plus souvent unique (75%), mais peut également être multiple.

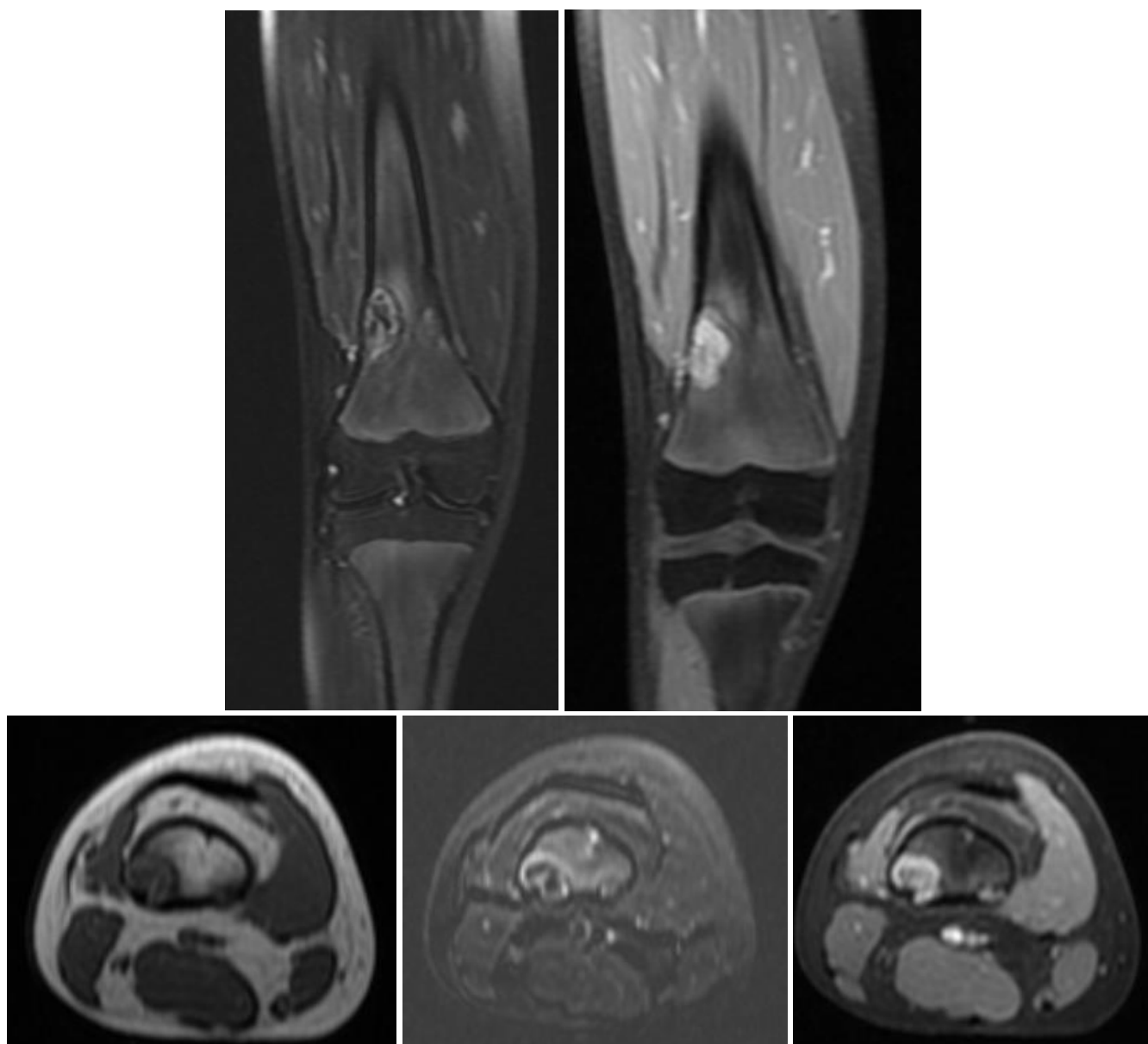
Les lésions se condensent lors de l'évolution (phase de régression), et la disparition se fait de façon progressive.



Radiographies du genou, incidence de face (A) et de profil (B), montrant une lésion ostéolytique, métaphysaire, excentrée, expansive, bien limitée, multiloculée, respectant la corticale, et ne présentant pas d'extension aux parties molles.



Lésion ostéolytique diaphysaire fémorale, excentrée, bien limitée, entourée d'un liseré d'ostéosclérose, mesurant 5 cm de grand axe, faisant évoquer en premier un fibrome non ossifiant.



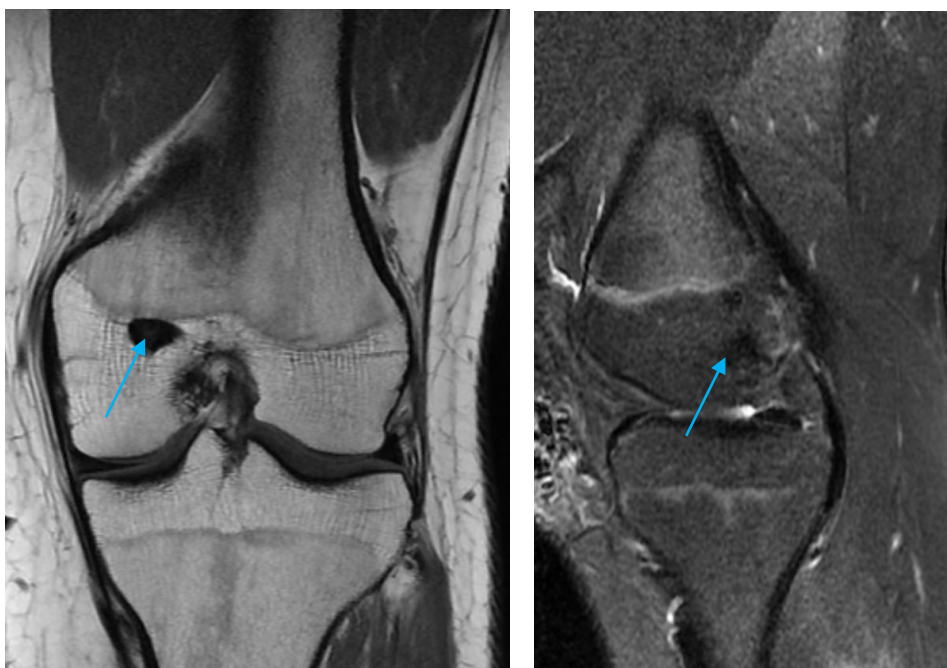
IRM du genou en coupes coronales en T2 FATSAT (A) et T1 FATSAT injectée (B), et en coupes axiales en T1 (C), T1 FATSAT (D) et T1 injectée, objectivant une lésion métaphyso-diaphysaire fémorale inférieure, intra corticale, de forme allongée, bien limitée, réalisant un aspect en cocarde en T1, avec un bord sclérotique, décrite en hypersignal T2, rehaussée après contraste, mesurant 35 mm de hauteur, faisant évoquer en premier un fibrome non ossifiant.

C) Lésions ostéogènes

1) Ostéome

Lésion bénigne rare, constituée d'os compact. Il 'observe à tout âge, et est découvert fortuitement le plus souvent à l'âge adulte.

En radiographie et en TDM, il s'agit d'une lésion très dense, homogène et bien limitée. L'IRM et le plus souvent inutile dans les formes typiques. Si réalisée, il s'agit d'une lésion en hyposignal T1, son signal en T2 dépend de la quantité d'os compact, et ne se rehausse pas. Il s'agit d'une « no touch lesion ».



IRM du genou en séquence T1 coronale, et RHO FATSAT sagittale, montrant une lésion osseuse au niveau du condyle fémoral interne, bien limitée, en hyposignal sur les deux séquences, faisant évoquer en premier un ostéome.

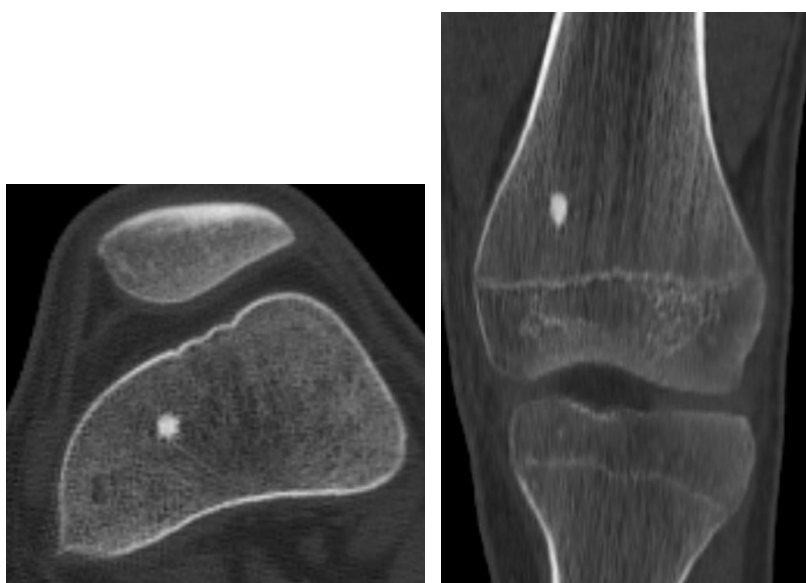
2) Ilot condensant ou énostose

Il s'agit d'un amas d'os non tumoral, formé d'os lamellaire et d'os métaplasique. Elle est asymptomatique, de découverte fortuite.

En radiographie et au scanner, c'est une lésion ostéocondensante médullaire intra spongieuse, juxta corticale le plus souvent, de forme arrondie ou ovoïde, de contours parfois spiculés en continuité avec les trabécules osseuses, homogène, stable dans le temps ou pouvant augmenter progressivement de taille (augmentation possible de 1 mm/an). Absence de critère d'agressivité (lyse, apposition périostée, masse des parties molles). Il est dit géant si sa taille est supérieure à 2 cm.

En IRM, l'aspect est typique : c'est un vide de signal en pondération T1, de contours nets.

Absence de fixation en scintigraphie, contrairement aux métastases osseuses condensantes.



Ilot condensant métaphysaire fémoral inférieur sur scanner.

3) Ostéome ostéoïde

C'est une tumeur bénigne, retrouvée chez l'enfant et l'adulte jeune, caractérisée par une douleur nocturne, calmée par les AINS. La topographie est le plus souvent diaphysaire, mais aussi métaphysaire. En radiographie, on recherche un nidus (petite lacune transparente), entourée d'une ostéosclérose. La TDM trouve son intérêt si le nidus n'apparaît pas en radiographie, ou à la recherche du vaisseau nourricier. L'IRM peut révéler un épaississement cortical focal, étendu, de faible intensité sur toutes les séquences, entourant un nidus central d'intensité plus élevée. Un œdème peut être noté soit dans la moelle adjacente ou dans les tissus mous tout autour.



TDM du genou, en coupe axiale, et reconstructions coronale et sagittale. Lésion ostéolytique au niveau du 1/3 supérieur du tibia, diaphysaire, étendue à la métaphyse, intra corticale, bien limitée, mesurant 15 mm de grand axe, entourée d'une ostéosclérose corticale, faisant évoquer en premier un ostéome ostéoïde.

4) Infarctus osseux

Voir chapitre « lésions ischémiques ».

D) Tumeurs cartilagineuses

1) Ostéochondrome ou exostose

Il s'agit d'une excroissance osseuse recouverte d'une coiffe cartilagineuse, pouvant se présenter plusieurs formes (unique ou multiple, sessile ou pédiculé).

Il s'agit d'une tumeur bénigne fréquente, composée d'os normal et recouverte de cartilage. Il intéresse surtout les patients entre 10 et 20 ans. Elle grandit avec l'enfant, et s'ossifie selon les principes biologiques d'ossification endochondrale. Ainsi, c'est une lésion active puis latente à l'âge adulte.

Il est le plus souvent indolore, les patients se plaignant plutôt d'une tuméfaction dure près du genou. Il peut cependant parfois limiter l'amplitude des mouvements et comprimer les nerfs

périphériques. L'augmentation de volume chez l'adulte doit faire suspecter une dégénérescence en chondrosarcome.

Sa taille est normalement inférieure à 1 cm chez l'adulte, entre 1 et 2 cm, il devient suspecte et nécessite une surveillance, et si supérieure à 2 cm, on le considère hautement suspecte.

C'est une lésion qui naît perpendiculairement à la métaphyse et qui se dirige vers la diaphyse, s'éloignant de l'épiphyse. La corticale et l'os spongieux de l'exostose et de l'os porteur sont en continuité. La coiffe cartilagineuse est d'apparence variable. Elle peut être mince et difficile à identifier, ou épaisse, avec des anneaux et des arcs calcifiés et un os sous chondral irrégulier.

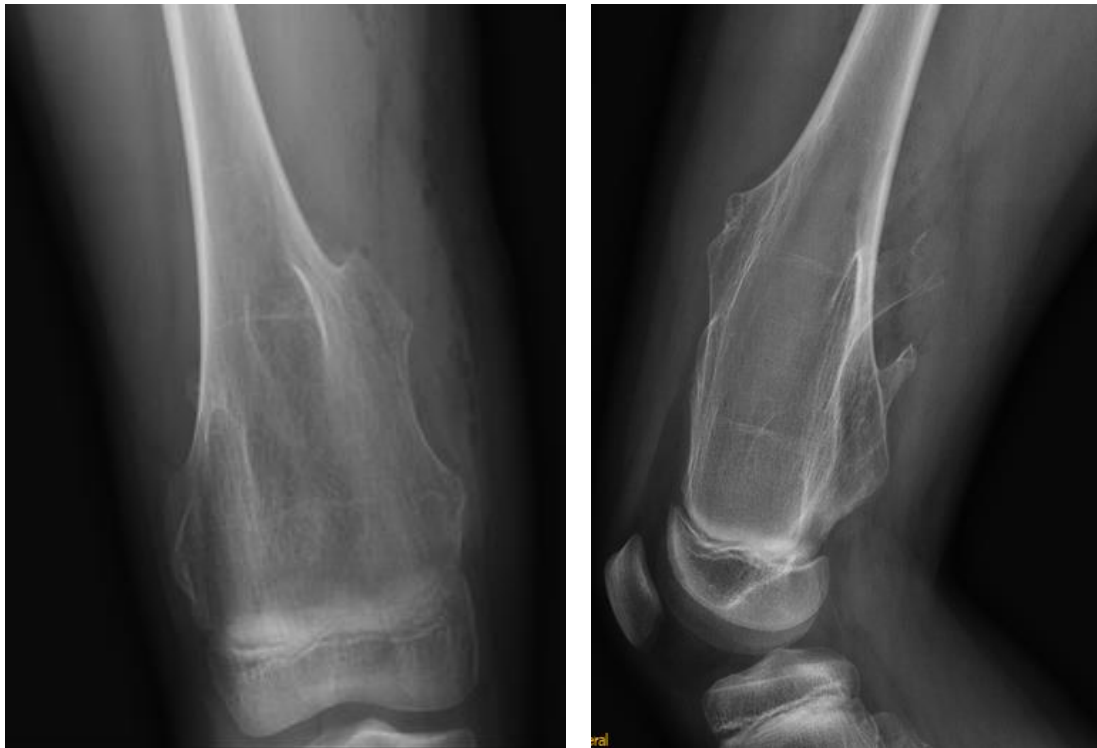
La TDM montre les mêmes caractéristiques, et permet également de rechercher les signes de malignité (chondrosarcome). Les principaux signes sont une coiffe cartilagineuse épaisse de plus de 2 cm, une matrice inhomogène avec une composante tissulaire importante, des calcifications anarchiques et une prise de contraste. L'augmentation de taille après maturité du squelette peut suggérer une transformation sarcomateuse.

L'IRM est la meilleure modalité d'imagerie pour évaluer le cartilage, (et donc évaluer la transformation maligne), la présence d'œdème dans les os, ou les tissus mous adjacents, et de visualiser les structures neurovasculaires à proximité.

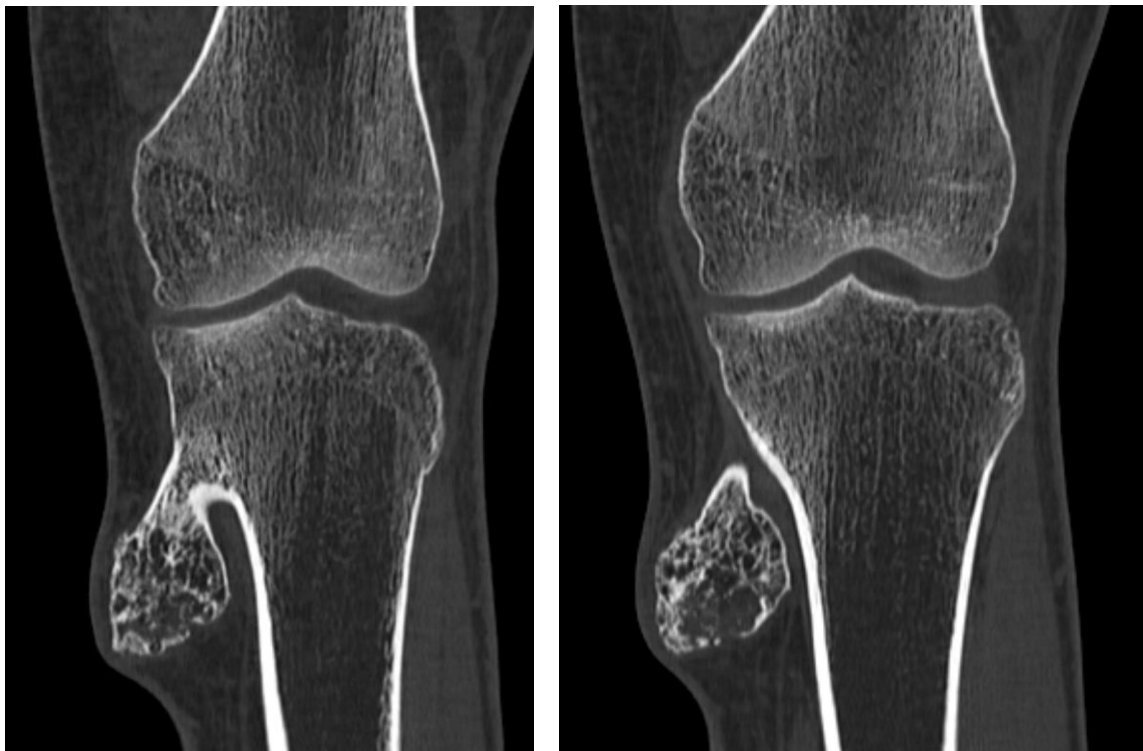
La coiffe cartilagineuse des ostéochondromes apparaît de la même manière que le cartilage ailleurs (signe faible à intermédiaire en T1, et hypersignal T2). Après injection, un rehaussement est normalement observé en périphérie, dans le tissu qui recouvre la coiffe cartilagineuse qui est de nature fibrovasculaire. Cependant, la coiffe cartilagineuse elle-même ne devrait pas s'améliorer.

Une coiffe supérieure à 1.5–2 cm d'épaisseur après maturité squelettique est suspecte de dégénérescence maligne, tandis qu'elle peut atteindre 3 cm d'épaisseur chez les patients jeunes.

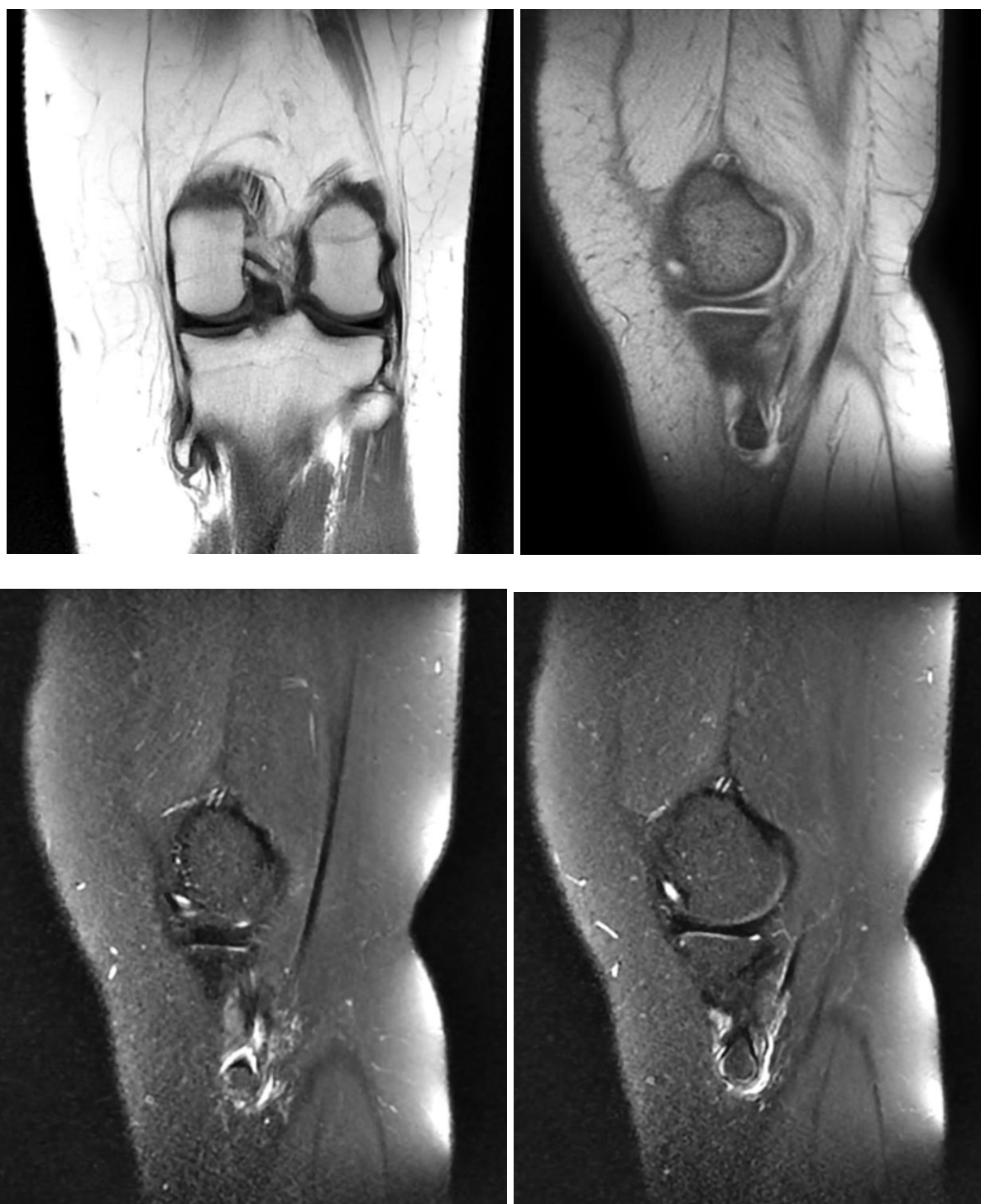
Il est cependant nécessaire de savoir que la transformation en chondrosarcome est rare et survient dans moins de 5% de tous les cas d'exostoses multiples. Les autres complications de l'exostose sont la compression vasculo-nerveuse, conduisant souvent à la formation de pseudo-anévrismes, notamment de l'artère poplitée, une bursite par frottement au niveau du genou, ou une fracture.

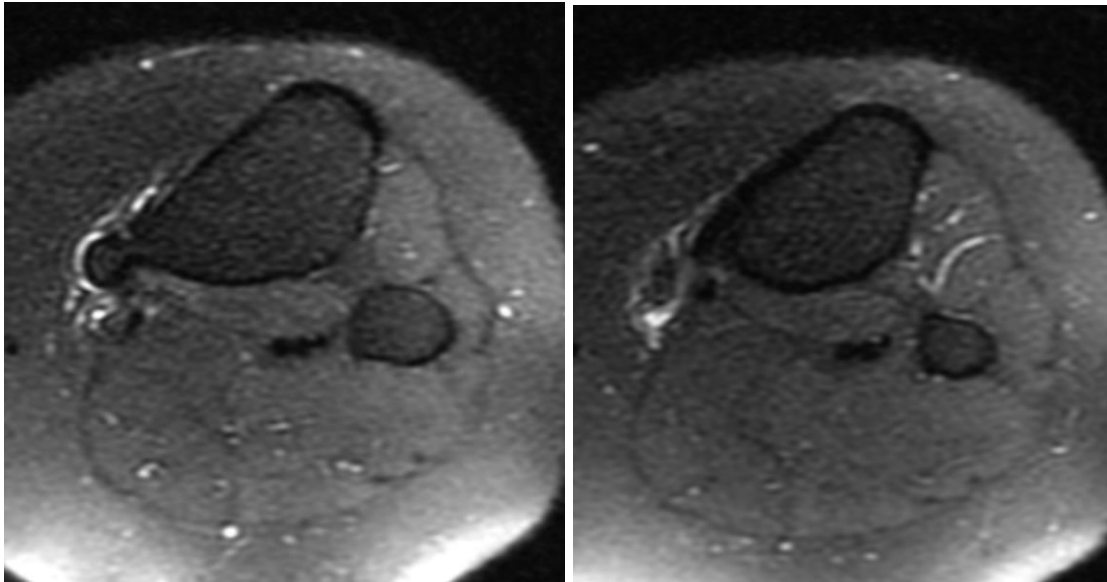


Radiographie du genou droit, incidence de face et de profil. Individualisation de multiples excroissances osseuses intéressant l'extrémité inférieure du fémur, présentant une continuité cortico-corticale et médullo-médullaire avec l'os portant. Certaines sont pédiculées et d'autres sessiles. Images du service de radiologie mère enfant du CHU Hassan II de Fès



Scanner du genou en fenêtre osseuse, reconstruction osseuse, montrant une exostose présentant comme signe d'atypie une rupture corticale.





IRM du genou, en séquences T1 coronale (A), MERGE sagittale (B), DP FATSAT sagittale (C, D) et axiale (E, F). Excroissance osseuse sessile métaphysaire tibiale supérieure, entourée d'une coque cartilagineuse (2 mm), avec individualisation d'un épanchement en regard des tendons de la patte d'oie, avec infiltration des parties molles avoisinantes, en rapport avec une bursite ansérine secondaire à la friction des tendons de la patte d'oie avec l'exostose.

2) **Enchondrome ou chondrome**

Il s'agit d'une tumeur qui concerne des sujets d'âges différents, plus fréquente chez les sujets jeunes (30–40 ans), caractérisée par la formation de tissu cartilagineux hyalin mature. Ils partagent des caractéristiques histologiques et radiologiques avec les chondrosarcomes de bas grade, et sont parfois classés sous le terme générique de tumeurs chondrales de bas grade.

Elle peut être unique ou multiple, de siège métaphysaire le plus souvent, naissant à partir du cartilage de croissance (80%, mais peut aussi être métaphyso-diaphysaire, diaphysaire, ou épiphysaire), et centrale intra médullaire. En radiographie standard, il s'agit d'une ostéolyse géographique, bien limitée, sans condensation périphérique (type 1b), inférieure à 5 cm, associée parfois à une soufflure corticale si lésion expansive, sans rupture, avec calcifications de type cartilagineuses, nombreuses, ponctuées, floconneuses, arciformes ou en anneau. Il n'existe pas de réaction périostée ou d'extension aux parties molles. La TDM permet l'analyse des calcifications de la matrice.

L'aspect en IRM est une lésion en hyposignal T1 ou signal intermédiaire, hypersignal T2 intense (vu le cartilage hyalin riche en eau), et des calcifications hypoT1 et T2. Il n'existe pas d'œdème péri lésionnel (sauf en cas de fracture surajoutée). Il n'existe pas d'extension aux parties molles, et une prise de contraste périphérique et des septas en « arcs et anneaux » sont observés après injection.

La présence de moelle graisseuse persistante entre les lobules de cartilage a été considérée comme un élément en faveur d'un chondrome ou d'un chondrosarcome de grade 1 contre un chondrosarcome de grades 2 ou 3.

Pour les diagnostics différentiels, les deux principaux sont :

- Le chondrosarcome de bas grade : présence de douleur, avec une taille plus importante supérieure à 5 cm, une hyperostose corticale, un œdème péri lésionnel médullaire ou périosté (en l'absence de fracture récente), et une prise de contraste artérielle précoce.
- Un infarctus osseux ancien : dans l'infarctus, la calcification est due à une ossification ischémique qui se localise à l'interface entre os mort et os vivant. Elle forme un liseré périphérique serpigneux.



Images d'enchondrome en radiographie, scanner et IRM. Images du service de radiologie du CHU Hassan II de Fès.



Patient de 2 an, admis pour retard staturo-pondéral, avec déformations osseuses. Multiples lésions ostéolytiques soufflantes situées au niveau costal, ischio-pubien gauche, métaphysaires humérales, radio-ulnaires, et fémoro-tibiales supérieures et inférieures, ainsi qu'au niveau des métacarpes et phalanges de la main gauche. Ces lésions font évoquer en premier une enchondromatose multiple type maladie d'Ollier.

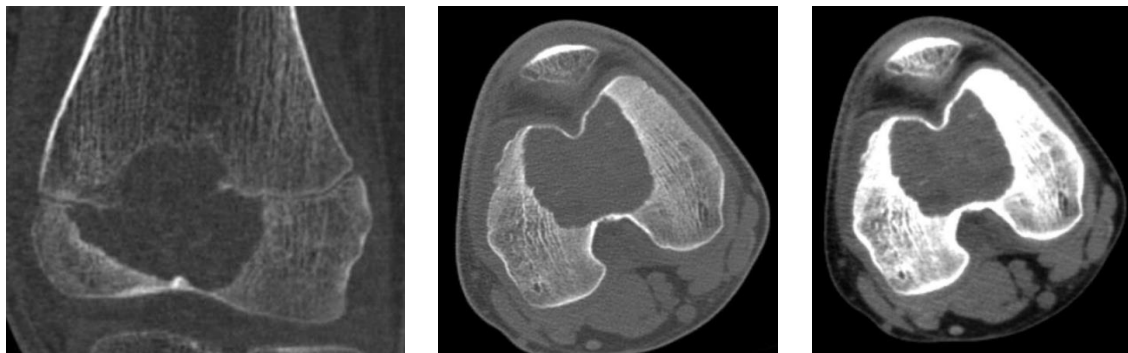
3) **Chondroblastome** : Ou tumeur de Codman.

Il s'agit d'une tumeur cartilagineuse bénigne, mais agressive, rare, du sujet jeune, survenant généralement avant 20 ans (squelette immature), avec une prédilection masculine. On peut le retrouver au niveau du fémur distal, tibial proximal, mais aussi au niveau de la paetlla.

La radiographie retrouve une lésion ostéolytique épiphysaire (fémorale distale ou tibiale proximale), excentrique, bien limitée, ovoïde ou lobulée, avec une fine sclérose périphérique, avec des calcifications internes dans 40-60% des cas, et un épanchement articulaire. Sa taille est variable (1-10 cm).

La TDM permet une meilleure analyse des limites et relation avec le cartilage articulaire et la métaphyse. Elle recherchera également une réaction périostée (50%), des calcifications internes (40-60%), avec possibles scalloping endostéal et rupture corticale.

L'IRM reste l'examen de référence, qui pourra montrer une matrice cartilagineuse (hypoT1 ou signal intermédiaire, hypersignal T2/STIR ou intermédiaire), et un œdème périlésionnel osseux et des tissus mous. Il peut parfois exister des niveaux liquide-liquide possibles en présence de modifications ressemblant à un kyste osseux anévrysmal. Après injection, on observe un rehaussement modéré hétérogène associé à un rehaussement des tissus oedématié osseux et de tissus mous environnants.



Lésion ostéolytique épiphysaire fémorale distale, étendue à la métaphyse, bien limitée, de contours réguliers, contenant quelques fines calcifications.

4) **Fibrome chondromyxoïde**

Il s'agit d'une tumeur osseuse cartilagineuse bénigne, mais agressive, rare. L'âge de découverte classique est entre 10 et 30 ans.

Elle se développe essentiellement dans la métaphyse du fémur et tibia, avec une extension épiphysaire ou diaphysaire possible. Le site classique est le 1/3 supérieur du tibia. Il s'agira d'une lésion ostéolytique, excentrée, expansive, de forme allongée de grand axe parallèle à la diaphyse, avec des contours polylobés, et parfois une corticale soufflée, un liseré d'ostéocondensation (Lodwick Ia), la présence de cloisons ou pseudo trabéculations est fréquente (60%), et les calcifications de la matrice interne sont peu fréquente (2-15%). Pas de réaction périostée (sauf en cas de fracture compliquée).

En IRM, l'aspect n'est pas spécifique. On retrouvera souvent une lésion hypointense en T1, de signal intermédiaire à élevé en T2, avec un rehaussement nodulaire périphérique dans 70% des cas. Dans 30% des cas, le rehaussement sera diffus, soit homogène ou hétérogène. Les zones de faible signal, à la fois en périphérique et au centre, peuvent correspondre respectivement à une sclérose périlésionnelle ou à une minéralisation interne minimale.

Le diagnostic différentiel inclut principalement le kyste osseux anévrysmal et dans certains cas, une TCG. En cas d'incertitude quant à la possibilité d'une lésion plus agressive, la biopsie est indiquée.



Volumineuse lésion osseuse ostéolytique expansive multilobée située diaphyso-métaphysaire proximale, présentant des marges sclérotiques bien définies. Respecte la corticale osseuse, et absence d'extension aux parties molles

E) Tumeurs à cellules géantes (TCG)

Il s'agit d'un groupe spécial de tumeurs osseuses, qui ne forment pas d'os ou de cartilage, mais qui favorisent la résorption osseuse médiée par les ostéoclastes, et peuvent également être appelées ostéoclastomes.

Il s'agit de tumeurs osseuses primitives bénignes, localement agressives, rarement malignes ou métastasantes, avec une tendance à la récurrence locale, siégeant autour de la plaque de croissance, de siège le plus souvent épiphysaire, pouvant arriver jusqu'à la surface articulaire, parfois métaphysaire à extension épiphysaire, au niveau du fémur et du tibia. Une atteinte de la patella est également possible (c'est d'ailleurs la tumeur osseuse la plus fréquente à ce niveau).

80% des cas surviennent entre 20 et 50 ans, avec une prédominance entre 20 et 30 ans, 99% après la fermeture des cartilages de croissance.

En radiographie, il s'agira d'une lésion ostéolytique, excentrée, s'étendant à l'os sous chondral, bien limitée, sans sclérose périphérique. Elle peut contenir des trabéculations fréquentes, être responsable d'un amincissement cortical ou une réaction périostée.

La TDM est inutile dans les formes typiques. Il s'agira d'une lésion ostéolytique, à contenu tissulaire isodense aux muscles, avec cloisons. On tâchera de rechercher l'absence de matrice osseuse intra tumoral, d'analyser l'aspect de la corticale (amincissement, soufflure ou rupture), une réaction périostée ou remodelage osseux, et une extension extra osseuse.

L'IRM est réalisée si suspicion de malignité, et pour le bilan d'extension locorégional, avant biopsie. Il s'agit d'une lésion en signal intermédiaire en T1 (présence de zones hémorragiques possibles), et souvent hétérogène en T2, l'hyposignal T2 est inconstant, mais très évocateur du

diagnostic. Le plus souvent, c'est une lésion en hypersignal T2, hétérogène, avec des zones de faible signal due aux dépôts d'hémosidérine ou de fibrose. La présence de niveau de liquide suggère des modifications ressemblant à un kyste osseux anévrysmal. La sclérose périphérique est vu sous forme d'un liseré périphérique hypoT1 et T2. Un œdème osseux périphérique est possible. Après injection, on recherchera un rehaussement des portions tissulaires (permettant de le différencier d'un kyste osseux anévrysmal pur), une extension dans les parties molles adjacentes, et on étudiera les rapports avec les vaisseaux.

Les principales complications sont les fractures pathologiques, la récurrence tumorale, la transformation maligne secondaire, et les métastases pulmonaires (rarement).

F) Tumeur graisseuse : le lipome

Le lipome est fait d'adipocytes matures, associés ou non, selon l'évolution, à de la nécrose, kystes ou calcifications.

Il est de topographie métaphysaire, parfois diaphysaire. En radiographie, on retrouve une lésion ostéolytique géographique, de contours polylobés, contenant des crêtes osseuses, soufflant la corticale, et contenant parfois des calcifications. La TDM et IRM confirment le contenu graisseux.



Lésion métaphysaire proximale tibiale, bien limitée, en hypersignal T1, et hyposignal STIR, témoignant du contenu graisseux, contenant quelques zones en hyposignal T1 et hyper STIR, en rapport probablement avec des remaniements kystiques.

II) TUMEURS MALIGNES [66, 67]

A) Ostéosarcome

Il s'agit de la deuxième tumeur osseuse primitive la plus fréquente chez l'adulte après le myélome multiple, et la première chez l'enfant. Il survient généralement chez les patients de 10 à 20

ans, car les centres de croissance de l'os sont plus actifs pendant la puberté / adolescence. Il existe une légère prédominance masculine. Un deuxième pic est observé vers 50 ans.

Les ostéosarcomes primaires surviennent généralement au niveau des métadiaphyses, surtout au niveau du fémur distal et tibia proximal, moins fréquemment au niveau de la fibula et patella.

L'ostéosarcome secondaire survient chez les patients âgés, généralement secondaire à une dégénérescence maligne de la maladie de Paget, à des infarctus osseux étendus, à une radiothérapie, une ostéochondrome ou ostéoblastome.

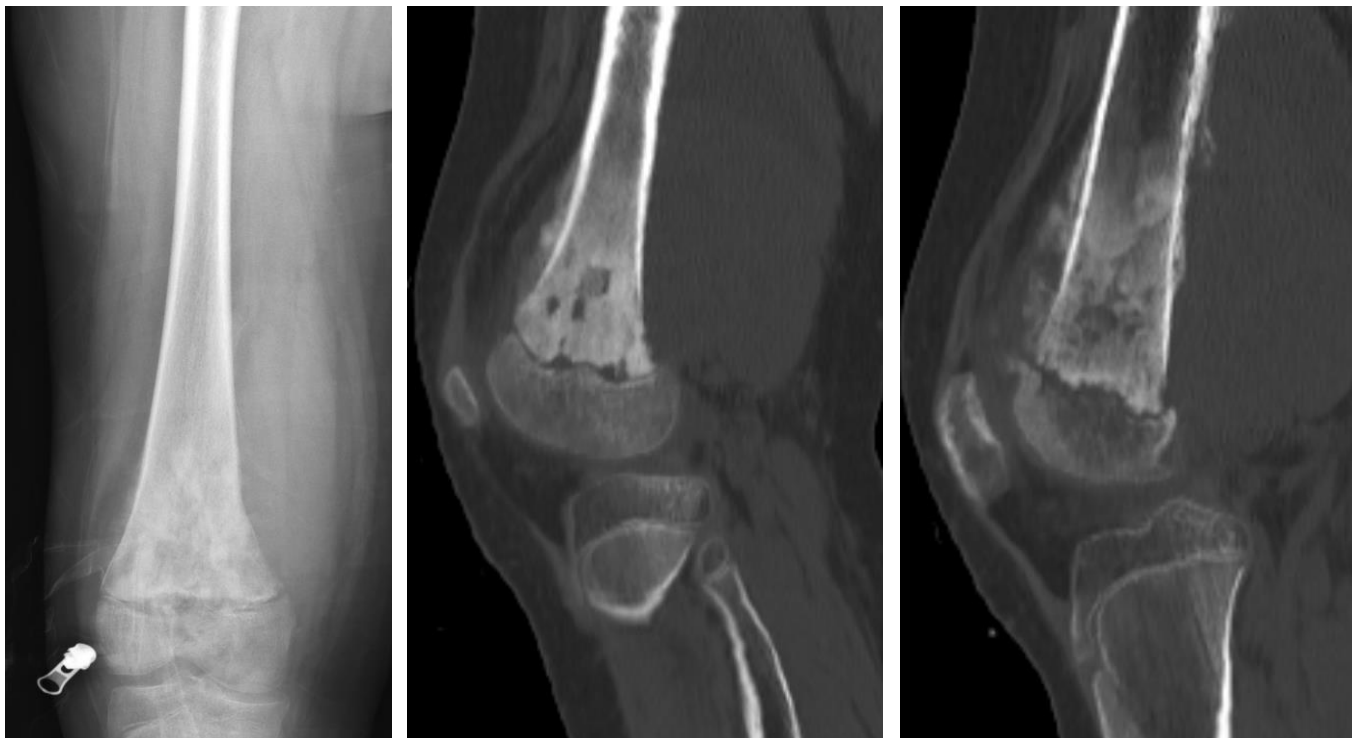
Les ostéosarcomes peuvent également être classés en fonction de leur topographie dans l'os :

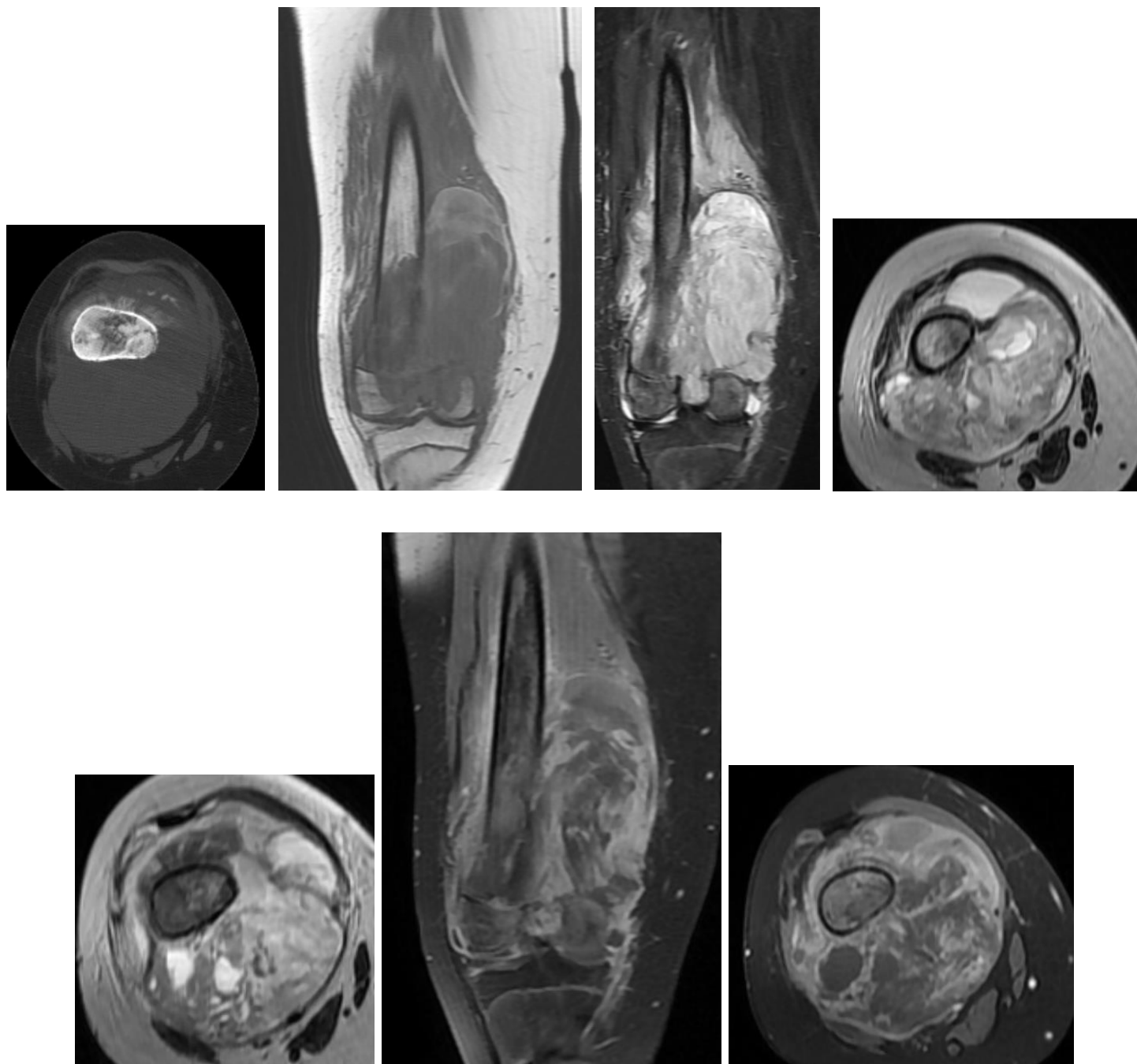
- Ostéosarcome central conventionnel (ou intra médullaire) : c'est le type le plus fréquent, et se développe à l'intérieur de l'os.
- Ostéosarcome périphérique : se forme à la surface de l'os. Il peut être subdivisé en :
 - o Ostéosarcome périosté
 - o Ostéosarcome paraostéal
- Ostéosarcome extra squelettique (ou extra osseux)

La radiographie conventionnelle continue de jouer un rôle important dans le diagnostic. Les aspects typiques de l'ostéosarcome conventionnel de haut grade (le plus fréquent) comprennent :

- Lésion ostéolytique ou condensante, intra médullaire, voire corticale
- Réaction périostée de type maligne (rayon de soleil, triangle de Codman, en bulbe d'oignon moins fréquemment)
- Extension aux tissus mous

L'IRM est un outil essentiel pour évaluer l'extension et planifier la possibilité de résection avec préservation de membre. L'évaluation du cartilage de conjugaison est essentielle.





Patient de 13 ans, avec un antécédent de traumatisme du genou droit datant de 20 jours, présentant une tuméfaction du genou. Radiographie du genou (A) avec incidence de face, objectivant une densification osseuse métaphysaire, avec réaction périostée type éperon de Codman et densification des parties molles tout autour. Scanner du genou en fenêtre osseuse, en coupes sagittales (B, C) et axiale (D) montrant un volumineux processus mixte ostéolytique et ostéocondensant, centré sur la région épiphyso-métaphysaire de l'extrémité inférieure du fémur droit, présentant une réaction périostée en « feu d'herbe », avec extension aux parties molles. IRM du genou en coupes coronales en T1 (E), et STIR (F), en T2 axiale (G, H), et en T1 FATSAT injecté (I, J), montrant le même processus, qui présente des zones hémorragiques, et qui s'étend au cartilage de croissance et à la région épiphysaire, arrivant jusqu'à l'interligne articulaire, et aux parties molles adjacentes, réalisant une véritable masse à ce niveau. Absence de skip métastase.

B) Chondrosarcome

Il s'agit d'une tumeur cartilagineuse maligne, retrouvée principalement chez l'adulte, entre 30 et 50 ans, avec une prédominance masculine. Dans 90% des cas, il est primitif, et plus rarement secondaire à la dégénérescence d'un chondrome ou d'une ostéochondrome, d'une maladie de Paget, ou radio-induit.

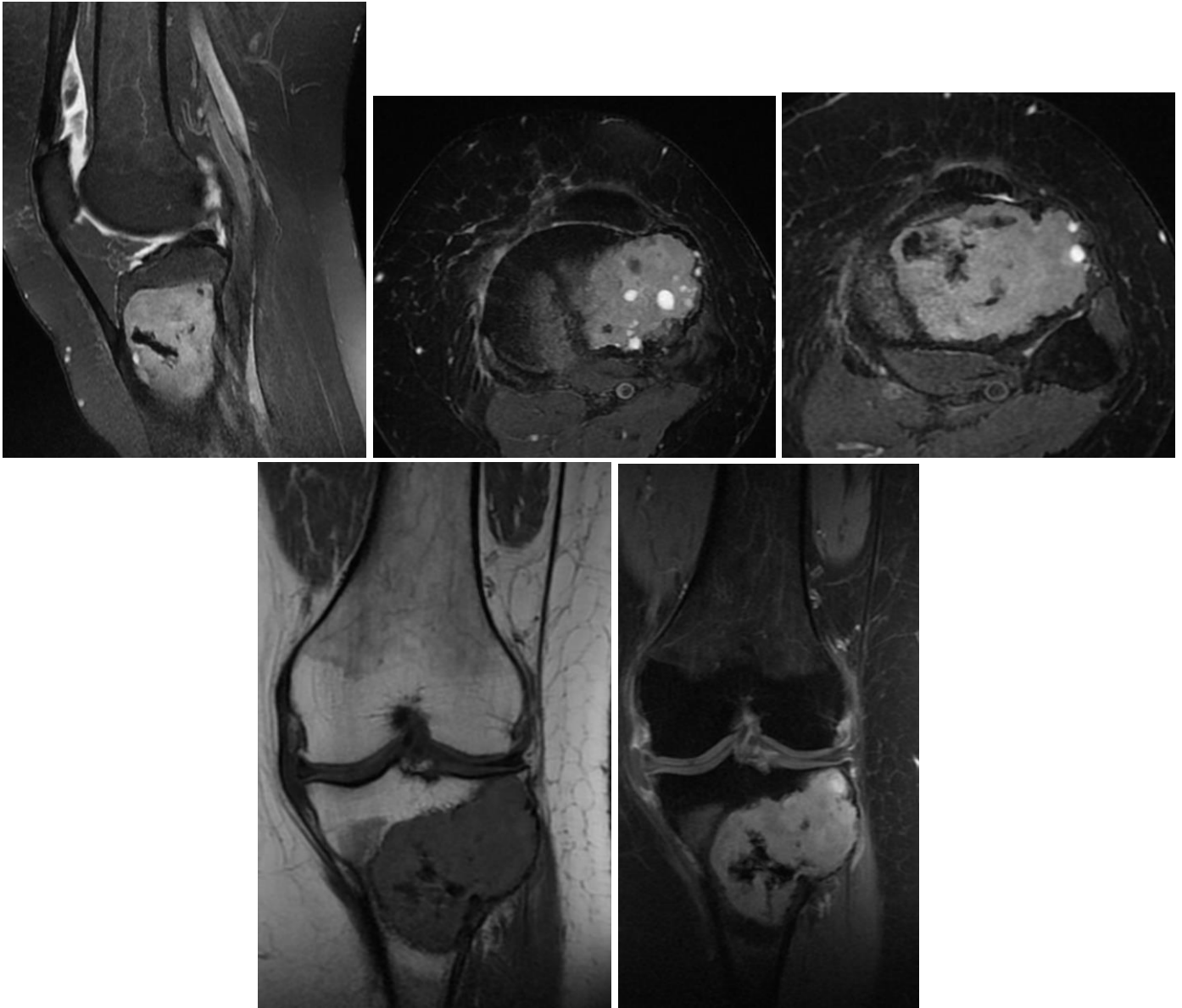
Il comprend un groupe hétérogène de lésions, dont les facteurs morphologiques et le comportement biologique vont de lésions non métastatiques à croissance lente à des lésions très agressives, avec dissémination métastatique précoce.

Il existe plusieurs variantes, notamment :

- Le chondrosarcome conventionnel : type le plus fréquent, peut être primaire ou secondaire, et est classiquement classé en fonction de sa localisation dans l'os : central (le plus fréquent) ou périphérique (le plus souvent secondaire, développé à partir d'une coiffe cartilagineuse : enchondrome ou ostéochondrome). En radiographie, il s'agit d'une lésion métaphysaire, ou métaphyso-diaphysaire, lytique, souvent de grande taille, contenant des calcifications intra lésionnelles (en anneaux, en arcs ou pop-corn), ressemblant au chondrome si bas grade, et de type agressif (envahissement des parties molles et réaction périostée agressive) si haut grade.
- Le chondrosarcome périostéal : il naît de la surface de l'os, soulevant le périoste, avec un cortex épaissi. C'est une lésion ostéolytique, avec calcifications intra lésionnelles, et réaction périostée.
- Le chondrosarcome à cellules claires (très rare) : variante de bas grade touchant les épiphyses, moins fréquemment métaphysaire, sous forme d'une lésion lytique à limites nettes cernée d'une ostéosclérose, calcifications rares, ressemblant à un chondroblastome (intérêt de l'IRM). Absence de réaction périostée. L'extension aux tissus mous et la rupture corticale ne sont généralement observées qu'en cas de fracture pathologique.

La TDM permet une meilleure analyse de la taille, des rapports et extension, de la corticale osseuse et des calcifications. Le rehaussement est hétérogène.

En IRM, le chondrosarcome présente un franc hypersignal T2 au niveau des portions non minéralisées/calciées, iso/hyposignal T1 par rapport au muscle, hyposignal T1/T2 et blooming effect des zones minéralisées, et un rehaussement septal et périphérique, correspondant à une cloison fibrovasculaire. L'IRM permet d'étudier la topographie et l'extension de la tumeur.



Patiente de 58 ans, admise pour prise en charge d'une tuméfaction du genou, évoluant depuis 2 mois. IRM du genou en séquences RHO FATSAT en coupes sagittale (A) et axiale (B, C), T1 coronale (D), et T1 injectée (E). Individualisation d'un processus tumoral épiphyseo-diaphysaire du tibia, bien limité, de contours irréguliers, décrit en hyposignal T1, en hypersignal RHO FATSAT, refermant des zones d'asignal en rapport avec des calcifications, quelques zones en hypersignal, et se rehaussant de façon hétérogène après contraste. Cet aspect fait évoquer en premier un chondrosarcome vu la présence de matrice cartilagineuse.

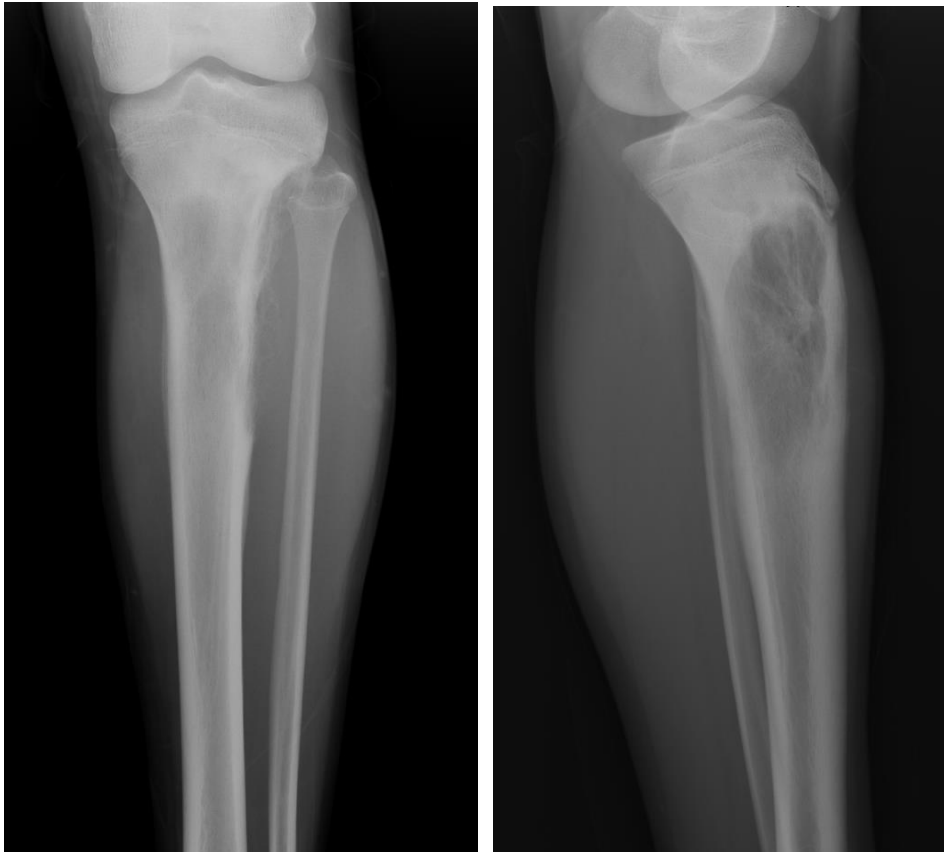
C) Sarcome d'Ewing

Le sarcome d'Ewing est une tumeur médullaire qui apparaît principalement chez les patients dont le squelette est immature. Elle touche le plus souvent les patients âgés de ≤ 15 ans, sans préférence pour le sexe. La zone autour du genou est touchée dans jusqu'à 10 % des cas. Il est le troisième sarcome osseux le plus fréquent, après l'ostéosarcome et le chondrosarcome.

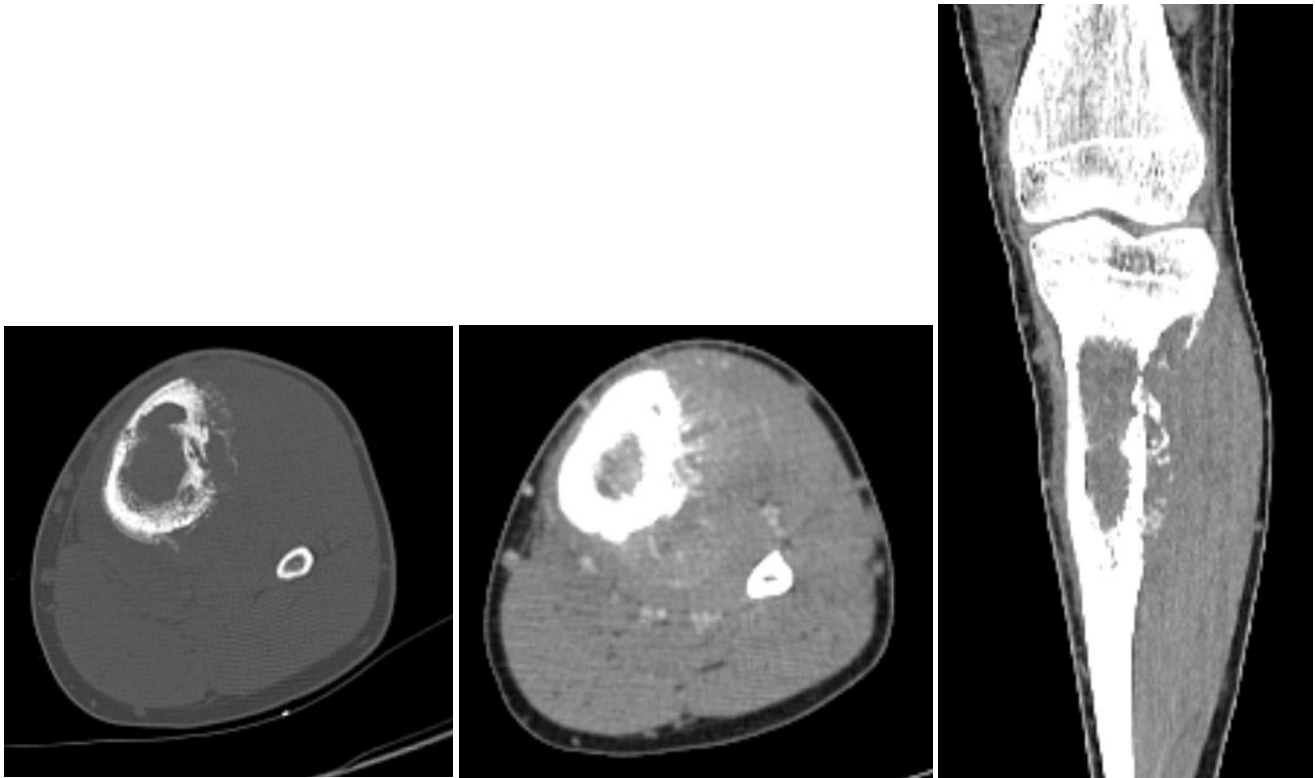
Sur les radiographies, le sarcome d'Ewing se présente généralement comme une lésion infiltrante ostéolytique et mal définie située sur la métaphyse ou diaphyse, induisant une réaction périostée typique en « bulbe d'oignon », et produit fréquemment de grandes masses de tissus mous sans foyers de calcification.

Le diagnostic différentiel du sarcome d'Ewing comprend l'ostéomyélite, le granulome éosinophile, le lymphome, les métastases du neuroblastome, la leucémie et, dans certains cas, l'ostéosarcome télangiectasique.

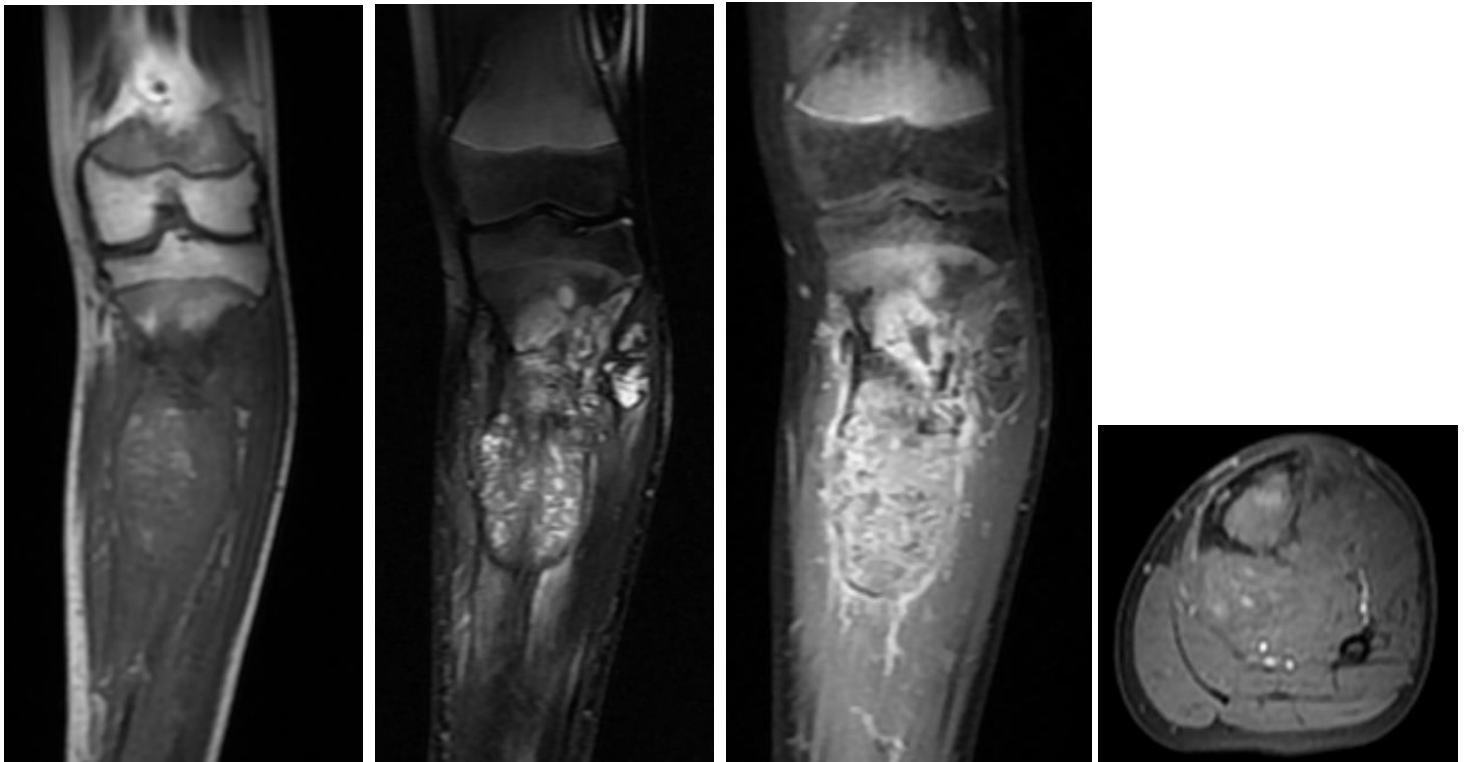
Chez les patients atteints d'un sarcome d'Ewing radiologiquement agressif, la stadification (locale et systémique) est obligatoire et doit précéder la biopsie. Une IRM est très utile pour la stadification locale et pour évaluer l'implication des tissus mous.



Radiographie de face et de profil, chez un patient de 14 ans, qui se présente pour une tuméfaction des parties molles. Individualisation d'une lésion ostéolytique métaphyso-diaphysaire supérieure tibiale, mal limitée, responsable d'une rupture corticale, avec importante extension aux parties molles avoisinantes.



TDM du même patient, en coupe axiale, en contraste spontané, fenêtre osseuse (A) et filtre mou après injection (B), et reconstruction coronale, montrant le même aspect qu'en radiographie, avec meilleure analyse de la réaction périostée en feu d'herbe et Eperon de Codman.



IRM du même patient, en coupes coronales, en T1 (A), T2 (B), T1 injectée (C), et axiale T1 FATSAT, montrant un processus tumoral métaphyso-diaphysaire proximal tibial gauche, mal limité, de contours irréguliers, décrit en hyposignal T1, contenant des stigmates hémorragiques en T1, non effacé en FATSAT, de signal hétérogène en T2, avec des logettes en hypersignal liquidien franc, rehaussé de façon hétérogène après contraste, lysant la corticale, avec importante extension et composante au niveau des parties molles avoisinante. Anapath en faveur d'un sarcome d'Ewing. 1191358

D) Myélome multiple

Il s'agit d'une prolifération multifocale de plasmocytes basée dans la moelle osseuse. Cliniquement, la plainte initiale est une douleur osseuse, souvent généralisée, accompagnée d'une pâleur et d'altérations de la fonction rénale aux stades les plus avancés. D'un point de vue biochimique, on observe une anémie sévère, une insuffisance rénale, hypercalcémie, une augmentation de la vitesse de sédimentation des érythrocytes, une protéinurie, une électrophorèse des protéines sériques montrant un pic monoclonal dans la fraction gammaglobuline. L'hyperplasie plasmocytaire à la myélographie confirme le diagnostic.

En radiographie, il s'agira d'une ostéopénie diffuse, accompagnée de lésions ostéolytiques à l'emporte-pièce, avec scalloping endosté, pouvant d'étendre aux parties molles. Absence de réaction périostée. La pathologie peut évoluer vers une fracture pathologique. Possibilité de forme sclérotique, parfois de sclérose post thérapeutique.

La TDM corps entier à faible dose est préférable pour étudier le risque de fracture pathologique dans les os gravement touchés.

En IRM, il s'agit de lésions en hyposignal T1, hypersignal T2/STIR, rehaussée après contraste. Elle sert également pour étudier l'extension extra osseuse.

E) Autres

Métastase, synoviosarcome...

TUMEURS ET PSEUDOTUMEURS EXTRA OSSEUSES

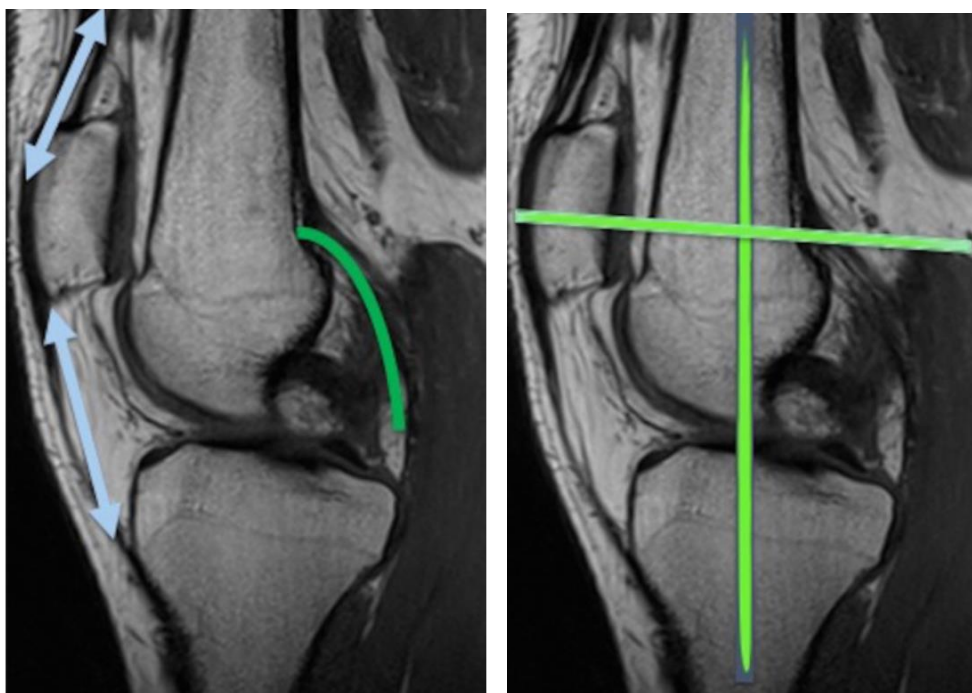
1. Localiser la tumeur

Le genou est un espace fermé par une capsule articulaire fibreuse et synoviale. Cette cavité articulaire est limitée en avant par l'appareil extenseur (tendon quadricipital, patella et ligament patellaire), latéralement par les plans ligamentaires latéraux et médiaux, et en arrière par la capsule, les coques condyliennes et les gastrocnémiens.

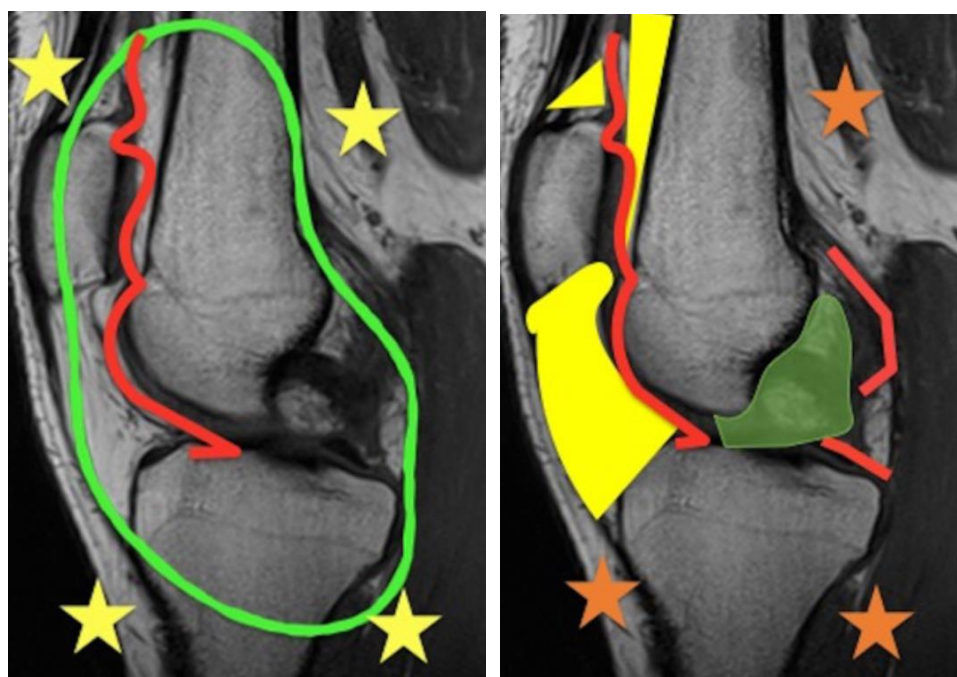
De façon simple, le genou peut être segmenté en compartiment antérieur, postérieur (délimités par l'axe osseux fémorotibial), supra et infra patellaire (délimités par la patella).

Les tumeurs et pseudotumeurs peuvent être intra- ou extra capsulaire. L'articulation du genou, recouverte par la capsule articulaire, est elle-même segmentée en compartiment intra-synovial et extra-synovial

Le compartiment antérieur est composé de structures graisseuses : corps adipeux infra- et supra-patellaire, graisse pré-fémorale ; la synoviale tapisse la face profonde de la capsule articulaire, les surfaces osseuses non recouvertes de cartilage et les ligaments et tendons intra-articulaires. Elle occupe donc une grande superficie du genou.



[64] A. Anatomie de l'articulation du genou, limitée en avant par l'appareil extenseur (flèches bleues), latéralement par les plans ligamentaires latéraux et médiaux et en arrière par la capsule (ligne verte), les coques condyliennes et les gastrocnémiens. B. Les différents compartiments du genou : antérieur et postérieur (délimités par l'axe osseux fémoro-tibial) et supra- et infra-patellaire (délimités par la patella) (traits verts)



[64] A. Délimitation anatomique de la capsule articulaire : intra (cercle vert) ou extra capsulaire (étoiles), et intra synovial ou extra synovial (ligne rouge). B. Structures anatomiques de l'articulation du genou au dépend desquelles il faut rattacher la lésion. Compartiment en jaune : corps adipeux supra et infra patellaire, graisse pré fémorale, ligne rouge : synoviale, compartiment extra capsulaire ou appareil musculo-cutané-gras (étoile orange).

2. Tumeurs et pseudotumeurs synoviales

a. Tumeur ténosynoviale à cellules géantes

Il s'agit d'un terme utilisé dans la classification la plus récente de l'OMS pour regrouper différentes affections caractérisées par une prolifération hypertrophique bénigne de la synoviale, impliquant les articulations, les gaines tendineuses ou bourses séreuses. C'est une prolifération synoviale néoplasique avec projections villoses et nodulaires et dépôt d'hémosidérine.

Le trouble se manifeste le plus souvent entre la deuxième et quatrième décennie de la vie, sans prédilection sexuelle.

L'atteinte est le plus souvent mono articulaire, et touche de façon préférentielle le genou, mais aussi la hanche. Elle peut plus rarement être oligoarticulaire. Les sites atteints le plus souvent sont la bourse supra patellaire, le coussinet graisseux infra patellaire, et la partie postérieure des ligaments croisés. L'atteinte peut être localisée et focale ou diffuse :

- Le type diffus, est anciennement appelé synovite villonodulaire pigmentée.
- Le type localisé est également connu sous le nom de tumeur à cellules géantes de la gaine tendineuse ou synovite nodulaire focale.

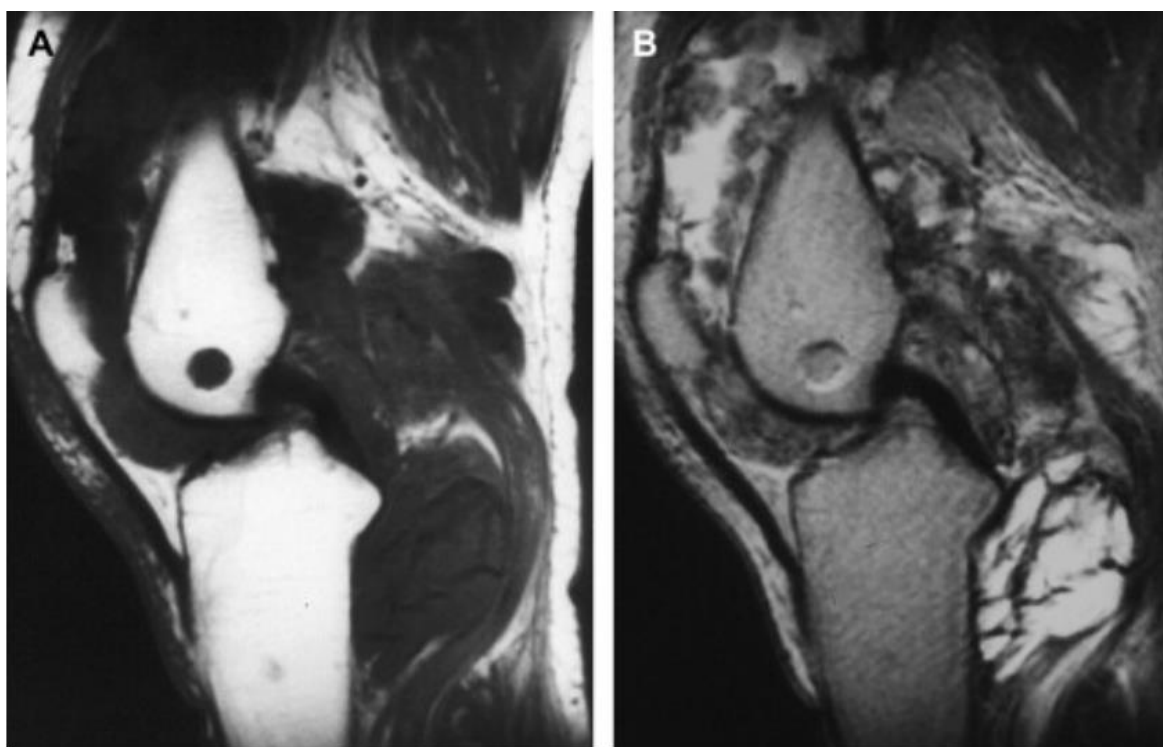
La radiographie est souvent normale, ou peut mettre en évidence :

- Une opacité orientant vers un épanchement articulaire ou une infiltration des parties molles,
- Une érosion osseuse en regard avec apposition périostée.

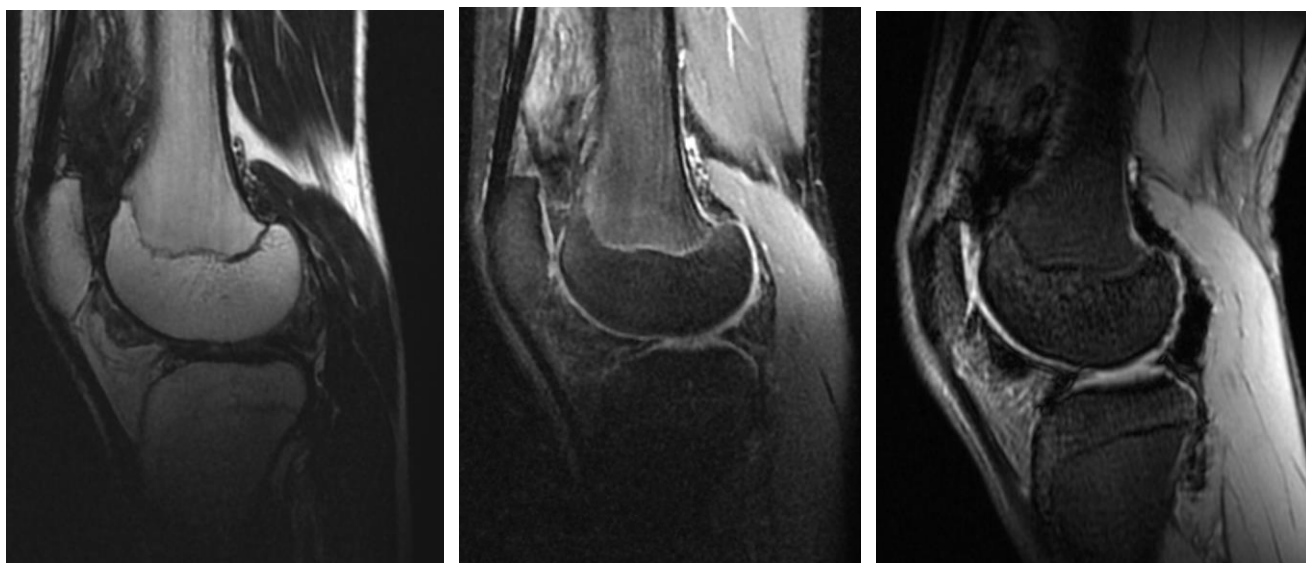
L'échographie trouvera un épanchement intra articulaire, un épaissement synovial, avec des masses échogènes hétérogènes complexes, et érosions osseuses.

L'IRM est l'examen de référence puisqu'elle montre un aspect caractéristique, du fait de la présence de dépôts d'hémosidérine, donnant un hyposignal en T1 et T2 ; avec comme signe primordial, un artéfact de susceptibilité magnétique ou blooming artifact, se traduisant par une majoration des hyposignaux T2 en écho de gradient.

- Dans la forme diffuse, on retrouve une hypertrophie nodulaire de l'ensemble de la synoviale. Des érosions osseuses peuvent en résulter, mais l'espace articulaire n'est pas affecté.
- Dans la forme focale, on retrouve une masse synoviale qui peut exceptionnellement être pédiculée, intéressant les parties molles, surtout le CDS infra patellaire au contact de la graisse de Hoffa, l'échancrure inter condylienne ou le CDS supra patellaire. Elle est bien limitée, ovoïde ou polylobée, iso ou hyper T1 par rapport aux muscles, de signal variable et hétérogène en T2. On peut parfois retrouver un hypersignal T2, pouvant être en rapport avec des zones de nécrose. En cas de doute, les séquences pondérées en T2* peuvent montrer les hyposignaux punctiformes. Moins fréquemment, on peut retrouver deux ou trois nodules.
- Quelle que soit la forme, il existe un rehaussement marqué après injection de gadolinium, lié à la prolifération vasculaire importante.
- Un épanchement intra articulaire. L'hémarthrose peut manquer dans la forme focale.



[42] IRM du genou en séquence T1 (A) e T2 (B) montrant une distension massive de l'articulation par des nodules en hyposignal T1 et T2, ainsi qu'un épanchement à ce niveau.





IRM du genou en coupes sagittales, en pondérations T1 (A), RHO FATSAT (B), T2* (C) et T1 injectée (D), montrant un épaissement synovial diffus intéressant les différents compartiments de l'articulation du genou, prédominant en sous quadriceps, décrit en hyposignal, notamment en séquence T2*, rehaussé après contraste, et responsable d'une érosion osseuse par endroit, en rapport avec une synovite villo-nodulaire.





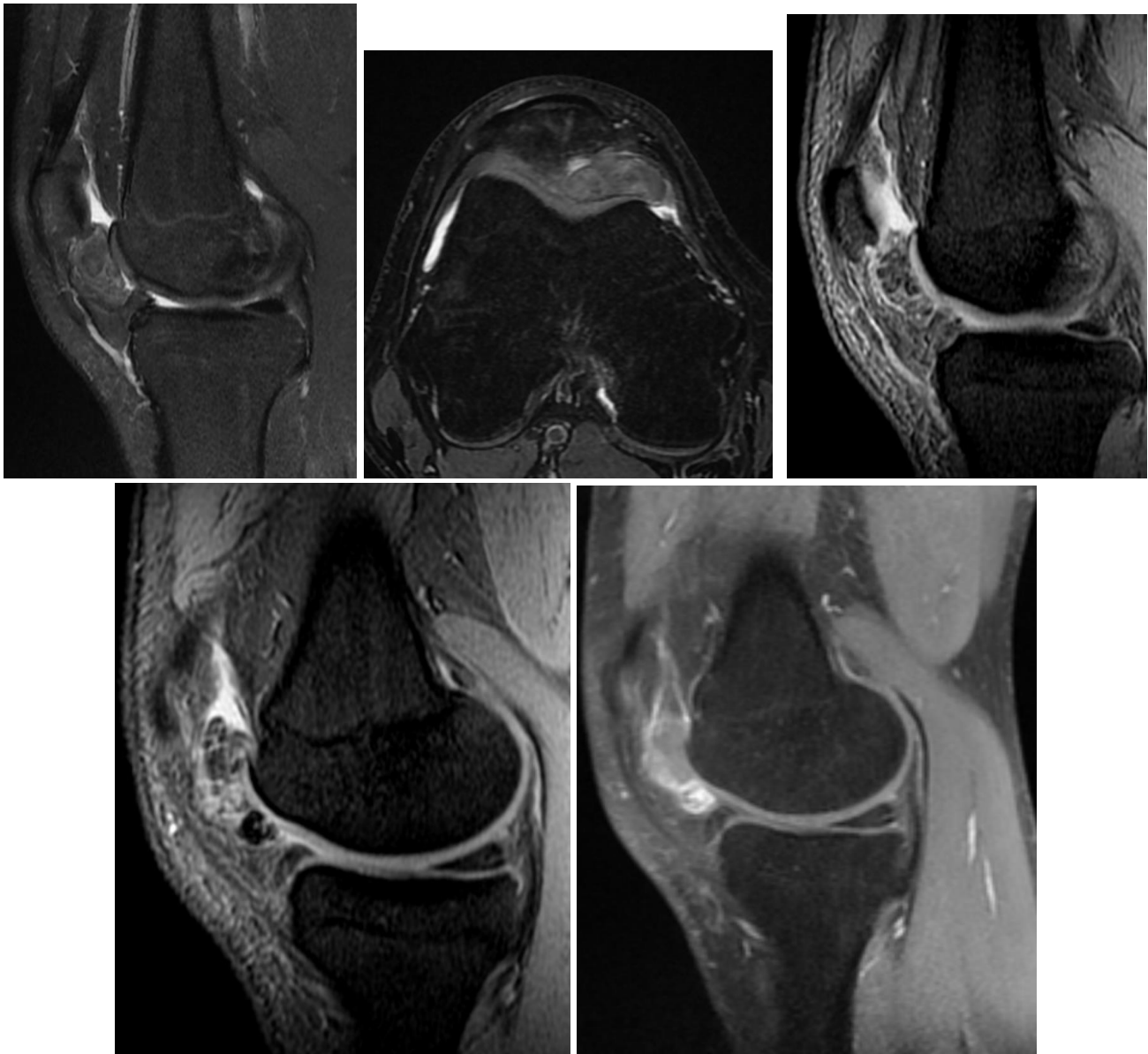
[45] Coupes sagittales en DP (a, b) et T2* (c) montrant un épaississement irrégulier et diffus synovial des récessus antérieur et postérieur de l'articulation du genou, avec formation de nodules et villosités caractérisés par l'accumulation d'hémosidérine intra cellulaire, en hyposignal sur les différentes séquences, notamment T2*. Il existe d'importantes érosions de la plaque tibiale médiale et du condyle fémoral.



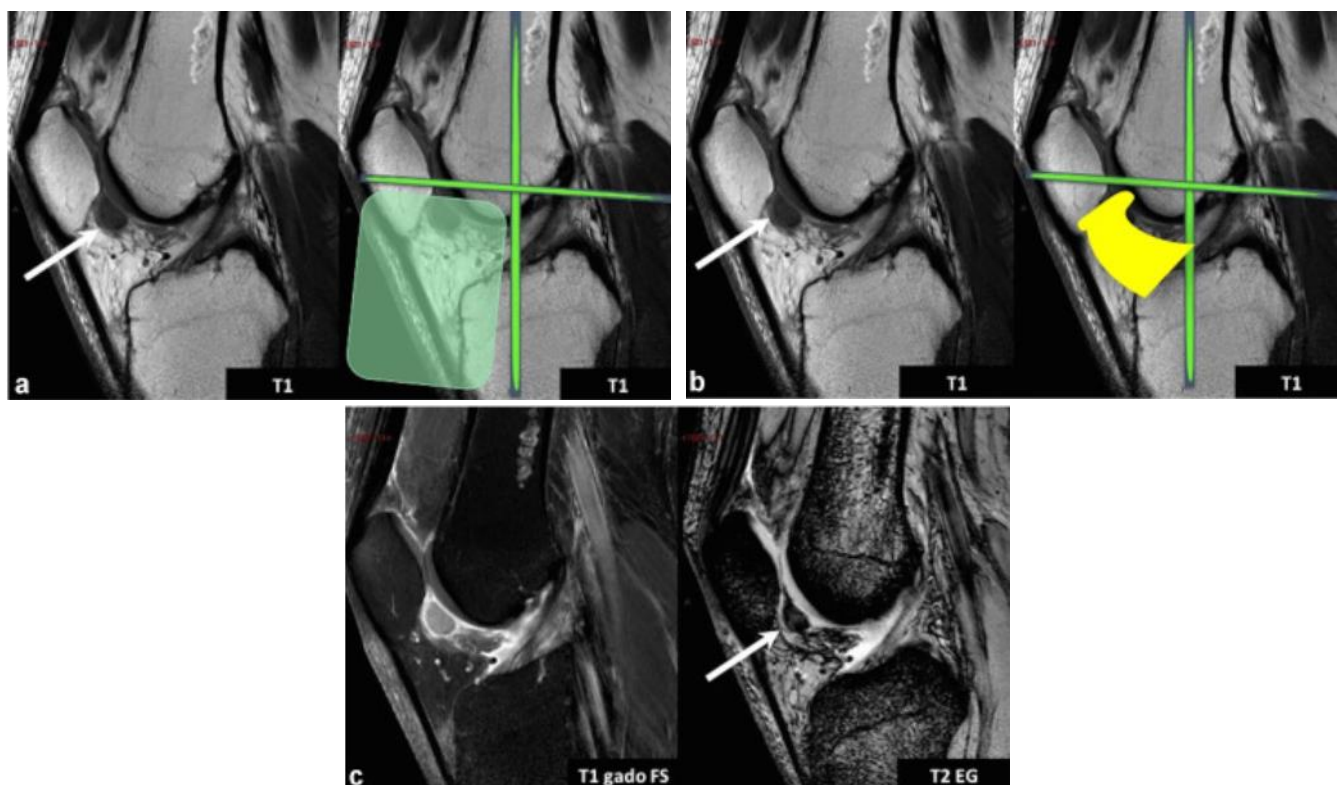
[42] IRM du genou avec coupe coronale en T1 (A), sagittale en DP (B), et sagittale en T2 (C), montrant une synovite villonodulaire, avec une masse au niveau de la région intercondyalaire postérieure, en hyposignal sur toutes les séquences.



[45] IRM du genou avec coupes sagittales en T1 (a), T2* (b) et T1 injecté. Individualisation dans la fosse poplitée d'une formation ovale, en hyposignal T1, contenant des dépôts d'hémosidérine en T2*, et présentant un rehaussement modérée après contraste, érodant la corticale du condyle fémoral, en rapport avec une synovite villonodulaire focale.



Synovite villo-nodulaire de la graisse de Hoffa dans sa forme focale. IRM du genou en séquences RHO FATSAT (A. coronale, B. axiale), T2* coronale (C, D), et après injection de gadolinium (E). Individualisation d'une lésion nodulaire au niveau de la graisse de Hoffa, en arrière du tendon patellaire, contenant des zones en asignal en T2*, rehaussé de façon hétérogène et intense par endroit après contraste



[64] Patiente de 32 ans présentant des douleurs antérieures associées à des épanchements itératifs en rapport avec une synovite villonodulaire pigmentée focale : a : nodule du compartiment antérieur et infra-patellaire (flèche) ; b : nodule situé au niveau du corps adipeux de Hoffa (flèche) ; c : blooming artifact, se traduisant par une majoration des hypo-sinaux T2 en écho de gradient, correspondant à la présence de dépôts d'hémosidérine (flèche).



[65] IRM du genou, en coupe sagittale en T1 (a), axiale en DP FATSAT (b), sagittale en T1 FATSAT gado (c), et sagittale en T2*. Individualisation d'un syndrome de masse tissulaire à la partie postérieure de la graisse de Hoffa (têtes de flèche), en hyposignal

T1, associé à un rehaussement uniquement périphérique et à un rehaussement de la synoviale de tous les récessus articulaires. On note aussi un épanchement intra articulaire. La séquence en écho de gradient T2 apporte des éléments sémiologiques importants, en montrant des « spots » en franc hyposignal, correspondant à des artéfacts de susceptibilité magnétique (flèches), à la fois dans le syndrome de masse mais aussi dans la synoviale, située en arrière des ligaments croisés. Le diagnostic de synovite villonodulaire a été suspecté, confirmé après arthroscopie et anapath.

b. Chondromatose synoviale

Il s'agit d'un processus mono articulaire bénin caractérisé histologiquement par une métaplasie de la synoviale, conduisant à la génération de foyers cartilagineux lobulés, pédiculés au niveau de l'articulation (position intra synoviale), qui peuvent ou non s'ossifier (ostéochondromatose), et qui peuvent finir par se détacher, devenant des corps étrangers libres dans le compartiment synovial.

On distingue deux principaux types :

- Chondromatose synoviale primaire : pathologie à prédominance mono articulaire d'étiologie inconnue.
- Chondromatose synoviale secondaire : plus fréquente, survient quand des corps cartilagineux et ostéocartilagineux se forme lors de la dégradation du cartilage articulaire dans le cadre d'une maladie dégénérative du genou ou un traumatisme, entraînant des corps étrangers intra articulaires.

La chondromatose synoviale primaire affecte principalement les grosses articulations (genou, hanche, coude), mais le tissu synovial d'une bourse ou d'une gaine tendineuse peut également être impliqué.

La nature histologique des corps détermine leur aspect en imagerie. Les chondromes simples sont radiotransparents ; ils ne seront visibles en radiographie que s'ils sont ossifiés, sous la forme d'opacité de tonalité calcique, toutes de même taille, homogènes ou avec un centre plus clair (chondrome ossifié en périphérie). Il peut exister un élargissement de l'interligne articulaire dû à l'interposition de chondromes, ou des érosions osseuses liées à un conflit entre un ostéochondrome et la corticale adjacente.

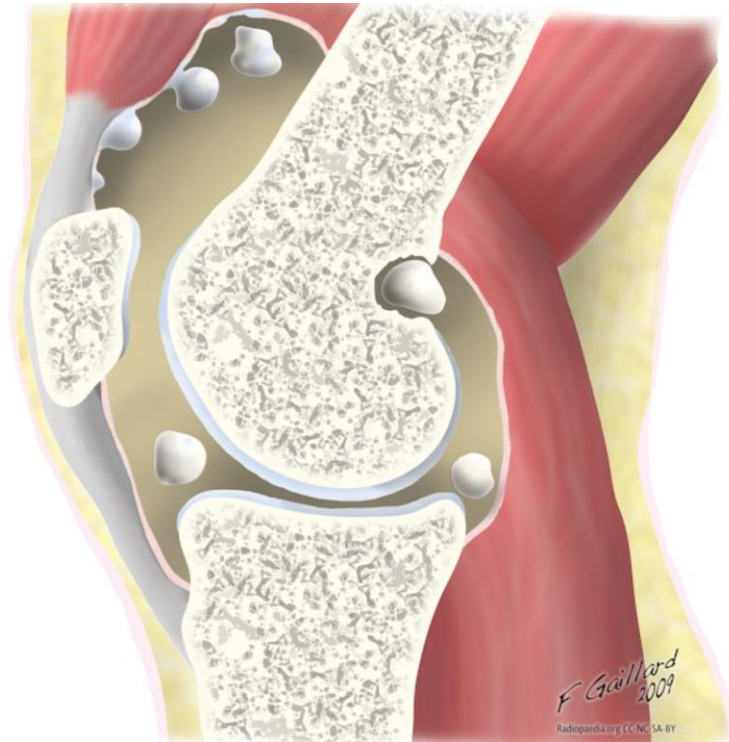
L'arthroscanner est l'examen de référence pour la mise en évidence des ostéochondromes, moulés par le produit de contraste ; le diagnostic peut néanmoins être difficile lorsque les chondromes sont inclus dans la synoviale, où l'on n'observe alors qu'un aspect irrégulier des contours de la cavité articulaire.

En IRM, le signal des chondromes dépend de leur degré de minéralisation ; intermédiaire en T1 et T2 lorsqu'ils sont purement cartilagineux, hypo-intense quelle que soit la pondération en cas de forte charge calcique, graisseux en cas d'ossification complète. L'injection de gadolinium entraîne un rehaussement de la synoviale épaissie, pouvant dessiner le contour des ostéochondromes. Les érosions sont hypo-intenses en T1 et hyperintenses en T2, et volontiers accompagnées d'un œdème osseux périphérique.

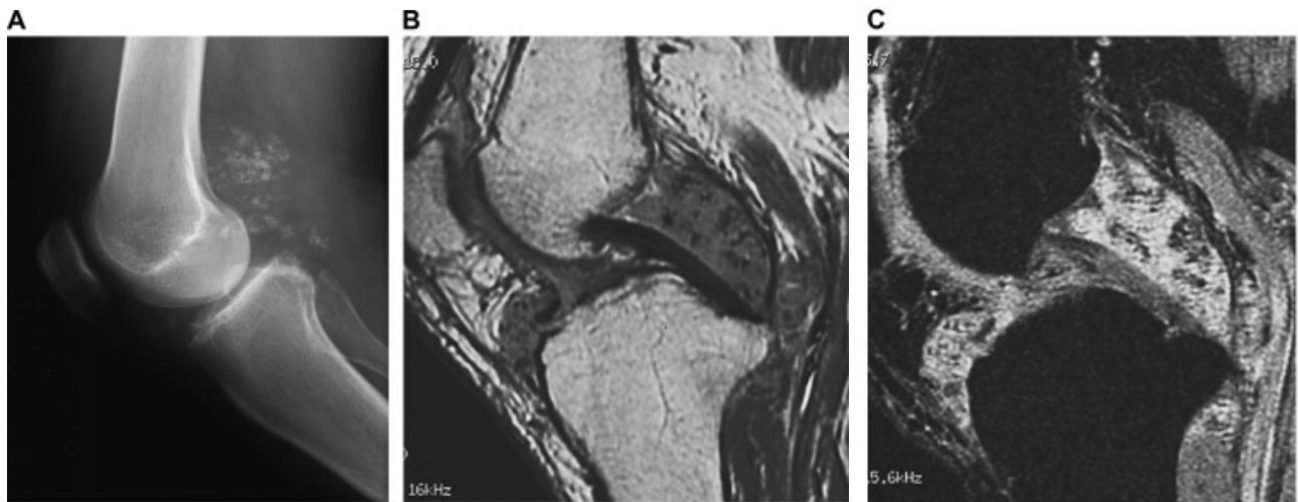
Les corps calcifiés sont visibles en radiographie et se présentent eux en hyposignal T1 et T2.

Dans le type secondaire, les nodules sont souvent gros, de taille variable, et s'ossifient fréquemment, contrairement aux nodules plus petits et de taille uniforme du type primaire.

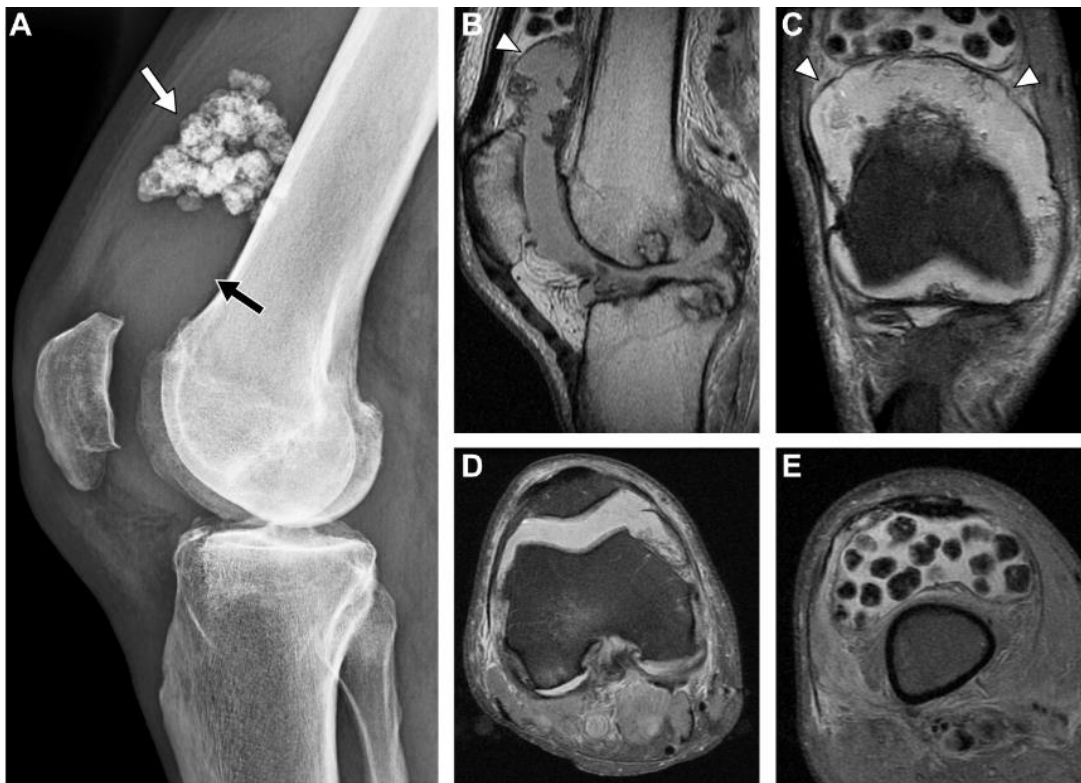
Bien que rare, une dégénérescence maligne de la chondromatose synoviale peut survenir, souvent sans caractéristiques d'imagerie IRM permettant de différencier ces lésions de celles d'une chondromatose synoviale primaire bénigne.



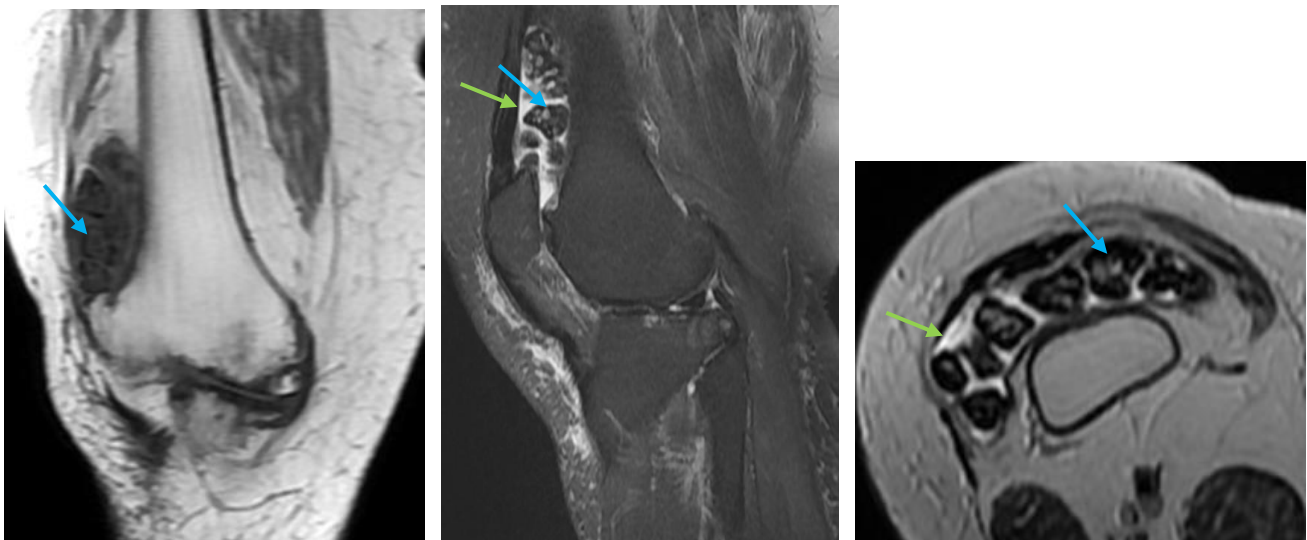
[44] Illustrations montrant une chondromatose synoviale.



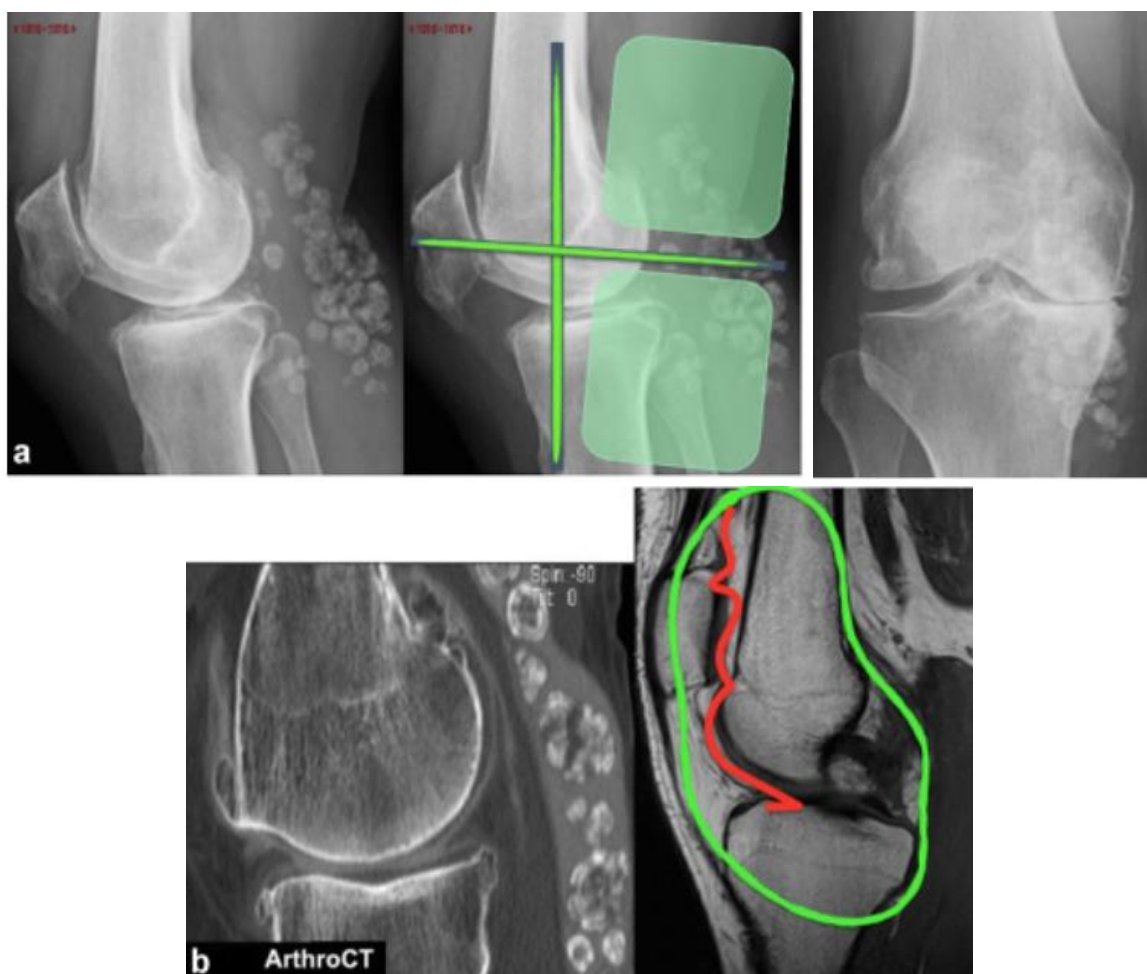
[42] Radiographie du genou (A) montrant plusieurs minuscules corps radio-opaques, de taille relativement uniforme, au niveau de la face postérieure de l'articulation. Les images IRM sagittales pondérées en T1 (B) et T2 avec suppression de graisse (C) montrent la présence de ces mêmes corps en hyposignal sur toutes les séquences, associée à un épaississement synovial ainsi qu'un épanchement intra articulaire.



[57] Homme de 74 ans, présentant une tuméfaction du genou gauche. A. Radiographie du genou montrant la présence de plusieurs corps partiellement calcifiés se projetant sur la région supra patellaire (flèche blanche), avec densification des parties molles en regard (flèche noire). IRM du genou en coupe coronale T1 (B), coronale (C) et axiale (D, E) en DP FATSAT, montrant une plicae supra patellaire complète (tête de flèche), avec plusieurs corps étrangers a niveau de la bourse supra patellaire, séparés de l'épanchement et de la synovite, vus plus bas dans l'espace articulaire.



Individualisation de multiples corps libres intra articulaires (flèche bleue), intéressant le récessus quadricipital, décrits en hyposignal T1, et hyposignal T2 hétérogène, en rapport avec une ostéochondromatose secondaire. Lame d'épanchement intra articulaire (flèche verte).



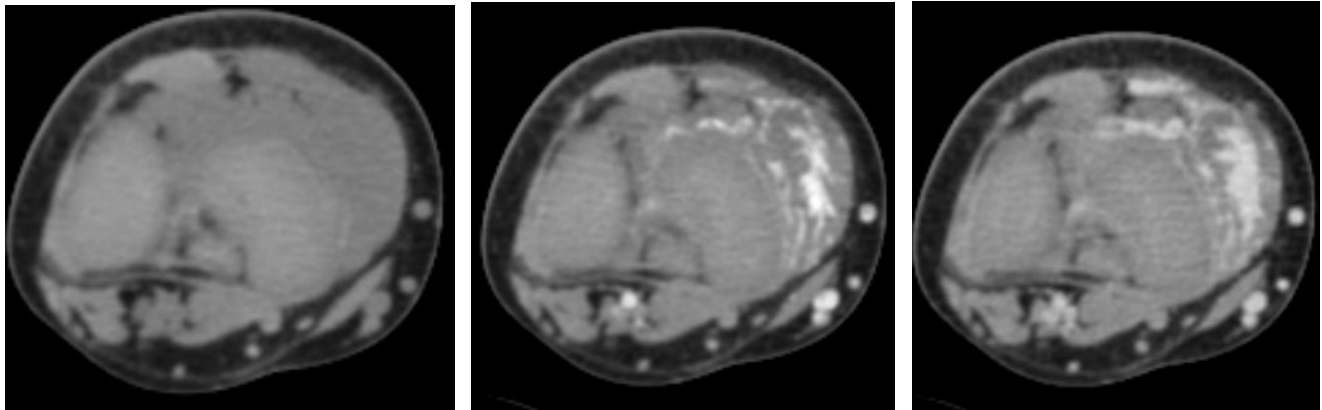
[64] Patient de 72 ans présentant des douleurs mécaniques associées à un gonflement postérieur en rapport avec un volumineux kyste poplité rempli de nodules ostéochondromateux secondaires : a : multiples nodules ostéochondromateux situés dans le compartiment postérieur, avec à la radiographie de face une arthrose fémorotibiale médiale (chondromatose secondaire); b : localisation intracapsulaire et intra-synoviale (nodules ostéochondromateux localisés dans un kyste poplité). L'arthroscanner confirme le siège intra-synovial des nodules.

c. Tumeurs vasculaires

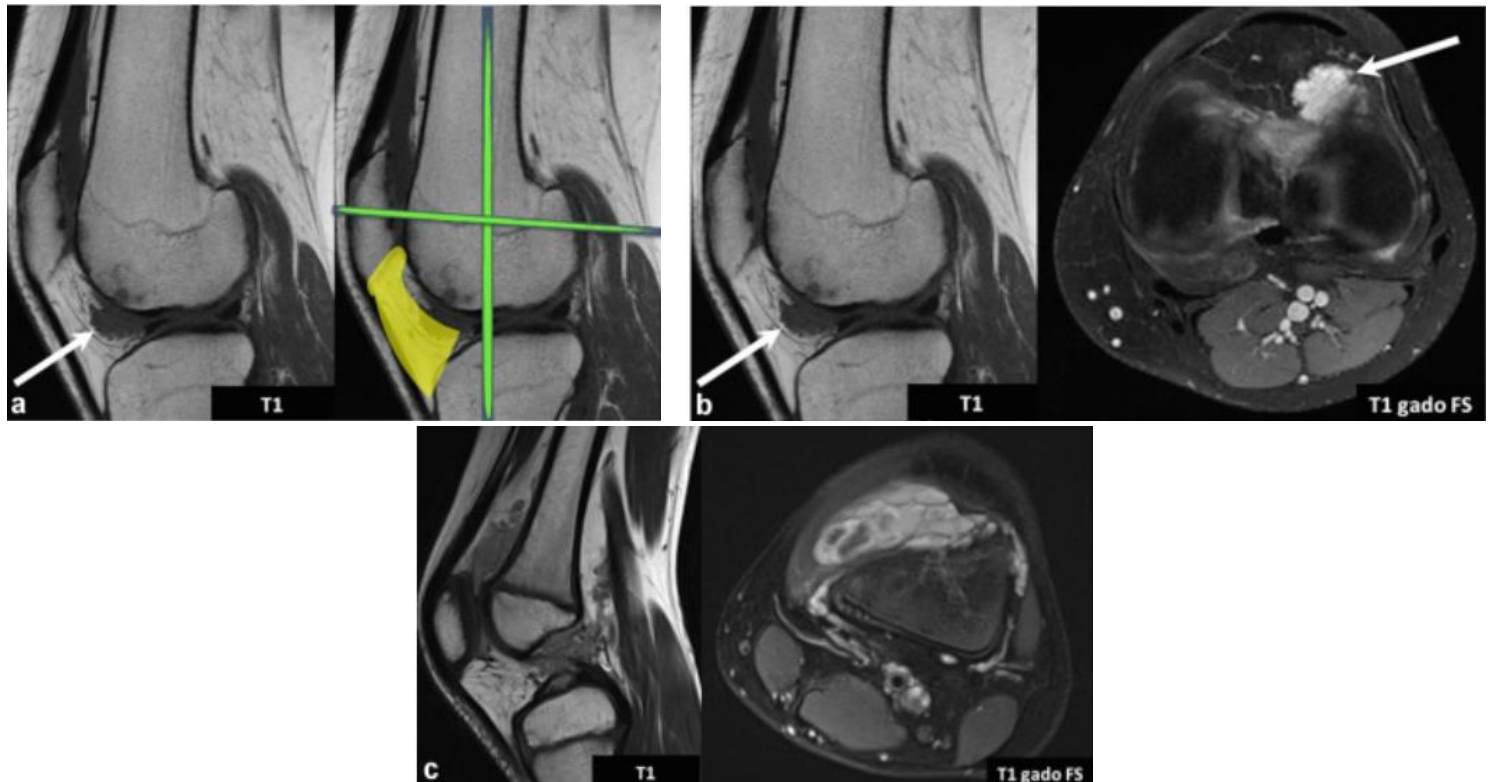
Les hémangiomes et malformations vasculaires (hémangiohamartome) de la synoviales sont rares, et peuvent représenter un problème difficile à diagnostiquer et à traiter. Ils s'accompagnent souvent d'un long historique de douleurs articulaires et d'épisodes non traumatiques d'hémarthrose.

Les hémangiomes sont décrits comme des masses de contours mal limités, n'exerçant pas d'effet de masse, mais pouvant infiltrer les structures de voisinage (muscle, graisse). Ils se présentent en hypo ou isosignal T1 par rapport au muscle, en dehors des gros hémangiomes veineux qui peuvent apparaître en hypersignal T1 (présence d'un flux lent), en hypersignal T2. Cette masse se rehausse après injection de gadolinium, ce qui permettra de le différencier de l'hyperplasie synoviale kystique. Ce rehaussement peut être hétérogène si la lésion est volumineuse. De fins septa ; un aspect serpiginieux et des hyposignaux tubulaires correspondant à des structures vasculaires sont très évocateurs du diagnostic [62]. La présence de niveaux liquidiens, dans la forme caverneuse, est un signe encore plus caractéristique.

Ces hémangiomes sont très fortement pigmentés par de l'hémosidérine liée à la résorption d'épanchements sanglants ou de suffusions hémorragiques.



Patient de 9 ans, présentant une tuméfaction bleuâtre de la face interne de la cuisse droite. Individualisation d'une formation lésionnelle mal limitée, isodense en contraste spontané, se rehaussant progressivement après contraste, faisant évoquer en premier un hémangiome synovial



[64] a et b : patiente de 43 ans présentant des douleurs antérieures associées à des épanchements articulaires itératifs en rapport avec un hémangiome synovial : a : lésion antérieure, infra-patellaire au niveau de la graisse du Hoffa (flèche) ; b : hémangiome focal en hypo-signal T1 avec rehaussement intense et homogène (flèche) ; c : enfant de 8 ans présentant une tuméfaction associée à des épanchements récidivants : hémangiome synovial dans sa forme diffuse.



[43] Images IRM du genou en coupes sagittale en T1 (A), T2 FATSAT (B), montrant une grande masse intra articulaire, de morphologie lobulée, en hyposignal T1 et hypersignal T2, contenant des striations linéaires de graisse. Coupes axiales (C) et coronale (D) en T2 FAT SAT démontrant la nature intra et juxta articulaire de la masse. Celle-ci fut réséquée chirurgicalement, avec anapath revenant en faveur d'un hémangiome.

d. Lipome arborescent

Il s'agit d'une pseudotumeur rare, affectant la synoviale, avec des dépôts de tissu adipeux en forme de « fronde ». Il s'agit d'une pathologie qui touche les adultes entre la 5^{ème} et 7^{ème} décennie, mais elle a également été rapportée chez les jeunes. Ces lésions peuvent être sporadiques, mais peuvent également être observées dans le cadre d'une arthrose, d'une PR, de troubles vasculaires du collagène ou d'un traumatisme antérieur. Elle touche essentiellement le genou, et se localise classiquement dans les récessus supra patellaire.

La synoviale normale est remplacée par des villosités hypertrophiées démontrant un dépôt marqué de lipocytes matures en leur sein.

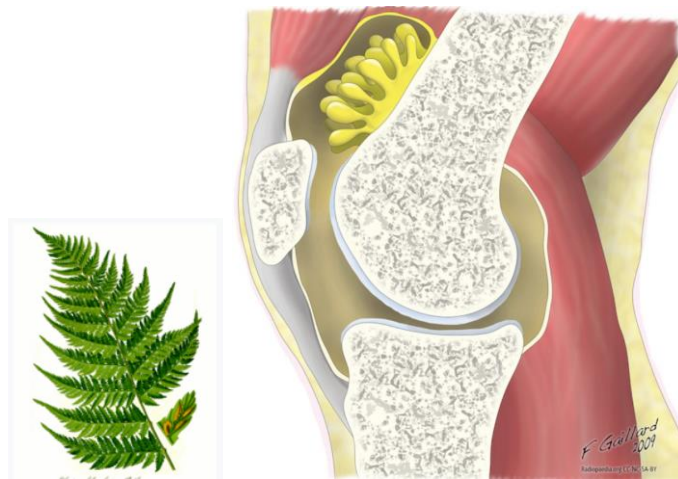
En radiographie, il est possible parfois de détecter des zones graisseuses claires, bien que généralement l'épanchement associé domine l'aspect.

En échographie, on trouvera un épanchement articulaire avec des projections graisseuses hyperéchogènes en son sein, correspondant à la prolifération graisseuse des franges synoviales.

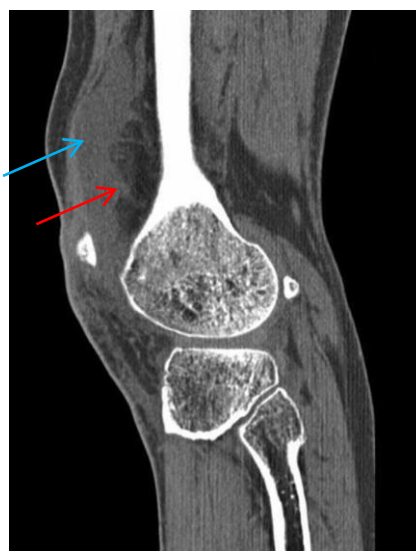
Le diagnostic se fera donc en scanner et en IRM qui montreront une hypertrophie des villosités synoviales (aspect frangé en feuille d'arbre ou en fronde), de densité/signal grasseux (hyperT1 et T2), généralement accompagnés d'un épanchement articulaire. Il s'y associe un rehaussement important des villosités synoviales après injection de produit de contraste, témoignant du caractère inflammatoire de la pathologie.

Les principales anomalies associées fréquemment décrites sont les épanchements articulaires, les remaniements dégénératifs, les déchirures méniscales, et plus rarement les kystes synoviaux et érosions osseuses.

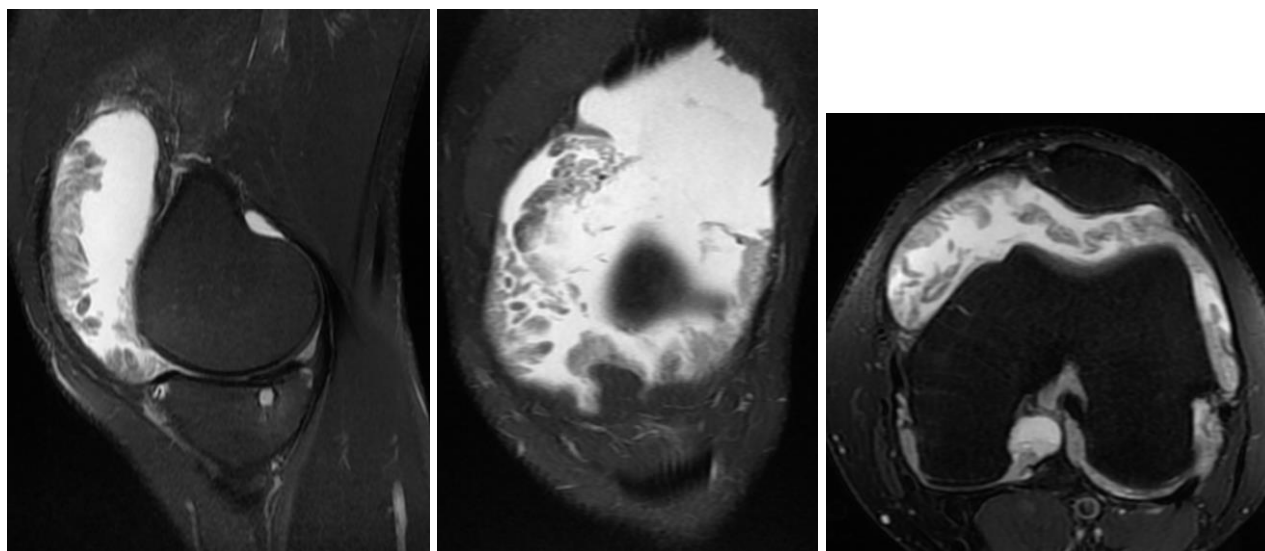
Les principaux diagnostics différentiels sont l'ostéochondromatose synoviale, le lipome synovial (masse grasseuse ovalaire ou arrondie sans prolifération synoviale), les tumeurs à cellules géantes ténosynoviales intra articulaire, l'hémangiome synovial, la synovite villonodulaire, la maladie de Hoffa, et la synovite.



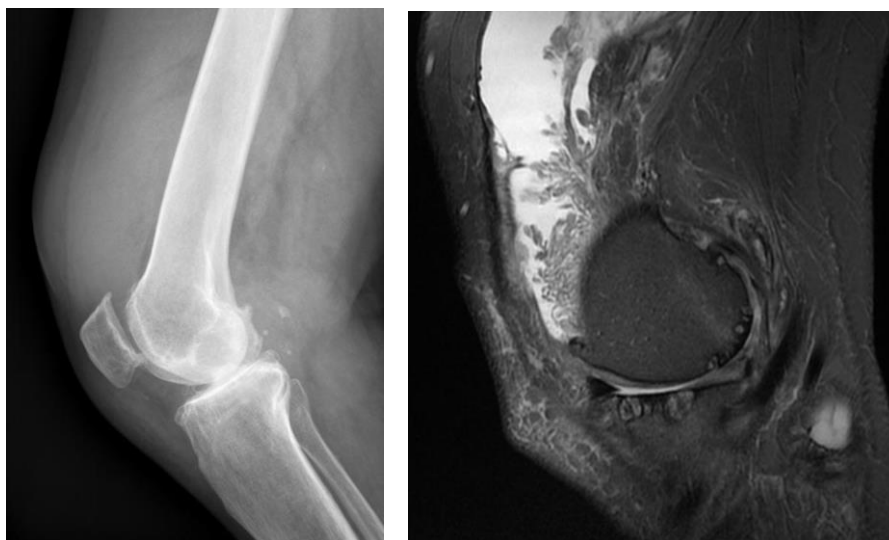
[34, 35] A. Illustration montrant une fronde B. Illustration montrant un lipome arborescent de la région supra-patellaire.



[35] Image scannographique en coupe sagittale montrant un lipome arborescent (flèche rouge), associé à un épanchement liquidien de moyenne abondance.



Lipome arborescent, avec épanchement intra articulaire de grande abondance



[34] Lipome arborescent : A. Radiographie du genou montrant une densification des parties molles de la région supra patellaire, avec individualisation en son sein de quelques clartés. Il s'y associe la présence de remaniements arthrosiques marqués. B. IRM en coupe sagittale, en pondération T2 FAT SAT, montrant un épanchement intra articulaire supra patellaire avec individualisation en son sein d'une formation synoviale arborescente.

e. Sarcome synovial [57]

Il s'agit d'une tumeur grave survenant surtout chez l'adolescent et l'adulte jeune.

On retrouve les sarcomes synoviaux musculo-squelettiques généralement au niveau des extrémités, avec une prévalence élevée dans la région du genou. Malgré leur nom, les sarcomes synoviaux ne proviennent pas du tissu synovial et une origine intra-articulaire est extrêmement rare, représentant environ 5 % des cas.

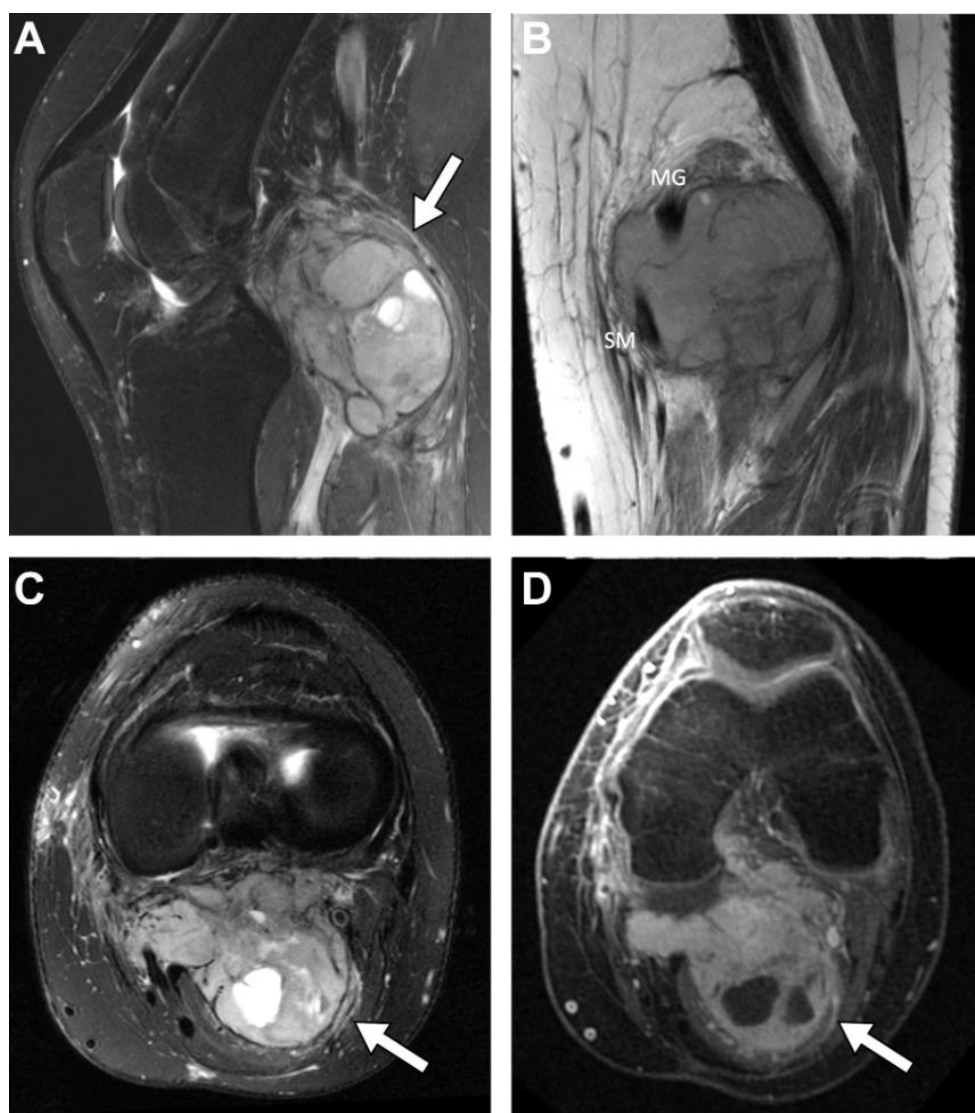
Les sarcomes synoviaux du genou proviennent généralement d'une localisation juxta-articulaire intéressant les tissus mous, et l'atteinte intra-articulaire est le plus souvent liée à un envahissement par cette masse. L'atteinte des différentes bourses séreuses du genou peut également survenir.

La radiographie standard peut être normale, sauf si la masse est volumineuse ou contient des calcifications dystrophiques. Parfois, on peut trouver une érosion de l'os adjacent.

En échographie, les résultats ne sont pas spécifiques, avec une masse hétérogène à prédominance hypoéchogène. Le flux intra lésionnel est généralement associé à des lésions plus agressives.

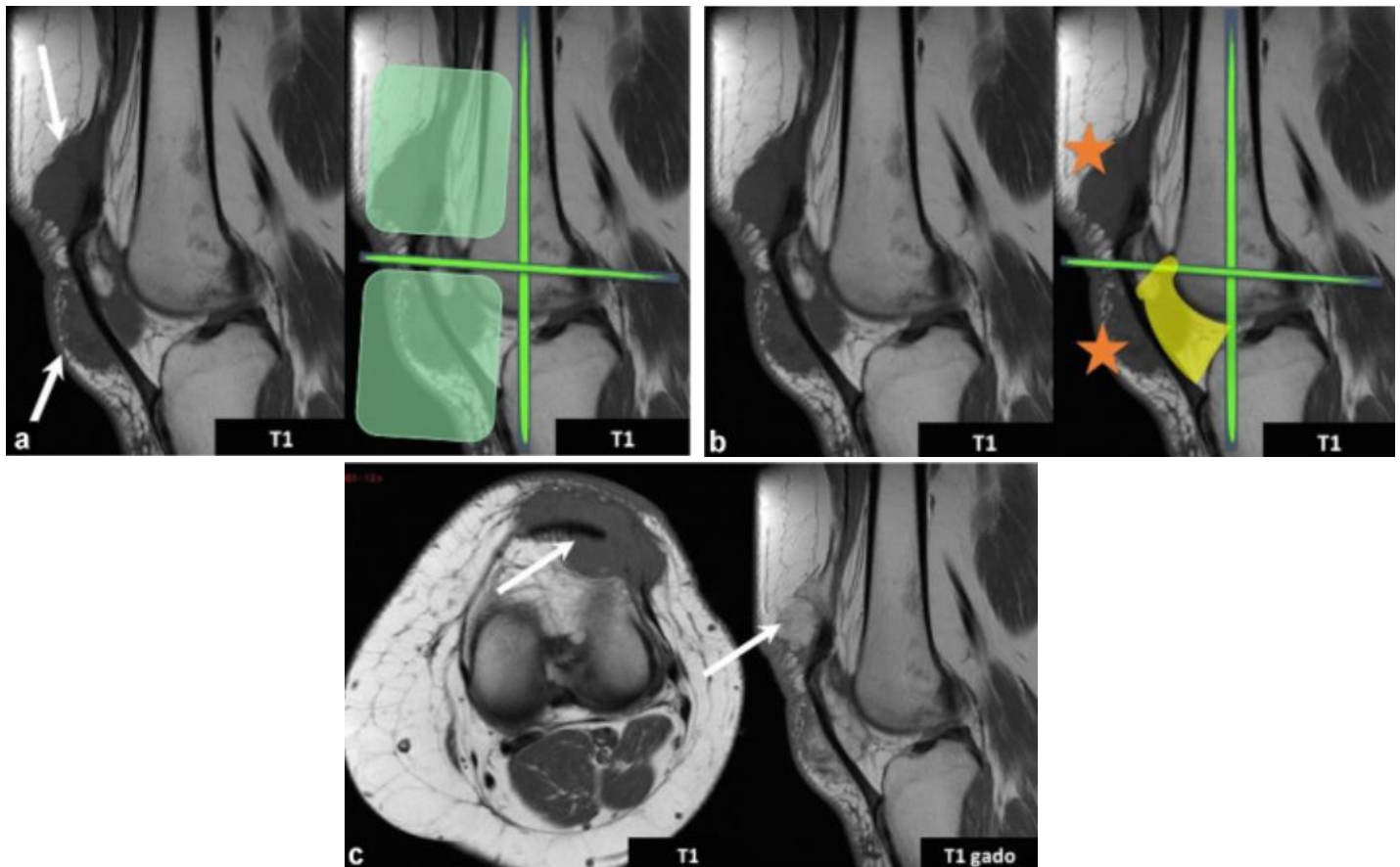
Au scanner, l'image n'est également pas spécifique, et il apparaît comme une masse des tissus mous de densité et de rehaussement hétérogène, contenant des calcifications.

L'IRM est la modalité de choix pour étudier la masse, notamment sur le plan topographique. Elle est généralement volumineuse, et bien définie. On la décrira comme iso, hypo ou légèrement hyperintense en T1 par rapport au muscle, hétérogène, en hypersignal T2 hétérogène, avec des zones de dégénérescence kystique. Si la lésion saigne, on pourrait trouver des zones de niveaux liquidiens. Le rehaussement est généralement important, et peut être diffus, hétérogène (nécrose), ou périphérique. Des septa sont parfois visibles en son sein.



[57] IRM du genou, avec coupes sagittale en T2 FATSAT (A), coronale T1 (B), axiales T2 FATSAT (C) et T1 FATSAT injectée (D). Mise en évidence d'une volumineuse masse au niveau des parties molles de la fosse poplitée (flèche), hétérogène avant et

après injection, en rapport avec une nécrose, avec une composante qui s'insinue entre le semi-membraneux (SM) et le gastrocnémien médial (MG), occupant ainsi la bourse à ce niveau.



[65] Patient de 29 ans présentant une tuméfaction antérieure lentement progressive en rapport avec un sarcome synovial : a : masse intéressant le compartiment antérieur supra- et infra-patellaire (flèches) ; b : la tumeur est localisée en intra-capsulaire et extra-synovial (corps adipeux de Hoffa) et s'étend également en extra capsulaire dans les parties molles pré-patellaires ; c : la tumeur présente une vascularisation intense (flèche).

3. Kystes mucoïdes

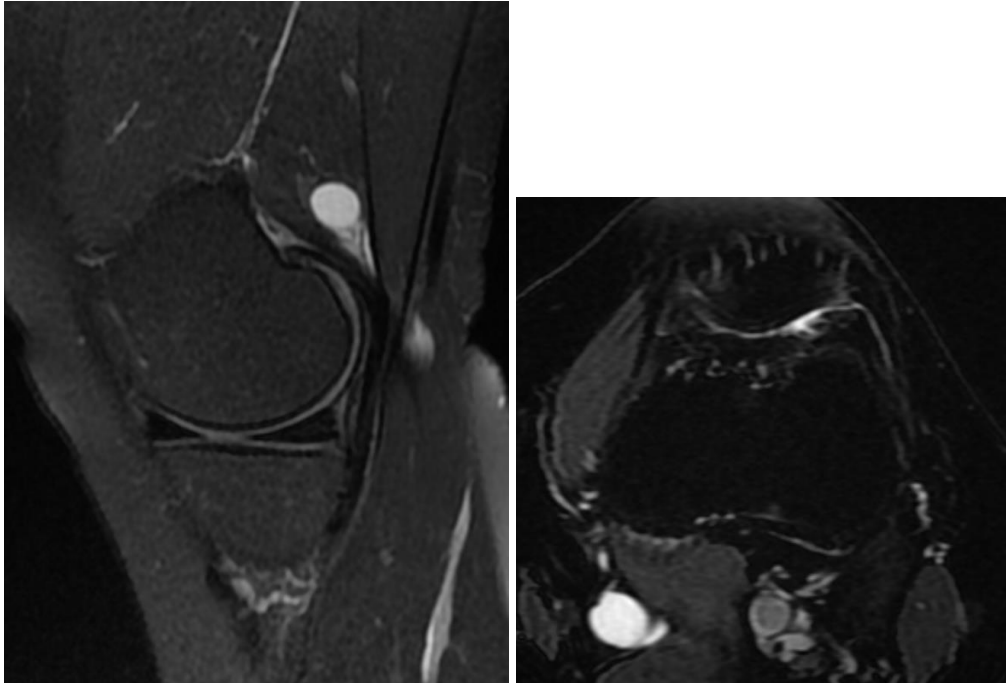
Ils correspondent à des lésions pseudo-tumorales entourées d'un tissu conjonctif dense et remplies d'un liquide gélatineux riche en acide hyaluronique et mucopolysaccharides. Ces kystes sont habituellement de découverte fortuite en IRM mais ils sont parfois responsables de signes cliniques variés et peu spécifiques, dépendant de leur taille et localisation.

Ils sont de topographie variée :

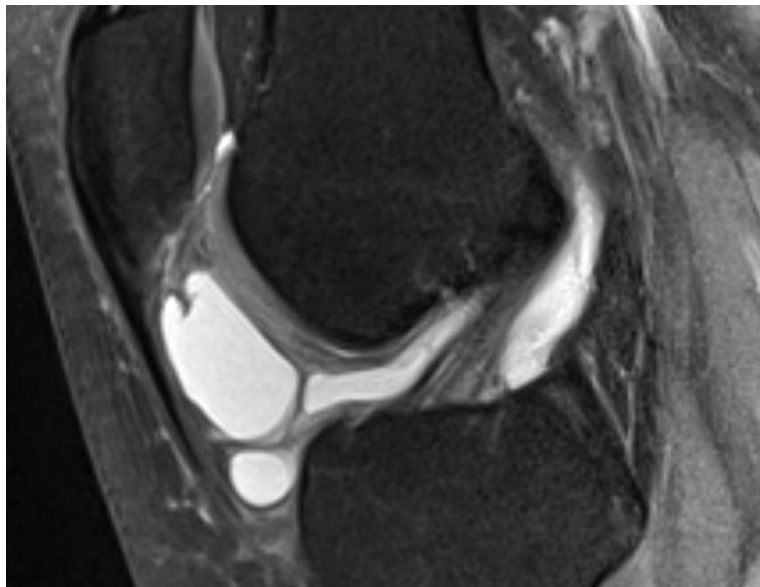
- Infra patellaire, et volontiers situés en regard de la corne antérieure du ménisque latéral mais celui-ci ne présente pas de fissure
- Kyste méniscal : en regard d'une fissure méniscale (au contact de la corne antérieure du ménisque latéral ou de la partie moyenne du ménisque médial).
- Kystes des ligaments croisés (au contact et en arrière du ligament).
- Kyste mucoïde de l'articulation tibiofibulaire proximale : ces kystes peuvent venir comprimer le nerf fibulaire commun et se manifester par un déficit moteur de la loge antérolatérale de jambe

- Kyste mucoïde intra osseux : fréquents au niveau de l'épiphyse tibiale, au voisinage des insertions des ligaments croisés et des attaches méniscales

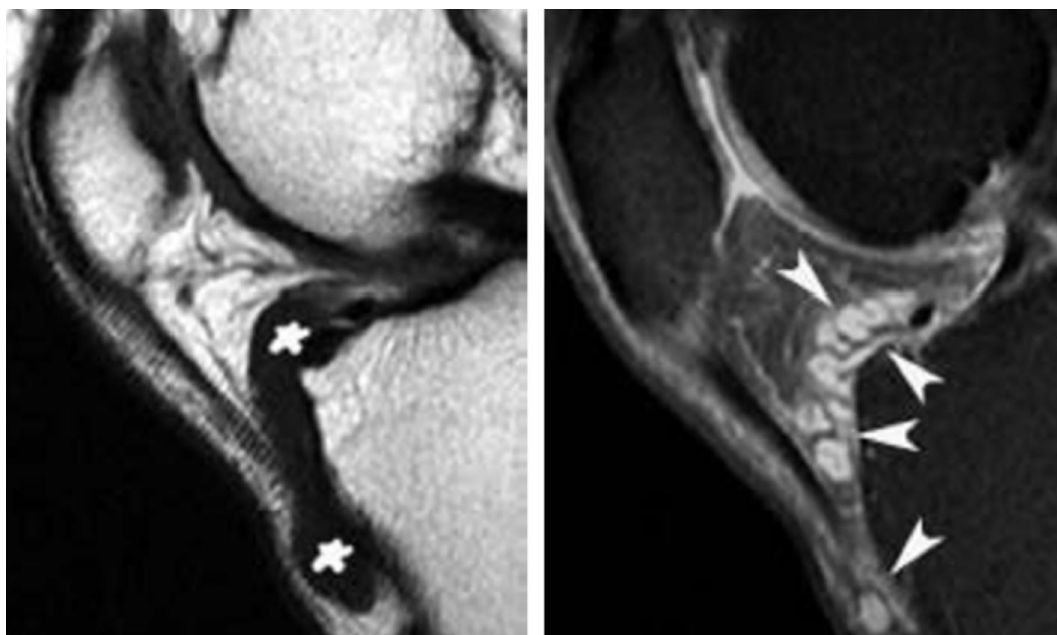
Ces kystes sont hyperintenses en T2 et souvent multiloculés avec des septa. Parfois, ils apparaissent en iso ou discret hypersignal T1 en raison d'un contenu protéique élevé ou hémorragique. L'injection de gadolinium peut montrer un léger rehaussement périphérique linéaire.



Kyste mucoïde du creux poplité. 83810



[65] Kyste mucoïde du CAIP et de l'échancrure intercondylaire : coupe sagittale pondérée en densité de protons. Notez son aspect pluri-lobulé ainsi que le pertuis issu de l'échancrure intercondylaire (flèche).



[71] IRM du genou, avec coupes sagittales en T1 (a) et DP FATSAT (b), montrant des kystes mucoïdes du CAIP

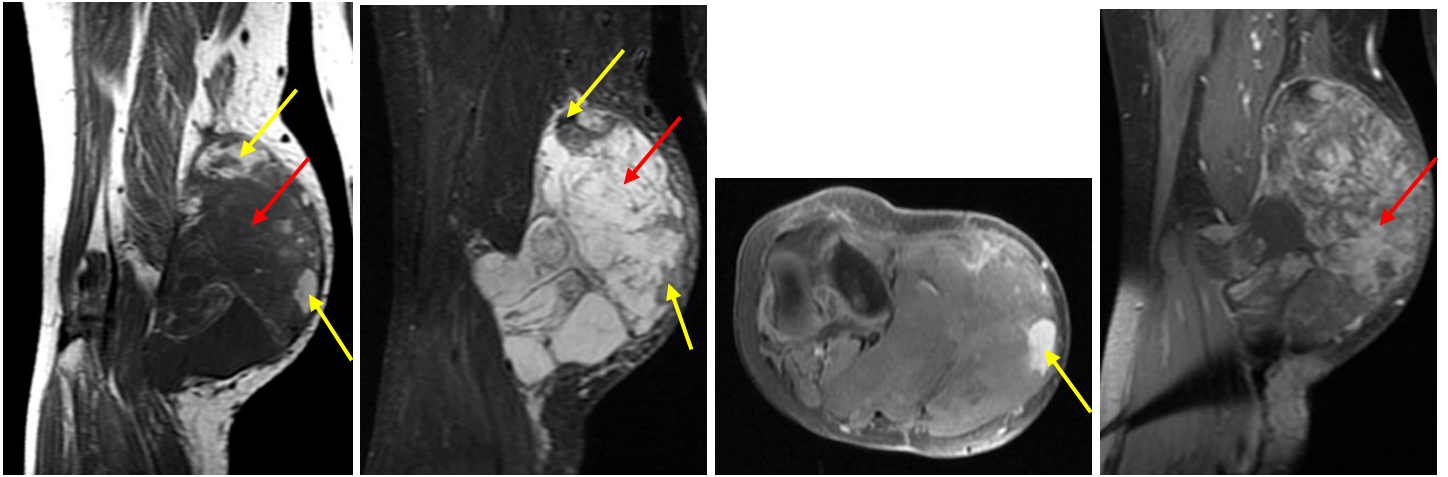
4. Tumeurs graisseuses

Le lipome est une tumeur graisseuse bénigne fréquente, de topographie sous cutanée ou intra musculaire. En échographie, il s'agit d'une lésion bien limitée, hyperéchogène, ne prenant pas l'encodage doppler couleur. Au scanner et en IRM, c'est une lésion de densité et de signal graisseux (densité négative, hypersignal T1 et T2, effacées en FATSAT et STIR), sans contingent tissulaire charnu visible.

Le liposarcome est une tumeur maligne fréquente des tissus mous. Les signes orientant vers la malignité sont la douleur, l'évolution rapide, la localisation profonde, la taille supérieure à 5 cm, les cloisons et septas épais (supérieur à 2 mm), des nodules ou une composante tissulaire intra lésionnelle, l'hémorragie intra lésionnelle, et la réaction périostée de l'os au contact. Le liposarcome myxoïde présente des foyers en hypersignal T2 au sein de la masse, correspondant à une forte proportion de mucopolysaccharides au sein de la matrice myxoïde. Il peut même parfois prendre l'aspect d'une formation pseudo kystique.

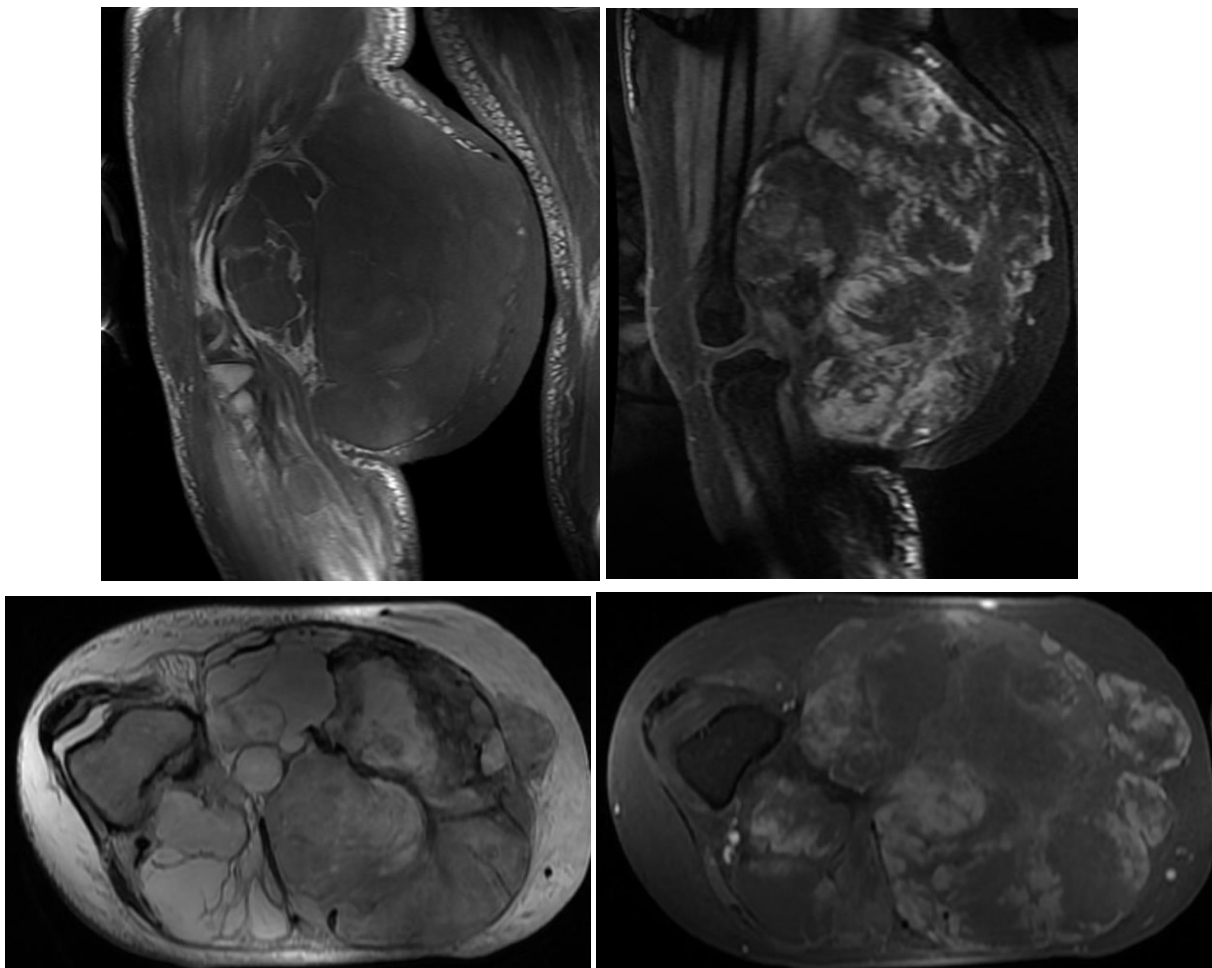


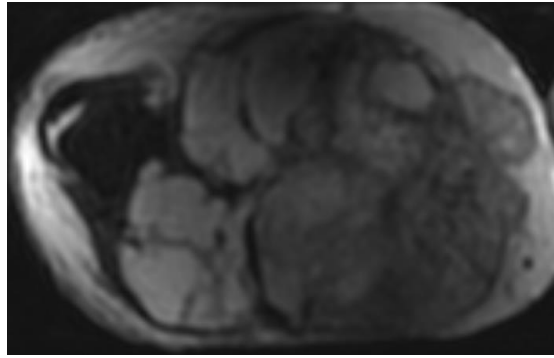
TDM en coupes coronale (A), sagittale (B), et axiale (C) en contraste spontané, et après injection de PDCI en coupe coronale (D). Lésion sous-cutanée de la face interne du genou droit, oblongue, bien limitée, de densité grasseuse, semblant renfermer de fins septas en son sein visualisés sur les coupes axiales, sans rehaussement après contraste, faisant évoquer un lipome.



Patient de 48 ans, admis pour tuméfaction du genou. Individualisation d'un volumineux processus lésionnel du compartiment interne du genou droit, mesurant 10 x 9 x 6 cm de diamètres, infiltrant, présentant une composante graisseuse (hyperT1, hyposignal STIR, flèche jaune), et une composante myxoïde (hypoT1, hyperT2, rehaussée après contraste, flèche rouge).

Aspect faisant évoquer un liposarcome myxoïde infiltrant.





Patient de 48 ans, présentant depuis 3 ans, une masse de la cuisse et du genou, présentant récemment une évolution rapide. IRM en coupes coronales, en séquences T1 (A) et T1 FATSAT injectée (B), axiale T2 (C), T1 injectée (D) et diffusion (E). Présence d'une volumineuse masse au niveau du compartiment postéro-interne du genou droit bien limité, de contours lobulés, décrit en hyposignal T1 et hyposignal T2 hétérogène, rehaussé de façon hétérogène après contraste et délimitant des zones nécrotico-hémorragique. Sur cette IRM, une origine sarcomateuse à été évoqué, avec la nécessité d'une confrontation histologique. Une biopsie a été réalisée, revenant en faveur d'un liposarcome myxoïde. 1056518

IX. AUTRES PATHOLOGIES

1. Syndromes de conflit graisseux profonds

a. Syndrome de conflit graisseux supra patellaire

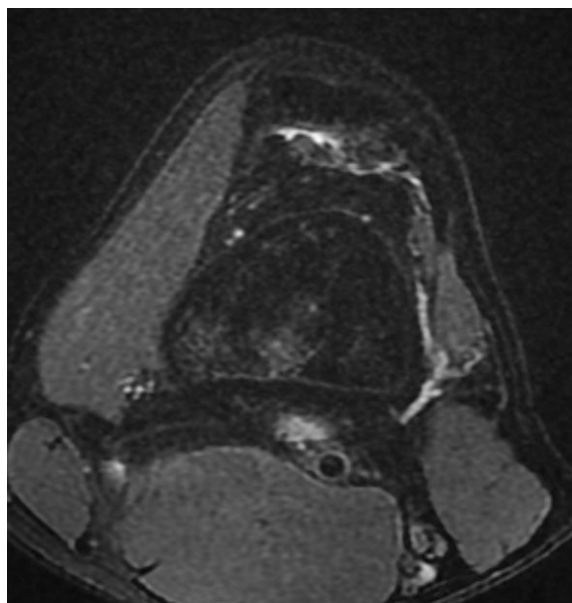
La graisse supra patellaire représente le plus petit des trois coussinets graisseux antérieurs du genou. Sa forme est triangulaire sur les coupes sagittales avec une base reposant sur le bord proximal de la patella, un bord antérieur délimité par la face postérieure du tendon du muscle quadriceps fémoral et un bord postérieur délimité par le récessus articulaire sous-quadricepsal.

La graisse supra patellaire présente souvent en IRM un aspect bombant convexe vers l'arrière (sur le récessus supra patellaire) et un discret œdème dont il est difficile d'affirmer le caractère pathologique [65].

Cet effet de masse a plus de chance d'être symptomatique et pathologique si :

- Limité en arrière par une plica médio patellaire épaisse et irrégulière,
- Effet de masse sur le récessus supra patellaire et sur le tendon quadricipital
- L'hypersignal T2 est très franc, surtout par rapport à la graisse pré fémorale, avec un élargissement supérieur à 10 mm,
- Un kyste à paroi inflammatoire s'est formé au sein de cette graisse.
- Présence de signes associés : tendinite quadricipitale et épanchement intra articulaire

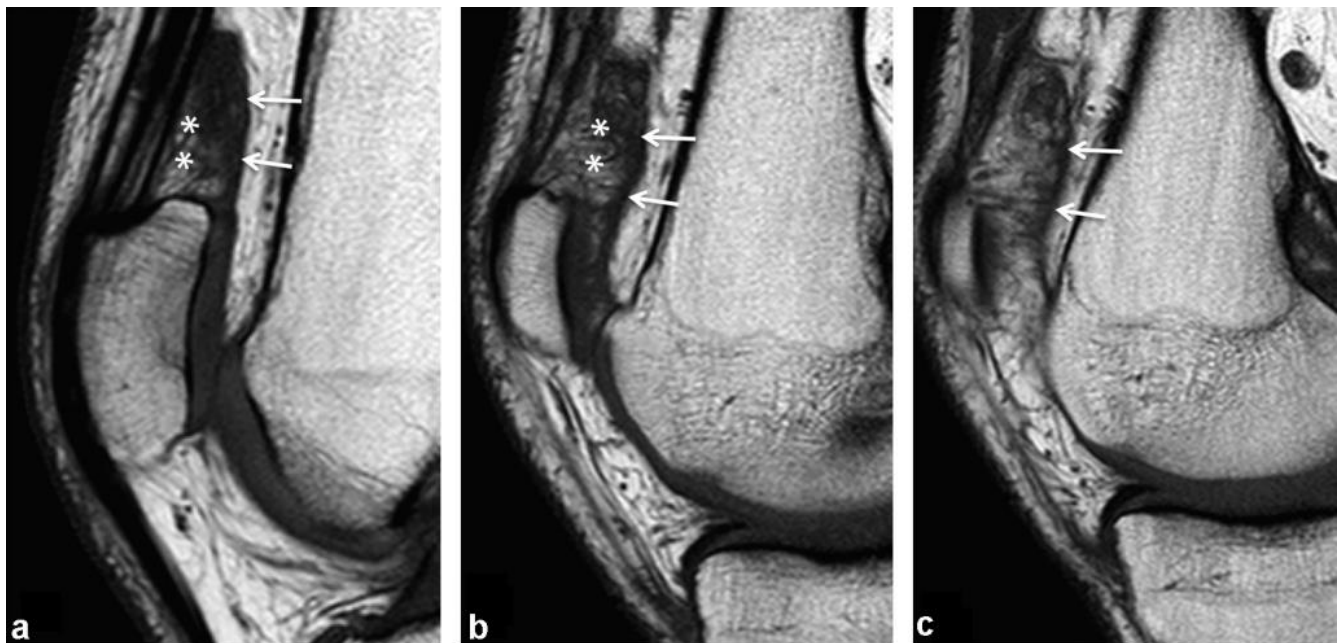
En échographie, le passage de la sonde reproduit la douleur du patient.



Infiltration de la graisse supra patellaire, associé à un épanchement de faible abondance.



[66] Le coussinet adipeux supra patellaire antérieur présente un œdème avec une surface postérieure légèrement convexe. Épanchement minime associé dans le récessus supra patellaire



[65] Conflit de la graisse suprapatellaire chez un homme sportif de 35 ans. Ces coupes sagittales successives en pondération T1 permettent de mettre en évidence un bombement et une infiltration en hyposignal T1 du matelas graisseux suprapatellaire (**). Ce matelas est limité en arrière par un repli synovial épais qui correspond probablement à une plica médiopatellaire « pathologique » (flèches).

b. Syndrome de conflit graisseux infra patellaire (Maladie de Hoffa) et variantes

La graisse de Hoffa est une masse cunéiforme graisseuse, développée dans la partie antérieure du genou, intra capsulaire, mais extra synoviale.

L'inflammation de cette graisse a pour origine l'écrasement de la graisse de Hoffa entre le fémur et le tibia pendant l'extension. Sa physiopathologie n'est pas bien connue, cependant, plusieurs mécanismes sont mis en cause : traumatisme aigu, microtraumatismes, hypersollicitation. L'ensemble est responsable d'une hypertrophie de la graisse engendrant un cercle vicieux de processus hémorragiques, inflammatoires au stade aigu, et nécrotique, fibrosant, voire d'une ossification au stade chronique.

La maladie de Hoffa est rare, et s'observe essentiellement chez le sujet jeune sportif. La symptomatologie classique est constituée par des gonalgies antérieures lors de la montée et la descente des escaliers (syndrome rotulien). Il s'agit d'une cause fréquente de douleur antérieure du genou chez les individus actifs.

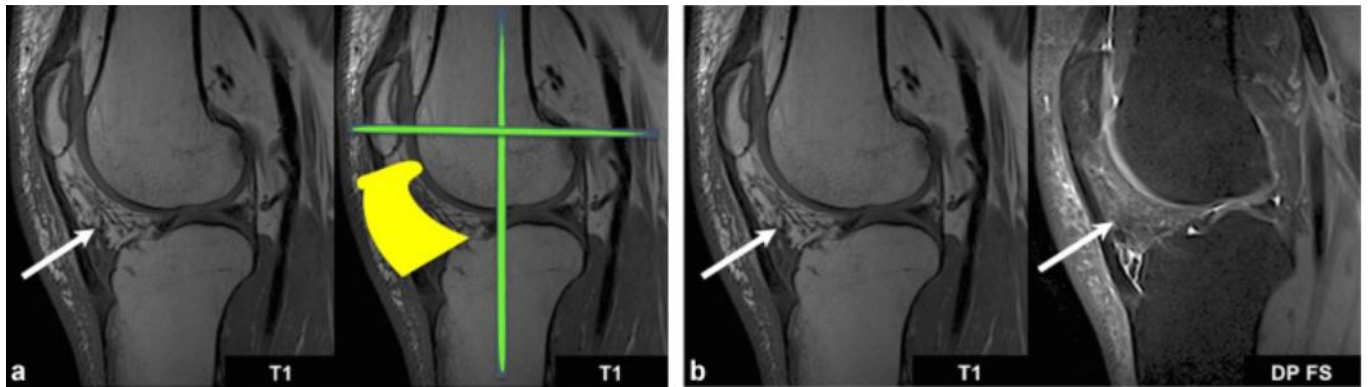
L'IRM est incontestablement l'examen de référence, et trouvera une anomalie de signal de type œdémateuse de la graisse de Hoffa, en hypersignal T2, avec souvent un effet de masse sur le tendon patellaire. Une infra patellaire profonde peut être associée.

Au stade plus avancé, apparaissent des plages de fibrose en hyposignal dans toutes les séquences, avec en phase inflammatoire, un rehaussement possible après injection de gadolinium.

Au stade de métaplasie ostéocondrale, tous les intermédiaires entre le cartilage et l'os sont possibles, avec des zones contenant une matrice cartilagineuse (lobules en hypersignal T2) et/ou une matrice osseuse (hyposignal très franc en cas d'os compact, et aspect trabéculé en cas de formation d'os spongieux), d'où l'intérêt de la radiographie ou le scanner sont d'une aide précieuse pour confirmer avec quasi-certitude l'apparition d'un tissu de type osseux [65].

Le scanner n'a que peu d'intérêt pour l'exploration des pathologies à ce niveau. Il ne sera réalisé qu'en seconde intention pour caractériser ou rechercher un élément calcique ou ossifié ou pour rechercher un corps étranger intra articulaire.

A noter qu'un aspect oedémateux du CAIP a été décrit également en période pré menstruelle (syndrome de rétention pré menstruel par hyperoestrogénie relative), mais également chez les patients infectés par le VIH (lipodystrophie liée au traitement anti rétroviral) [71].



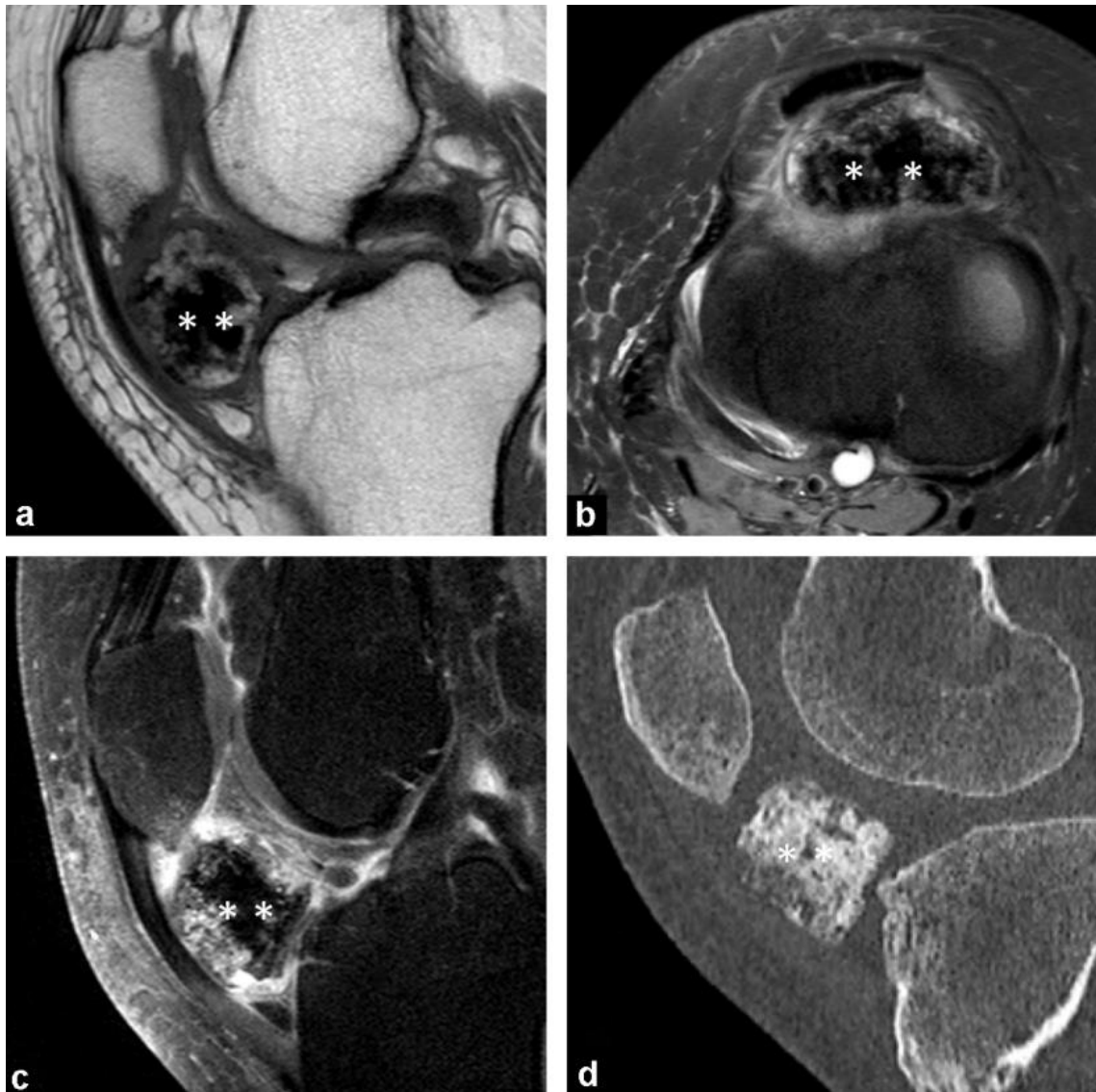
[64] Patient de 34 ans, présentant un syndrome rotulien en rapport avec une Hoffite. a. Lésion du compartiment antérieur et infra patellaire (flèche), b : Infiltration du corps adipeux de Hoffa (flèches) en rapport avec une Hoffite au stade aigu.



[65] Maladie de Hoffa chez un basketeur de 13 ans. Les coupes sagittales en T1 (a) et DP FAT SAT (b) mettent en évidence un infiltrat oedémateux mal limité, en hyposignal T1 et hypersignal DP FATSAT, s'insinuant entre les lobules graisseux de la graisse de Hoffa.



[64] Patient de 42 ans, présentant des douleurs antérieures associées à une tuméfaction. Présence d'un nodule ostéochondromateux situé dans le corps adipeux de Hoffa, en rapport avec une Hoffite au stade chronique (flèches).



[65] IRM du genou avec coupes sagittale en T1 (a), axiale en DP FATSAT (b), et sagittale en T1 gado FATSAT (c) montrent un remplacement de la graisse de Hoffa par une image nodulaire de nature osseuse, avec un centre en hyposignal (**) à tous les séquences (ostéosclérose), une périphérie constituée d'os spongieux avec un signal graisseux et une architecture « trabéculée ». La graisse entourant la lésion osseuse présente un signal inflammatoire et se rehausse après injection. L'effet de masse entraîne une déformation du ligament patellaire. Un scanner en coupe sagittale (d) confirme la nature osseuse de la métaplasie, avec un os dense au centre (**) et plus spongieux en périphérie.



[65] IRM du genou avec coupes sagittales en pondération DP FATSAT (a), T1 (b), et T1 gado FATSAT (c) mettant en évidence un syndrome de masse au sein de la graisse de Hoffa, refoulant le ligament patellaire. Le signal graisseux a disparu, remplacé par une zone de métaplasie ostéocartilagineuse confirmée par l'anatomopathologie. Le centre présente un hypersignal T2 et un hyposignal T1 intermédiaire de type cartilagineux (**), au sein duquel on individualise des images arciformes (flèches) en hypersignal franc correspondant à des zones d'ossification débutantes. La prise de contraste se limite à la périphérie de la lésion. La radiographie standard de profil (d) confirme l'apparition d'une matrice osseuse dense

2 entités sont à distinguer de la maladie de Hoffa. Leur distinction n'est pas toujours aisée et il existe probablement un chevauchement entre ces différentes entités :

1. Syndrome de friction fémoropatellaire latéral

C'est un conflit fréquent lié à des contraintes anormales entre le condyle latéral et la partie postéro-latérale proximale du ligament patellaire, entraînant une souffrance de la graisse entre les 2 (partie supérolatérale du corps adipeux infra patellaire).

La clinique se caractérise par une douleur latérale en hyperextension.

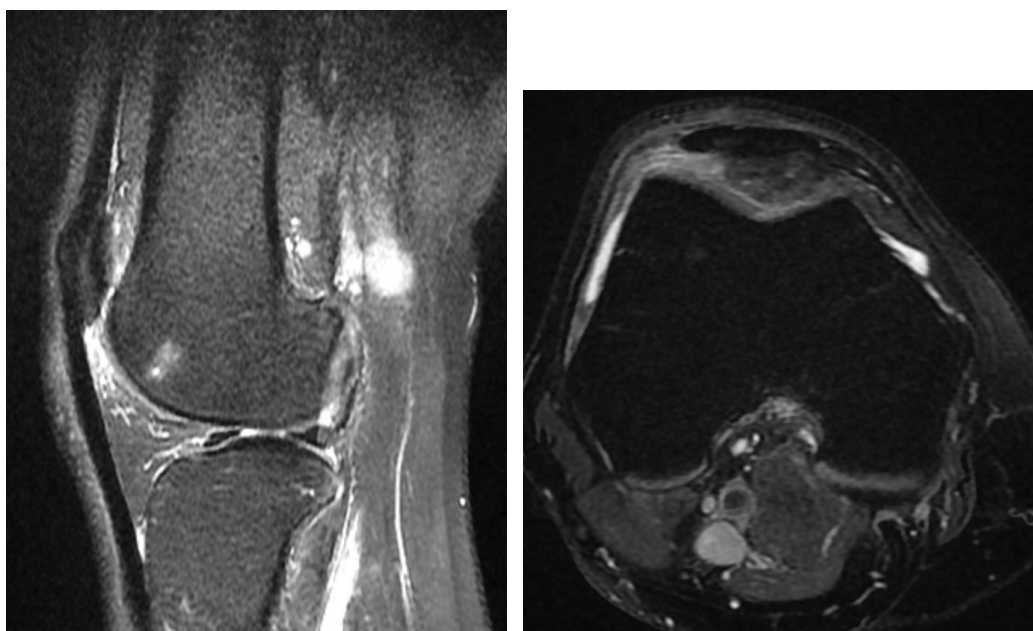
En échographie, on l'évoquera devant la présence d'une zone de graisse plus hyperéchogène, à architecture différenciée, sensible au passage de la sonde. Le diagnostic de

certitude est fait par l'IRM, qui montre un œdème focal de la graisse à ce niveau, pouvant contenir parfois des remaniements kystiques.

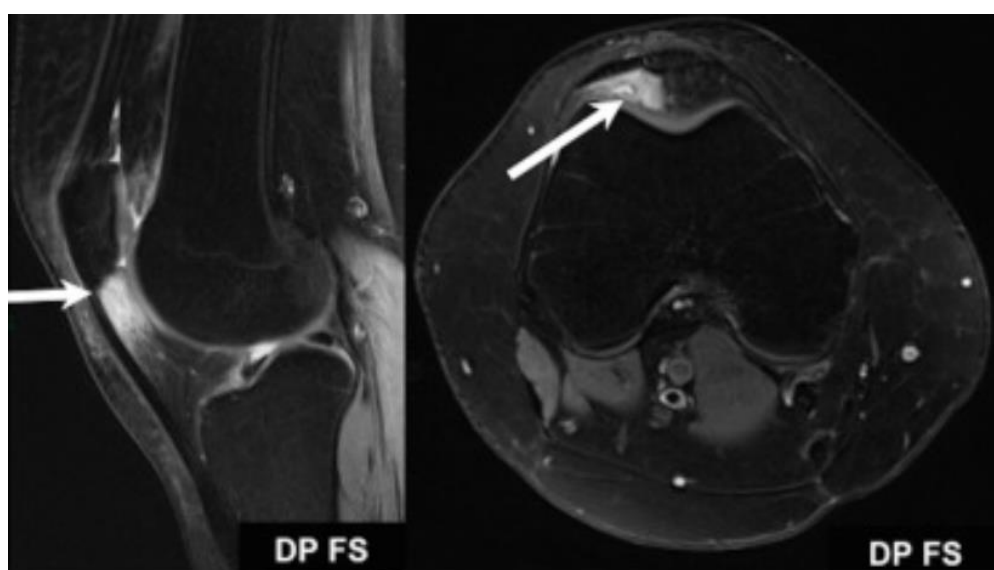
Les signes les plus souvent associés et à rechercher sont :

- La patella alta
- La tendinopathie patellaire (au contact de la facette latérale de la trochlée).
- Une distance significativement plus courte entre le tendon patellaire et la facette latérale de la trochlée (3 mm dans le groupe pathologique, contre 8.6 mm dans le groupe témoin)
- Chondropathies de la facette latérale de la patella

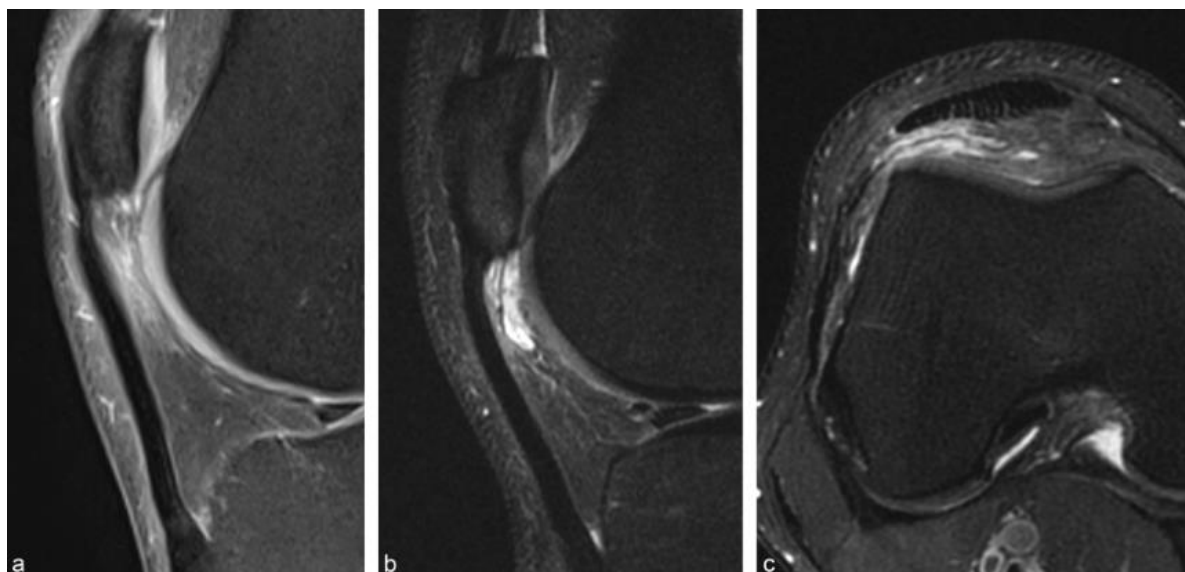
En cas d'atteinte chronique, une métaplasie de cette zone graisseuse en souffrance est possible.



IRM du genou en coupes sagittale (A) et axiale (B) montrant un hypersignal DP au niveau du versant supéro-externe de la graisse de Hoffa, associé à une distance courte entre le tendon patellaire et la facette latérale de la trochlée (mesurée à 4 mm), en rapport avec un syndrome de friction fémoro-patellaire



[64] Patiente de 32 ans présentant des douleurs antérolatérales. Syndrome de friction fémoropatellaire latéral : infiltration du corps adipeux de Hoffa dans sa portion supérolatérale associée à une patella alta (flèches).

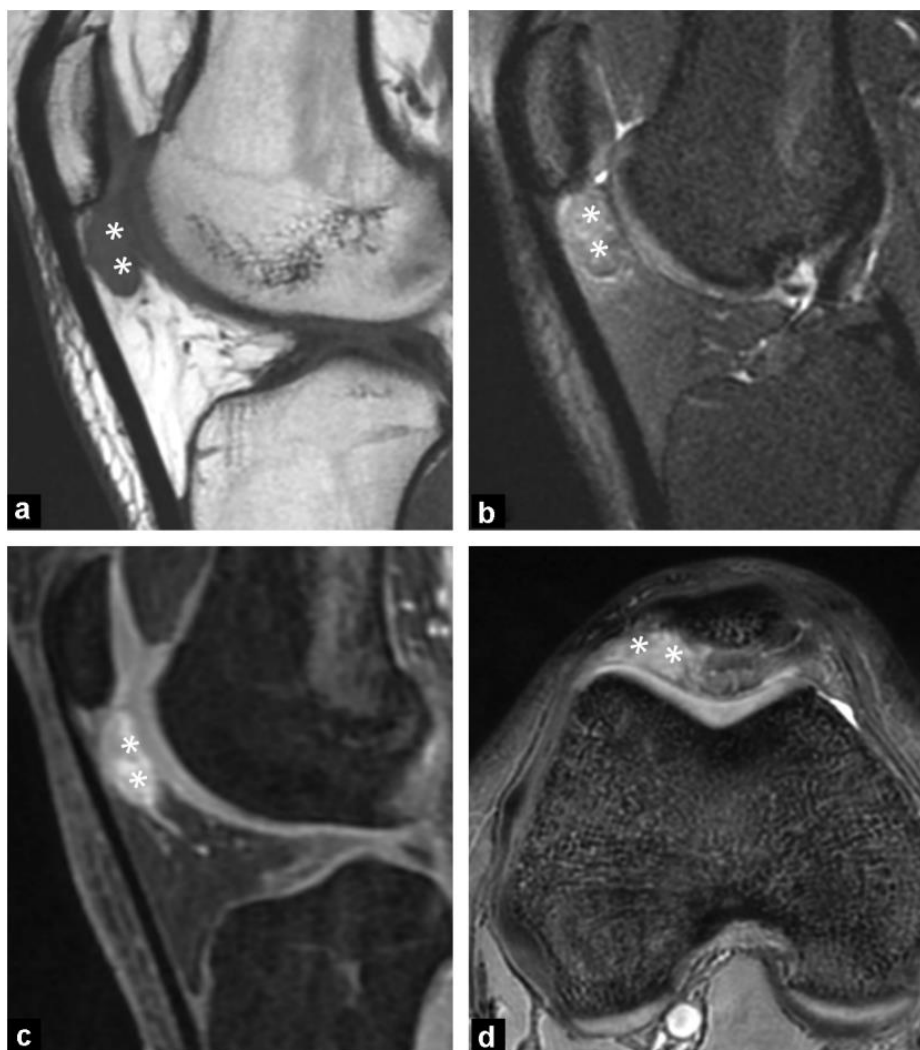


[65] Syndrome de friction fémoropatellaire : coupes sagittales (a, b) et axiale (c) en DP. Œdème et remaniements microkystiques de la graisse supérolatérale de Hoffa, coincée entre le tendon patellaire et le condyle fémoral latéral. Noter la proximité entre le tendon patellaire et la facette latérale de la trochlée, ainsi que la patella alta associées.

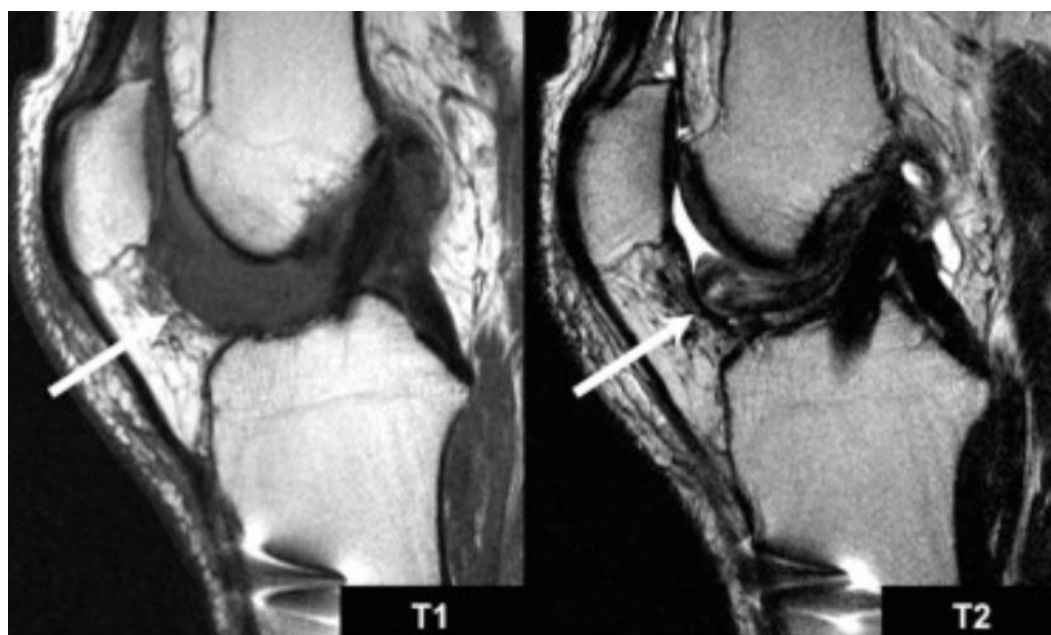
2. Arthrofibrose (ou cyclope syndrome)

Il s'agit d'une condition caractérisée par la formation excessive de tissu cicatriciel au niveau de l'articulation du genou, créant une réelle masse fibreuse. Elle est le plus souvent d'origine iatrogène (plastie du LCA), mais peut plus rarement être d'origine non iatrogène (traumatisme, infection, saignement, maladie inflammatoire ou même prédisposition génétique à la cicatrisation excessive).

Voir chapitre « imagerie post-opératoire ».



[65] Femme sportive de 23 ans présentant un syndrome de friction fémoropatellaire évoluant depuis 2 ans. Les coupes sagittales en T1 (a), EG T2 (b), sagittale (c) et axiale (d) T1 FATSAT après injection de gadolinium montrent une zone de conflit de topographie classique, à la partie supéro-latérale de la graisse de Hoffa, mais de signal atypique. En effet, il ne s'agit pas d'un simple œdème de la graisse en souffrance, mais d'une véritable zone de métaplasie fibreuse « inflammatoire » : nodule (**) en hyposignal T1 (a), discret hypersignal T2 (b), se rehaussant après injection de gadolinium (c, d).



[64] Patient de 35 ans présentant des douleurs et une sensation de blocage. Notion d'antécédent d'entorse du genou. Lésion en hyposignal T1 et T2 du compartiment antérieur et infra-patellaire en rapport avec une arthrofibrose (« œil de cyclope ») (flèches).

c. Conflit de la graisse pré fémorale ou supra trochléenne

La graisse préfémorale (ou supratrochléaire) est située entre le récessus sous-quadricepsal et la corticale antérieure de la métaphyse distale du fémur

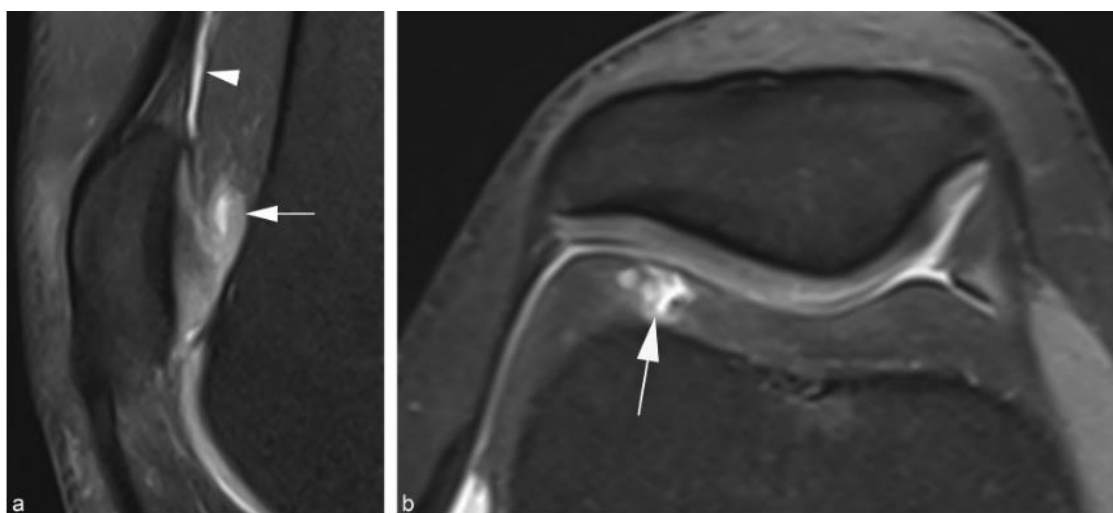
En extension maximale du genou, ce matelas graisseux peut être comprimé entre la face postérieure de la patella et la corticale antérieure du fémur. Ce conflit est peu décrit dans la littérature.

La présentation clinique est peu spécifique, avec une douleur antérieure supra patellaire, parfois associée à une sensation de ressaut lors des mouvements de flexion-extension.

En IRM, dans sa forme typique, il s'agira :

- D'un élargissement et un œdème de la graisse pré fémorale, soit dans sa partie centrale, ou inféro latérale, où il est alors souvent associé à un syndrome de friction fémoropatellaire.
- Une atteinte osseuse fémorale adjacentes avec scalloping (encoche) et œdème de l'os spongieux sous-jacent est possible, de même qu'une métaplasie fibreuse, voire cartilagineuse, comme celle observée dans la maladie de Hoffa.
- Une patella alta est volontiers présente, ce conflit représentant alors un équivalent de « forme haute » de syndrome de friction fémoropatellaire [65].
- Un ostéophyte supra patellaire proéminent peut être associé

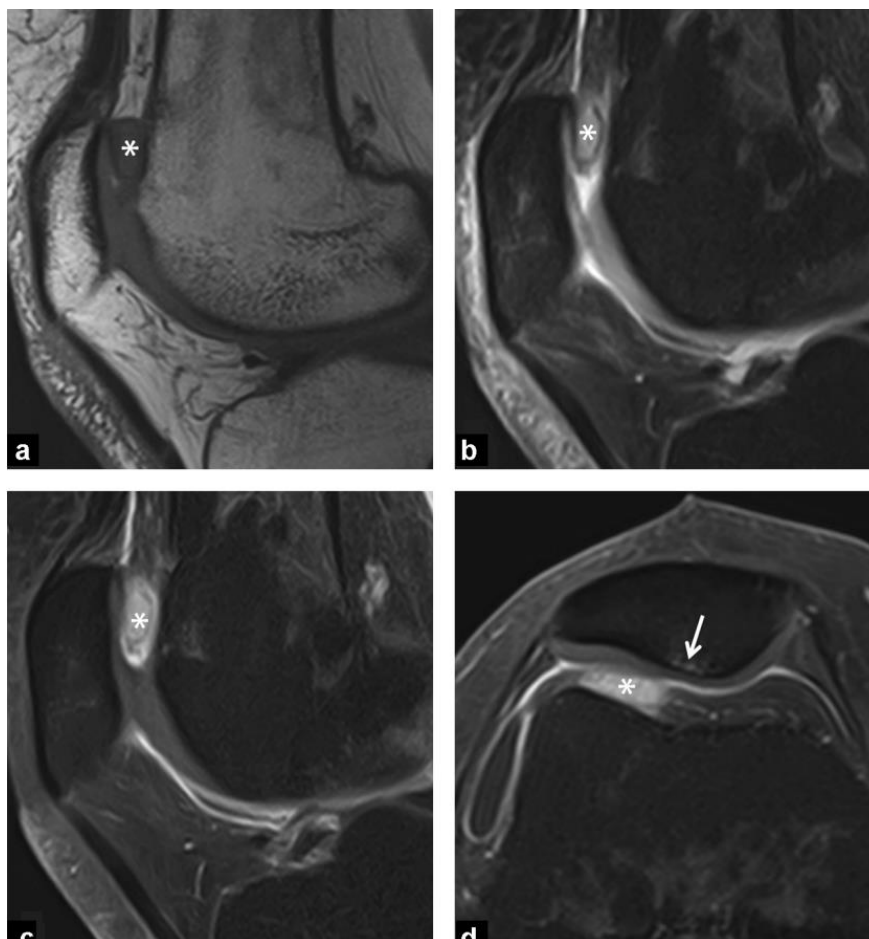
Dans les cas les plus atypiques, une biopsie est souvent souhaitable, cette région pouvant également être le siège d'un synoviosarcome, ou d'un ostéosarcome paraostéal.



[65] Conflit de la graisse préfémorale : coupes sagittale (a) et axiale pondérée en densité de protons (b). Les remaniements très focaux de la graisse préfémorale (flèche) ne doivent pas être interprétés comme le récessus suprapatellaire plus antérieur (tête de flèche). Notez la patella alta associée.



[65] IRM du genou avec coupes sagittales en T1 (a) et DP FATSAT (b) : la graisse supratrochléenne apparaît épaissie, et présente un franc hyposignal T1 et hypersignal DP fat sat. Après injection de gadolinium sur une coupe axiale transverse (c), le matelas graisseux supratrochléen se rehausse franchement. La biopsie a permis de retrouver un tissu « fibro-adipeux ». Des anomalies sont également présentes sur l'os adjacent: discrète prise de contraste de l'os spongieux et scalloping visible en scanner (d) et en IRM (c), témoignant du caractère chronique du conflit.



[65] Nodule fibreux inflammatoire (*) de la partie inférolatérale de la graisse supratrochléenne, se manifestant en IRM sous la forme d'une image ovale en hyposignal T1 (a), hypersignal DP fat sat (b) et se rehaussant franchement après injection de gadolinium (c, d). Notons une chondropathie trochléenne adjacente (flèche), témoin supplémentaire d'un conflit mécanique local

2. Arthropathies microcristallines

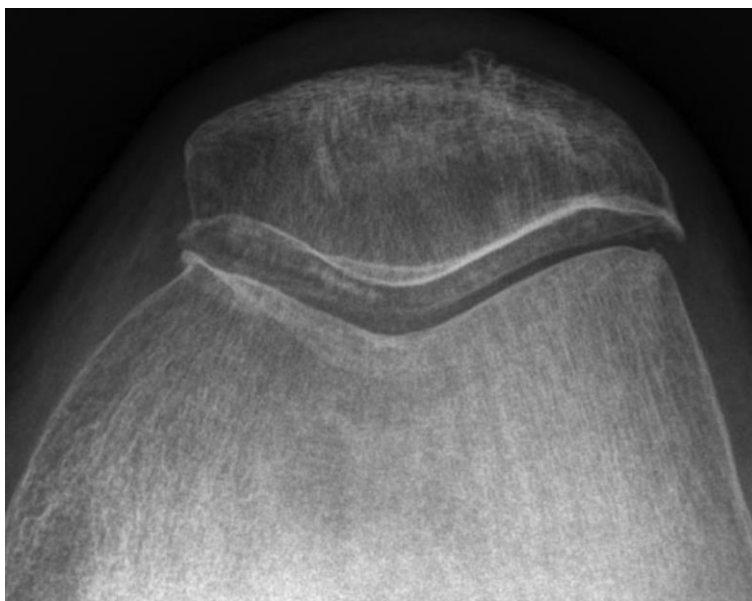
a) Chondrocalcinose :

Il s'agit d'une arthropathie microcristalline caractérisée par le dépôt de cristaux de pyrophosphate de calcium au niveau du cartilage articulaire. 80% des cas sont primitifs. Elle peut être aussi familiale, ou causée par une hémochromatose, hyperparathyroïdie, hypothyroïdie, goutte, maladie de Wilson, hypophosphatasie, hypomagnésémie, insuffisance rénale ou un traumatisme.

En radiographie, on trouvera :

- Des calcifications cartilagineuses linéaires
- Des calcifications méniscales (ménisco-chondrocalcinose)
- Une arthrose fémoropatellaire
- Des érosions sous chondrales importantes avec une tendance destructrice

En IRM, les calcifications cartilagineuses apparaissent sous la forme d'un hyposignal cartilagineux linéaire sur toutes les séquences.



Chondrocalcinose du genou, avec quelques ostéophytes marginaux.

b) Goutte : Voir chapitre bursites.

X. QUELQUES PARTICULARITES PEDIATRIQUES :

Le genou de l'enfant n'est pas un genou adulte en miniature. Il faut connaître son fort potentiel de remodelage, mais ne pas le surestimer, et l'importante composante cartilagineuse qui le distingue de celui-ci. L'os chez l'enfant est une structure en croissance et en maturation, impliquant des modifications physiologiques en fonction de l'âge, accessibles en imagerie, ainsi que des pathologies spécifiques [70].

Au niveau du genou, on peut notamment constater ces modifications avec l'ossification progressive des structures initialement cartilagineuse (patella, massif des épines tibiales...), ou avec les modifications de signal de la moelle osseuse en rapport avec la conversion médullaire. Cette maturation est également à l'origine de nombreuses variantes de la normale [70].

Dans ce chapitre, on ne détaillera pas les variantes anatomiques, pathologies malformatives, traumatiques, ischémique, infectieuse, et tumorale précédemment décrites.

1. Maturation du squelette normal [70]

Pour interpréter correctement les images musculo-squelettiques pédiatriques, il faut être conscient des changements normaux qui se produisent avec la maturation squelettique.

Les épiphyses aux 2 extrémités de l'os sont positionnées entre la plaque de croissance et l'articulation. Initialement, l'épiphyse est entièrement cartilagineuse. Le centre d'ossification secondaire se forme par ossification endochondrale, commençant au centre de l'épiphyse. Alors que la plaque de croissance (ou physe primaire) est responsable de la croissance longitudinale de l'os au niveau de chaque métaphyse, la physe secondaire entourant le centre d'ossification secondaire est responsable de la croissance sphérique.

A la naissance, la moelle est entièrement hématopoïétique (moelle rouge), elle est de signal relativement faible, similaire ou légèrement supérieur au muscle en T1, et d'intensité élevée en T2 ; mais inférieure à celle du liquide (similaire à celle du muscle).

Au cours de la première année de vie, la conversion médullaire (de la moelle hématopoïétique ou rouge en moelle grasseuse ou jaune) commence. Ce processus se produit progressivement jusqu'à l'âge adulte. Elle débute au niveau des épiphyses 6 mois après l'apparition radiographique du centre d'ossification secondaire. La transition vers la moelle grasseuse se poursuit ensuite de façon centripète, du centre de la diaphyse vers les métaphyses. Elle se fait dans le sens inverse (des métaphyses à la diaphyse) chez les patients souffrant d'anémie ou recevant des facteurs de croissance, avant que la conversion dans les épiphyses ne se produise.

Il se traduit par des modifications de signal de la moelle osseuse en IRM, et plus particulièrement sur la séquence T1 qui est la plus adaptée pour étudier la distribution. Les séquences T2 FAT SAT/STIR et T1 FATSAT après injection sont très utiles chez l'enfant pour la détection des lésions médullaires en raison de l'importance de la moelle rouge.

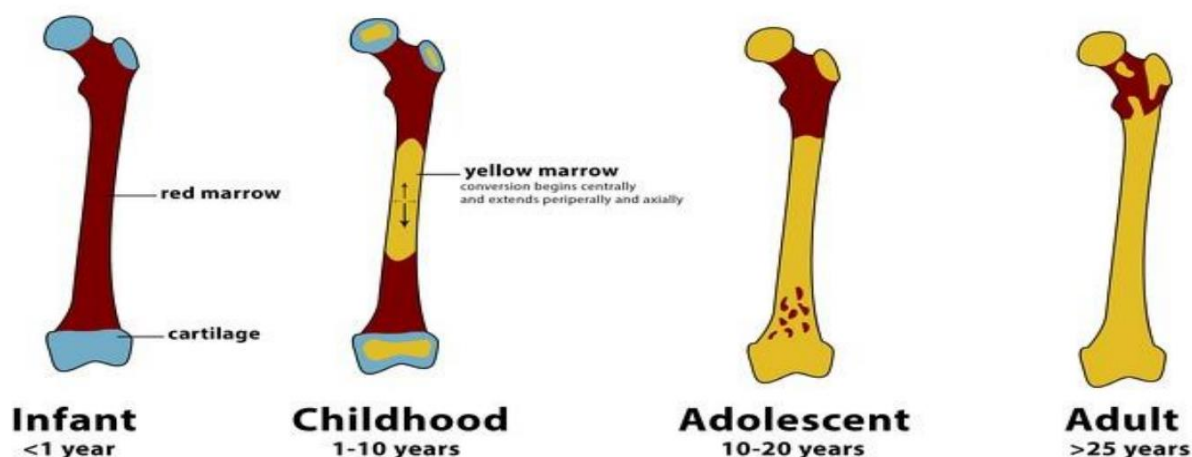
Au niveau du genou, la moelle rouge persiste au niveau des métaphyses fémorales distales entre 1 et 10 ans. Il peut également exister des variations physiologiques de cette conversion

médullaire, sous forme d'hétérogénéité de signal de la moelle, en rapport avec une distribution hétérogène de celle-ci :

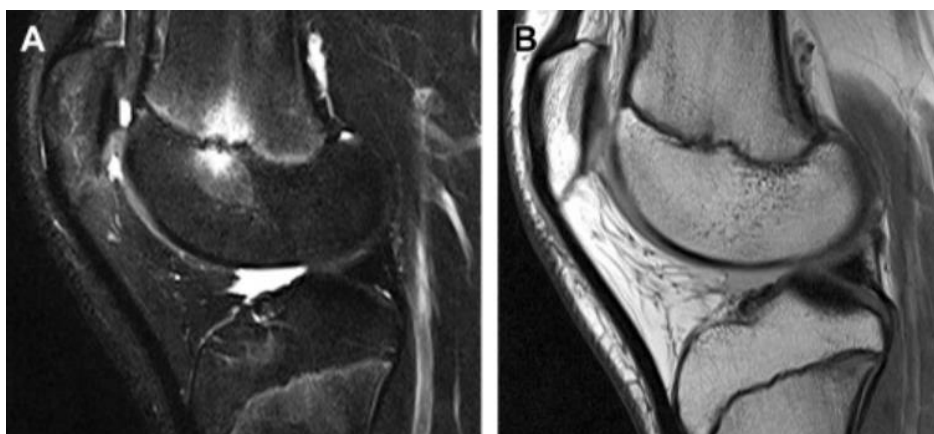
- Ilôts de moelle rouge dans la moelle grasseuse (foyers punctiformes ou confluent en hyposignal T1 et iso/hypersignal T2, rehaussés après injection)
- Reconversion médullaire : drépanocytose.

Un œdème focal de la moelle osseuse centré au niveau de la plaque de croissance peut être observé dans le fémur distal central, le tibia ou le péroné proximaux des adolescents. Tous les patients avec ce signe ont des physes non fusionnées mais rétrécies.

À la naissance, la rotule est généralement cartilagineuse et ne présente pas une ossification complète. Son ossification progresse au fil de la croissance de l'enfant (début à partir de 3 ans), et elle devient plus clairement visible sur les radiographies à mesure que le processus d'ossification se poursuit.



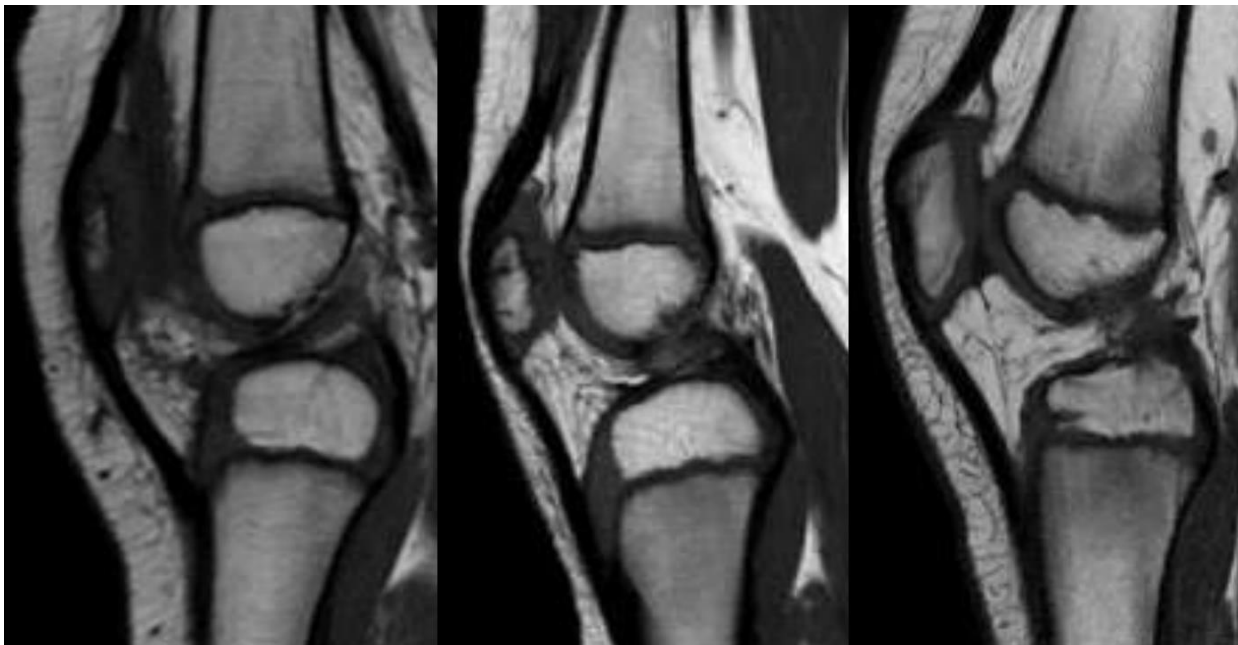
Conversion médullaire normale.



[69] IRM du genou, avec coupes sagittales en T2 FATSAT (A) et DP (B) chez une jeune fille de 14 ans, souffrant de douleur, montrant un œdème des deux côtés de la plaque de croissance fémorale, compatible avec un FOPE (focal periphyseal edema zone).



Début d'ossification de la patella à 3 ans.



Ossification progressive de la patella

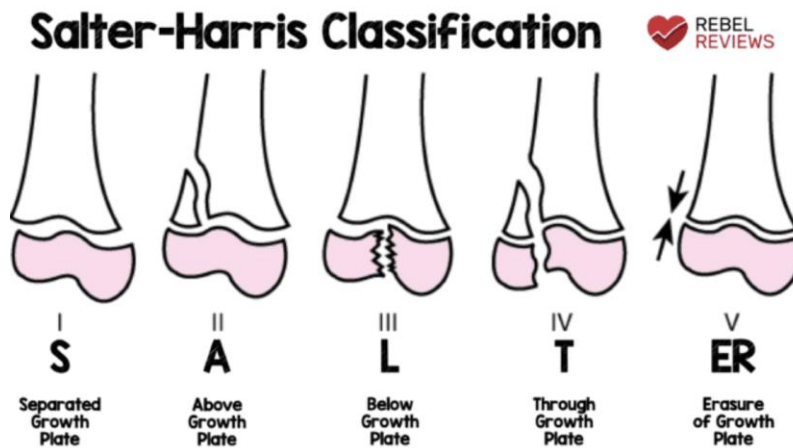
2. Traumatisme du cartilage de croissance [69]

Les fractures impliquant les physes (ou plaque de croissance) fémorales distales ou tibiales proximales sont relativement courantes, et importantes à différencier des autres traumatismes, car l'implication de la physe peut provoquer une fermeture prématurée, entraînant un raccourcissement des membres et une croissance anormale.

Ces fractures sont appelées également fracture de Salter Harris, et sont classées selon la classification qui porte le même nom :

- Type I : fracture physaire complète, avec ou sans déplacement, avec décollement épiphysaire pur.

- Type II : fracture physaire, et décollement épiphysaire, associée à un arrachement d'un fragment métaphysaire.
- Type III : fracture physaire qui s'étend à travers l'épiphyse.
- Type IV : fracture physaire qui s'étend à l'épiphyse et métaphyse.
- Type V : compression et écrasement de la plaque de croissance.



Au scanner, les fractures métaphysaires ou épiphysaires complexes peuvent être évaluées plus en détail.

L'IRM est utile pour l'évaluation de l'atteinte du cartilage de croissance (en T1), et peut identifier un œdème osseux adjacent (en T2/ STIR). Les fractures métaphysaires apparaissent comme des foyers linéaires hyperintenses en T2 avec œdème médullaire environnant. La partie atteinte du cartilage présente une anomalie de signal et un élargissement. Les épanchements associés, à prédominance supra patellaire, sont fréquents.

Une imagerie de suivi peut être indiquée pour évaluer une fusion physaire prématurée, soit avec des radiographies, TDM ou IRM.



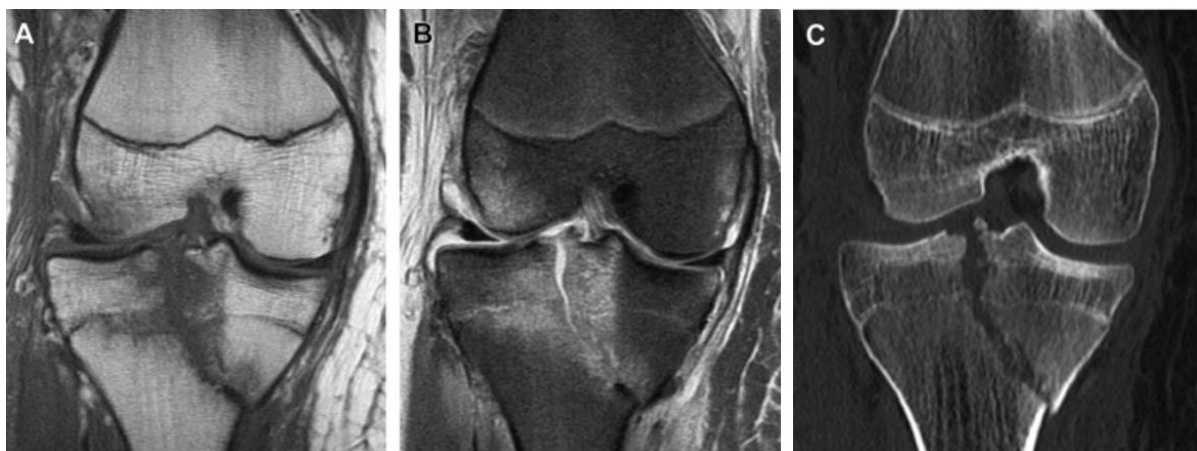
[69] IRM du genou, en coupes sagittales, en DP (A), et T2 FAT SAT (B) chez un garçon de 10 ans, souffrant de douleurs après une lésion d'hyperextension montrant un élargissement et une augmentation de l'intensité du signal dans la physe tibiale proximale postérieure, en rapport avec une fracture de type I de Salter Harris. Noter les contusions de l'épiphyse tibiale antérieure et du condyle fémoral dans sa partie antérieure.



[69] IRM du genou en coupe coronale en T2 FATSAT, montrant une discontinuité corticale de la métaphyse fémorale médiale très distale avec un élargissement et une augmentation de l'intensité du signal du cartilage de croissance médial, en rapport avec une fracture de type II de Salter Harris (flèche). Cette subtile fracture corticale n'était pas visible radiographiquement. Noter le mince hématome sous périoste adjacent. Un œdème important des tissus mous est également présent.



[69] IRM du genou en coupe sagittale en DP (A), et scanner en reconstruction osseuse sagittale (B), montrant une fracture de type III de Salter Harris.



[69] IRM du genou en coupes coronales en T1 (A) et DP FATSAT (B), et scanner en reconstructions coronale et osseuse (C), montrant une fracture déplacée du plateau tibial, s'étendant à la métaphyse, avec œdème environnant, compatible avec une fracture de type IV de Salter Harris. A noter aussi la contusion du condyle latéral.

Des lésions chroniques de stress répétitif des physes fémorales distales et tibiales proximales peuvent être identifiées sur l'imagerie par résonance magnétique chez certains patients présentant une apparition insidieuse de douleurs au genou. L'élargissement focal de la physis résulte d'une perturbation de l'ossification endochondrale. Un œdème périphysaire et une discontinuité dans la zone de calcification provisoire sont également une indication d'une lésion physique.



[69] IRM du genou en coupes coronales, en DP (A) et DP FATSAT (B), chez un garçon de 14 ans, souffrant de douleurs médiales du genou, montrant un élargissement et une irrégularité de la physe fémorale distale médiale, avec un œdème dans la métaphyse fémorale adjacente, concordante avec une blessure chronique de la physe par stress répétitif.

3. Arthrite juvénile idiopathique : [69, 71]

Ou arthrite juvénile rhumatoïde ou arthrite juvénile chronique. C'est la maladie arthritique chronique de l'enfance la plus courante. Il s'agit d'une inflammation synoviale de cause inconnue, avec des symptômes articulaires évoluant sur plus de 6 semaines, chez des enfants de moins de 16 ans. Les différentes formes sont oligoarticulaire, polyarticulaire, systémique (maladie de Still), arthrite avec enthésite, et rhumatisme psoriasique. Cliniquement, on retrouve le plus souvent une tuméfaction du genou, chaude, mais non douloureuse. Une proportion de patients ont un facteur rhumatoïde sérique.

En imagerie, les principales caractéristiques du diagnostic sont :

- La clé du diagnostic est l'atteinte synoviale : épanchement articulaire avec épaissement et rehaussement synovial chez un patient présentant des symptômes évocateurs d'AJI.
- Localisation : très variable, avec atteinte des grosses et petites (mains et pieds).

En radiographie standard :

- A un stade précoce à intermédiaire : gonflement péri articulaire, distension des capsules articulaires (par épanchement et/ou pannus synovial épaissi), déminéralisation osseuse diffuse, plus marquée en péri articulaire.
- Tardivement : érosions osseuses, pincement articulaire avec ankylose progressives, troubles de la croissance (raccourcissement, épiphysiodèse prématurée, épiphyses hypertrophiées

(condyle +++), asymétrie de longueur des membres), marge inférieure carrée de la rotule, échancrure intercondylienne élargie.

L'échographie permet de détecter de façon précoce l'épanchement articulaire et l'épaississement synovial. Il s'agit d'un outil incontournable en pédiatrie pour le diagnostic et le suivi (intérêt particulier du doppler pour le suivi sous traitement+++).

Dans l'AJI, l'IRM est utilisée pour déterminer l'activité (synovite et œdème médullaire) et l'étendue de la maladie, en plus de la réponse au traitement. Les éléments en faveur de cette atteinte sont :

- L'épanchement articulaire, épaississement synovial, parfois nodulaire, rehaussé après contraste
- La formation de pannus en signal intermédiaire à hyperintense en T2, rehaussés après contraste (en dehors de pannus nécrotique)
- Grains de riz hypointenses : fragments détachés de synoviale nécrotique.
- Œdème médullaire osseux
- L'inflammation du coussinet adipeux de Hoffa
- Après évolution, des modifications des os et cartilage peuvent être observées : pincement articulaire, érosions osseuses (hypoT1, hyperT2, rehaussement marqué si lésions actives)
- L'hypertrophie synoviale peut provoquer une atrophie des ligaments croisés et des ménisques
- Les kystes poplités
- Les lymphadénopathies poplitées
- Enthésite
- Bursite

4. Arthropathie hémophilique

Il s'agit d'une maladie articulaire permanente survenant chez les personnes atteintes d'hémophilie, comme conséquence à long terme d'hémarthroses répétées.

En radiographie :

- Opacité et tuméfaction des parties molles en rapport avec l'hémarthrose à ce niveau
- Raréfaction osseuse péri articulaire, puis érosions débutant typiquement aux zones de réflexion de la synoviale
- L'hyperémie réactionnelle entraîne une surcroissance des épiphyses, une diaphyse grêle, et une fusion prématurée de la physe : raccourcissement du membre.
- Synovite inflammatoire → destruction du cartilage (pincement articulaire diffus)
- Irrégularité de la lame osseuse sous chondrale (érosions et géodes)
- Elargissement de l'échancrure inter condylienne
- Aspect carré du bord inférieur de la rotule
- Hypertrophie des condyles

En échographie, en plus de l'épanchement intra articulaire échogène, un épaississement et hyperhémie synoviale sont à rechercher, ainsi qu'un cartilage flou, aminci et irrégulier.

L'IRM est l'examen le plus sensible :

- Epanchement d'aspect hétérogène (produits sanguins d'âges différents)
- Hypertrophie synoviale avec dépôts d'hémosidérine et rehaussement après contraste
- Erosions osseuses fémoro-tibiales sous chondrales et au niveau des zones de réflexion de la synoviale
- Erosions cartilagineuses, pincement de l'interligne articulaire
- Ankylose

5. Ostéochondroses de croissance

a) Maladie de Sinding-Larsen-Johansson :

Il s'agit d'une ostéochondrose du pôle inférieur de la patella, affectant elle aussi la partie proximale du tendon rotulien. Elle est secondaire à la traction de la jonction ostéotendineuse immature, secondaire à des microtraumatismes répétés en traction, responsables de lésions de l'enthèse proximale du tendon patellaire, à l'origine de fractures avulsions de la pointe de la patella. Certains auteurs classent cette pathologie comme version pédiatrique du genou sauteur (10-14 ans). Cette pathologie peut également coexister avec la maladie d'Osgood-Schlatter (même physiopathologie).

Il ne faut pas confondre cette affection avec la fracture avulsion de la pointe de la rotule, par arrachement aigu dans la même tranche d'âge.

En radiographie, hormis l'épaississement du tendon, on pourra retrouver des calcifications dystrophiques au niveau du tendon, une excroissance osseuse caractéristique et parfois une fragmentation osseuse de la pointe distale de la patella.

L'échographie et l'IRM ne sont habituellement pas nécessaires au diagnostic.

En échographie, on recherchera l'épaississement mais aussi l'aspect hétérogène de la partie proximale du tendon rotulien, prenant l'encodage doppler de façon importante, des régions focales hypoéchogènes, représentant de petites déchirures, ainsi qu'une fragmentation de la pointe de la patella, et parfois une bursite.

En IRM, on retrouvera un hypersignal T2/STIR au niveau de l'insertion proximale du tendon mais aussi au niveau du pôle inférieur de la rotule et de la graisse adjacente.



[46] Maladie de Sinding-Larsen-Johansson. Radiographie du genou de profil, montrant un aspect irrégulier et fragmenté de la pointe distale de la patella, avec une tuméfaction des tissus mous (flèche).



[5] Enthésopathie proximale du ligament patellaire. Radiographie du genou de profil : séquelles apophysaires de la maladie de Sinding-Larsen-Johansson. Irrégularités de la pointe de la patella (flèche) associé à un épaissement du tendon (tête de flèche).

b) Maladie d'Osgood-Schlatter (MOS) :

Il s'agit d'une apophysite au site d'insertion du ligament patellaire sur la TTA (ou épiphysite ou enthésopathie de croissance), due à des microtraumatismes répétitifs, touchant généralement les garçons âgés de 10 à 15 ans, pratiquant des activités d'extension brutale (football, saut). Elle peut toucher également la fille, avec un âge d'apparition légèrement plus précoce (8-12 ans). Elle peut être bilatérale chez 25-50% des cas.

Sur le plan clinique, il s'agira d'une douleur antérieure du genou, mal définie, à début progressif, irradiant souvent vers la région infra patellaire. On aura également un gonflement en regard de la TTA, des douleurs lors de l'extension contrariée du genou, aggravée avec l'activité.

En radiographie :

- Le noyau d'ossification peut être visible au sein de la TTA cartilagineuse chez les filles entre 8 et 12 ans et les garçons 9 et 14 ans. Plusieurs noyaux sont parfois décelés mais ne doivent pas être interprétés comme une fragmentation anormale en l'absence de tuméfaction clinique et/ou radiologique des tissus mous. Le noyau épiphysaire fusionne avec l'épiphyse tibiale, puis avec la métaphyse vers 15 ans chez la fille et 17 ans chez le garçon.
- La MOS se traduit au début par un gonflement des tissus mous en regard de la TTA (indispensable au diagnostic), une perte des bords tranchants et aspect flou de la partie basse du tendon rotulien, et une opacification de la graisse de Hoffa.
- Si la TTA est entièrement cartilagineuse, les anomalies radiographiques apparaissent 3 à 4 semaines après le début de la symptomatologie clinique, sous forme d'une ou de multiples ossifications en regard de la TTA (ossification du ou des fragments avulsés). Quand le noyau d'ossification devient radio-opaque, il peut apparaître fissuré, fragmenté, ou avulsé avec parfois des irrégularités de la surface tibiale en regard.
- A distance de l'épisode aigu, la tuméfaction des tissus mous diminue. Les fragments avulsés continuent leur croissance par ossification enchondrale. Ils peuvent rester isolés, fusionner entre eux ou avec la TTA. L'aspect radiographique peut cependant redevenir normal.

L'échographie et l'IRM ne sont pas nécessaire, sauf en cas de doute sur une affection associée, notamment une bursite.

En échographie, on trouvera une tuméfaction hypoéchogène du cartilage de la TTA, une fragmentation et irrégularité osseuse, ainsi qu'un épaissement hypoéchogène et hypervasculaire de l'enthèse du tendon patellaire. On trouvera également une bursite infra patellaire.

L'IRM est plus sensible et spécifique, et cherchera :

- Les premiers signes : hyposignal T1 et hypersignal T2 du noyau d'ossification secondaire de la TTA, avec parfois des anomalies de signal du tibia en regard.
- A un stade ultérieur, on observe une fragmentation du noyau apophysaire avec ascension du ou des fragments, un épaissement et des anomalies de signal de la partie distale du tendon patellaire et des tissus mous adjacents, et une bursite infra patellaire superficielle et profonde.

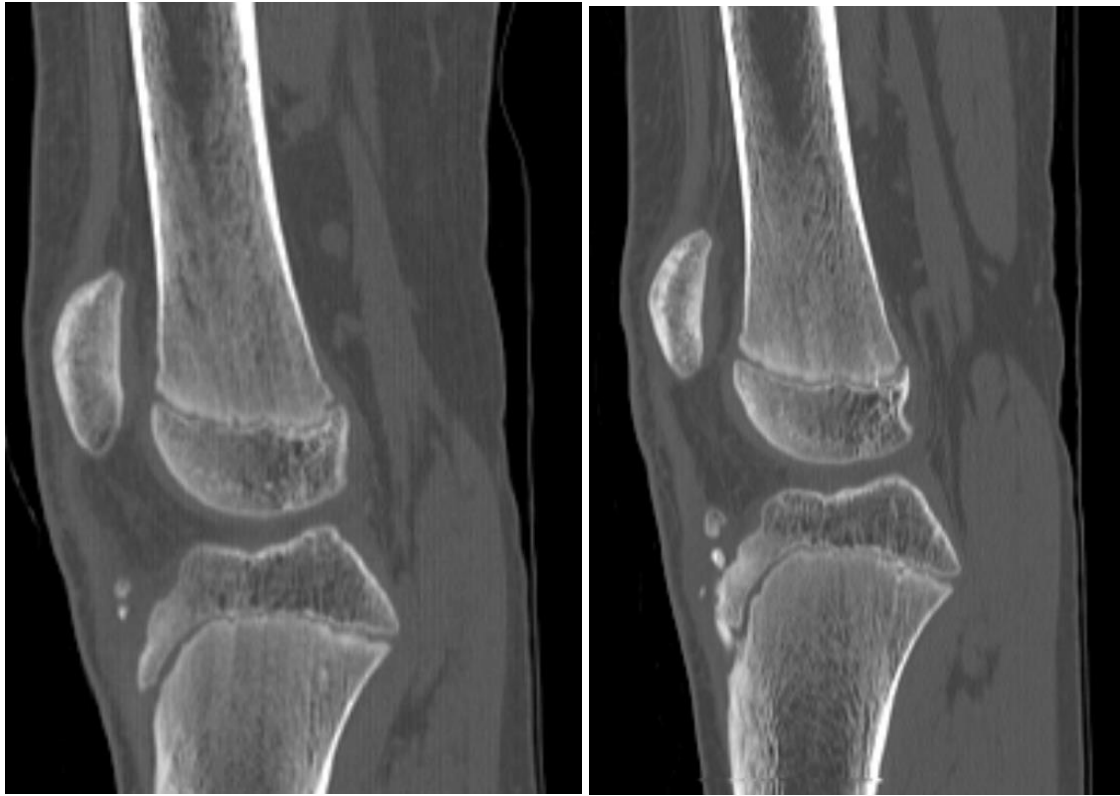
L'arrêt précoce du sport et le traitement conservateur permettent une guérison en 3 à 4 semaines chez la majorité des patients. En cas de poursuite de l'activité, 2 types de séquelles sont possibles :

- Une volumineuse ossification parfois inesthétique dans la partie basse du tendon patellaire, à l'origine de tendinopathies chroniques et de bursites
- Une patella alta secondaire à l'allongement du tendon patellaire, avec comme conséquence une chondromalacie fémoropatellaire évoluant vers une arthrose.

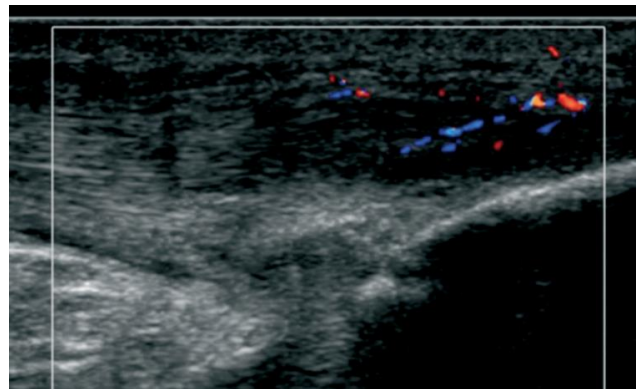
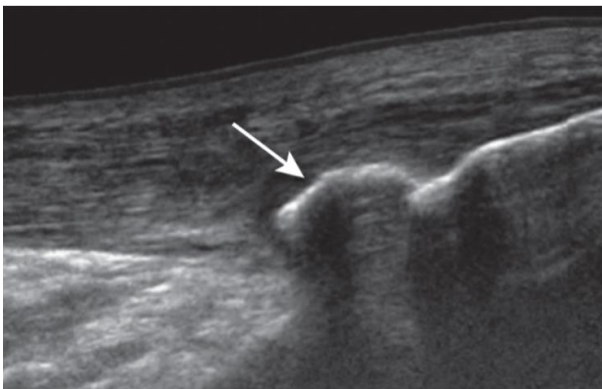


[46] Enfant de 15 ans, présentant une maladie d'Osgood-Schlatter. Radiographie du genou de profil, montrant la fragmentation du noyau apophysaire, avec tuméfaction des tissus mous (flèche).

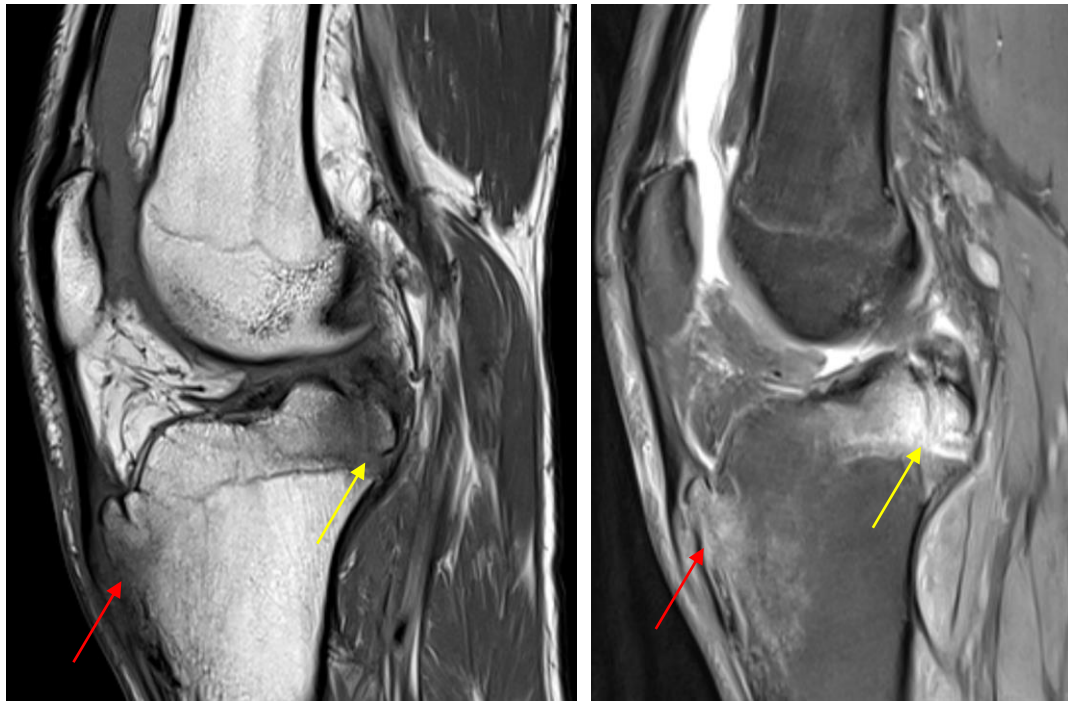




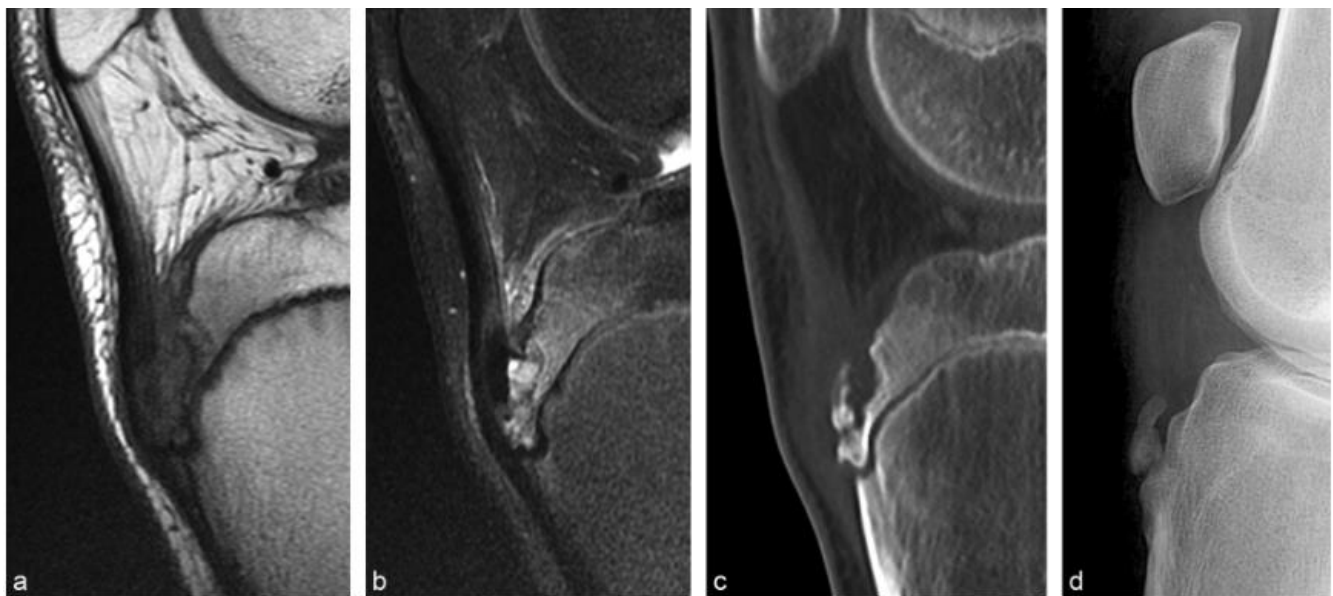
Patient de 15 ans, antécédent de traumatisme du genou. Douleur en regard de la TTA. Radiographie et scanner en reconstructions osseuses en coupes sagittales des deux genoux, objectivant des calcifications du tendon rotulien avec aspect fragmenté de la TTA en bilatéral.



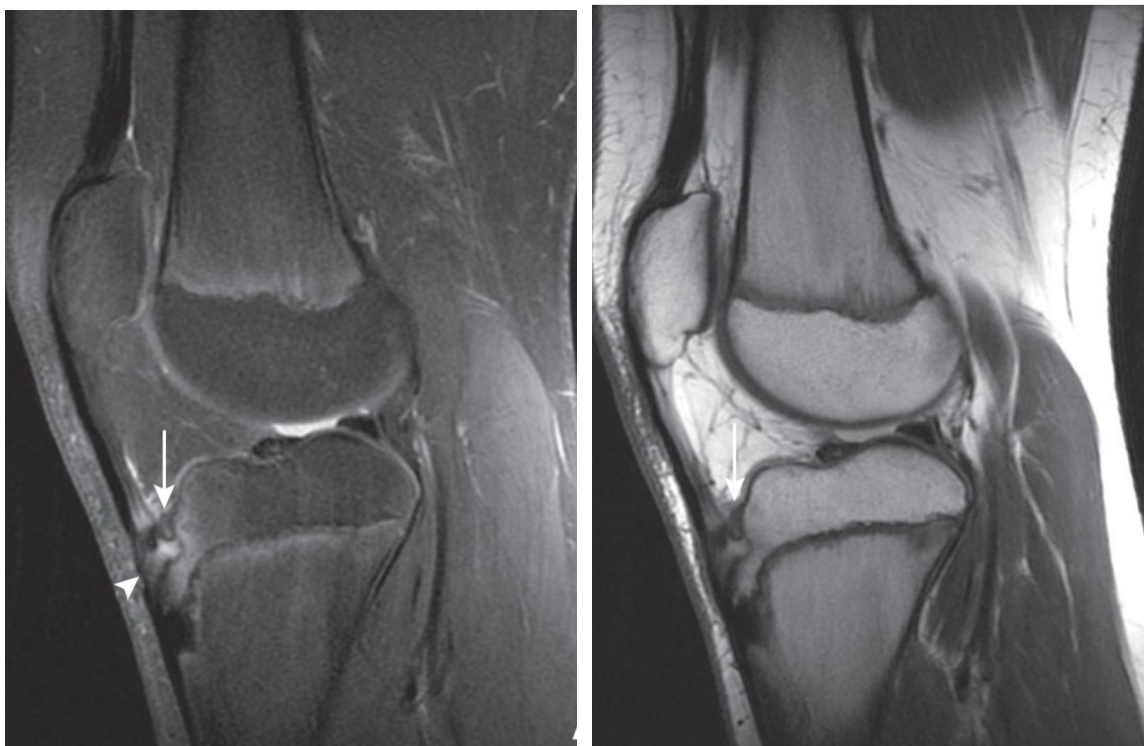
[46] Maladie d'Osgood-Schlatter. Echographie de la région antérieure du genou en mode B (A) et en mode doppler couleur (B) : Epaissement de l'insertion distale du ligament patellaire, avec hypervascularisation du doppler couleur, et fragmentation de la TTA (flèche).



IRM du genou en coupes sagittales, en T1 (A) et DP FATSAT (B), montrant une fracture avulsion de la TTA (flèche rouge), qui est le siège d'un œdème osseux, décrit en hyposignal T1 et hypersignal DP, au niveau de l'insertion distale du tendon patellaire, en rapport avec une maladie d'Osgood-Schlatter. Il s'y associe une fracture du plateau tibial postérieur (flèche jaune)



[50] Maladie d'Osgood-Schlatter. Œdème de la TTA en hyposignal T1 (a) et hypersignal T2 (b), et des tissus mous adjacents, témoignant du caractère actif de la maladie. Le scanner (c) montre la fragmentation osseuse de la TTA (c). Ossification de la partie basse du tendon patellaire et patella alta séquellaire (d).



[46] IRM du genou en coupes sagittales pondérées en DP, avec (A) et sans (B) saturation du signal de la graisse, montrant un hypersignal de type oedémateux de la TTA et de l'insertion distale du tendon patellaire, ainsi que des tissus mous avoisinants (tête de flèche). Aspect fragment de la TTA (flèche).

c) Ostéochondrite disséquante : Voir chapitre « pathologie ischémique »

d) Tibia vara : [36, 70]

Ou maladie de Blount, ou ostéochondrose déformante du tibia.

Pathologie peu fréquente, elle est due par un excès de contraintes mécaniques sur le versant postéro médial du cartilage de croissance (notamment marche précoce, hyperlaxité et excès pondéral). Il en résulterait un défaut de perfusion, puis une perturbation locale de la croissance de la face médiale de la métaphyse et/ou épiphyse tibiale proximale, avec une déformation progressive du tibia en varus. Cliniquement, il s'y associerait d'une boiterie et d'un raccourcissement du membre inférieur.

Il existe 2 principales formes :

- Infantile ou précoce (< 3 ans): Cette forme est 5 fois plus fréquente que la forme juvénile, mais surtout plus sévère, avec principal facteur favorisant la marche précoce. Cette forme est bilatérale, asymétrique, et indolore.
- Tardive (juvénile : 4-10 ans et de pré-pubertaire : plus de 11 ans) : Cette forme survient surtout chez les enfants obèses, et constitue une forme moins sévère et lentement progressive, mais douloureuse. Elle est souvent unilatérale et post traumatique.

L'analyse radiographique doit apprécier le degré de varus, ainsi que l'évolutivité lésionnelle de la maladie. A cet effet, il semble indispensable de réaliser un grand cliché des membres inférieurs de

face en charge, en prenant garde de bien maintenir les rotules au zénith, ainsi que des radiographies de face et profil centrées sur les genoux afin de décrire au mieux le stade de la maladie.

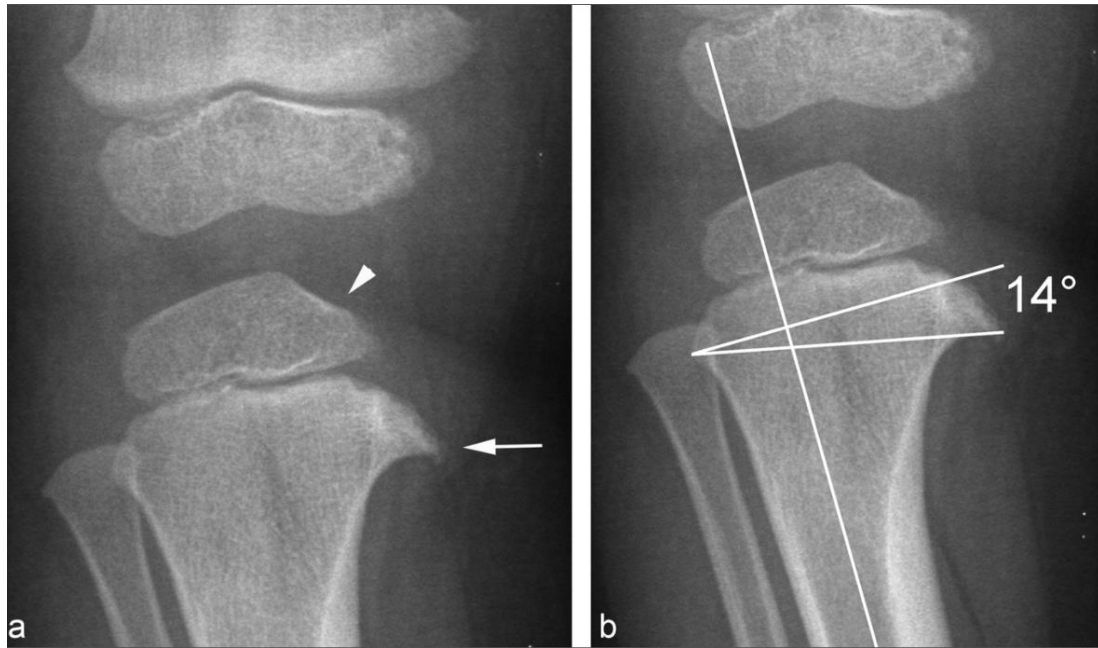
- Au tout début, on trouvera un affaissement du versant interne de la métaphyse tibiale. Celle-ci présentera par la suite une saillie (éperon osseux ou déformation en bec). Cette anomalie est retrouvée seulement dans la forme infantile. Elle peut également présenter une irrégularité ou fragmentation. La corticale latérale de la métaphyse tibiale supérieure reste normalement droite.
- Angulation en varus évolutive de la partie proximale du tibia : angle métaphyso-diaphysaire proximal du tibia (entre la ligne tangente au bord supérieur de la métaphyse proximale et la ligne perpendiculaire à l'axe de la diaphyse tibiale) supérieur à 11°. Les enfants présentant un angle entre 8 et 11° nécessitent un suivi radiographique. C'est surtout le caractère évolutif du tibia vara, notamment entre 3 et 4 ans qui permet un diagnostic de certitude.
- Parfois saillie latérale de la tête de la fibula.
- La diaphyse tibiale est en varus
- Retard d'ossification de l'épiphyse tibiale médial
- Irrégularité et diminution de la hauteur de la partie médiale du cartilage de croissance tibiale, et élargissement de sa partie latérale
- Typiquement, l'extrémité distale du fémur est normale. On pourra rencontrer parfois une hypertrophie compensatrice du condyle fémoral interne.

L'IRM n'est pas systématique, et peut être réalisée dans le cadre du bilan pré opératoire. On y trouvera :

- Une déformation en varus du tibia
- Un œdème épiphysaire et/ou métaphysaire tibial interne
- Des anomalies du cartilage de croissance tibial proximal médial (irrégularités, pincement, inclusions profondes au sein de la métaphyse, ponts osseux épiphysométaphysaires, anomalie de la vascularisation)
- Anomalies de la partie latérale du cartilage de croissance tibial : irrégularités, élargissement.
- Hypertrophie compensatrice du ménisque interne, remaniements dégénératifs souvent fissuraires, notamment au niveau de la corne postérieure.
- Des lésions ostéochondrales du condyle fémoral médial, par traumatisme direct avec la partie postéro-médiale basculée du tibia.

Les principaux diagnostics différentiels sont :

- Le genu varum physiologique du nourrisson : bilatéral et symétrique, il se corrige vers 18-24 mois. L'angle métaphyso-diaphysaire tibial est inférieur à 11°.
- La dysplasie fibrocartilagineuse : varus tibial unilatéral vers 1 an, spontanément résolutif en 1-4 ans, avec défaut cortical du bord médial de la métaphyse tibiale proximale, associé à un épaississement de la corticale adjacente, sans atteinte des parties molles.
- Rachitisme
- Epiphysiodèse post traumatique.



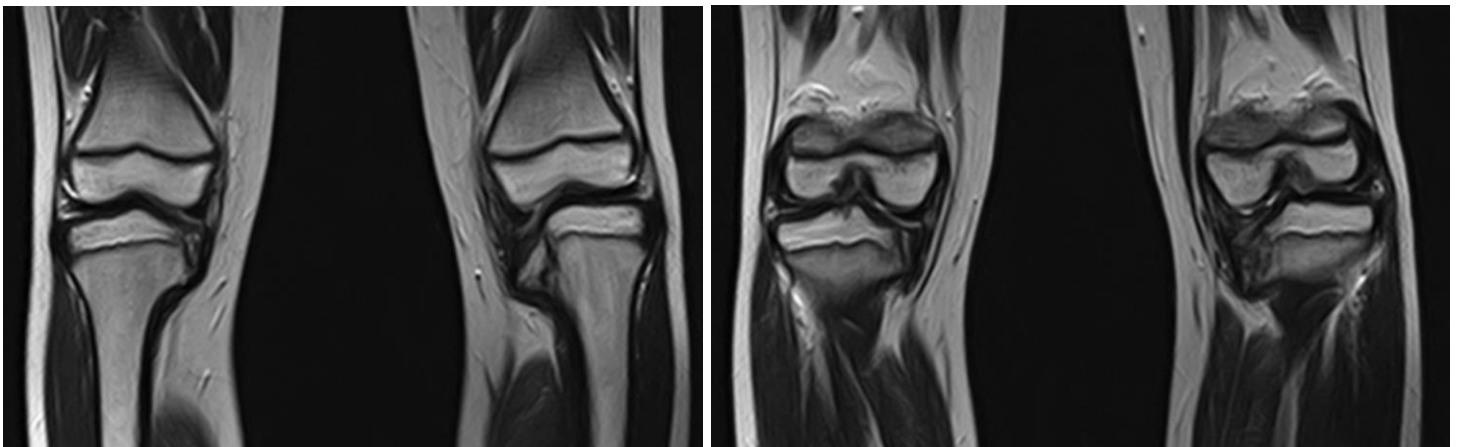
[36] a. Méplat de la partie médiale du noyau épiphysaire tibial proximal (tête de flèche), aspect irrégulier du bord médial de la métaphyse tibiale proximale et éperon osseux (flèche). b. Angle métaphyso-diaphysaire proximal du tibia de 14° (supérieur à 11°)



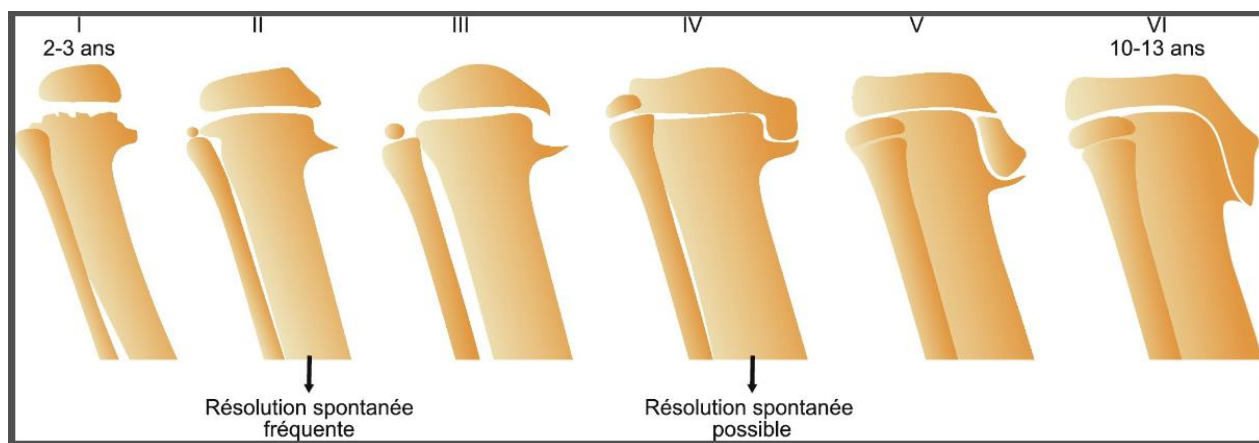
[36] Dépression de l'épiphyse tibiale médiale, déformation en bec de la partie médiale de la métaphyse, sclérose osseuse de part et d'autre et hypertrophie compensatrice modérée du condyle fémoral médial.



[36] Maladie de Blount infantile : évolution vers un tibia vara sévère.



[36] IRM du genou, en coupe coronale, montrant un tibia vara en bilatéral (angle métaphyso-diaphysaire de Drennan mesuré à 21° à droite et 30° à gauche), un aplatissement avec diminution de l'épaisseur des épiphyses tibiales médiales avec un aspect en bec des métaphyses tibiales médiales, plus prononcé à gauche, et une hypertrophie compensatrice des condyles fémoraux médiaux.



[36] Maladie de Blount : classification radiographique de Langenskiöld.

Stade I : déformation « en bec » de la métaphyse médiale tibiale proximale.

Stade II : discret méplat de la partie médiale du noyau épiphysaire tibial proximal avec perte de substance de la surface proximale du bec métaphysaire en raison de sa fragmentation et de son collapsus.

Stade III : décroché débutant du bord inféromédial de l'épiphyse tibiale mais ne croisant pas la tangente à la partie la plus caudale du cartilage de croissance ; dépression de la métaphyse.

Stade IV : bascule de l'épiphyse médiale qui croise la tangente à la partie la plus caudale du cartilage de croissance.

Stade V : séparation de l'épiphyse tibiale médiale qui apparaît enfoncée au sein de la métaphyse proximale.

Stade VI : fermeture complète du versant médial du cartilage de croissance par un pont osseux.

6. Malformations vasculaires : [69]

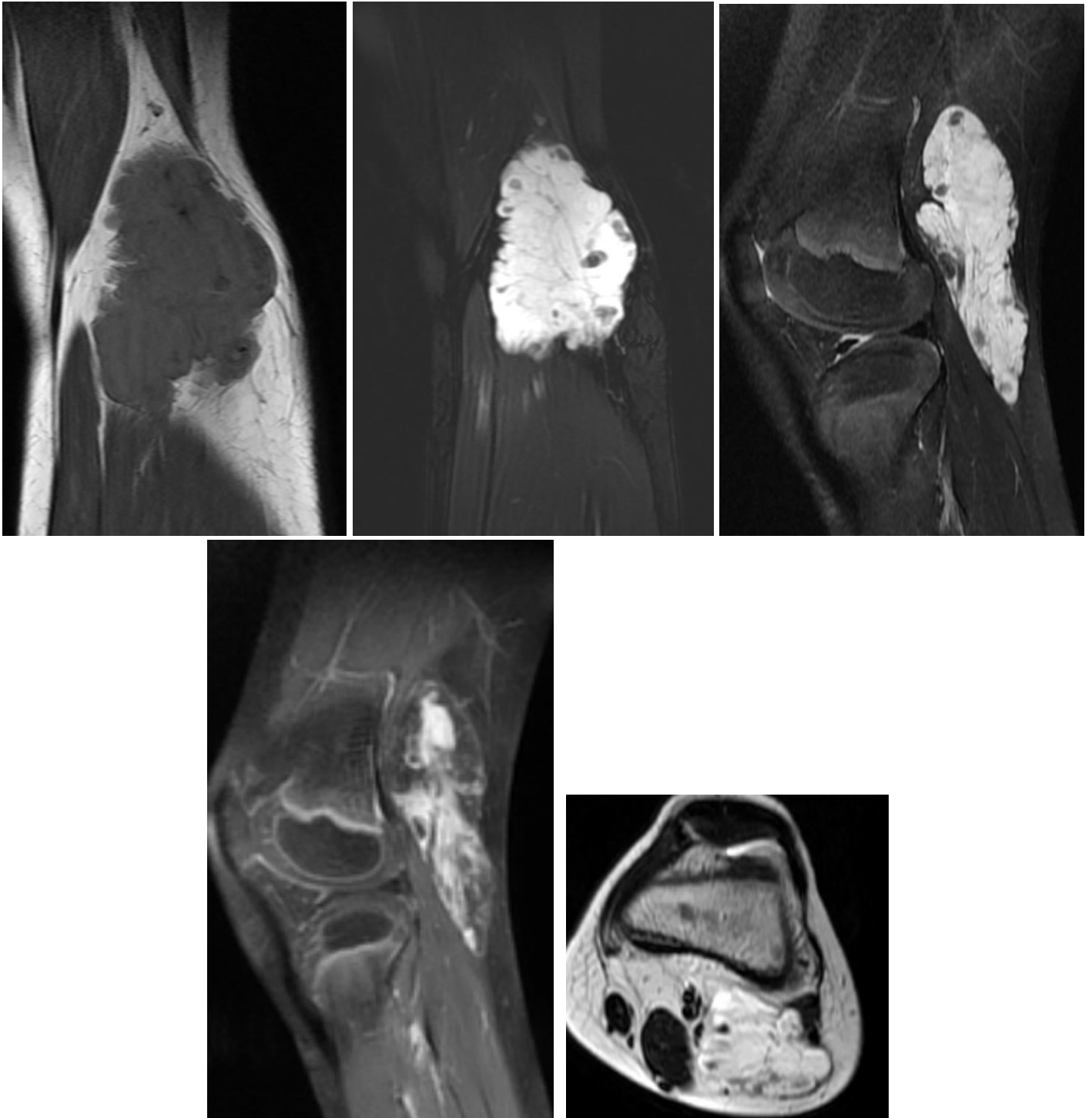
Les malformations vasculaires (MV) peuvent concerner les os, la synoviale ou les tissus mous extra-articulaires. Ces malformations sont présentes dès la naissance et grandissent avec l'enfant.

Les lésions intra-articulaires peuvent être veineuses, veino-lymphatiques, lymphatiques (ML) ou artérioveineuses (MAV). Ces lésions rares se manifestent par des douleurs et un gonflement récurrent et sont plus fréquentes au niveau du genou. Il peut y avoir ou non une prolifération excessive des structures osseuses et des tissus mous, selon le degré d'atteinte des membres.

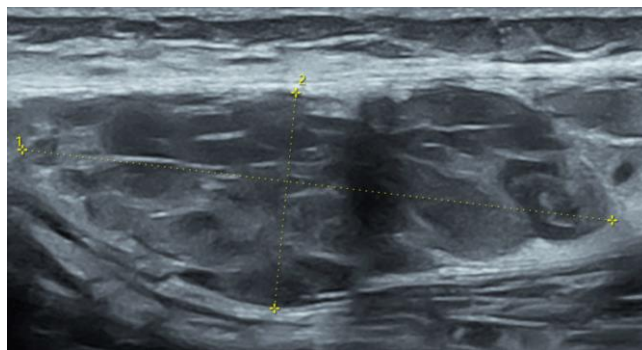
Les MV sont généralement iso à hypointenses par rapport au muscle en T1 et hyperintenses en T2. Des phlébolithes peuvent être observés en raison de la coagulation intra lésionnelle. Ils se rehaussent de façon homogène. Elles sont plus fréquentes au niveau du genou, et se manifestent par une hémarthrose récurrente.

Les ML macrokystiques et veinolymphatiques sont bien circonscrites tandis que les ML microkystiques et les MAV sont plus infiltrantes. Les ML se rehaussent de façon périphérique.

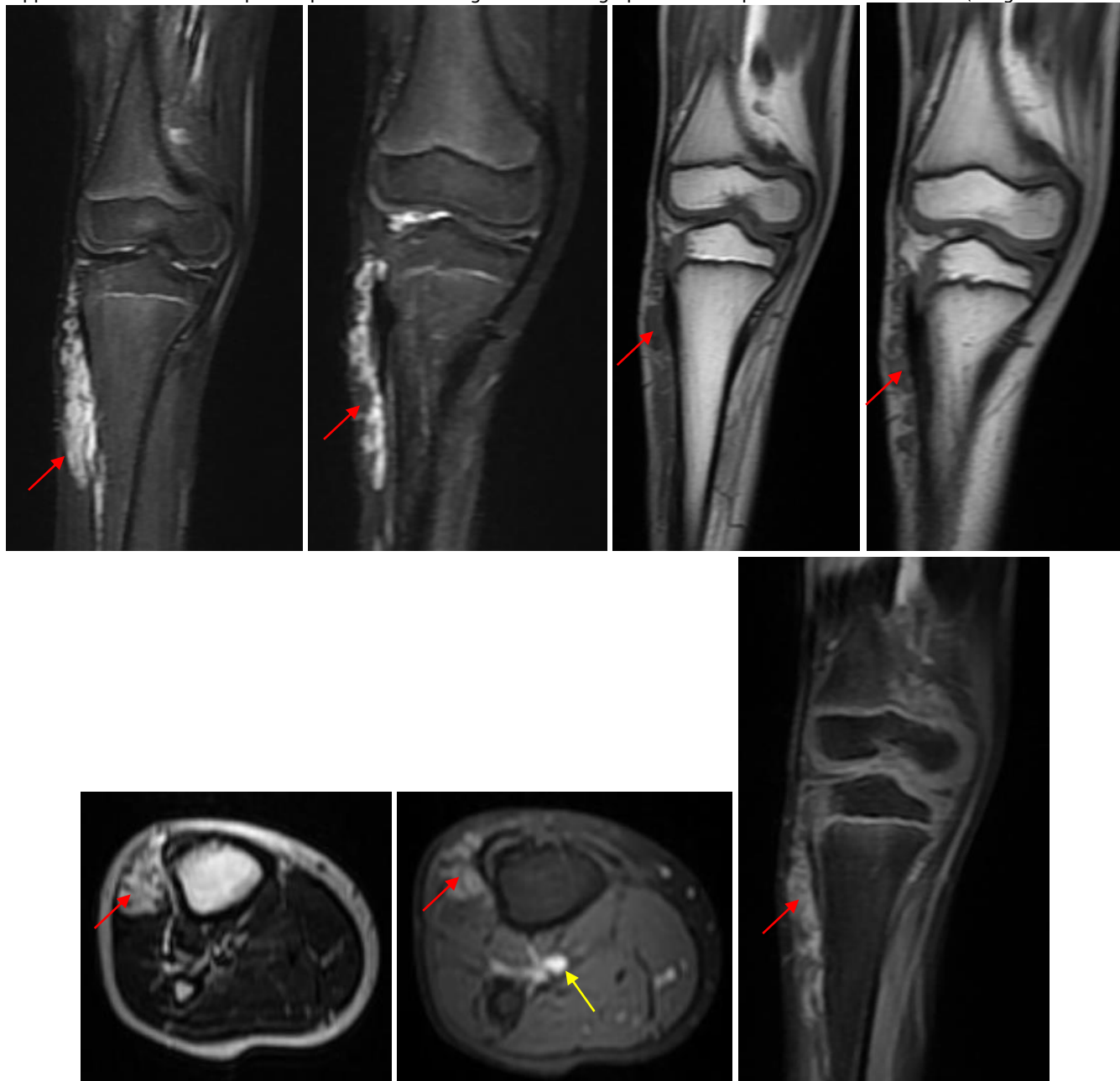
Des veines drainantes élargies peuvent être observées avec des MV et veinolymphatiques. Les MAV peuvent contenir de nombreux vides de flux.



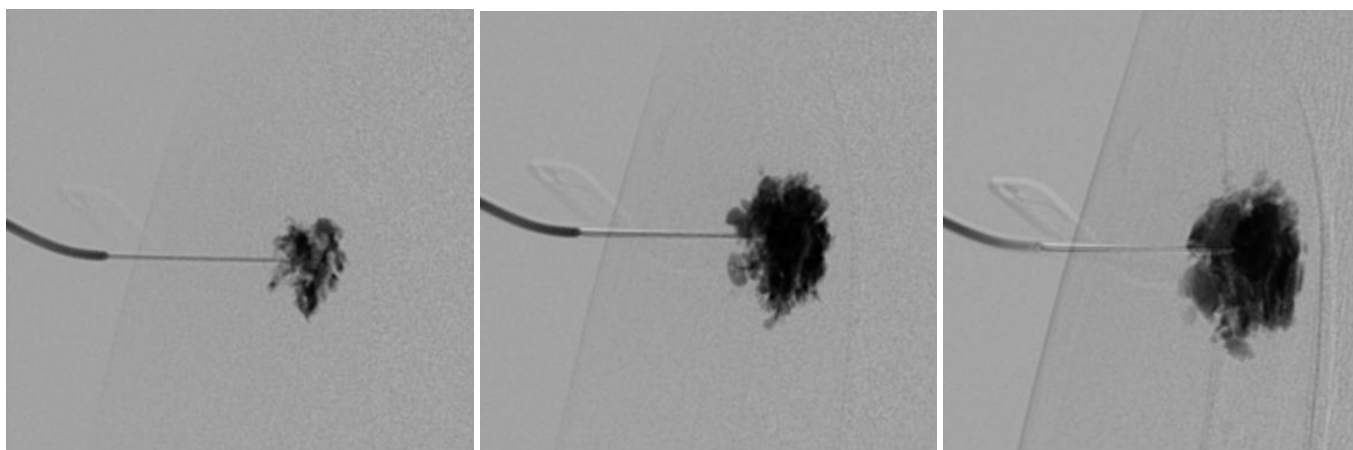
Patient de 7 ans. Admis pour tuméfaction du creux poplité gauche, datant depuis 1 an. IRM du genou avec coupes coronales en séquence T1 (A), RHO FATSAT (B), sagittale RHO FATSAT (C), T1 injectée en coupe sagittale (D), et axiale T2 (E). Individualisation d'une formation oblongue du creux poplité, de contours lobulés, décrite en iso signal T1, hypersignal T2, contenant des zones en hyposignal (phlébolithes), faisant évoquer en premier une malformation vasculaire type veineux.



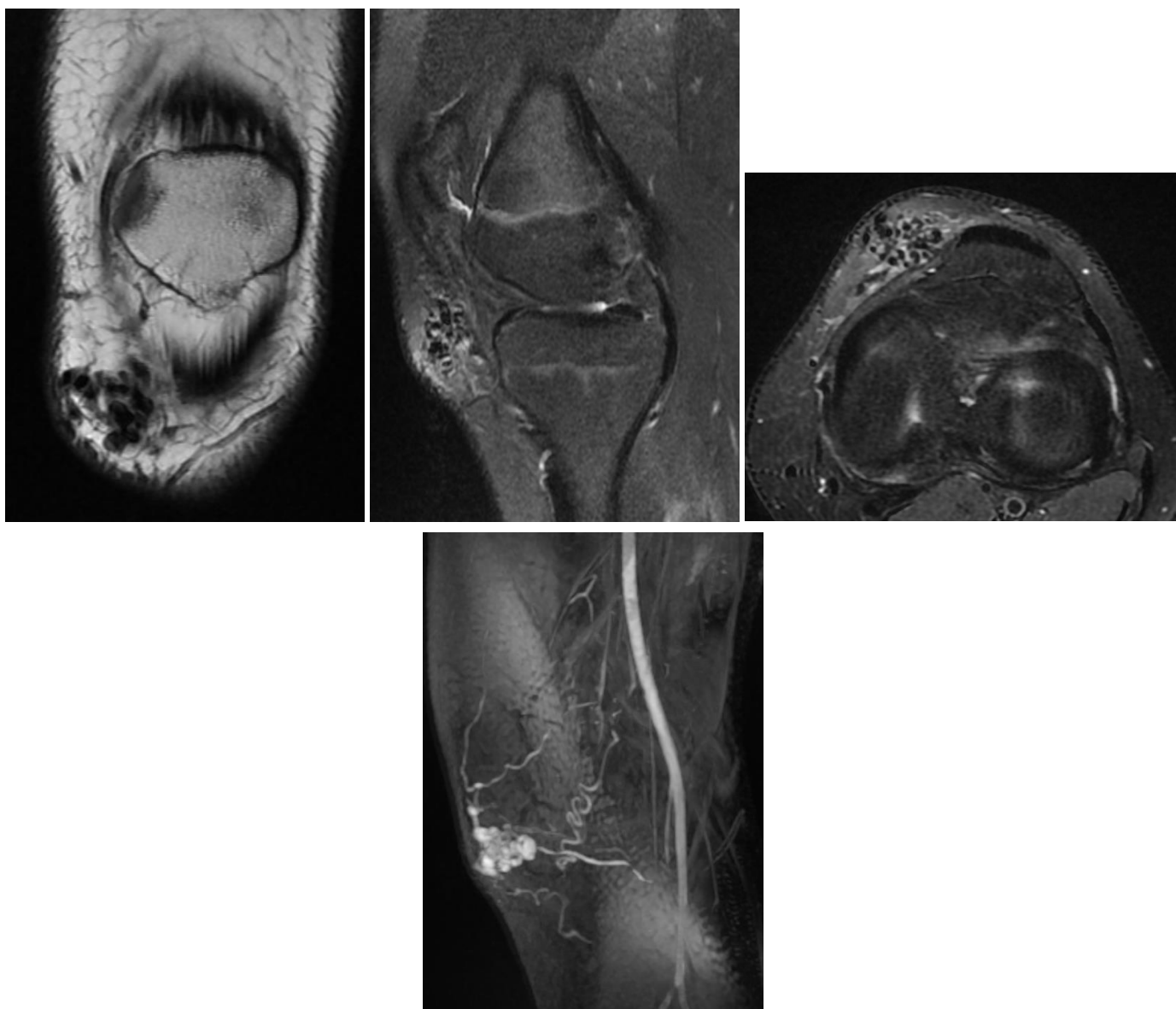
Enfant de 8 ans, admis pour PEC d'une tuméfaction du genou, évoluant depuis 2 ans. Une échographie a été réalisée : présence d'une formation lésionnelle bien limitée, hypoéchogène, hétérogène, au niveau de la face antéro-latérale du genou droit, peu vascularisée au doppler couleur faisant évoquer en premier un hémangiome en échographie. Un complément IRM a été réalisé (images suivantes).



IRM du genou du même patient en coupes coronales, en séquence STIR (A, B), et T1 (C, D), axiales, en T2 (E), T1 injectée (F), et coronale T1 injectée (G). Présence de quelques structures serpigneuses (flèche rouge) au niveau du 1/3 supérieur de la jambe droite de siège antéro-externe qui sont décrits en hyposignal T1, hypersignal T2 et STIR, présentant un rehaussement vasculaire homogène, qui semble provenir de la veine poplitée (flèche jaune). Le diagnostic retenu était une malformation veineuse.



Une ponction échoguidée de la malformation veineuse a été réalisée, avec injection de PDCI, et contrôle scopique, qui a montré une fuite du produit vers la veine poplitée et de là vers la veine fémorale superficielle. Ce patient a bénéficié de 5 séances de sclérothérapie (Mélange Aetoxisclérol, PDCI, air).



IRM du genou en séquence T1 coronale (A), RHO FATSAT sagittale (B) et axiale (C), et injectée (D) objectivant des structures serpigneuses sous cutanées en regard du tendon rotulien, en asignal T1 et T2, se rehaussant sur les séquences dynamiques en rapport avec une malformation vasculaire. Une échographie a été réalisée, objectivant des structures serpigneuses artérialisées, à basse résistance, réalisant un nidus évoquant une MAV.



[71] MAV de la graisse de Hoffa. IRM du genou avec coupes sagittales en T1 (a), DP FATSAT (b), et axiale T1 FATSAT injectée (c), montrant une lésion à la partie supérieure et centrale du CAIP kystique, en hyposignal T1, hypersignal DP, avec mise en évidence d'une continuité vasculaire et d'un rehaussement.

XI. IMAGERIE POST OPERATOIRE :

La prise en charge chirurgicale des pathologies internes du genou a augmenté ces dernières années, parallèlement à l'amélioration des techniques de reconstruction et à la connaissance de l'impact sur la dégénérescence de l'ensemble de l'articulaire, des lésions ligamentaires, méniscales et cartilagineuses non traitées. L'imagerie postopératoire joue un rôle important dans l'évaluation des patients présentant des symptômes résiduels ou récurrents après l'intervention [75].

Il est bien évidemment primordial de savoir s'il y a un antécédent de chirurgie, afin d'adapter le protocole puis l'interprétation. Il est également nécessaire de connaître les procédures réalisées, leur aspect normal et la sémilogie IRM de leurs complications.

1. Plastie du ligament croisé antérieur

Le LCA est le ligament le plus couramment rompu dans le genou [75]. Sa reconstruction peut à long terme conduire à la restauration de la stabilité et à l'indolence. Cependant, des résultats insuffisants en termes de stabilité, de perte d'extension et de douleurs sont observés chez près de 25% des patients après sa reconstruction.

a. Types de plastie

Après débridement des restes du LCA rompu, des tunnels sont forés dans le fémur et le tibia, puis le greffon est fixé par des vis (généralement en titane ou résorbables), positionnées parallèlement au greffon dans les tunnels.

Les plasties du LCA sont actuellement réalisées par des autogreffes tendineuses [73]. Les structures ligamentaires et les greffons synthétique ont été abandonnés. Il existe deux grands types de plasties tendineuses intra articulaires : la plastie avec un greffon autologue de tendon patellaire (1/3 médian du tendon avec greffons osseux à chaque extrémité : technique de Kenneth-Jones) ou des tendons gracile et semi-tendineux (technique dite DIDT : droit interne – demi-tendineux : greffe purement tendineuse), qui sont pliés sur eux-mêmes pour former 4 brins.

Récemment sont apparues les techniques de plastie bi fasciculaire, dans le but de se rapprocher le plus de l'anatomie normale. Elles mettent en jeu 2 tunnels fémoraux, ou 2 tunnels tibiaux, et 2 greffons tendineux (DIDT où chaque tendon est plié sur lui-même pour former 2 faisceaux de deux brins chacun) [73].

	Kenneth-Jones	DIDT
Origine du greffon	Tendon patellaire	Tendons gracile et semi-tendineux
Constitution du greffon	Bande correspondant au 1/3 médian du tendon avec greffons osseux à chaque extrémité	Plusieurs bandes tendineuses entremêlées
Avantages	Très bonne fixation Absence de détente de la plastie	Absence d'anomalie au niveau du site donneur (régénération tendineuse) Cicatrisation excellente
Inconvénients	* Défect au 1/3 médian du tendon, visibles les premiers mois, pouvant persister au-delà * Tendinopathie patellaire au site du prélèvement, rupture du tendon patellaire * Récupération lente de l'extension * Rétraction cicatricielle responsable d'une patella baja * Hernie graisseuse à travers le défect * Instabilité patellaire	* La plastie peut se détendre de quelques mm * Risque de troubles sensitifs de la loge médiale de la cuisse * Faiblesse transitoire ou définitive des muscles ischio jambiers. * Augmentation du risque de frottement de la plastie avec le LCP et le toit de la fosse intercondylienne

Comparaison entre plastie de Kenneth-Jones et DIDT.

b. En imagerie

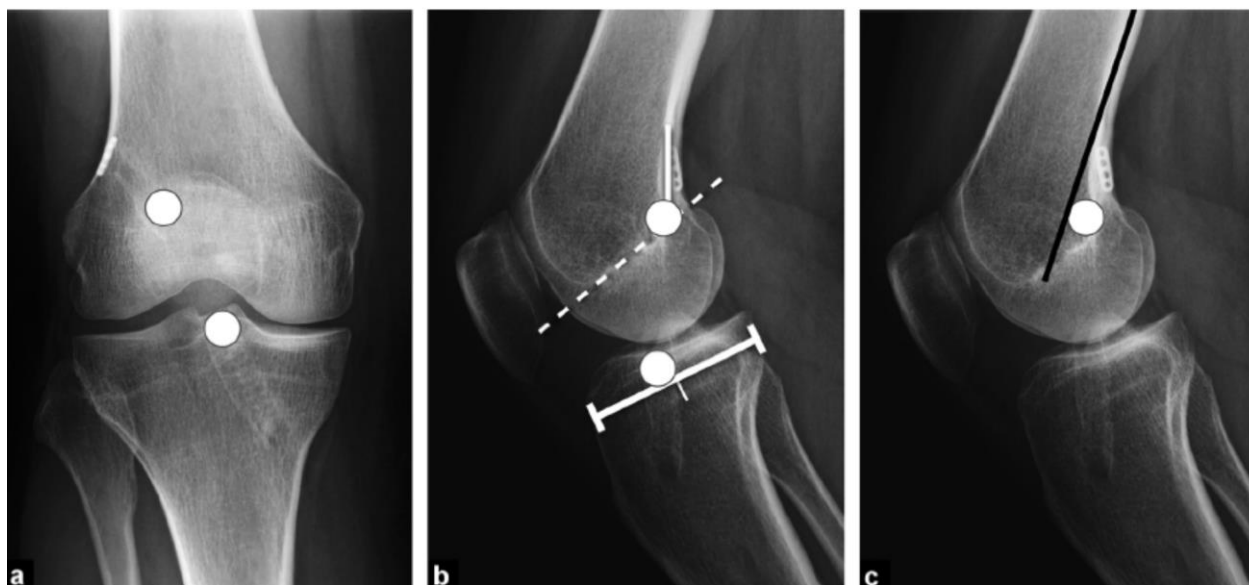
a) Radiographie / TDM

La radiographie permet de s'assurer du placement normal des tunnels. Celui-ci est primordial pour la survie de la plastie. Sur le profil / reconstructions sagittales :

- L'orifice du tunnel fémoral doit être situé juste en avant du croisement de la corticale postérieure, et du toit de l'échancrure intercondylienne (ligne de Blumensaat). Un tunnel fémoral mal positionné entraîne un défaut d'isométrie de la plastie.
- L'orifice du tunnel tibial doit être situé à la partie antérieure du 2^{ème} tiers (au versant antérieur du milieu de l'épiphyse tibiale). Un tunnel tibial trop antérieur entraîne un conflit avec le toit de l'échancrure.
- Mesure de la laxité antérieure
- Diamètre du tunnel ;
 - Il peut augmenter au cours des 2 premières années sans caractère pathologique
 - Jusqu'à 18-20 mm dans le plan sagittal pour le DIDT, pour un diamètre initial de 10-13 mm
 - A distinguer d'une réaction ostéolytique en rapport avec des mouvements anormaux du greffon au sein du tunnel ou une dégénérescence kystique du greffon



[75] Radiographie de face et de profil, montrant le positionnement normal des tunnels osseux fémoral et tibial.



[73] Radiographies du genou de face (a) et de profil (b, c), montrant l'emplacement normal des tunnels sur les radiographies standards. Les orifices des tunnels sont symbolisés par les ronds blancs. a : l'orifice du tunnel fémoral doit être situé à la partie supérolatérale de l'échancrure intercondylienne, et celui du tunnel tibial en projection de l'épine tibiale médiale. b : l'orifice du tunnel fémoral doit être situé au croisement de la ligne prolongeant la corticale postérieure du fémur et de la ligne du toit de l'échancrure intercondylienne, aussi appelée ligne de Blumensaat (ligne en pointillés blanche). Le bord postérieur de l'orifice du tunnel tibial doit correspondre au milieu d'un segment de droite représentant l'épiphyse tibiale. Le transplant, dont on peut déduire la position à partir des deux orifices, doit être positionné en arrière de la ligne de Blumensaat pour éviter un conflit antérieur. Réaliser le cliché de profil en extension maximale est plus pertinent pour apprécier la position du transplant de profil ; c : un autre repère intéressant est que l'orifice du tunnel fémoral doit être situé en arrière de la ligne prolongeant la corticale postérieure de la diaphyse fémorale (ligne noire).



TDM du genou, en coupe sagittale, montrant un tunnel tibial mal positionné, trop postérieur.

b) IRM

1. *Protocole :*

L'IRM est l'examen de choix en post opératoire chez les patients symptomatiques. Les séquences DP avec FATSAT sont habituellement interprétables. Les séquences T2 ou DP sans FATSAT sont intéressantes car elles sont moins sensibles aux artéfacts métalliques, et apportent une meilleure définition morphologique de la plastie et des structures osseuses. Pour visualiser l'œdème osseux ou des tissus mous, les séquences STIR ou T2 Dixon sont moins artéfactées que les séquences FATSAT. Ainsi, le protocole standard serait :

- DP FATSAT dans les 3 plans
- Sagittale T1 ou DP
- +/- axiale DP dans l'axe du LCA.

2. *Principaux paramètres à analyser en IRM après plastie du LCA :*

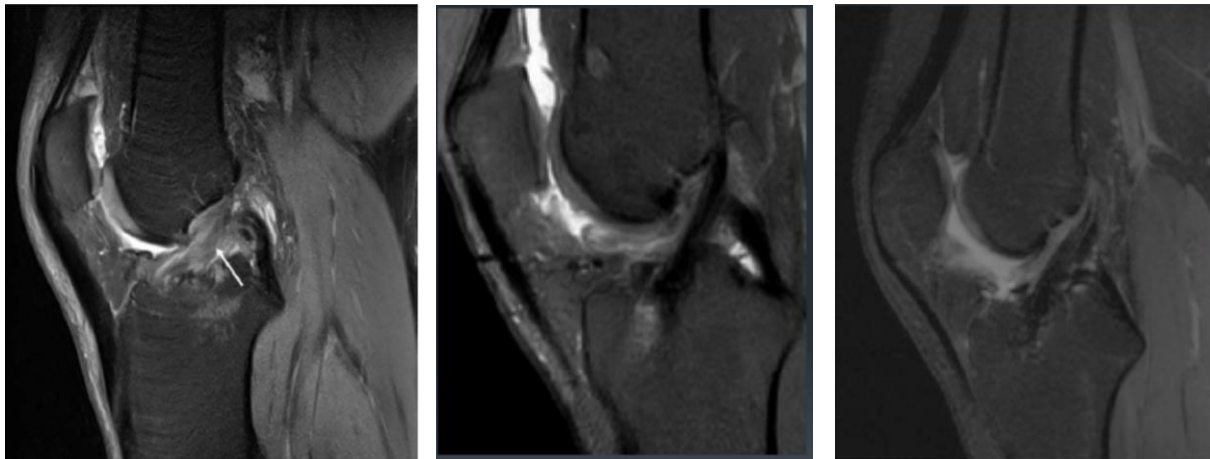
- La position des tunnels : mêmes critères que sur la radiographie standard.
- Le signal du greffon
- La fixation du greffon
- La recherche de complications postopératoires
- Le contrôle des statuts ostéocartilagineux et méniscal
- Les lésions associées

3. *Aspect normal de la plastie :*

L'aspect du greffon va se modifier au cours des premières années :

- Les deux premiers mois, la plastie est avasculaire, en hyposignal sur toutes les séquences (similaire au signal tendineux classique).

- Entre deux mois et 1 an et demi à 2 ans : une néovascularisation avec se mettre en place, avec production de collagène, et synovialisation périphérique, conduisant à une « ligamentisation » du greffon. Cette ligamentisation entraîne un hypersignal T1 et T2 non liquidien de la plastie.
- Après 1 an et demi – 2 ans : la plastie redevient globalement en hyposignal T1 et T2, proche du LCA natif (processus de maturation). A noter :
 - o Le phénomène de ligamentisation peut persister jusqu'à 4 ans après la chirurgie, sans caractère pathologique
 - o Des zones de signal intermédiaire sont possibles, non pathologiques, et concerneraient même 2/3 des plasties de plus de 4 ans.
- On constate également un épaissement progressif de la plastie qui va se stabiliser après 2 ou 3 ans. Les greffons osseux quant à eux, vont progressivement s'intégrer à l'os tibial ou fémoral.
- En cas de DIDT, un hypersignal linéaire liquidien ou non est possible, correspondant à une faible quantité de liquide entre les brins de la plastie.



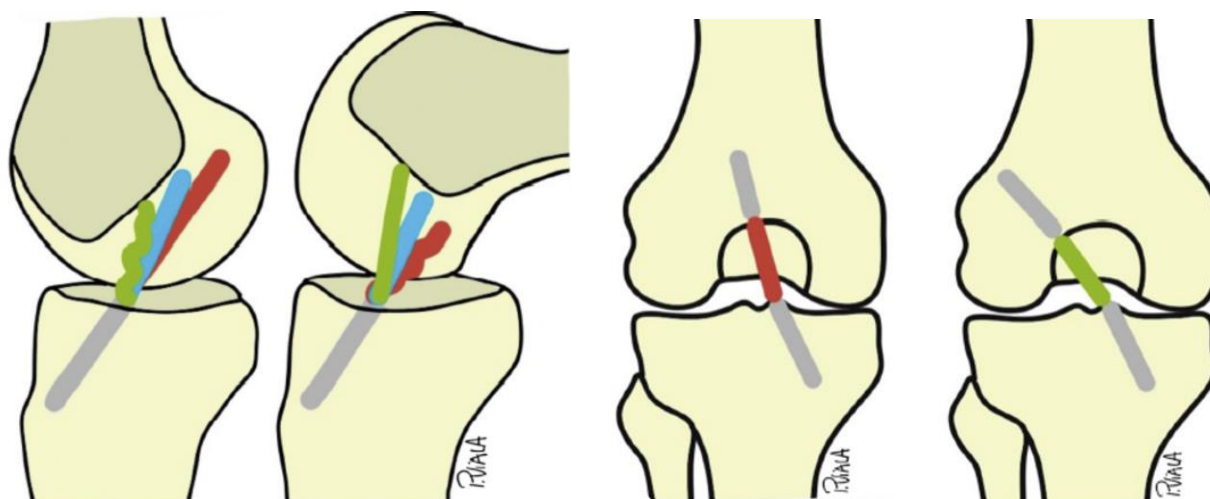
A; IRM du genou en coupe sagittale, séquence pondérée en T2 FATSAT, chez un patient deux mois après ligamentoplastie du LCA. L'hypersignal relatif domine. B. Greffon bien intégré C. Persistance de quelques fibres en hypersignal T2 non pathologique



[73] IRM du genou en coupes sagittales, en séquence T2 FATSAT, montrant un hypersignal normal entre les brins d'une plastie DIDT en rapport avec une faible quantité de liquide (flèche).

	Tunnel fémoral	Tunnel tibial
Position de profil	Orifice à l'intersection de la corticale postérieure du fémur et de la ligne de Blumensaat	Orifice juste en avant du milieu du plateau tibial Parallèle et postérieur à la ligne de Blumensaat en extension
Position de face	Orifice au coin supérolatéral de l'échancrure intercondylienne Direction supérolatérale	Etendu de la TTA à l'éminence intercondylienne, avec orifice en regard du massif spinal Direction inféro-médiale
Effet principal du bon positionnement	Isométrie de la plastie	Pas de conflit avec le toit de l'échancrure intercondylienne (TEIC), stabilisation antérieure
Trop antérieur	Plastie trop tendue en flexion, trop lâche en extension	Conflit avec le TEIC (en extension)
Trop postérieur	Plastie trop tendue en extension, trop lâche en flexion Risque d'effraction de la corticale fémorale postérieure	Plastie trop verticale avec diminution de la stabilisation antérieure.

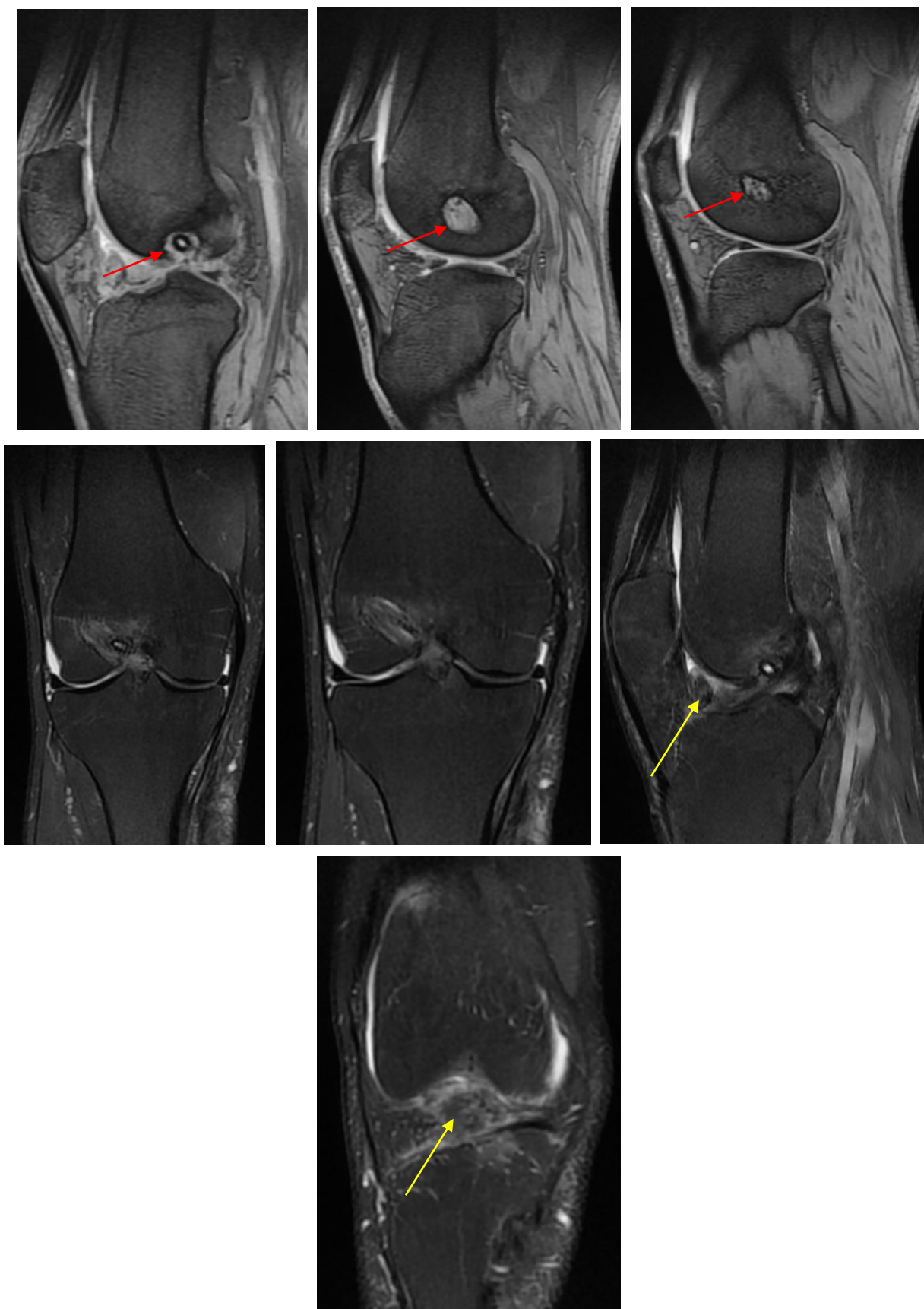
[73] Critères de bon positionnement des tunnels et conséquences en cas de mauvais positionnement.



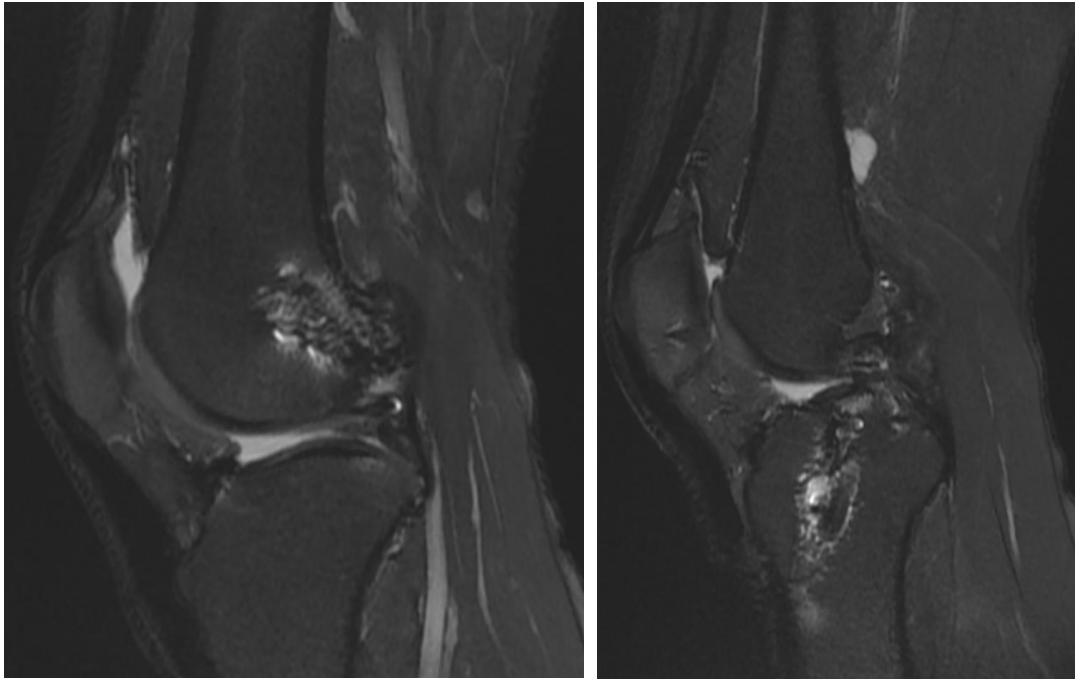
[73] (a, b) Effet de la position du tunnel fémoral sur la tension du transplant. La position correcte est symbolisée en bleu (isométrie). L'orifice articulaire du tunnel fémoral du transplant vert est trop antérieur, ainsi le transplant est trop lâche en extension (a) et trop tendu en flexion (b). L'orifice articulaire du tunnel fémoral du transplant rouge est trop postérieur, par conséquent, le transplant est trop tendu en extension (a) et trop lâche en flexion (b).
(c, d) Transplant trop vertical dans le plan coronal. Transplant trop vertical en raison d'un orifice du tunnel fémoral trop médian. Défaut de stabilisation rotatoire (c). Position normale du transplant. Stabilité rotatoire (d).



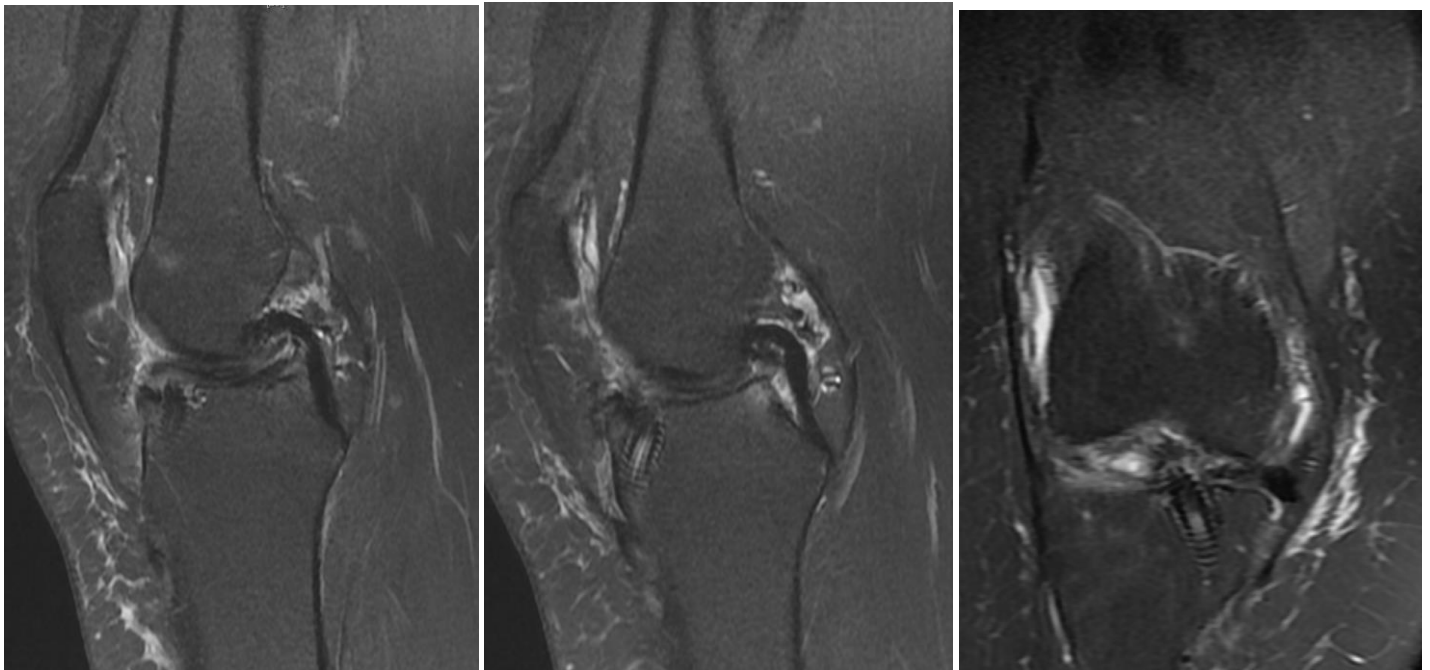
Bon positionnement des tunnels fémoral et tibial dans les plans sagittal et coronal. 974068



Tunnel fémoral de position très antérieure (flèche rouge) avec individualisation de son bout distal au niveau de l'échancrure inter condylienne. Arthrofibrose nodulaire (flèche jaune).



Position trop postérieure du tunnel fémoral. Bon positionnement du tunnel tibial.



Tunnel tibial mal positionné, de topographique trop antérieure.

c) Fixation du greffon

- Les vis résorbables sont visibles jusqu'à 6 mois à 3 ans selon leur type, puis remplacées par du tissu fibreux ou graisseux.
- Des réactions inflammatoires ont été décrites avec certains biomatériaux.
- Il faut toujours s'assurer de l'absence de migration du matériel ou de fracture.

- Pour la technique de Kenneth-Jones, les portions osseuses doivent être en continuité avec l'os adjacent. Les vis doivent être positionnées au versant antérieur du greffon.

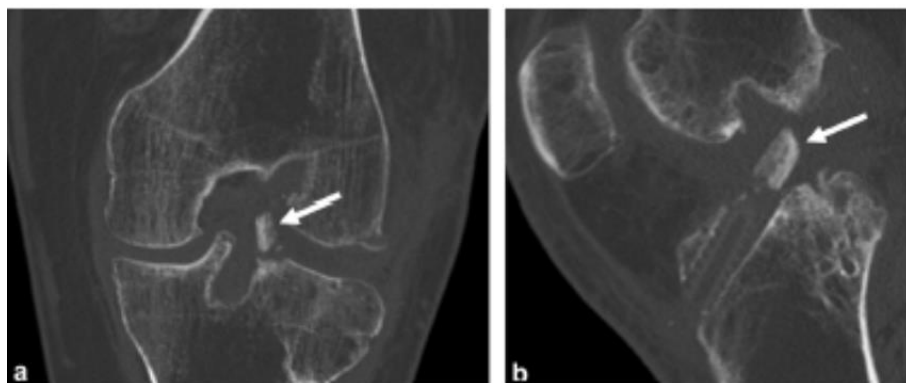
d) Complications [73]

Les principales complications sont :

- Les complications précoces
- Les plasties incompetentes
- Les conflits
- La formation de kyste dans les tunnels
- Arthrofibrose
- Malposition, déplacement ou fragmentation du matériel de fixation
- Les complications en rapport avec le site de prélèvement

a. Précoces (moins de 6 mois)

- Malpositions liées à un échec technique lors de la chirurgie.
- Migration de matériel (vis ou greffon osseux dans la technique de Kenneth-Jones), qui peut être spontanée ou post traumatique.
- Rupture précoce en rapport avec une malposition des tunnels, une mauvaise intégration ou une erreur au cours de la rééducation.

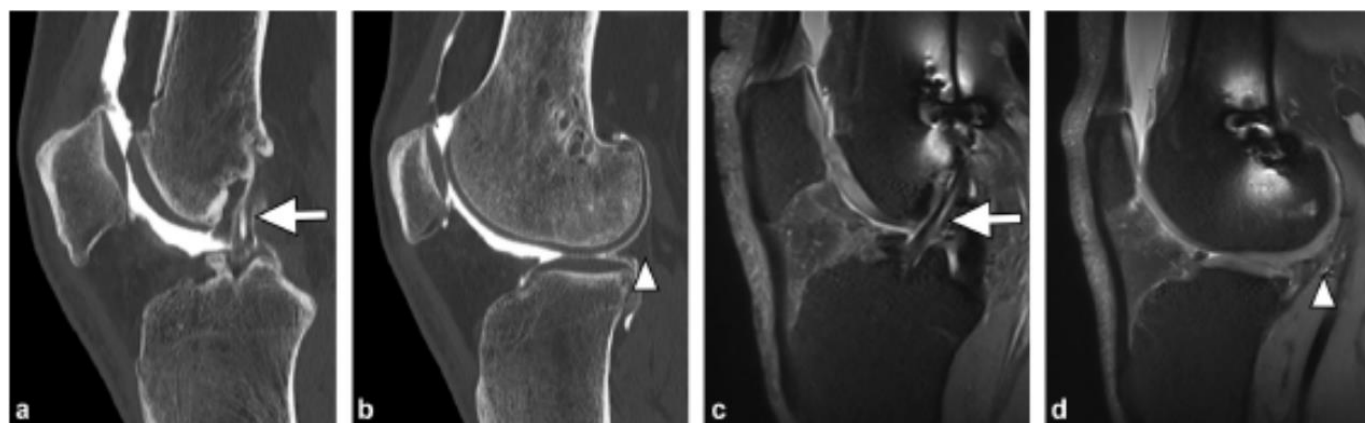


[73] Migration intra articulaire du greffon osseux tibial (flèches) dans les suites précoces d'une plastie de Kenneth-Jones. Scanner en coupes coronale (a) et sagittale (b).

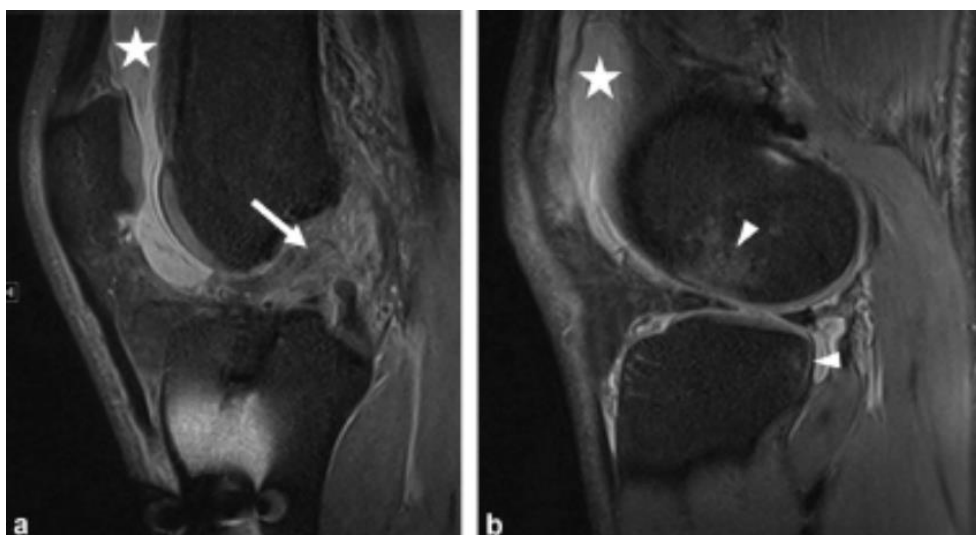
b. Plastie incompetente

Les principales causes étant :

- Une position trop postérieure du tunnel tibial
- Un lâchage d'un des points de fixation
- Une rupture ou distension/élongation de la plastie



[73] Arthroscanner du genou (a, b), en coupes sagittales, montrant une plastie trop verticale (flèche), sans tiroir antérieur spontané (tête de flèche). IRM du genou en coupes sagittales DP FATSAT (c, d), réalisée 2 semaines avant. La plastie était moins verticale qu'en arthroscanner (flèche) et un tiroir antérieur était visible en IRM. C'est probablement le positionnement dans l'antenne de l'IRM qui explique cette différence.



[73] Rupture post traumatique récente du transplant. IRM du genou en coupes sagittales DP FAT, montrant un hypersignal et hétérogénéité des fibres du transplant (flèche). Epanchement articulaire (étoile). Contusion de la partie antérieure du condyle fémoral latéral et de la partie postérieure du condyle tibial latéral (têtes de flèches), témoignant d'une entorse récente avec mécanisme en tiroir antérieur.

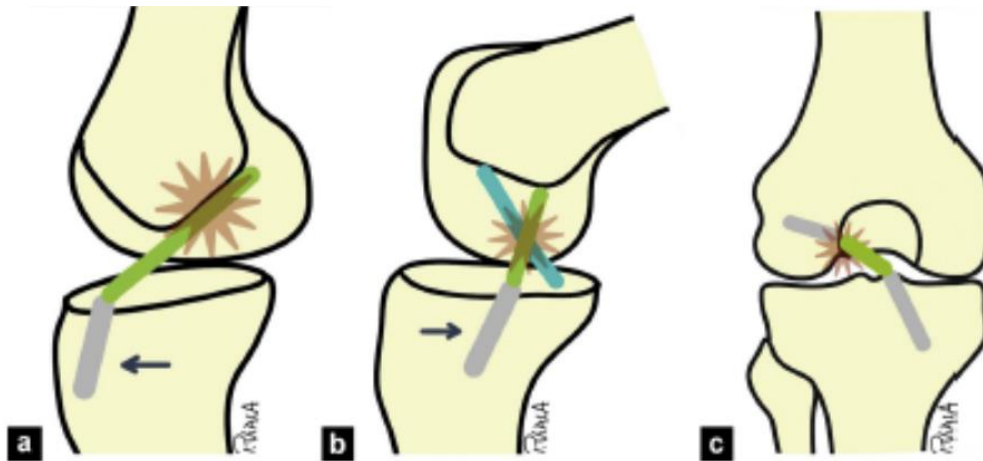
c. Conflits mécaniques (graft impingement)

- Conflit antérieur avec l'échancrure intercondylienne : Le plus fréquent, favorisé par un tunnel tibial trop antérieur et/ou un greffon trop long et/ou une échancrure intercondylienne trop petite, avec parfois un ostéophyte. Pour éviter ce type de conflit, une plastie de l'échancrure est parfois réalisée lors de la chirurgie. Ce type de conflit est aussi favorisé par une arthrofibrose antérieure focale [73]. En IRM, le contact anormal est visualisé sous forme de petites plages en hypersignal par rapport au reste de la plastie. Le signal peut être proche de celui lié au remodelage synovial apparaissant entre 2 mois et 1 an [75]. Cependant, dans le cadre du conflit mécanique, les anomalies de signal vont persister au-delà de la première année.

- Conflit latéral avec l'échancrure intercondylienne : favorisé par une échancrure étroite et un tunnel tibial trop latéral.
- Conflit postérieur avec le LCP : favorisé par un tunnel tibial trop vertical, postérieur et trop médial, entraînant un contact de la plastie avec le LCP lors de la flexion, et se traduisant cliniquement par un blocage en flexion.

Ces conflits peuvent aboutir à la rupture du greffon partielle ou complète, caractérisée par une solution de continuité, avec horizontalisation de ses fibres distales, une anomalie de signal en T2, associées ou non à un épanchement articulaire et un tiroir antérieur. L'infiltration en hypersignal T2 entre les fibres tendineuses dans le cadre d'une rupture partielle ne doit pas être confondue avec le phénomène de ligamentisation.

Si la rupture est ancienne, il est possible d'observer un tunnel vide de tous les éléments de la plastie, comblé par du tissu médullaire osseux ou encore du liquide ou un kyste [75].



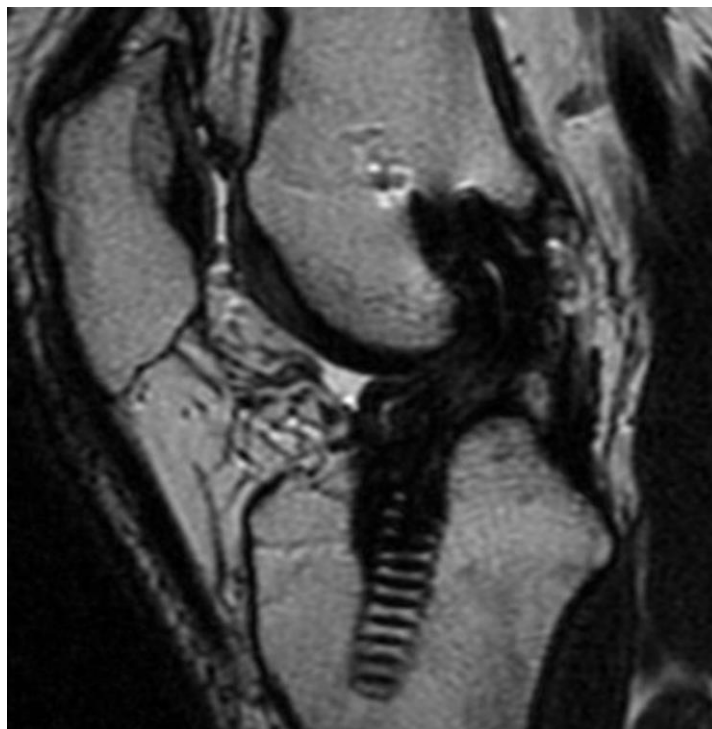
[73] Schémas des différents types de conflits : a) conflit antérieur avec le toit de l'échancrure, b) conflit postérieur avec le LCP, c) conflit latéral avec le toit de l'échancrure.



[73] Conflit antérieur. Coupe sagittale en DP FATSAT, montrant un hypersignal et concavité antérieure de la partie distale du transplant. Le conflit est ici favorisé par un petit ostéophyte du toit de l'échancrure (tête de flèche).



[75] Arthroscanner du genou en reconstruction sagittale, montrant un lâchage de plastie du LCA (flèche) secondaire à un positionnement inadéquat du tunnel fémoral trop antérieur.



[82] Conflit antérieur avec l'échancrure intercondylienne.

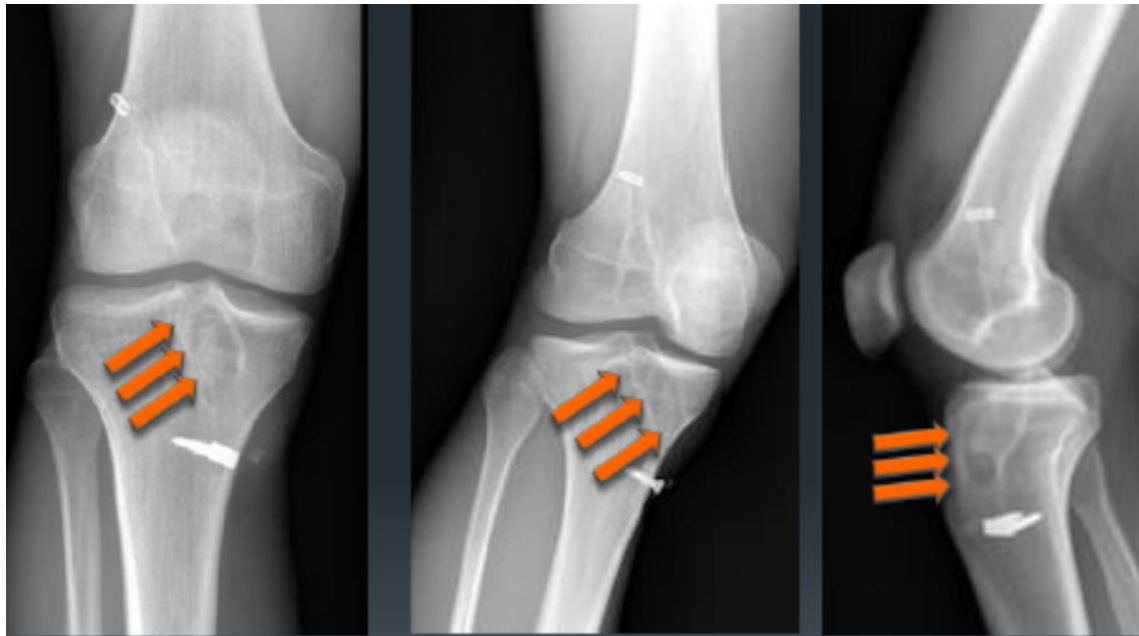
d. Formation de kystes dans les tunnels

Il s'agit d'une complication assez rare, et plutôt tardive. Elle est plus fréquente pour la technique DIDT avec fixation par endo-bouton. Elle peut être asymptomatique ou provoquer des douleurs et une limitation articulaire, sans instabilité. Ces kystes peuvent être dus à :

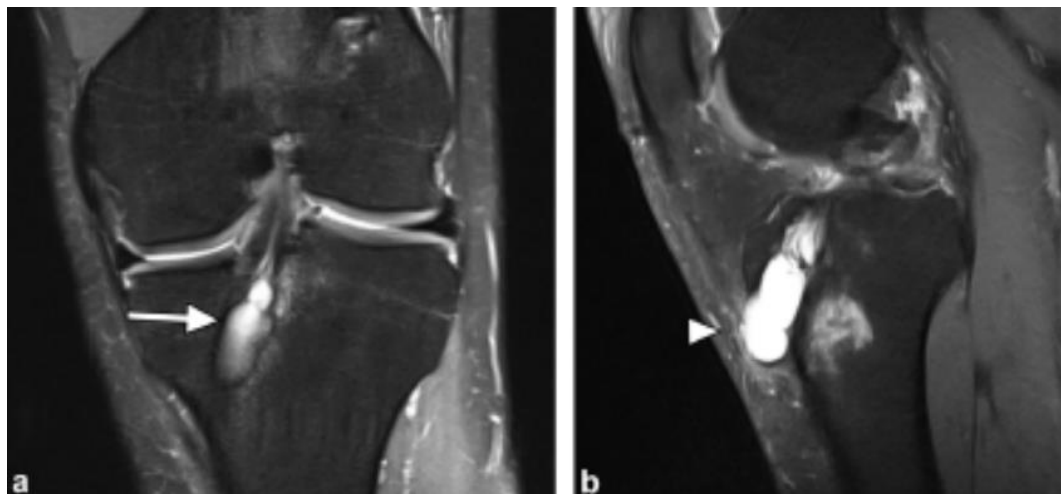
- Une incorporation incomplète de la plastie, responsable d'un élargissement progressif du tunnel (plus de 20 mm)
- Apparition de tissu nécrotique autour de la plastie menant à l'accumulation de liquide synovial avec kystisation
- Rupture du greffon

Sur la radiographie, le tunnel est élargi, et l'IRM montre des lésions kystiques allongées intra et péri ligamentaires. Une extension du kyste à l'orifice distal du tunnel tibial est possible, avec parfois une tuméfaction sous cutanée pré tibiale révélatrice.

A noter que la présence d'une faible quantité de liquide est possible de façon normale dans les tunnels lors des 18 premiers mois postopératoires (en particulier dans le tunnel tibial et avec la technique DIDT).



Kyste du tunnel tibial sur les radiographies standards



[73] IRM du genou en coupes coronale (a) et sagittale (b) en FATSAT DP, montrant une formation kystique dans le tunnel tibial (flèches) venant s'aboucher dans les tissus mous sous-cutanés en pré-tibial (tête de flèche).

e. Arthrofibrose

Il s'agit de la prolifération anormale de tissu fibreux, entraîne la perte de mouvement, des douleurs, une faiblesse musculaire, et une limitation fonctionnelle. Il existe 2 principaux types :

- L'arthrofibrose focale :
 - Antérieure le plus souvent (syndrome du cyclope). Il s'agit d'une formation fibreuse située en avant de la partie distale de la plastie, de petite taille (10-15 mm) qui pourrait se développer à partir de fibres résiduelles distales du LCA natif. Elles se développent généralement 6 mois après la chirurgie, dans à peu près 25% des cas. Cliniquement, les symptômes les plus fréquents sont un flession, des douleurs, des craquements et un épanchement. L'IRM montre une masse en hyposignal T1, hyposignal T2 hétérogène, signal intermédiaire en DP avec FATSAT, pouvant prendre

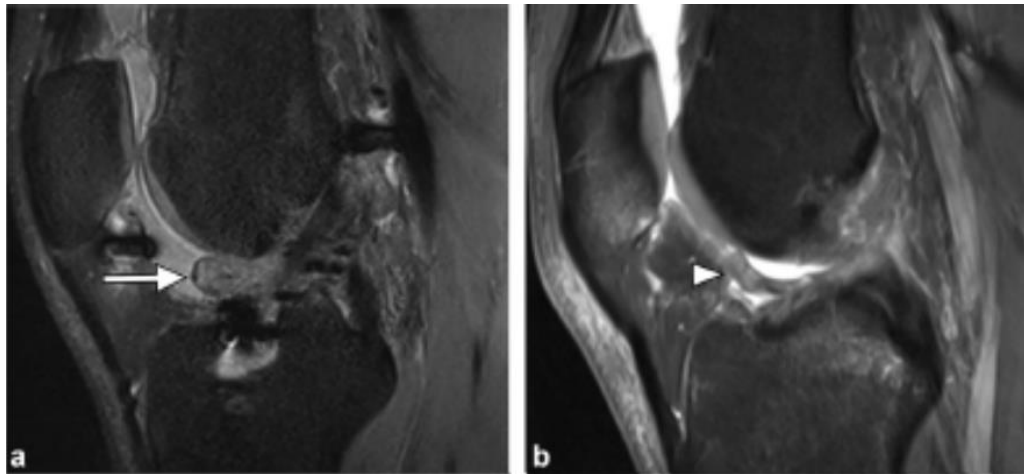
le contraste de façon partielle [73, 75]. Le traitement est la résection chirurgicale sous arthroscopie.

- Plus rarement, des arthrofibroses peuvent s'observer à d'autres endroits : arthrofibrose supra patellaire, intercondylienne, ou infra patellaire.
- Les principaux diagnostics différentiels sont la synovite villonodulaire dans sa forme focale, la chondromatose synoviale et les corps étrangers intra articulaires.
- L'arthrofibrose diffuse : beaucoup plus rare, il s'agit d'un épaissement entourant le greffon, entraînant une raideur de l'articulation, traitée par rééducation et parfois arthrolyse chirurgicale. Les facteurs susceptibles d'augmenter le risque de son développement sont la reconstruction du LCA dans les 4 semaines suivant la lésion du LCA, des lésions ligamentaires supplémentaires et une diminution de la flexion du genou en postopératoire. En IRM, le tissu fibreux enveloppe le greffon du LCA, et peut s'étendre vers l'avant dans le coussinet adipeux infra patellaire et la bourse supra patellaire, ou vers l'arrière jusqu'à la capsule articulaire postérieure.
- Une autre forme existe, moins fréquente, l'arthrofibrose du CAIP, avec des douleurs importantes, vu que cette région est richement vascularisée, ainsi qu'une altération de la biomécanique de la partie antérieure du genou. Les cicatrices postopératoires apparaissent normalement sous la forme de cicatrices fibreuses linéaires ou spiculées, d'épaisseur variable.

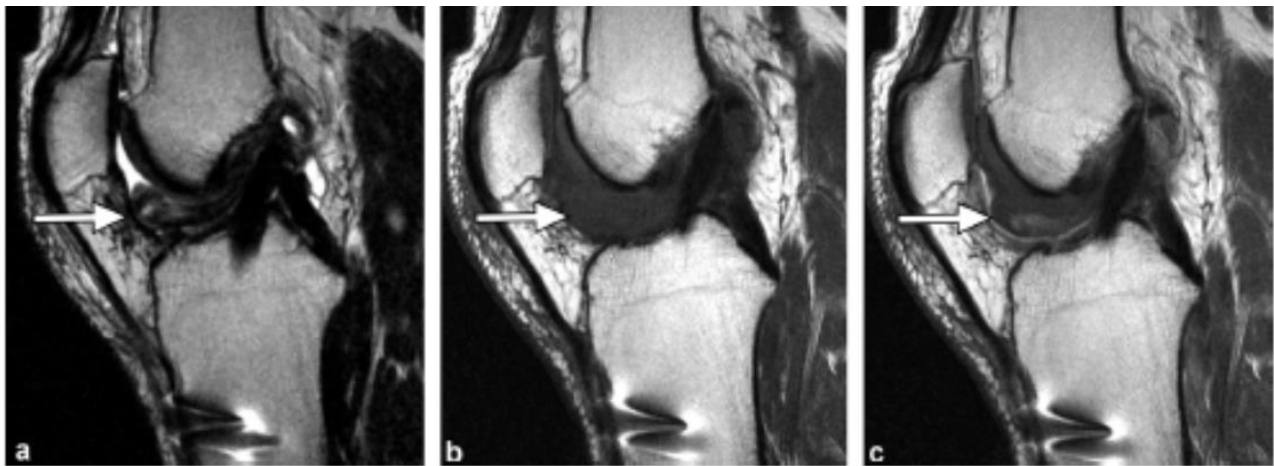
Il est également important de reconnaître une éventuelle lésion des moyens de fixation, qui ne doit pas être confondue avec une lésion du greffon lui-même (fracture d'une vis, descellement d'un plot osseux).



IRM du genou en coupes sagittales en T1 et DP FATSAT, d'un jeune homme de 18 ans se présentant 6 mois après la reconstruction du LCA, avec douleurs et sensation de blocage du genou. Individualisation d'un volumineux nodule hétérogène antérieur par rapport au greffon, en rapport avec une lésion de cyclope.



[73] IRM du genou, en coupes sagittales en DP FATSAT. a) Arthrofibrose focale antérieure (syndrome du cyclope) (flèche). b) IRM réalisée dans les suites du traumatisme 1 an auparavant. Le moignon distal du LCA est basculé antérieurement (tête de flèche). Ce cas corrobore une des hypothèses physiopathologiques de ce type d'arthrofibrose qui surviendrait sur le moignon distal du LCA natif.



[73] IRM du genou en coupes sagittales, en T2 (a), T1 (b) et T1 injectée (c), montrant une arthrofibrose focale antérieure (syndrome du cyclope).

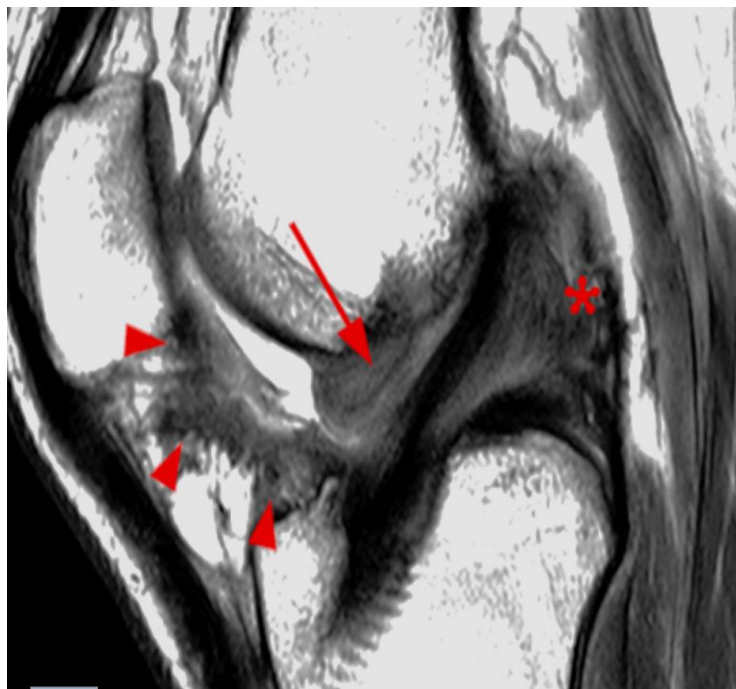


[75] IRM en coupe sagittale en séquence T2, montrant un fragment de vis détaché dans l'articulation en avant du greffon, qui reste bien tendu, de signal et en position normale.

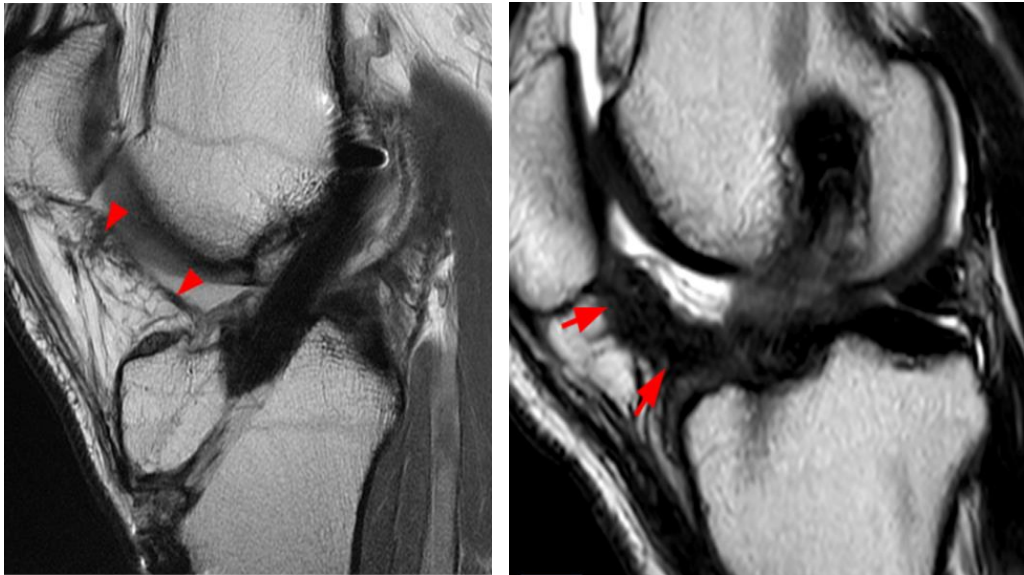


[81] IRM du genou en coupes sagittale en T2 et axiale en DP, chez une patiente de 66 ans, 10 ans après une reconstruction du LCA, montrant une formation nodulaire intra articulaire (flèche) compatible avec un chondrome, entouré de liquide articulaire.

Un foyer d'épaississement des tissus mous est compatible avec une petite lésion de cyclope antérieure au greffon (petite flèche).



[81] IRM du genou en coupe sagittale en DP, chez une patiente de 18 ans, 5 mois après reconstruction du LCA, présentent des douleurs et une limitation de l'amplitude de mouvement, montrant une réaction fibrotique diffuse entourant le greffon du LCA, au niveau de sa partie antérieure (flèche), postérieure (astérisque) s'étendant jusqu'à la capsule postérieure, avec une fibrose intéressant le coussinet adipeux infra patellaire (tête de flèche).



A) IRM du genou en coupe sagittale en DP montrant de légères cicatrices fibrotiques post opératoires du CAIP après une reconstruction du LCA. B) IRM du genou en coupe sagittale en T2 montrant une bande épaisse de fibrose au niveau du CAIP.

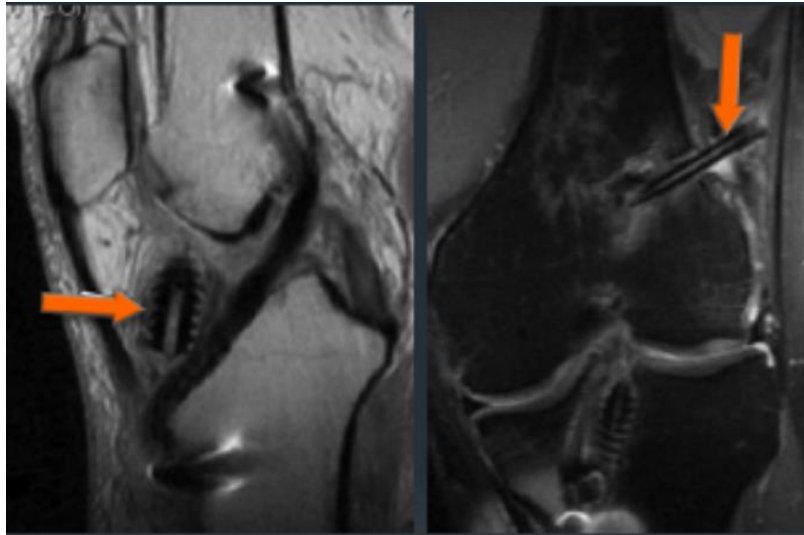
f. Malposition, déplacement ou fragmentation du matériel de fixation

Une fracture de l'os sous-jacent, fragmentation ou migration du matériel peuvent être à l'origine de douleurs ou de conflits avec les structures adjacentes. Elles peuvent parfois être responsables de lésions sévères cartilagineuses, tendineuses, vasculaires ou nerveuses.

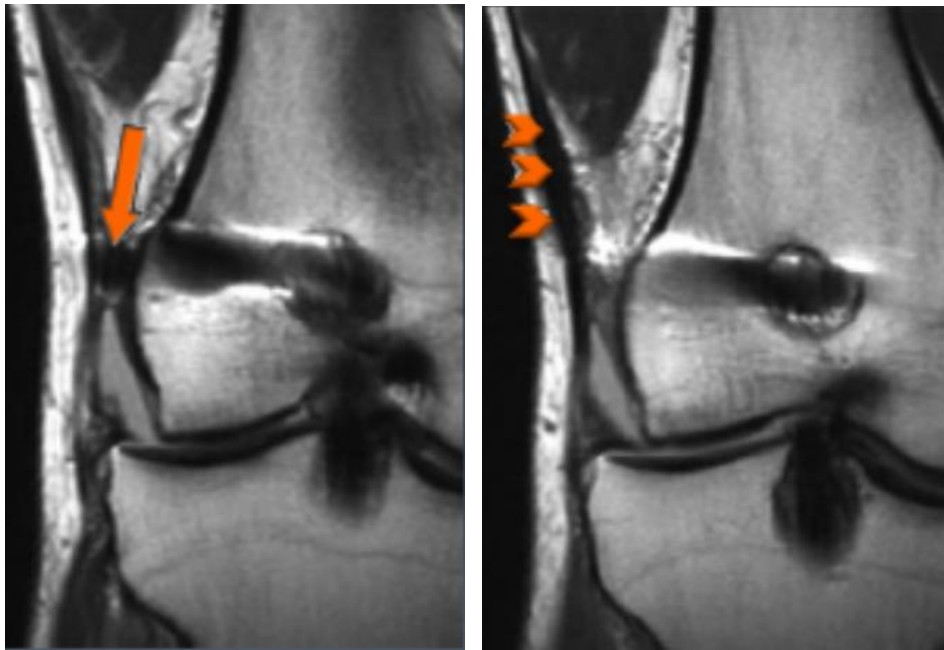
Il peut également exister un conflit de pins biodégradables (dans les DIDT) avec le tractus iliotibial, réalisant un syndrome du TIT.



[83] La vis de fixation fémorale a migré hors de son tunnel osseux, et se trouve en arrière du fémur. La vis de fixation tibiale a migré médialement et postérieurement hors de son tunnel osseux, mais reste intra osseuse.



Migration du matériel dans l'interligne artulaire et les parties molles

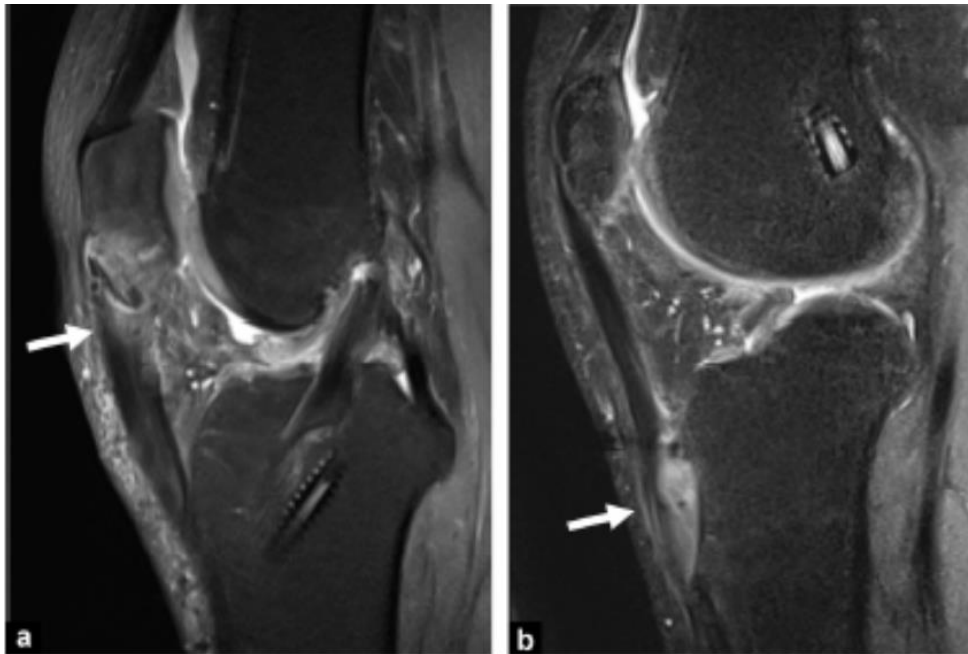


Syndrome de la bandelette iliotibiale iatrogène.

g. Complication sur le site de prélèvement du greffon tendineux

On peut observer une tendinopathie patellaire après plastie de Kenneth-Jones, et beaucoup plus rarement un raccourcissement cicatriciel, une rupture tendineuse, une fracture avulsion de la patella ou une Hoffite.

Lors du prélèvement d'un DIDT, la branche infra patellaire du nerf saphène est fréquemment lésée (2/3 des cas). Plus rarement, c'est le nerf saphène lui-même qui est lésé dans environ 10% des cas.



[73] IRM du genou, en coupes sagittales DPFATSAT, montrant un exemple de tendinopathie patellaire après plastie de Kennedy-Jones, chez 2 patients différents.

Types de complications	Causes
<i>Complications précoces</i>	Malpositions liées à un échec technique lors de la chirurgie Migration de matériel (vis ou greffon osseux)
<i>Plastie incompetente</i>	
Cause primaire	Position trop postérieure du tunnel tibial
Cause secondaire	Lâchage de fixation Rupture du transplant Distension/élongation du transplant
<i>Conflits</i>	
Antérieur avec l'échancrure intercondylienne	Tunnel tibial trop antérieur Échancrure intercondylienne trop petite (parfois ostéophyte) Arthrofibrose localisée antérieure
Postérieur avec le ligament croisé postérieur	Tunnel tibial trop postérieur et trop médial
Latéral avec l'échancrure intercondylienne	Échancrure étroite Tunnel tibial trop latéral
<i>En rapport avec le site de prélèvement</i>	
Kenneth-Jones	Tendinopathie patellaire (fréquent) Rupture tendineuse (rare) Fracture avulsion de la patella (rare) Hoffite
DIDT	Néuralgie par atteinte de la branche infra-patellaire du nerf saphène

[73] Synthèse des principales complications après ligamentoplastie croisée antérieure.

h) Autres

- Réaction inflammatoire et rejet :
 - Réaction inflammatoire osseuse et des tissus mous au contact du matériel, fragilisation et migration en surface osseuse d'une vis de fixation tibiale
 - Œdème médullaire
 - Un granulome peut se former au contact du matériel, dans l'os ou les tissus mous avec fragilisation osseuse et fracture

- Arthrite septique : Rare (0.1–0.9%)
 - o Diagnostic précoce parfois difficile car les signes locaux typiques peuvent être absents
 - o Rechercher un syndrome inflammatoire biologique au moindre doute
 - o En imagerie : aspect de synovite, collections liquidiennes, abcès, érosions osseuses, œdème péri articulaire.

2. Plastie du ligament croisé postérieur [75]

Les traumatismes du LCP constituent 3–20% de l'ensemble des lésions capsulo–ligamentaires du genou. Dans la majorité des cas, il ne s'agit que de rupture partielle nécessitant un traitement simplement médical.

Le principe de reconstruction du LCP est identique à celui du LCA. Peu d'études ne sont intéressées à l'aspect post opératoire du LCP. Cependant, le greffon présente de façon similaire un signal intermédiaire durant la première année, suggérant des phénomènes de revascularisation puis en hyposignal T1 et T2 après 1 an postopératoire.

L'arthrofibrose antérieure est la complication la plus fréquente.

3. Ménisque post opératoire

a. Techniques chirurgicales

Il existe 2 grands types de chirurgie méniscale : la méniscectomie et la suture méniscale.

A) Méniscectomie :

La méniscectomie consiste à réséquer une partie du ménisque, en tentant de préserver sa plus grande partie (méniscectomie partielle) [73, 75]. La partie anatomique la plus importante du ménisque est le 1/3 externe. En effet, ce sont les fibres collagènes périphériques qui absorbent la plus grande partie des contraintes mécaniques. Aussi, l'apport vasculaire du ménisque est directement lié à sa capacité à guérir. La zone périphérique ou rouge, bien vascularisée peut guérir spontanément, contrairement à la zone blanche ou interne, qui guérit rarement de façon spontanée.

Deux types de résection peuvent être proposés :

- Les résections circonférentielles maintenant le 1/3 externe.
- Les résections segmentaires (exérèse le plus souvent de la corne postérieure). Dans ce dernier cas, le ménisque perd de façon importante ses propriétés biomécaniques.

La méniscectomie totale est devenue très rarement pratiquée, depuis la connaissance de son caractère très arthrogène.

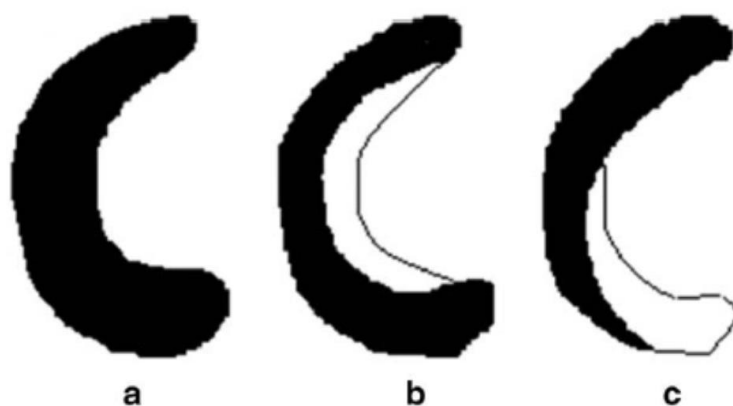
Elle peut être effectuée sur tout type de fissure méniscale, à condition qu'elle soit symptomatique et instable. Les fissures horizontales stables dégénératives ne sont généralement pas des indications de méniscectomie. En général, la réparation est plutôt pratiquée chez les patients jeunes, avec des déchirures supérieures 1 cm (Les déchirures moins importantes ont tendance à guérir spontanément).

L'imagerie post méniscectomie partielle montre :

- Des contours pouvant être irréguliers,
- Pour les ménisectomies de plus de 25% : diminution de la taille du ménisque et aspect tronqué et émoussé de son bord libre. Pour les résections plus petites, le ménisque conserve souvent une forme et une taille presque normales.
- L'apparence IRM d'un ménisque réparé avec succès devrait idéalement montrer la résolution de l'anomalie du signal précédemment identifiée (ce qui est rare, en particulier dans les 1-2 premières années suivant l'acte chirurgical, une anomalie de signal peut persister en rapport avec du tissu de granulation ou un tissu cicatriciel fibrocartilagineux).

D'éventuelles microfissures stables, notamment de petits hypersignaux T2 horizontaux du bord libre. Le degré de guérison peut être classé comme partiel s'il existe un hypersignal s'étendant sur moins de 50% du site de la déchirure.

- Des zones de « dégénérescence » en connexion avec la surface méniscale.
- Il ne doit pas y avoir de languette méniscale persistante.
- Modifications de l'os sous chondral, car les contraintes qui lui sont appliquées sont modifiées. Le signal oedémateux traduit soit une simple adaptation mécanique, soit une souffrance osseuse, avec, au stade plus avancé, une fissure de l'os sous chondral, voire une ostéonécrose mécanique si le fragment fracturé est dévascularisée.
- Recherche de complications : chondropathie dégénérative en regard, récurrence fissuraire (radiaire surtout)



[75] Schéma des principales techniques de ménisectomie. a) ménisque normal, b) ménisectomie partielle circonférentielle c) ménisectomie segmentaire.



[75] IRM en coupe coronale séquence faiblement pondérée T2 et FATSAT, 3 ans après méniscectomie partielle de la corne postérieure du ménisque latéral, montrant l'aspect tronqué du ménisque restant (flèche blanche)



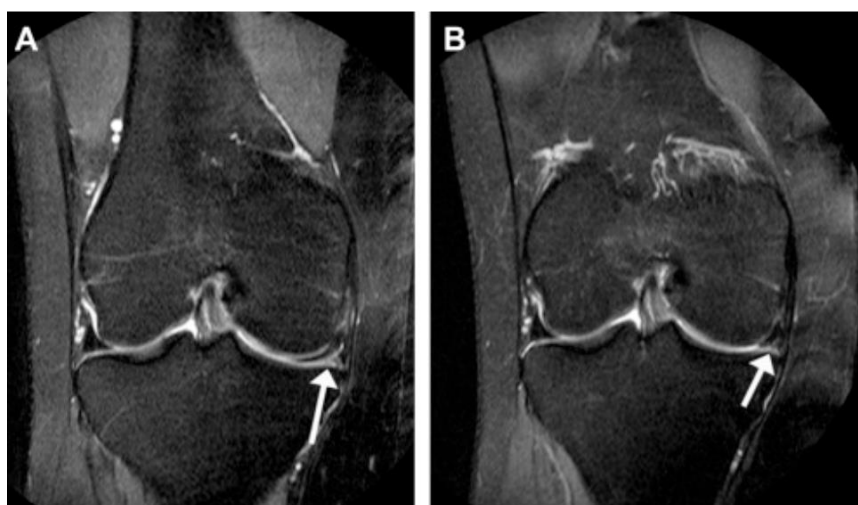
[75] IRM en coupe coronale en séquence faiblement pondérée T2 et FATSAT montrant une lésion ostéochondrale (flèche noire) en regard de la zone de méniscectomie (flèche blanche), avec un kyste para méniscal (astérisque) post méniscectomie.



[81] IRM du genou en coupe sagittale, montrant un léger émoussement du bord libre de la corne postérieure du ménisque médial, avec légère diminution de la taille du ménisque.

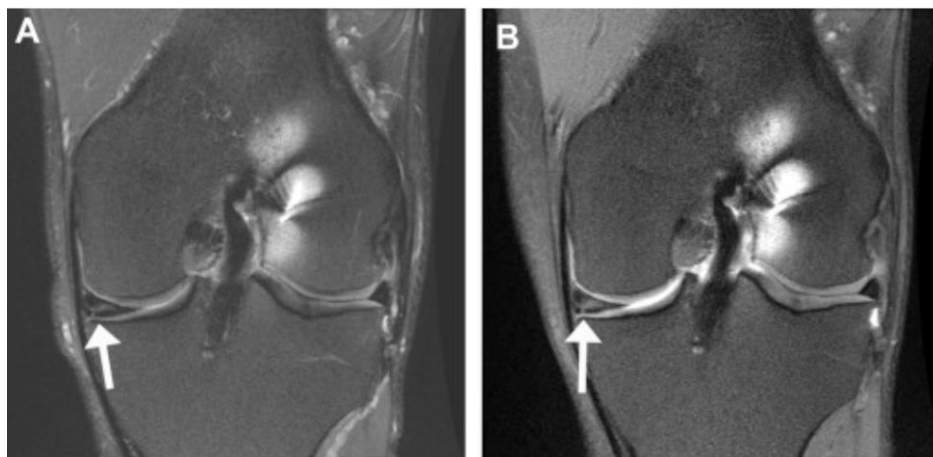


[81] Arthro-IRM en coupe sagittale et FATSAT montrant après réparation d'une déchirure de la corne postérieure, un hypersignal minime (flèche blanche) avec une taille et une forme normale du ménisque, sans opacification par le produit de contraste au niveau du ménisque, confirmant une déchirure guérie.

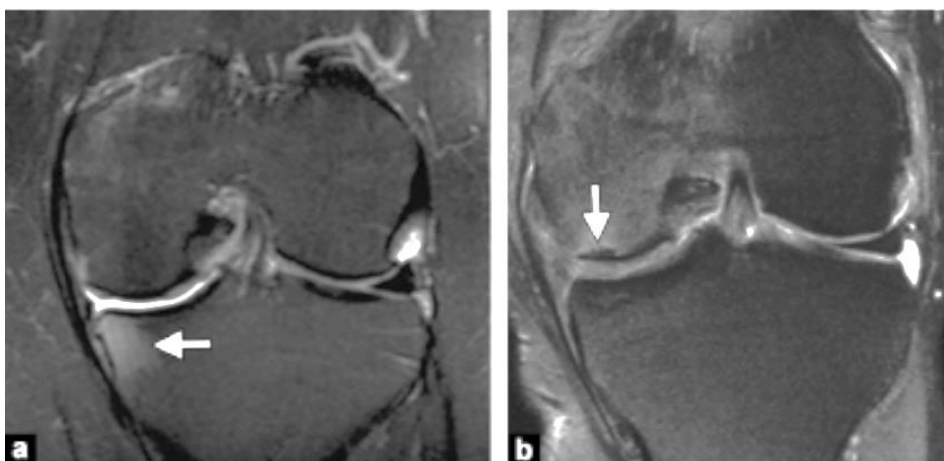


[81] IRM du genou en coupes coronales en T2 FATSAT avant (A) et après (B) réparation du ménisque. L'imagerie préopératoire montre un hypersignal oblique dans le segment corporel du ménisque médial, compatible avec une déchirure (flèche).

L'imagerie postopératoire montre un hypersignal à la surface inférieure du site de la déchirure (flèche), mais une résolution presque complète du signal anormal, compatible avec une déchirure du ménisque partiellement guérie, ou complément guérie avec un tissu de granulation.



[81] IRM du genou en coupes coronales en T2 FATSAT (A) et arthro-IRM FATSAT (B) après réparation du ménisque. Un signal intermédiaire (flèche blanche) est observé au niveau du site de réparation en T2, mais ne se remplit pas de gadolinium sur l'arthro-IRM. L'arthroscopie n'a pas confirmé de déchirure résiduelle ou récidivante. Ce signal est probablement secondaire à un tissu de granulation et cicatriciel.



[73] Modifications de l'os sous chondral après ménisectomie. IRM du genou en coupes coronales en DP FATSAT, chez 2 patients différents. (a) Adaptation osseuse à 1 mois d'une ménisectomie médiale liée à la modification des contraintes mécaniques, et se traduisant par un signal osseux oedémateux (flèche). (b) Ostéonécrose mécanique dans les suites d'une ménisectomie médiale (flèche).

B) Suture méniscale :

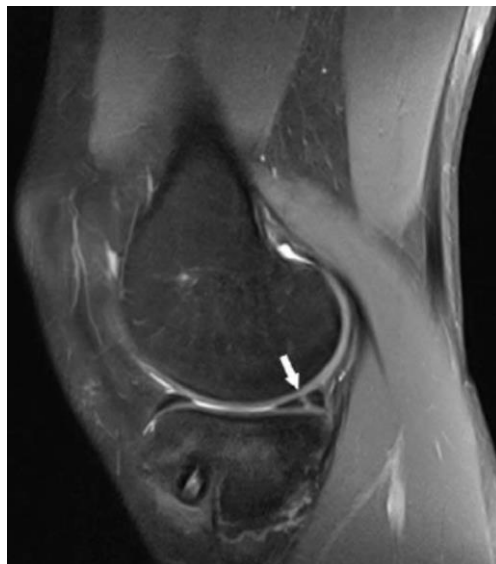
La suture méniscale a pour but de ne pas entraîner de perte de substance méniscale, mais ses indications sont plus restreintes que la ménisectomie, et implique des conditions postopératoires parfois plus contraignantes.

Les principales indications sont les fissures périphériques récentes (fortement vascularisées, avec un potentiel de cicatrisation important), et les désinsertions capsulo-méniscales chez des patients de moins de 40 ans.

La cicatrisation d'une suture méniscale survient dans la première année après l'intervention. Au cours de cette année, la fente est toujours visible (sous forme d'un hypersignal linéaire) et diminue progressivement de taille parallèlement à la diminution de son hypersignal T2. Cependant,

l'anomalie de signal méniscal peut perdurer plusieurs années. Un diastasis ou une séparation des berges de la suture méniscale de plus de 1 mm pourraient être un signe utile, mais peu fréquent, pour le diagnostic de déchirure récurrente. Certains auteurs préfèrent l'arthro-IRM pour cela.

Pour parler d'une guérison complète, il est nécessaire de ne pas avoir d'anomalie de signal. Une guérison incomplète est définie par un hypersignal dépassant 50% de la hauteur de la fissure.



[75] IRM en coupe sagittale séquence faiblement pondérée T2 et saturation de graisse, un an après suture méniscale qui visualise toujours la ligne en hypersignal de la fissure (flèche blanche).

C) Greffe méniscale :

Il s'agit d'allogreffes, habituellement pratiquées chez les sujets jeunes de moins de 40 ans, douloureux après méniscectomie, ou dans le cadre d'une déchirure non traitable [73, 75], le but étant chez ces jeunes patients de retarder l'apparition de l'arthrose. Les résultats de cette chirurgie sont validés sur la diminution des douleurs.

b. Critères de nouvelles fissures après méniscectomie ou suture méniscale

Les performances de l'IRM pour le diagnostic d'une fissure méniscale sur ménisque opéré sont moins bonnes que sur ménisque natif (précision diagnostic de l'ordre de 80%).

Quand ils sont disponibles, les imageries antérieures à la chirurgie et le compte rendu opératoire sont d'une aide précieuse, notamment car les parties du ménisque qui n'ont pas été opérées peuvent être analysées avec les critères s'appliquant aux ménisques natifs.

La stratégie d'exploration suivante est applicable en pratique :

- Réaliser une IRM conventionnelle et classer l'apparence du ménisque selon 3 groupes : aspect normal, aspect de nouvelle fissure, aspect douteux.
- L'identification d'une languette méniscale signe toujours une fissure.

- La présence d'un kyste para méniscal est en rapport avec une communication entre l'articulation et la base méniscale, souvent par une fissure horizontale qui n'est pas nécessairement instable. Le kyste peut être symptomatique.
- En cas de résection méniscale faible (moins de 25%), les critères de fissure sur ménisque natif sont utilisables (hypersignal T2 liquidien ou non, atteignant une surface méniscale visible sur au moins 2 coupes de 3 mm, coupes qui peuvent être non contiguës et dans des plans différents)
- En cas de résection méniscale plus importante (plus de 25%) ou de suture méniscale, la précision du diagnostic des déchirures est réduite. Dans ces cas, l'anomalie de signal méniscale peut provenir d'une déchirure, d'un tissu cicatriciel, ou d'un signal résiduel dégénératif de grade 2 [81]. Une nouvelle fissure est probable en cas d'hypersignal T2 liquidien, atteignant une surface méniscale, et visible sur au moins 2 coupes de 3 mm (intérêt de réaliser une DP FATSAT puis un T2 2^{ème} écho). En cas d'hypersignal non liquidien, ou d'hypersignal liquidien mais visible seulement sur une coupe de 3 mm, il y a un doute sur la présence d'une fissure méniscale.

Dans les cas où l'IRM conventionnelle n'est pas formelle, et en l'absence de cause évidente expliquant les douleurs (atteinte du cartilage, de l'os sous chondral), l'idéal est de réaliser un examen avec opacification intra articulaire, arthroscanner ou arthro-IRM.

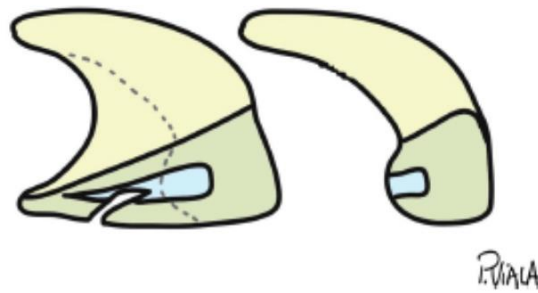
En arthroscanner, les signes validés de nouvelle fissure après méniscectomie partielle sont :

- Une désinsertion périphérique
- Une rupture longitudinale atteignant les 2 surfaces méniscales
- Une rupture horizontale atteignant la base méniscale
- Un fragment déplacé
- De petites irrégularités, de petites fissures (moins d'un tiers de l'épaisseur ou de la longueur du ménisque) ne sont pas des critères de nouvelle fissure significative.

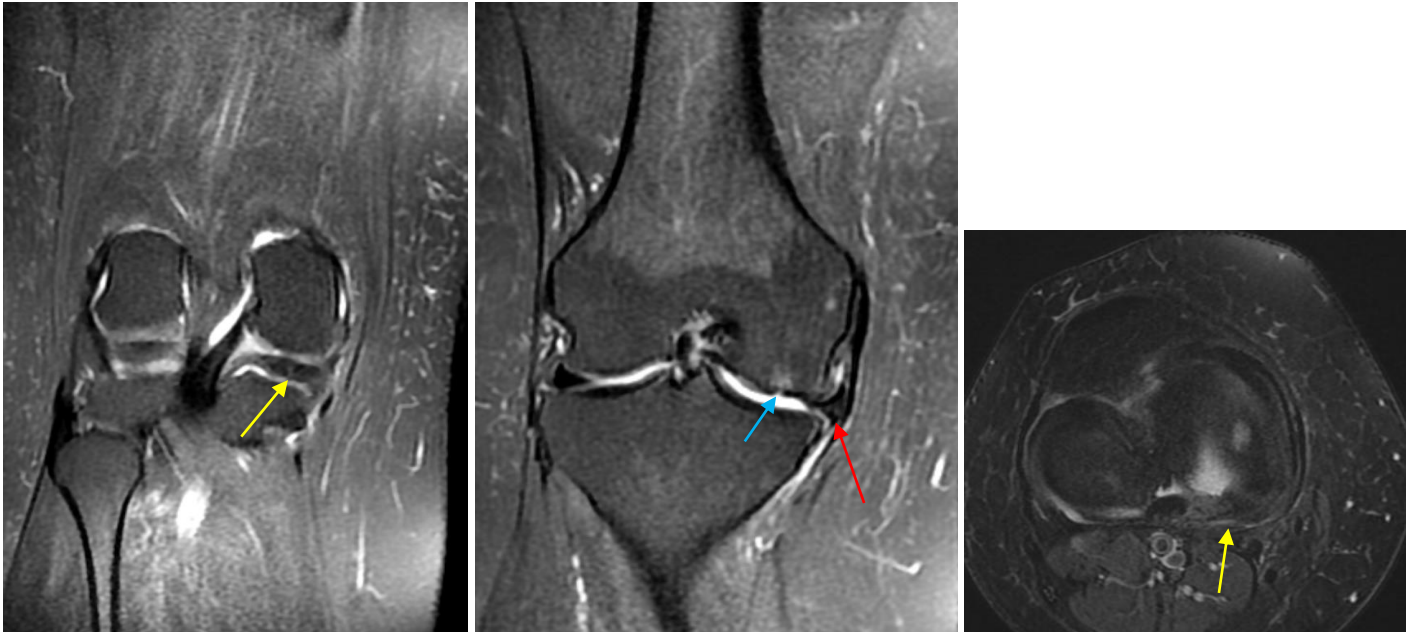
Si l'arthro-IRM est utilisée, il est nécessaire de comparer les séquences T1 FATSAT avant et après injection intra articulaire de gadolinium, la quantité de gadolinium s'insinuant dans la fissure étant souvent très faible.

En conclusion, après une chirurgie méniscale, l'IRM conventionnelle est réalisée en première intention et s'avère souvent suffisante ; cependant le recours à l'arthroscanner ou arthro-IRM est nécessaire en cas de doute résiduel [73].

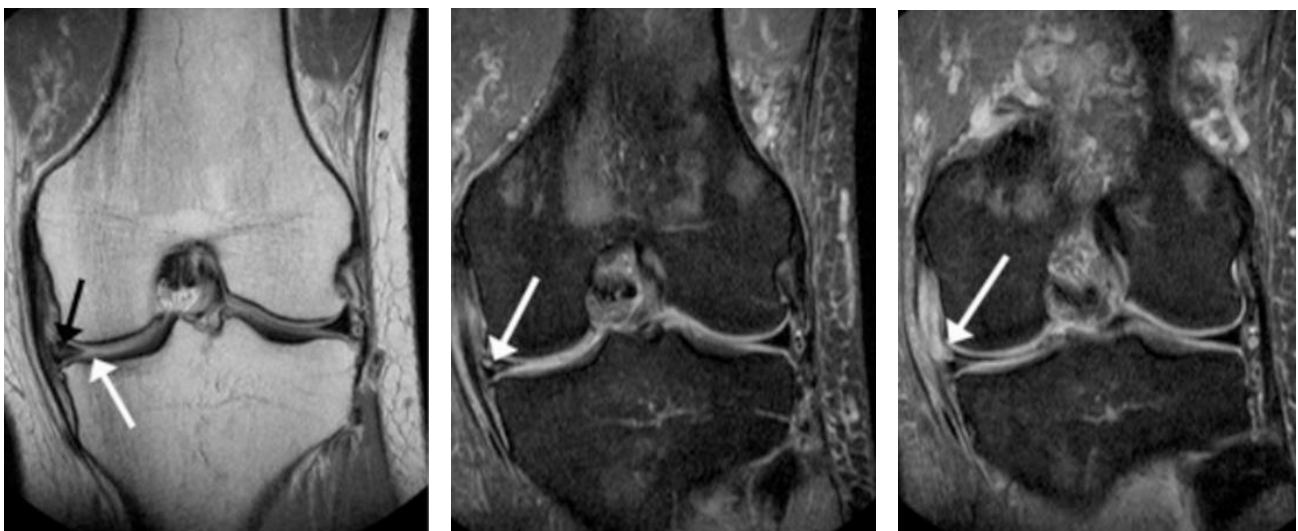
Et enfin, il est nécessaire de savoir qu'après méniscectomie, le problème de récurrence de la fissure apparaît toutefois au second plan par rapport aux chondropathies secondaires, réelle source de douleurs post méniscectomie [75].



[73] Schéma représentant un ménisque avant et après ménisectomie partielle. La zone bleue représente une zone de dégénérescence adjacente à une fissure avant ménisectomie (a). Après ménisectomie, la zone de dégénérescence persiste en partie et peut être responsable d'un hypersignal T2 adjacent au bord libre, sans qu'il n'y ait de nouvelle fissure.



43 ans, a bénéficié d'une ménisectomie partielle il y a 3 ans, présente actuellement une instabilité du genou. Individualisation d'un hypersignal linéaire vertical au niveau de la corne postérieure du ménisque résiduel (flèche jaune), en rapport avec une rérupture méniscale. Il s'y associe une extrusion méniscale (flèche rouge), ainsi qu'une chondropathie grade IV (flèche bleue).



[81] IRM du genou en coupes coronales, en T1 (A), et T2 FATSAT (B, C), montrant une anomalie de signal, intermédiaire, au niveau du ménisque (flèche noire en A), mieux visualisées sur l'image B en T2 FATSAT, avec individualisation d'un kyste para méniscal (flèche en C), indiquant une déchirure récurrente du ménisque.

	Fissure	Doute	Normal
<i>Toutes techniques</i>	Languette	—	Irrégularités de contours possibles
<i>Arthro-TDM ou arthro-IRM</i>	Opacification intra-méniscale (d'autant plus significative que profonde)	—	Pas d'opacification intra-méniscale Irrégularités possibles
<i>IRM conventionnelle</i> Moins de 25 % de résection méniscale	Hypersignal DPFS atteignant la surface méniscale liquidien ou non liquidien sur au moins 2 coupes de 3 mm	Hypersignal DPFS atteignant la surface méniscale liquidien ou non liquidien sur une coupe de 3 mm	Irrégularités de contours possibles
Plus de 25 % de résection méniscale Suture méniscale	Hypersignal DPFS atteignant la surface méniscale liquidien sur au moins 2 coupes de 3 mm	Hypersignal DPFS atteignant la surface méniscale liquidien sur une coupe de 3 mm	Irrégularités de contours possibles

[73] Critères diagnostiques de nouvelle fissure sur ménisque opéré.

4. Cartilage postopératoire

Les lésions cartilagineuses sont très fréquentes, et peuvent être symptomatiques ou silencieuses [75]. Le cartilage étant non vascularisé, ses capacités de réparation sont faibles. Une chirurgie de réparation du cartilage peut s'adresser aux fractures ostéochondrales, aux lésions cartilagineuses traumatiques et aux ostéochondrites.

En imagerie, ce cartilage peut être étudié par arthroscanner, IRM ou arthro-IRM. L'arthroscanner bénéficie d'un effet arthrographique, d'une étude multiplanaire et d'une excellente résolution spatiale. Cependant, c'est un examen irradiant et invasif, qui explore moins bien l'os sous chondral que l'IRM [75].

Il y a 4 grandes catégories de techniques chirurgicales [73, 75] :

- La fixation de fracture ostéochondrales
- Les techniques de stimulation sous chondrales (abrasion sous arthroscopie, micro fracture ou micro perforation de l'os sous chondral): conduisant à la formation de tissus fibreux de réparation (et non à la formation de cartilage hyalin).
- Techniques de transplantations autologues : potentiel de production de cartilage hyalin :
 - Les greffes ostéochondrales (notamment la mosaïcplastie) : réservée aux lésions inférieures à 2 cm²
 - La greffe de chondrocytes : utilisable pour les lésions plus étendues.

Les résultats d'une chirurgie du cartilage se juge sur la congruence articulaire et l'aspect de l'os sous chondral.

Globalement, toutes les techniques entraînent un signal osseux oedémateux au site de réparation, qui se normalise le plus souvent à 1 an.

a. Indications

L'indication de ces techniques concerne les lésions profondes d'un seul versant de l'interligne articulaire. Les non indications sont l'obésité morbide, les défauts d'axe non corrigés, la laxité, et les lésions cartilagineuses des deux versants articulaires (arthrose).

Le débridement s'adresse aux clapets cartilagineux symptomatiques.

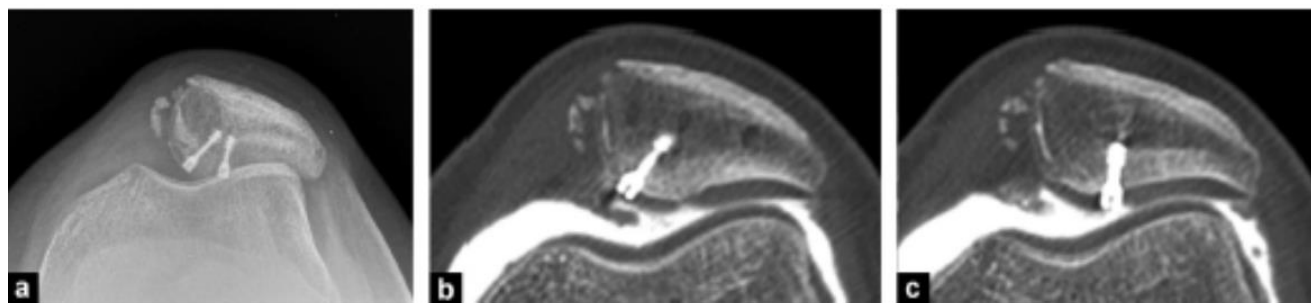
Les greffes ostéocondrales et de chondrocytes permettent de traiter des lésions plus volumineuses, mais la place de chacune n'est pas consensuelle.

Il faut toujours considérer le traitement d'une éventuelle cause, notamment les corrections vices axiaux et d'une éventuelle laxité (plastie ligamentaire).

b. Techniques et imagerie postopératoire

i. Fixation par vis

Après fracture ostéocondrale, la chirurgie consiste à fixer le fragment par des vis métalliques ou résorbables, dont les têtes sont enchâssées dans le cartilage. Le résultat de cette chirurgie se juge sur l'ostéointégration du fragment à l'os spongieux sous-jacent, et sur la restitution de la congruence articulaire. Des vis résorbables sont aussi parfois utilisées pour stabiliser des ostéochondrites ou des clapets cartilagineux.



[73] Radiographie du genou en incidence axiale (a), et arthroscanner en coupes axiales (b, c). Ostéointégration et restauration de la congruence articulaire après ostéosynthèse d'un fragment ostéocondral par 2 vis métalliques dans les suites d'une luxation patellaire latérale.

ii. Microfractures et autres techniques de stimulations

Les microfractures sont la technique de réparation du cartilage par stimulation la plus répandue.

Avant de traiter une lésion par microfracture, la lésion chondrale est débridée, et des trous de 1–2 mm sont percés dans la lésion, atteignant et exposant l'os sous chondral. Le but de ces procédures est d'exposer la moelle sous chondrale, remplissant ainsi des cellules pluripotentes dans le défaut chondral, libérant ces cytokines, pour stimuler la croissance d'un fibrocartilage. Celui-ci a des propriétés mécaniques moins adaptées que le cartilage hyalin natif. Le saignement à ce niveau contribue à la formation d'un caillot de fibrine, qui assure la stabilité du tissu de réparation au sein du défaut [81]. Cette technique s'adresse plutôt aux lésions de moins de 2–3 cm².

Le but de la microfracture est de combler le défaut de manière congruente, avec des bords intacts. Le fibrocartilage peut présenter aux cours de la première année un hypersignal hétérogène par rapport au cartilage hyalin adjacent, mais qui diminue avec le temps, et qui devient hypointense par rapport au cartilage hyalin normal. Sa surface peut également être légèrement irrégulière.

Dans les suites postopératoires, on note des remaniements de l'os sous chondral avec un signal oedémateux, correspondant aux zones de contusion osseuse. Ce signal diminue ou disparaît à 1 an. On observe des remaniements plus ou moins scléreux de l'os sous chondral avec une lame sous chondrale, qui reste souvent irrégulière en T1.

Les principaux paramètres à analyser après stimulation locale par procédure de microfractures sont :

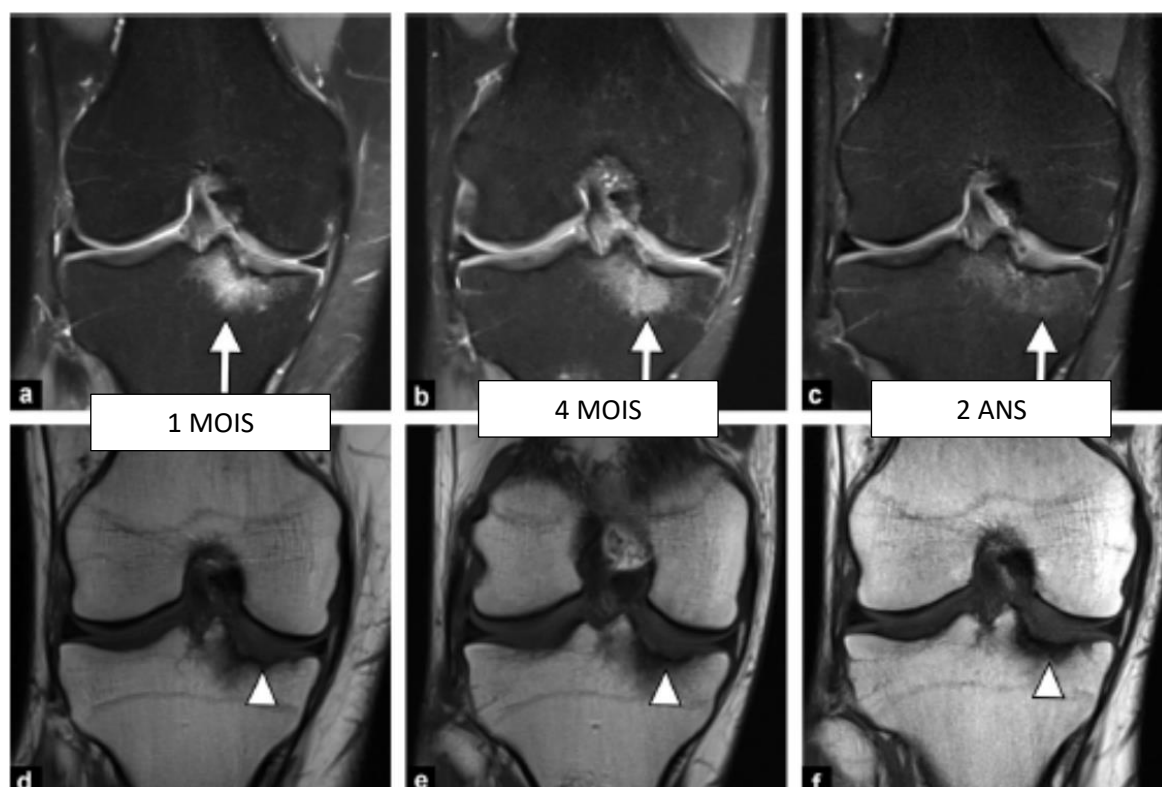
- Degré de remplissage des défauts cartilagineux
- Caractéristiques morphologiques du tissu de réparation
- Présence ou absence de délamination
- Présence d'une intégration périphérique
- Existence de fissure
- Les critères d'échec sont une modification kystique sous chondrale persistante, une perte de congruence, un remplissage incomplet et un aplatissement cortical.
- Des modifications ostéoproductives sous chondrales peuvent être observées et leur signification clinique est incertaine. Alors que la formation franche d'ostéophytes peut être un marqueur d'échec de microfracture.



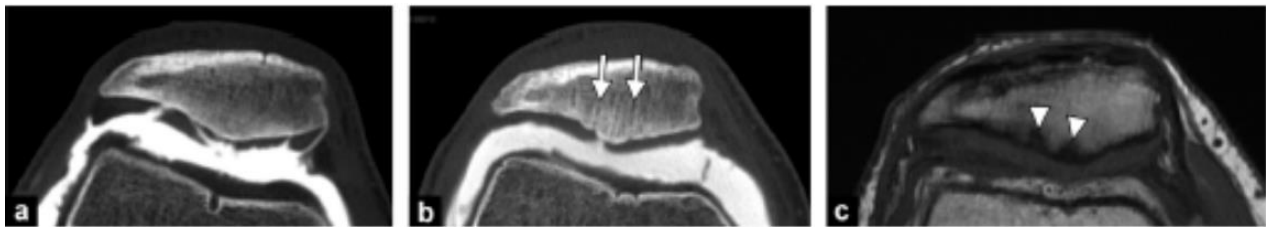
[81] IRM du genou en coupe coronale en T1, après microfracture antérieure, montrant du fibrocartilage hypointense (flèche blanche), comblant un défaut chondral antérieur, avec des bordures lisses et un remplissage complet.



[75] IRM du genou en coupe coronale pondérée T2 et FATSAT, 6 mois après stimulation locale par microfracture de l'os sous chondral, montrant un hypersignal de l'os sous chondral et la formation d'un fibrocartilage de réparation en surface.



[73] IRM du genou en coupes coronales, en DP FATSAT (a, b, c) et T1 (d, e, f), montrant l'évolution après microfractures du versant tibial du compartiment fémorotibial médial. Diminution du signal oedémateux sous chondral (flèches) et irrégularité persistante de la lame sous chondrale en T1 (têtes de flèche)



[73] Microfractures profondes et évolution. a) Coupe axiale d'arthroscanner. Nombreuses ulcérations cartilagineuses. b) Coupe axiale en arthroscanner à 1 an. Visibilité des trajets des perforations (flèches). c) IRM en coupe axiale en T1. Irrégularité de la lame sous chondrale en T1 (tête de flèche).



[81] IRM en coupe sagittale après microfracture d'une lésion chondrale du sillon trochléaire, montrant une prolifération osseuse protubérante (flèche blanche), avec un aspect aminci du cartilage.

iii. Greffe ostéochondrale autologue

Cette technique est recommandée pour les lésions relativement petites (jusqu'à 2 cm²). La greffe ostéochondrale autologue consiste à prélever des plots ostéochondraux d'une zone donneuse, peu contrainte mécaniquement (en général la partie latérale et médiale de la trochlée fémorale homolatérale) et de greffer ces plots sur la zone de défaut cartilagineux. Le cartilage obtenu est constitué d'environ 80 % de cartilage hyalin (les plots) et de 20 % de fibrocartilage (entre les plots). Son but est de remplir le défaut cartilagineux tout en maintenant la congruence os-os et l'interface cartilage-cartilage. La mise en charge doit être différée de plusieurs semaines (4 à 8 semaines habituellement).

Au niveau de l'os sous chondral, l'IRM montre, entre 4 et 6 semaines après le geste, une infiltration œdémateuse de la moelle osseuse du greffon et de l'os adjacent, avec un rehaussement

intense du greffon après injection IV de gadolinium. La revascularisation du greffon commence 4 à 6 semaines après l'intervention et son incorporation entre 6 et 9 mois.

Les complications postopératoires immédiates sont un défaut de positionnement avec mauvaise congruence articulaire (protrusion, enfoncement ou rotation des plots).

Les complications secondaires sont :

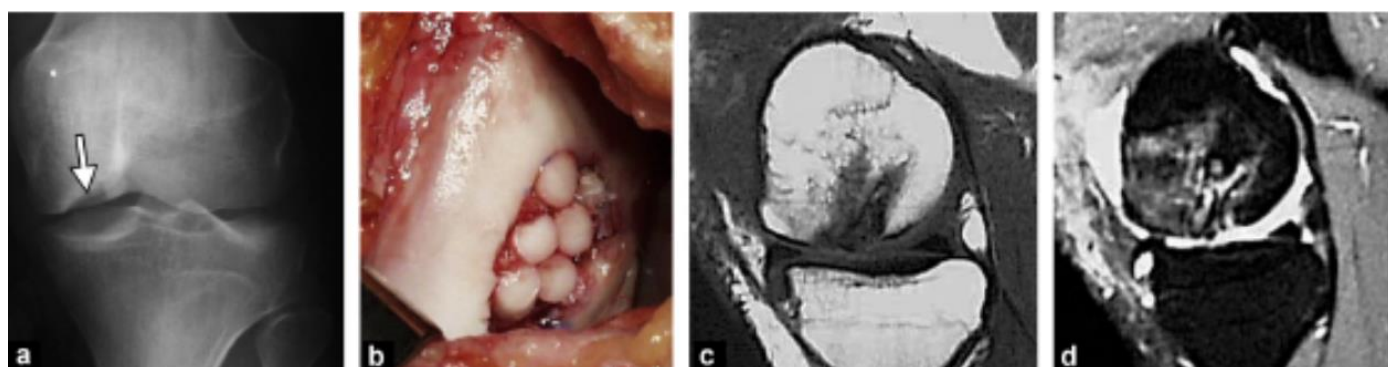
- Incongruence cartilagineuse secondaire à un mauvais positionnement des plots ou à leur déplacement.
- Des formations kystiques (signal liquidien) entre les plots et l'os adjacent : signe en faveur d'une mauvaise ostéointégration.

Le site donneur des plots ostéochondraux apparaît à l'IRM comme une zone comportant de multiples tubules de signal anormalement bas en T1 et de signal plus important en T2 comparé à celui de la MO adjacente. Après 6 à 9 mois, le signal de la MO redevient normal et le défaut cartilagineux sus-jacent est rempli par du tissu de réparation fibrocartilagineux.

Des complications sont possibles sur le site donneur, principalement des douleurs. Les principales étiologies à rechercher sont l'ostéonécrose du site donneur, des corps étrangers intra articulaires, et une incongruence des greffons.

Ainsi, les paramètres à analyser après transplantation autologue de greffons ostéochondraux sont :

- Le degré de remplissage des défauts cartilagineux par les greffons ostéochondraux
- Les caractéristiques morphologiques du tissu de réparation
- La restauration des courbures articulaires
- La présence ou absence de déplacement
- L'intégration périphérique (complète, incomplète, présence de fissure)
- Etat de l'os sous chondral (œdème, kyste)
- Recherche de complications



[73] Greffe ostéochondrale type « Mosaicplastie » : a) ostéochondrite sur la radiographie initiale (flèche) ; b) vue peropératoire de la greffe de plots ostéochondraux. Coupe sagittale en T1 (c) et DP FS (d) au 6ème mois postopératoire. Signal oedémateux persistant à ce stade dans les plots et la moelle osseuse adjacente.



[81] IRM du genou en coupes coronales en DP (A) et T2 FATSAT (B), chez un patient ayant subi une autogreffe ostéochondrale 8 mois plus tôt avec une modification kystique de l'os sous chondral (flèches blanches). Il existe une fine fissure chondrale de pleine épaisseur au bord médial du greffon avec modification kystique associée. Le reste des résultats montre une solide incorporation du greffon sans complication. Ce changement kystique et ce signal oedémateux peuvent être une constatation normale dans les 1-2 premières années.

iv. Greffe de chondrocytes autologues

Technique peu utilisée, du fait de la nécessité d'une logistique importante. Elle est réservée aux lésions trop larges pour réaliser des transplantations autologues et pour lesquelles les procédures moins invasives ont échoué.

Elle consiste à prélever lors d'une première intervention, des copeaux de cartilage en zone de faible importance mécanique, puis à les mettre en culture in vitro, pour enfin les réimplanter quelques semaines plus tard dans le défaut cartilagineux.

L'aspect IRM dépend de l'âge du tissu :

- Dans la phase précoce, le transplant du cartilage est hétérogène, de signal intermédiaire en T1, et d'intensité liquidienne en T2. Il se rehausse de façon forte après injection de gadolinium.
- Progressivement, son signal va se rapprocher de celui du cartilage natif, mais il reste fréquemment hétérogène. L'intégration entre le greffon et le cartilage natif est considérée comme complète si la jonction entre les 2 surfaces est continue sans zone de transition.
- En IRM, il peut persister une fine ligne hypo ou hyperintense à la jonction entre le greffon et le cartilage natif, qui peut être confondue avec une fissure. Cette ligne se distingue en IRM par son orientation bien perpendiculaire à la surface articulaire.

L'intégration entre l'os sous chondral et le greffon se fait progressivement. La délamination du greffon résulte d'une mauvaise intégration au niveau de l'os sous chondral et se produit classiquement dans les 6 mois qui suivent la procédure. Le greffon délaminé peut rester en place (séparé du tissu osseux sous-jacent par une lame liquide) ou se déplacer dans l'articulation (la zone du greffon est alors remplie de liquide à l'IRM).

L'œdème intra osseux sous chondral visible après l'intervention va disparaître au cours de la première année. Sa persistance étant de mauvais pronostic.

Les complications les plus fréquentes sont :

- Les adhérences intra articulaires (5–10% des patients)
- L'hypertrophie du périoste implanté (26% des patients), n'est pas toujours symptomatique
- L'épaississement du greffon avec de petits bombements focaux

Ainsi, les principaux paramètres à analyser en IRM après transplantation autologue de chondrocytes sont :

- Le degré de remplissage des défauts cartilagineux par les chondrocytes
- Les caractéristiques morphologiques du tissu de réparation
- L'intégration périphérique (complète, incomplète, présence de fissure)
- Présence ou absence de délamination
- Etat de l'os sous chondral (œdème, kyste)
- Recherche de complication

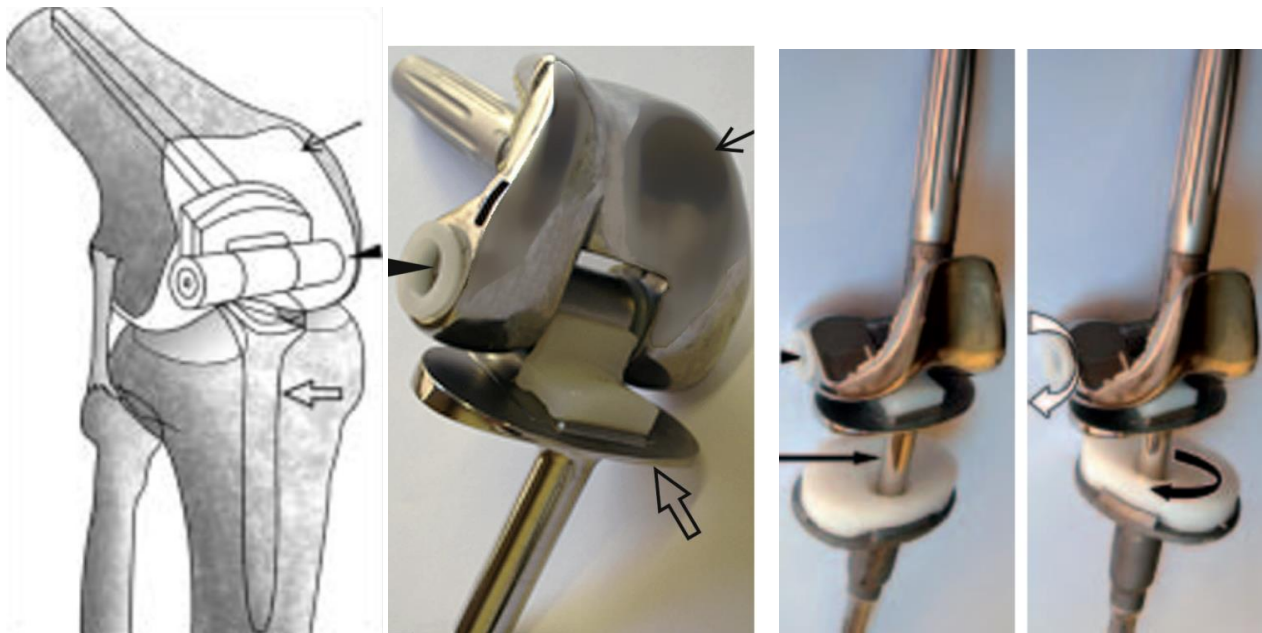
5. Imagerie des prothèses du genou

Le but de l'implantation d'une prothèse du genou est d'obtenir une articulation indolore, stable et axée, garante pour le patient d'une optimisation du confort et d'une durée de vie de l'implant aussi importante que possible [77].

a. Types de prothèses

i. Prothèses à charnières

Ou prothèses « contraintes » sont les prothèses les plus anciennes [76]. Elles sont actuellement rarement utilisées (5% des cas) [76], mises en place en cas de destruction ligamentaire sévère [77]. Elles réunissent le fémur au tibia, par un axe mécanique horizontal mobile autorisant les mouvements en flexion-extension. Les modèles plus évolués (prothèses de 2^{ème} – 3^{ème} générations) permettent également des mouvements rotatoires grâce à un axe vertical s'emboîtant dans l'embase tibiale.



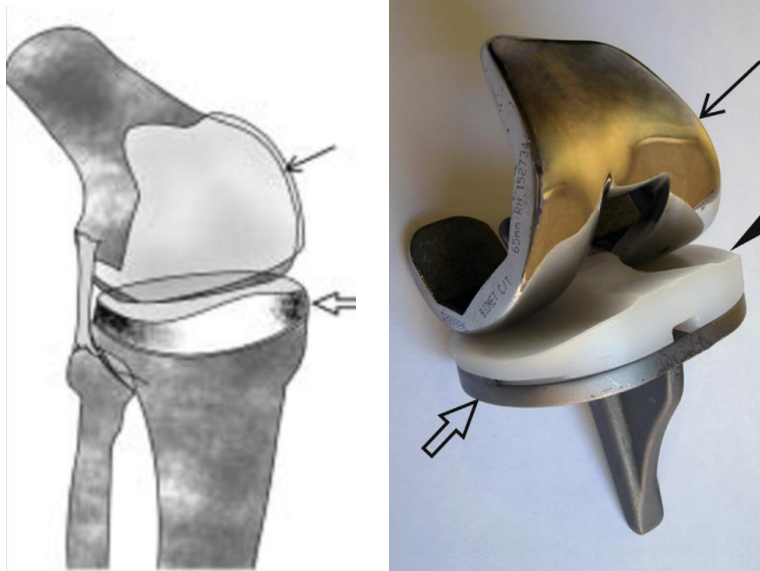
[76] (a, b) Prothèse à charnière. Bouclier fémoral (flèche), axe mécanique (tête de flèche), implant tibial (flèche creuse). (c, d) Modèle de prothèse à charnière avec axe vertical permettant les mouvements en rotation interne-externe. c. Axe horizontal permettant la flexion-extension (tête de flèche), et axe vertical permettant la rotation interne-externe (flèche). d. Rotation autour de l'axe vertical.



[76] TDM du genou en coupes coronale (a) et sagittale (b). Prothèse à charnière. Implant fémoral (flèche), axe mécanique (tête de flèche), implant tibial (flèche blanche)

ii. Prothèses à glissement [76]

Elles sont plus récentes, dites aussi « non contraintes » ou « semi-contraintes ». Elles visent à reproduire les différents mouvements physiologiques du genou (flexion-extension, varus-valgus, rotations). Elles nécessitent l'intégrité des ligaments collatéraux.



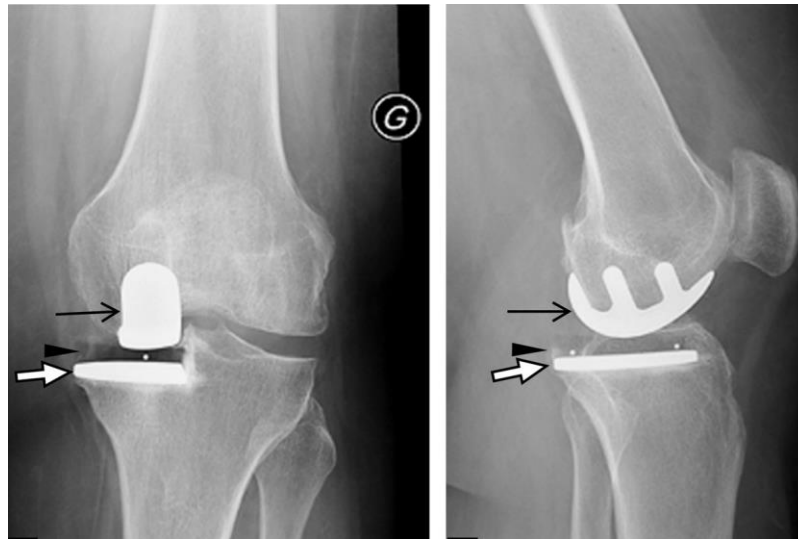
[76] Prothèse à glissement. Bouclier fémoral (flèche), embase tibiale (flèche creuse), tampon de polyéthylène (tête de flèche).

Au sein des prothèses à glissement, en fonction du nombre de compartiments remplacés, on distingue :

A) Les prothèses unicompartmentaires PUC :

Un seul compartiment est remplacé. Elles nécessitent pour être posées l'intégrité du LCA, ce qui justifie parfois la réalisation d'une IRM préopératoire pour s'en assurer. En fonction du compartiment remplacé, on distingue :

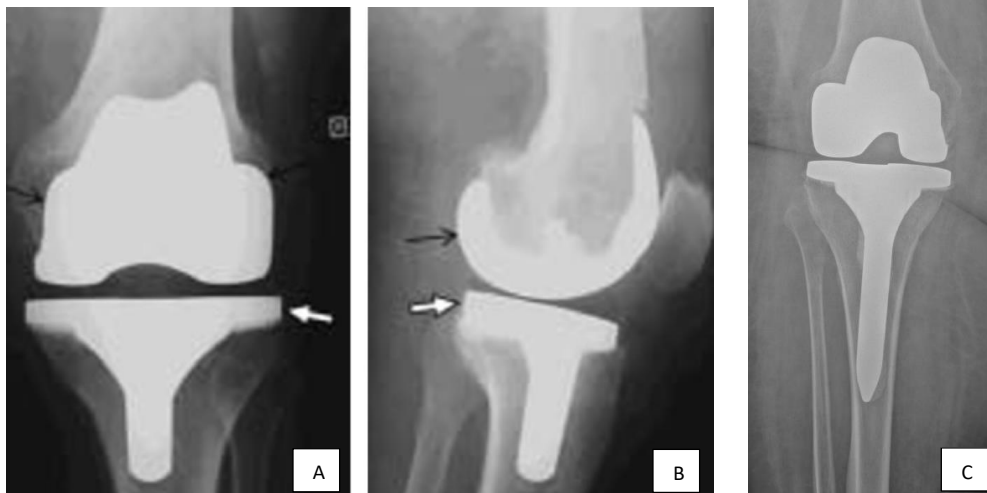
- Les prothèses unicompartmentaires fémorotibiales : Remplacement prothétique des deux versants du compartiment médial ou latéral par :
 - Un condyle prothétique métallique unilatéral remplaçant les surfaces inférieure et postérieure du condyle natif
 - Une embase tibiale métallique unilatérale
 - Un tampon de polyéthylène fixé (prothèse à plateau fixe) ou non (prothèse à ménisque mobile, réservée uniquement au compartiment médial) sur l'embase tibiale. Le polyéthylène est radiotransparent.
- Les prothèses fémoro-patellaires : Remplacement de la trochlée native par une pièce prothétique métallique et mise en place en regard d'un médaillon patellaire en polyéthylène.



[76] Radiographie du genou avec incidence de face (a) et de profil (b), montrant une prothèse unicompartmentaire fémoro-tibiale médiale. Condyle prothétique (flèche), embase tibiale (flèche blanche), tampon de polyéthylène (tête de flèche).

B) Les prothèses bi-compartmentaires :

Remplacement dans le même temps des compartiments fémorotibiaux médial et latéral. La patella native est laissée en place intacte. La technique et les critères d'implantation sont les mêmes que pour les prothèses totales de genou PTG.



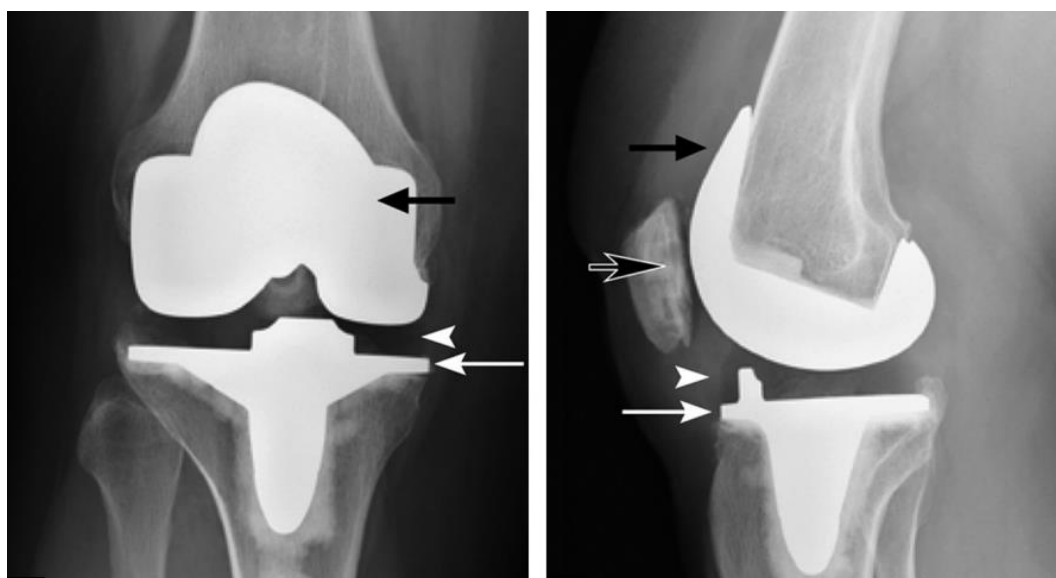
A-B. [76] Radiographies de face et de profil d'une prothèse bi-compartmentaire. Bouclier fémoral (flèche), embase tibiale (flèche blanche).

C. Prothèse bi-compartmentaire. Image du service de radiologie, CHU Hassan II de Fes.

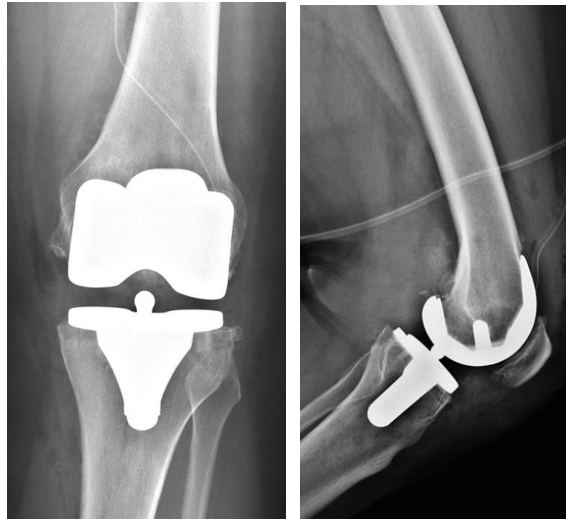
C) Les prothèses tri-compartmentaires :

C'est la prothèse totale du genou (PTG). Elle correspond au remplacement prothétique de l'ensemble des compartiments fémorotibiaux et fémoropatellaire par une pièce prothétique fémorale métallique, comportant 2 condyles et une trochlée, une embase tibiale métallique, un tampon de polyéthylène fixé à l'embase tibiale, avec un bouclier patellaire de polyéthylène. L'embase métallique tibiale et le tampon de polyéthylène peuvent être solidaires l'un de l'autre, on parle alors de prothèse « à plateau fixe », s'opposant ainsi aux prothèses dites à « plateau mobile », où le tampon de polyéthylène n'est pas fixé au plateau métallique, et bénéficie ainsi d'un certain degré de mobilité supplémentaire.

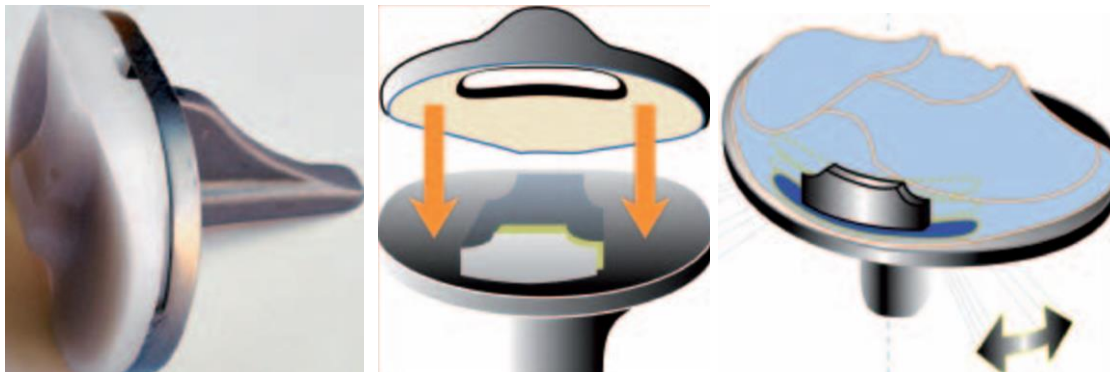
Parmi les prothèses à plateau fixe, on distingue les prothèses où le LCP est conservé, et celles où il ne l'est pas. Ces dernières nécessitent alors un mécanisme stabilisateur empêchant le recul du tibia sous le fémur en flexion. Les mécanismes permettant de substituer la fonction du LCP sont un 3^{ème} condyle ultra congruent, came tibiale et butée fémorale, et des plateaux tibiaux relevés). On parle alors de prothèses « postéro-stabilisées ».



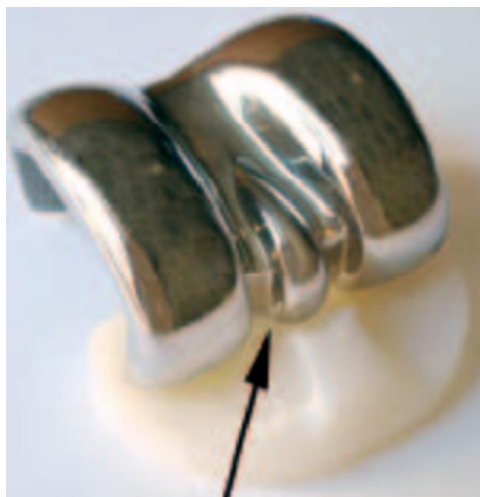
[76] Radiographie du genou, avec incidence de face (a) et de profil (b). Prothèse tricompartimentaire. Bouclier fémoral (flèche noire), bouclier patellaire (flèche noire avec liseré blanc), tampon de polyéthylène (tête de flèche), embase tibiale (flèche blanche)



Radiographie de face et de profil, montrant un autre modèle de prothèse tricompartmentaire.



[76] A. Prothèse à plateau fixe (tampon de polyéthylène et embase tibiale solidaires). B, C. Schéma d'une prothèse à plateau mobile (prothèse HLS rotatoire®)



[76] Prothèse postéro-stabilisée par un 3^{ème} condyle (flèche).

D) Autres

- Prothèses pour reprise
- Contexte oncologique.

iii. Fixation de la prothèse [76]

La fixation des différents implants peut se faire avec ou sans ciment, en fonction des écoles et du type de prothèse utilisée. Le ciment joue un rôle de joint entre la pièce prothétique et l'os porteur, permettant une mobilisation précoce et une reprise rapide de la marche.

En l'absence de ciment, les zones de contact entre les pièces prothétiques et l'os porteur doivent être maximales et les surfaces prothétiques sont traitées de façon à permettre une ostéointégration parfaite (irrégularité et porosité des surfaces prothétiques, plots d'encrages...)

b. Critères d'implantation correcte

i. Prothèse uni compartimentaire [76]

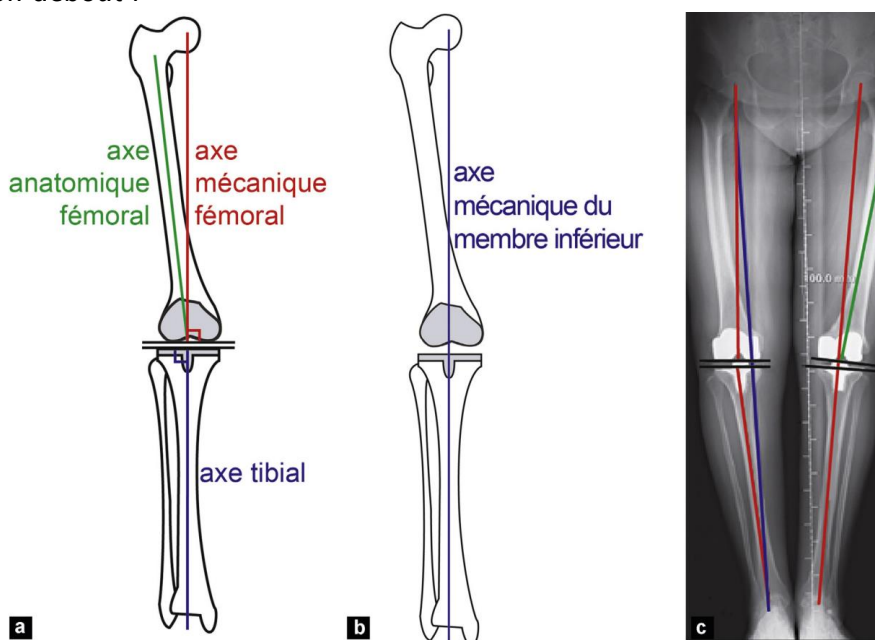
Concernant les prothèses unicompartmentaires, l'objectif postopératoire est de ne pas surcorriger le défaut qui existait avant l'intervention. Par exemple en cas de gonarthrose médiale sur genu varum, on ne doit pas passer en genu valgum, ce qui déchargerait le compartiment prothésé et entraînerait une usure prématurée du compartiment latéral.

ii. Prothèse totale du genou PTG

L'objectif après arthroplastie totale est d'obtenir un genou normo-axé dans les 3 plans de l'espace, et un équilibre ligamentaire en flexion et extension. L'évaluation de la situation de la prothèse doit donc se faire impérativement dans les 3 plans.

A) Plan frontal :

L'appréciation de la position de la prothèse dans le plan frontal s'étudie sur la goniométrie en charge en position debout :



[76, 77] a) Schéma du tracé des différents axe :

Axe mécanique fémoral : axe passant par le centre de la tête fémoral et le milieu de l'échancrure intercondylienne

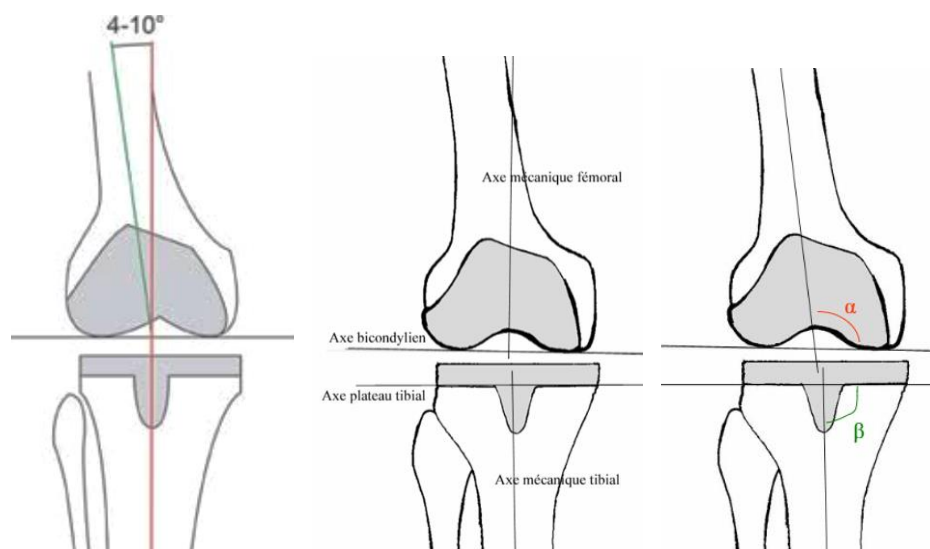
Axe anatomique fémoral et tibial : axe diaphysaire. Axe mécanique du tibial = axe anatomique.

b) axe mécanique du genou (ou axe mécanique du mb inférieur) : angle compris entre les axes mécaniques fémoral et tibial

c) goniométrie en charge : axe du membre inférieur en bleu, axes mécaniques fémoral et tibial en rouge, axe anatomique fémoral en vert.

Les critères d'implantation correcte d'une PTG dans le plan frontal sur goniométrie en charge sont les suivants :

- L'axe mécanique du genou (ou axe du MI) en charge doit être compris entre 3° de varus et 3° de valgus.
- L'angle tibio-fémoral, formé entre l'axe anatomique du fémur et l'axe anatomique du tibia doit être compris entre 4 et 10° de valgus.
- L'interligne articulaire doit être horizontal : la tangente aux condyles prothétiques est perpendiculaire à l'axe mécanique fémoral, et la tangente au plateau tibial est perpendiculaire à l'axe mécanique tibial.
- Le compte rendu radiologique doit mentionner la position des pièces prothétiques de façon précise par des mesures angulaires. Les angles de référence sont mesurés sur le secteur médial, et sont définis comme suit :
 - Angle α : angle entre la ligne bicondylienne, et l'axe anatomique fémoral.
 - Angle β : angle entre la tangente à l'embase tibiale et l'axe anatomique tibial.



[76] A) Angle tibio-fémoral : entre les axes anatomiques fémoral et tibial (normal : 4-10° valgus). B) La tangente aux condyles est perpendiculaire à l'axe mécanique du fémur, et la tangente au plateau tibial est perpendiculaire à l'axe mécanique du tibia.

C) Mesure angulaire dans le plan frontal. Les mesures se font sur le secteur médial. Angle alpha : ligne bicondylienne-axe anatomique fémoral. Angle beta : ligne embase tibiale - axe anatomique tibial.

B) Plan sagittal :

Versant fémoral

- La prothèse doit être correctement proportionnée, sans surdimension prothétique AP par rapport au côté controlatéral non prothésé. Une surdimension AP de la pièce fémorale a un retentissement à la fois sur l'espace postérieur en flexion et sur l'espace antérieur fémoropatellaire. Lorsque ces 2 espaces sont trop serrés, la flexion est limitée en douloureuse.

- La ligne de coupe fémorale inférieure doit être perpendiculaire à l'axe anatomique du fémur, et il ne doit pas y avoir d'encoche corticale antérieure (Notch) au niveau de la jonction entre la corticale fémorale antérieure et l'implant fémoral.

Versant tibial

La pente postérieure (définie comme l'angle entre la ligne perpendiculaire à l'axe anatomique tibial et la tangente à l'embase tibiale) : varie entre 0° (embase perpendiculaire à l'axe anatomique du tibia), et 7°. Cette pente postérieure constitue un mécanisme stabilisateur empêchant le recul du tibia sous le fémur en flexion.

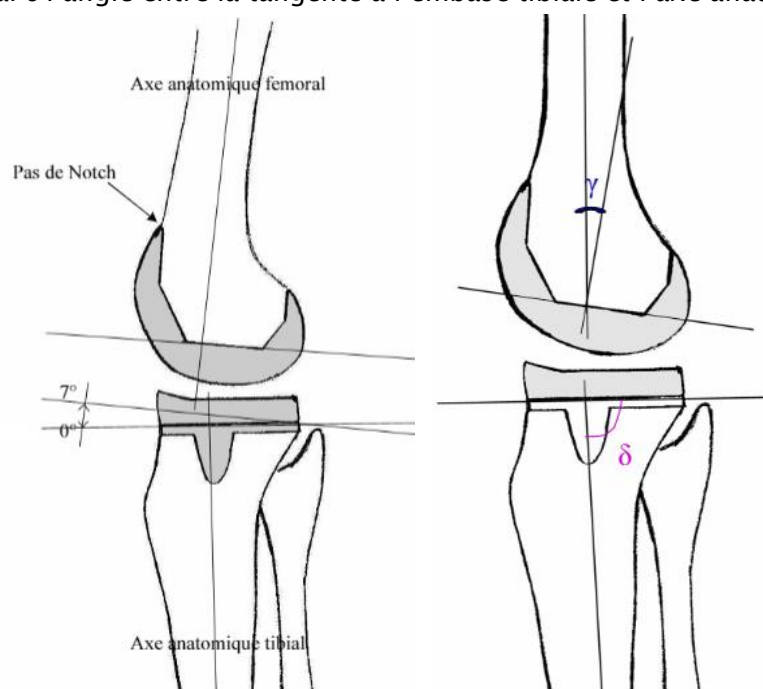
Versant patellaire

La hauteur de la patella est appréciée par la mesure du rapport entre la hauteur de la patella / la distance entre l'extrémité inférieure de la patella et le rebord supérieur du tampon de polyéthylène.

Mesures

Le compte rendu radiologique doit mentionner la position des pièces par la mesure reproductible de certains angles évalués au niveau du secteur postérieur :

- Angle sagittal fémoral γ : définit comme l'angle formé entre la ligne perpendiculaire au plan de coupe fémoral, et l'axe fémoral (positif en flexion, négatif en récurvatum)
- Angle sagittal tibial δ : angle entre la tangente à l'embase tibiale et l'axe anatomique tibial.



[76] A) Critères d'implantation correcte de profil. Axe anatomique fémoral perpendiculaire au plan de coupe fémoral. Pente postérieure du plateau tibial (ou tampon de polyéthylène) entre 0 et 7° par rapport à la perpendiculaire à l'axe tibial.

B) Positionnement angulaire des pièces dans le plan sagittal mesuré au niveau postérieur. Angle sagittal fémoral γ : axe anatomique fémoral - ligne perpendiculaire au plan de coupe. Angle sagittal tibial δ : axe anatomique tibial - plateau tibial.

C) Plan axial :

Le positionnement de la prothèse dans le plan axial est déterminant pour le bon fonctionnement de l'articulation fémoropatellaire. Bon nombre de complications et de douleurs chroniques seraient liées à un mal positionnement dans ce plan.

L'appréciation du positionnement axial correct est difficile. Le scanner par son appréciation directe en coupe paraît l'outil idéal. Les paramètres suivants peuvent ainsi être mesurés :

Au niveau de la pièce fémorale

- On mesure l'angle entre la ligne biépicondylienne et la ligne bicondylienne postérieure.
- Une rotation externe de la ligne biépicondylienne de 3 à 6° par rapport au plan bicondylien est classiquement jugée normale.

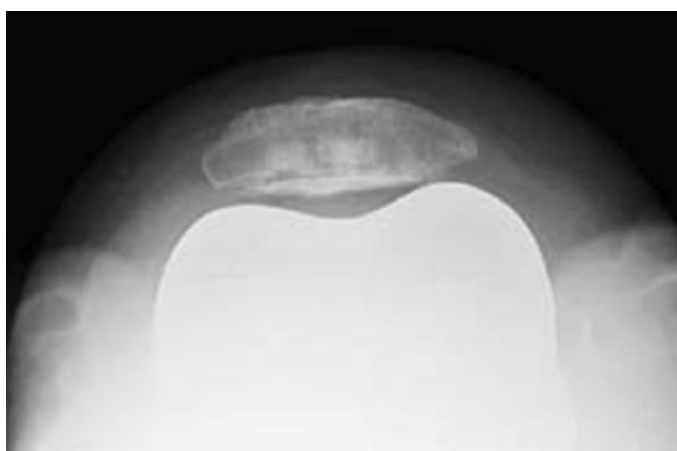
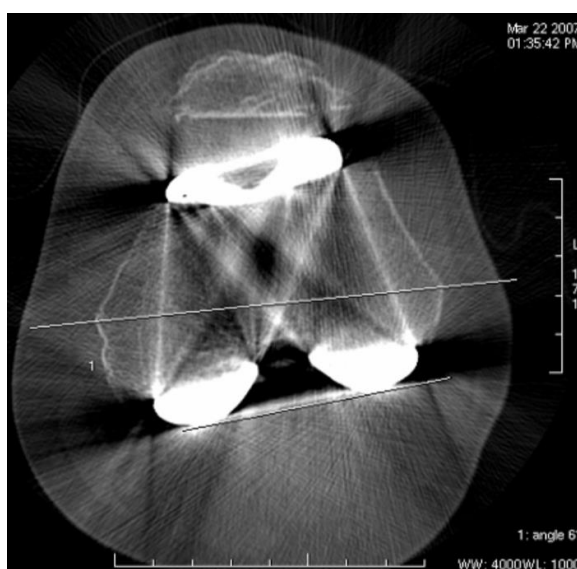
Au niveau de la pièce tibiale

- Sa position dans le plan axial peut être évaluée par l'angle formé par 2 droites se croisant au centre de l'embase tibiale.
- L'une passant par le milieu du bord antérieur de l'embase
- La seconde passant par la TTA.

Au niveau de la pièce patellaire :

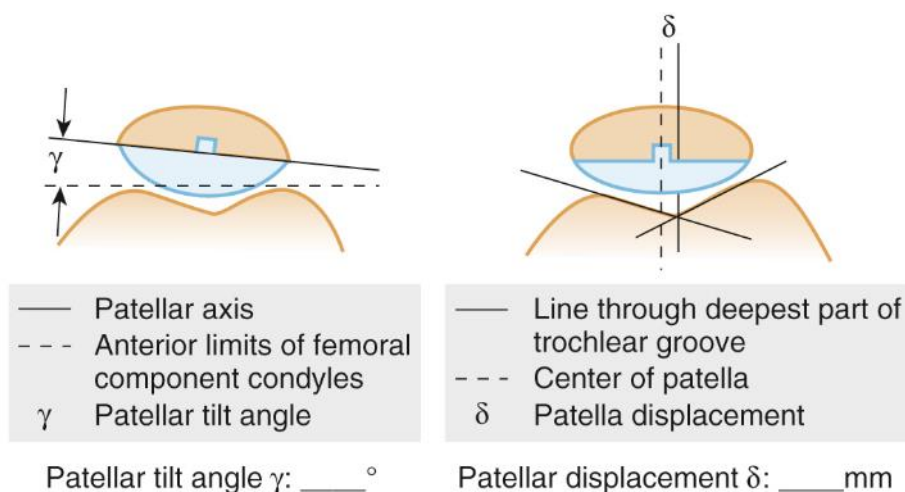
Le bon positionnement est apprécié par le centrage du médaillon patellaire par rapport à la trochlée prothétique. Il est nécessaire de mesurer (voir figure) :

- L'angle de l'inclinaison rotulienne : entre une ligne tracée le long des condyles fémoraux antérieurs et une ligne le long de l'interface prothèse/os. L'inclinaison rotulienne n'est pas rare.
- Le déplacement rotulien.



[76] A) Rotation externe de la ligne biépicondylienne par rapport au plan bicondylien postérieur.

B) Incidence fémoropatellaire : centrage correct du médaillon patellaire au centre de la trochlée prothétique.



[80] A) Mesure de l'angle de l'inclinaison rotulienne. B) Mesure du déplacement rotulien

	Plan frontal	Plan sagittal	Plan axial
Goniométrie en charge	Axe mécanique du genou : 3° varus, 3° valgus Angle axe anatomique fémoral – axe tibial : 4–10° valgus		
Implant fémoral	Angle α : Axe anatomique fémoral – axe bicondylien Axe mécanique fémoral perpendiculaire à l'axe bicondylien	Angle γ Axe anatomique fémoral perp à la ligne de coupe Encombrement prothétique AP Absence de Notch	Scanner : Angle entre la ligne biépicondylienne – ligne bicondylienne postérieure : 3–6°
Implant tibial	Angle β : Axe tibial – plateau tibial. Axe tibial perpendiculaire au plateau tibial	Angle δ Pente tibiale postérieure : 0–7°	Scanner : Angle de rotation de l'embase tibiale / TTA
Implant patellaire		Hauteur de la patella	Centrage de la patella / trochlée prothétique

[76] Paramètres d'évaluation d'une PTG.

c. Protocole de surveillance radiologique

Le bilan radiographique initial réalisé immédiatement en postopératoire précoce comporte un cliché de face, un profil et une incidence fémoropatellaire. Par la suite, on proposera un bilan radiographique de suivi à 1.5 mois, 3 mois, 6 mois, 1 an, puis tous les 2 ans, par les incidences de face et de profil en charge et défilés fémoro–patellaires 30 et 60°.

Au cours de la première année, une goniométrie en charge peut être réalisée et fournit un bilan de référence pour le suivi ultérieur.

En cas de point d'appel clinique ou de suspicion de complication, le bilan radiographique comportera des clichés standards parfois complétés par des clichés dynamiques, une exploration TDM, voire une échographie selon la pathologie suspectée.

d. Imagerie des complications

i. Descellement aseptique

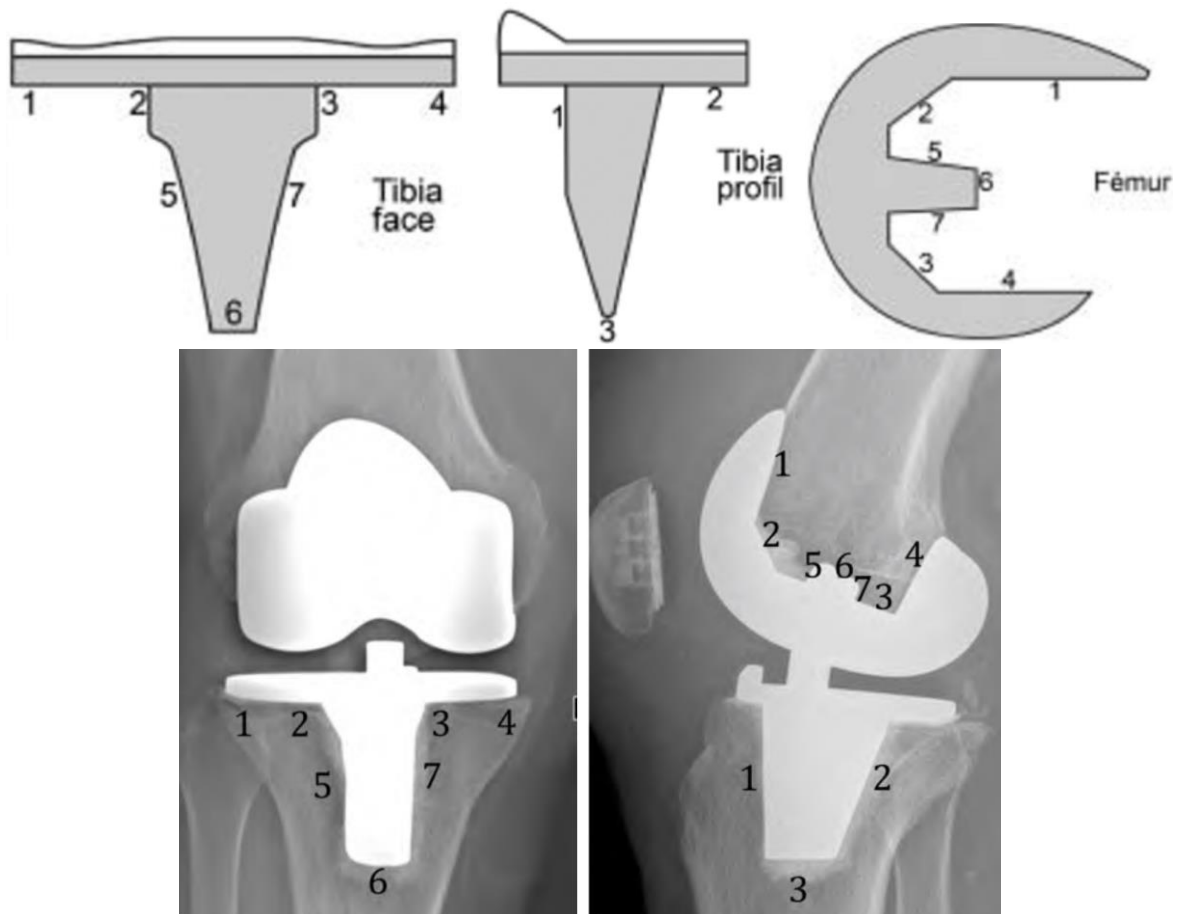
Le descellement aseptique mécanique est la cause principale de douleurs des PTG, survenant en moyenne 7 ans après l'implantation. Il peut résulter de contraintes mécaniques, d'une ostéolyse secondaire à des débris de particules et/ou à un mauvais capital osseux. Le diagnostic est généralement posé devant des douleurs d'apparition secondaire après un intervalle libre d'indolence. Le composant tibial se descelle plus fréquemment que le composant fémoral [80].

Les signes cardinaux qui font suspecter un descellement sont :

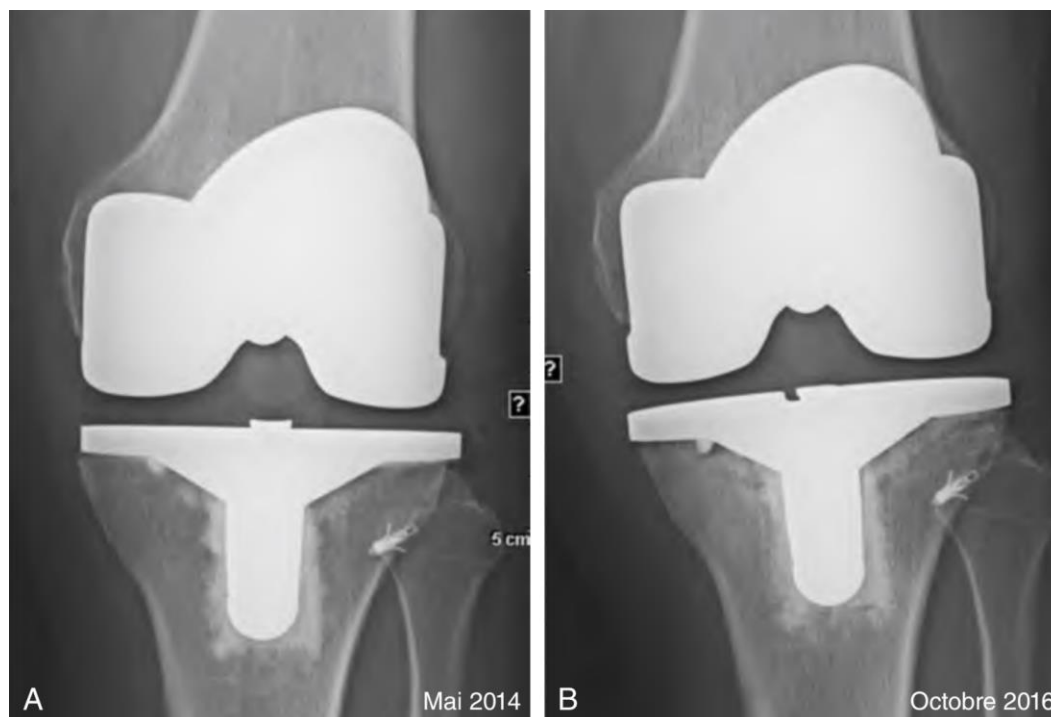
- Un liseré clair péri prothétique :
 - En théorie, il ne doit normalement pas exister de liseré à l'interface os-métal.
 - En réalité, un fin liseré inférieur à 2 mm d'épaisseur peut être toléré à l'interface ciment-os ou à l'interface prothèse-os s'il reste stable, et qu'il est apparu dans les 6 premiers mois (pour une prothèse cimentée) ou dans les 2 premières années suivant la pose (pour une prothèse sans ciment).
 - Un liseré supérieur à 2 mm, un liseré apparu au-delà des délais précédemment définis, un liseré étendu sur toute la surface du plateau tibial ou un liseré évolutif avec le temps doit faire évoquer un descellement de la prothèse.
 - La topographie et l'épaisseur des liserés doivent être répertoriées sur un schéma selon la classification d'Ewald afin d'obtenir un suivi évolutif optimal. Ces lignes claires sont décrites par leur localisation : prothèse-os, prothèse-ciment, os-ciment.
 - Ces lignes peuvent être délimitées par une fine ligne sclérotique adjacente, permettant de les distinguer de la clarté mal définie de l'ostéopénie.
- Déplacement d'un implant prothétique par rapport au squelette porteur : la position angulaire des pièces prothétiques par rapport aux axes osseux doit être mesurée sur les clichés successifs de surveillance afin de détecter de façon objective et précoce la migration de l'implant.
- Fracture de ciment : traduit simplement la migration ou la mobilité de l'implant prothétique par rapport à l'os porteur.

La présence d'un kyste poplité peut être un signe indirect de descellement.

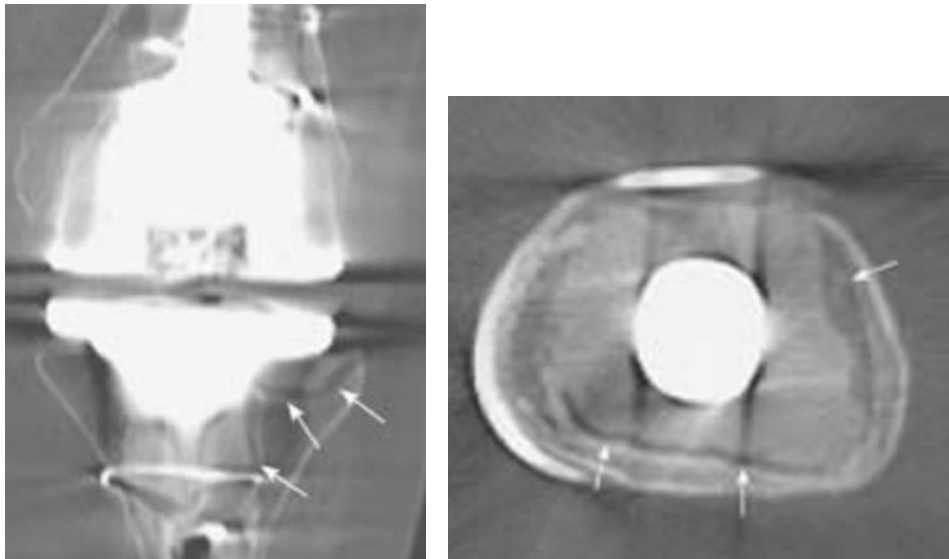
A noter que la malposition initiale de la prothèse est la principale cause de descellement [79].



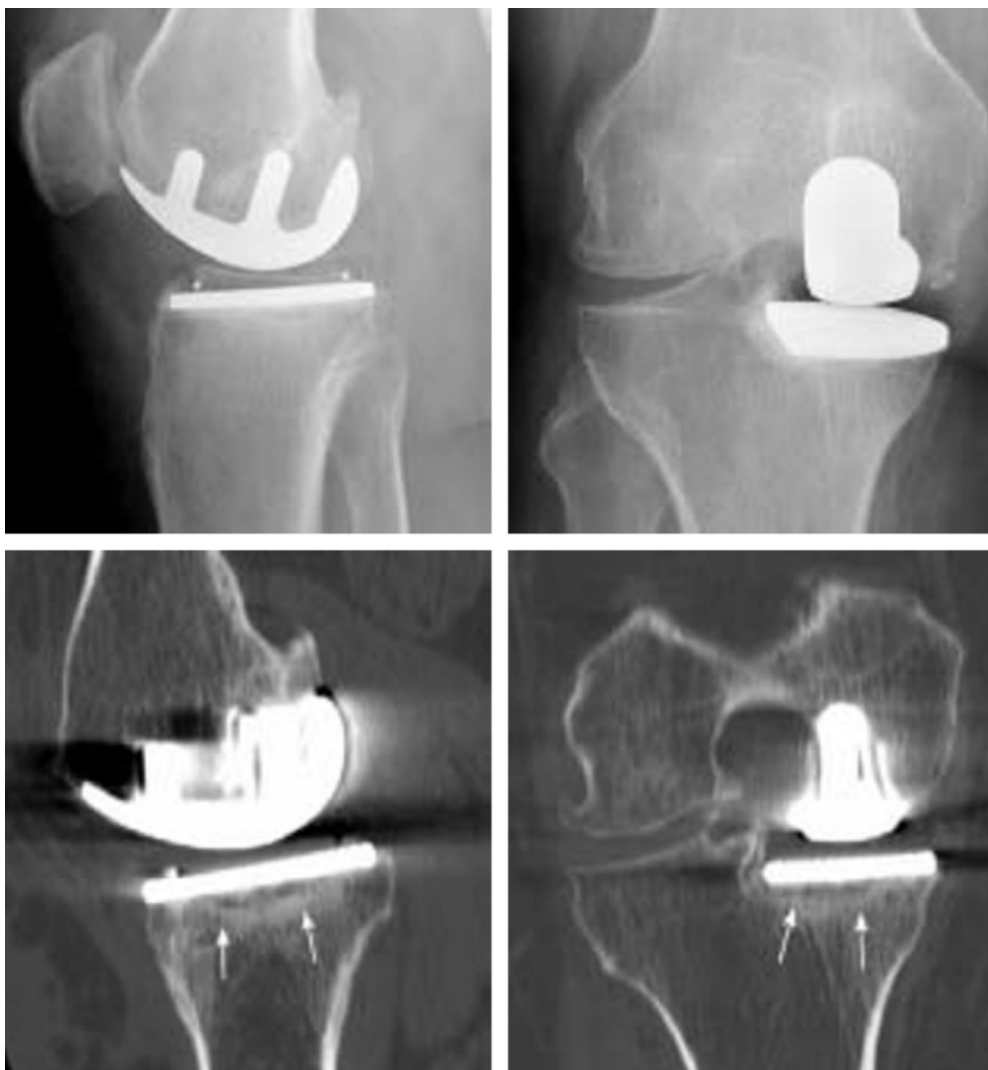
[76, 79] Classification des zones d'Ewald.



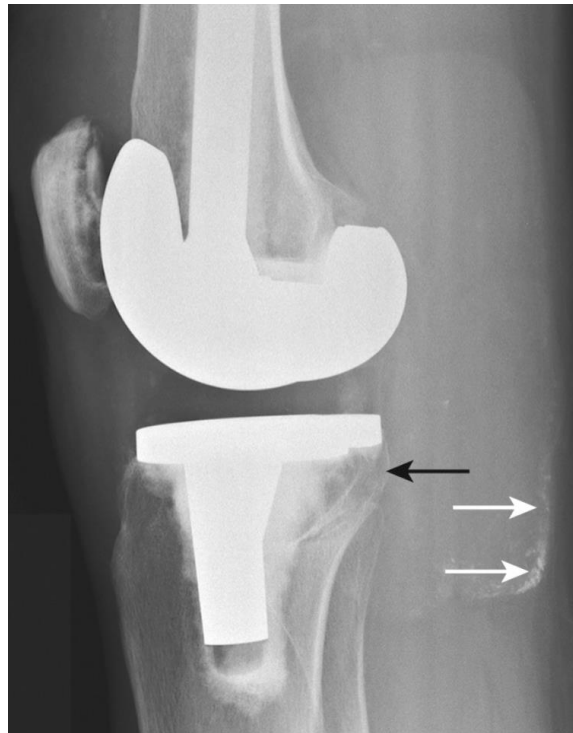
[79] Radiographie de face d'une PTG posée en 2010, devenue douloureuse au cours de l'année 2016. A) En 2014, absence de liseré visible. B) En 2016, apparition d'un liseré de descellement mécanique à la jonction prothèse-os en zones 1 et 2, et à la jonction ciment-os en zones 3 et 4.



TDM du genou en coupe coronale (a) et axiale (b). Liseré clairs (flèches) à l'interface ciment-os, épais (supérieur à 2 mm), en zones 3, 4, 6 et 7 de la pièce tibiale, en rapport avec un descellement sur prothèse de reprise.



[76] Descellement de l'embase tibiale d'une prothèse unicompartmentaire : meilleure détection du liseré à l'interface métal-os de l'embase tibiale (flèches) sur les images scannographiques par rapport aux radiographies standards.



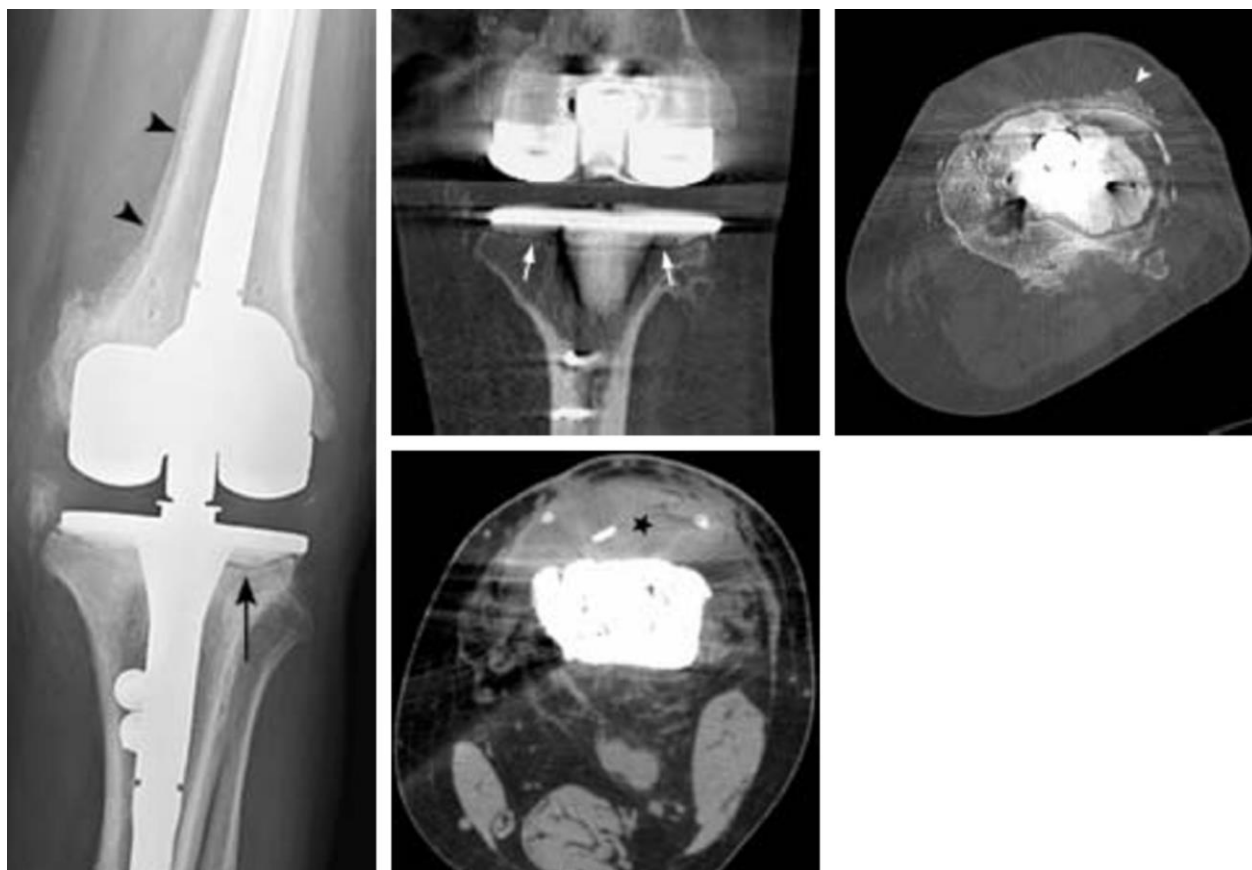
[80] Radiographie de profil après révision d'une PTG, montrant une opacité du creux poplité avec une paroi contenant des calcifications, en rapport très probablement avec un kyste poplité (flèches blanches). Une ostéolyse est également observée au niveau de l'embase tibiale postérieure (flèche noire), ainsi qu'un descellement du composant rotulien.

ii. Complications infectieuses

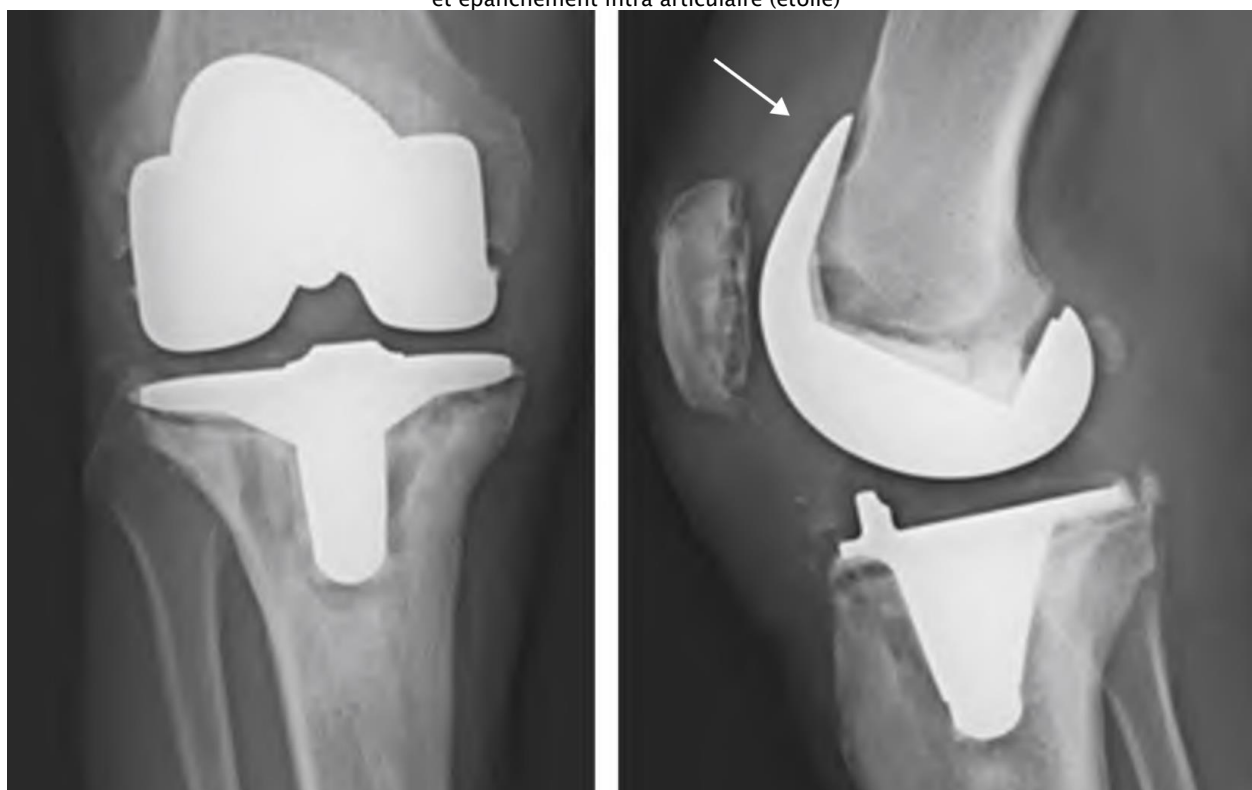
Complication redoutable, heureusement rare (incidence 1–6%), mais cependant la première cause de complication précoce des PTG. On différencie les infections aiguës, survenant dans les 3 mois suivant la pose de prothèse, et qui se manifestent comme une arthrite septique, des infections tardives qui peuvent évoluer à bas bruit et être de diagnostic difficile. Les signes radiologiques sont inconstants et aspécifiques : Les 3 P :

- Signes de descellement (liseré clair, ostéolyse) rapidement **p**rogressifs (descellement septique)
- Réactions **p**ériostées en réponse au processus infectieux ostéomyélique
- Atteinte des **p**arties molles : Bulles d'air au sein des parties molles ou d'une collection, en rapport avec la production gazeuse bactérienne

En cas de suspicion d'infection et d'épanchement articulaire ou de collection des parties molles, une ponction contrôlée par l'imagerie peut confirmer le diagnostic.



[76] Décollement septique. Liseré (flèches) à l'interface ciment-os de l'embase tibiale. Appositions périostées (têtes de flèches) et épanchement intra articulaire (étoile)



[79] Radiographie du genou de face et de profil, montrant un épais liseré de descellement à la fois sur le versant fémoral et le versant tibial dans le cadre d'un sepsis, chez un patient présentant des douleurs importantes du genou d'apparition récente sur une prothèse posée depuis 5 ans. A noter la présence d'un épanchement au niveau du cul de sac sous quadriceps (flèche).

iii. Malposition et maladaptation des pièces

Il s'agit de la principale cause de descellement. Les clichés radiographiques standards (face, profil, incidences axiales) et la goniométrie en charge permettent l'évaluation du positionnement angulaire des différentes pièces prothétiques par rapport aux axes anatomiques et mécaniques, et de détecter les anomalies de position dans les plans frontal et sagittal.

Le scanner permet l'évaluation des anomalies de rotation fémorale dans le plan axial.

Les conflits sont multiples, et les principales localisations sont [79] :

- Conflit par débord médial du composant prothétique tibial qui entraîne une irritation douloureuse du LCM. Ce conflit est moins fréquent en cas de débord latéral, car le LCL est plus à distance de la pièce osseuse.
- Conflit entre la facette latérale de la patella et le condyle fémoral latéral après resurfaçage quand l'implant patellaire positionné de façon médiale, laisse une facette osseuse patellaire non couverte.
- Composant patellaire trop fin ou placé de façon proximale par rapport à la patella, qui entraîne une irritation chronique de la face postérieure du tendon quadricipital. Il existe alors un développement progressif d'un nodule fibreux de la face profonde du tendon quadricipital. Cette complication est surtout observée dans les prothèses de premières générations postéro stabilisées, dans lesquelles il existe une transition brutale entre la région antérieure du composant fémoral prothétique et l'espace intercondylien
- Conflit postérieur avec la fabella ou avec des ostéophytes résiduels.

Pour les maladaptation, la prothèse doit être correctement proportionnée, sans surdimension prothétique AP par rapport au côté controlatéral non prothésé, et sans encoche corticale antérieure ou Notch.



[76] Malposition patellaire : patella en position basse en butée contre l'embase tibiale.



[76] Malposition de la pièce tibiale : aspects radiographique et scannographique d'une malposition de l'implant tibial/axe anatomique du tibia.



[79] Mauvais positionnement de l'implant tibial qui présente un débord médial entraînant un conflit sur les tendons de la patte d'oie (flèche).



Maladaptation et disproportion de l'implant fémoral.

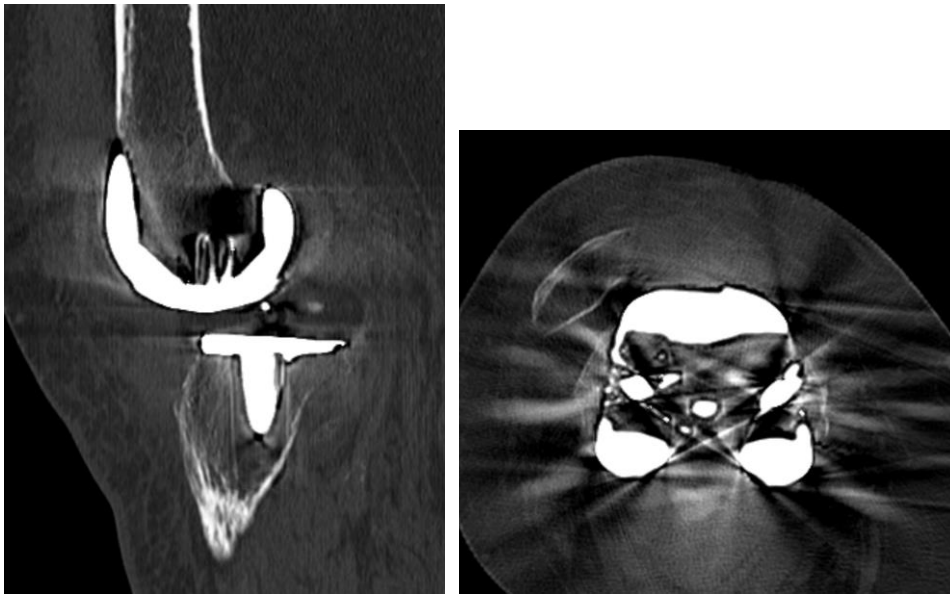
iv. Instabilité et luxation fémorotibiale

Le bon fonctionnement des prothèses à glissement nécessite l'association d'un positionnement angulaire correct des pièces et d'un bon équilibre capsulo-ligamentaire. En effet, les déformations préexistantes à la pose de prothèse (genu-varum, genu-valgum) induisent un déséquilibre ligamentaire qui doit être corrigé lors de la pose de l'arthroplastie.

Dans le cas particulier des prothèses postéro-stabilisées, disposant d'un mécanisme stabilisateur palliant la résection du LCP, l'instabilité peut se manifester par la luxation postérieure du tibia derrière l'implant fémoral. Cet accident survient généralement chez les patients ayant bénéficié d'une excellente mobilité précoce après la pose de prothèse.



[76] TDM du genou, avec reconstruction coronale, qui met en évidence une luxation fémorotibiale post traumatique d'une PTG.

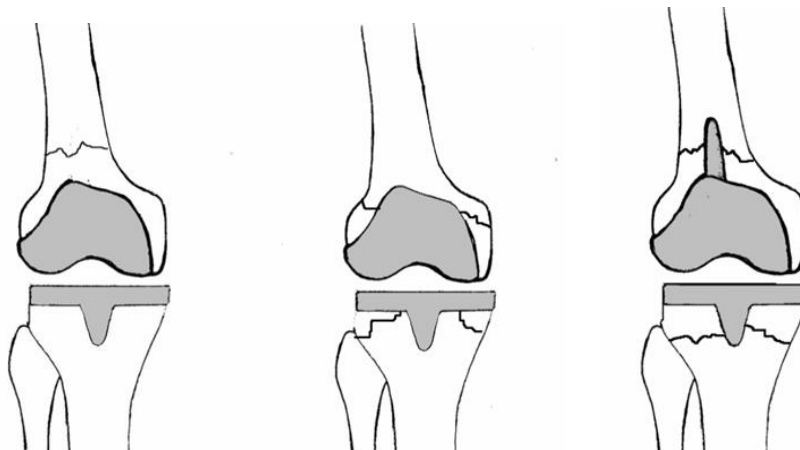


TDM du genou gauche chez un patient de 76 ans, ayant bénéficié d'une PTG il y a 1 an, en fenêtre osseuse, en coupes coronale et axiale. Luxation antérieure du matériel prothétique fémoral droit avec luxation latérale de la patella.

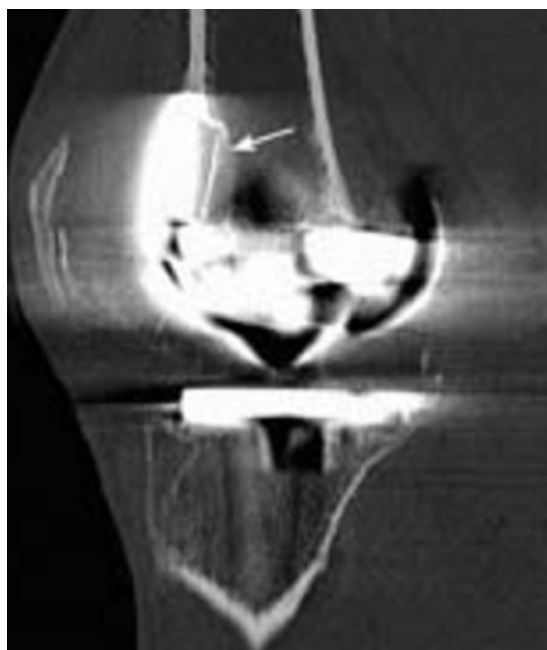
v. Fractures péri prothétiques fémorales et tibiales

On distingue les fractures per-opératoires, survenant sur un os fragile, traitées dans le même temps opératoire que l'implantation prothétique, et les fractures survenant à distance au cours d'un traumatisme d'importance variable sur un os fragilisé par les implants (perte osseuse, ostéolyse péri prothétique sur granulome particulaire...).

Le traitement des fractures survenant après prothèse du genou dépend de 3 paramètres : le siège de la fracture (fracture en zone extra prothétique, en zone intra prothétique ou au niveau de la quille prothétique), la stabilité de la prothèse et enfin le degré de déplacement.



[76] Fractures péri prothétiques fémorales et tibiales. A) Fracture extra prothétique, B) Fracture intra prothétique, C) Fracture autour de la quille.



[76] Fracture en zone intra prothétique entraînant un recurvatum de l'implant fémoral.



[79] Fracture de la métaphyse fémorale chez une patiente de 85 ans sur un traumatisme minime du genou.

vi. Complications liées au polyéthylène

A) Usure

Les sollicitations mécaniques engendrent une usure du polyéthylène qui peut s'apprécier directement en mesurant sa hauteur sur les clichés successifs en charge. Une épaisseur initiale d'au moins 8 mm est habituellement nécessaire lors de la pose de la prothèse. L'appréciation de l'usure progressive se fait donc sur des clichés successifs reproductibles face et profil en charge.

Au scanner, l'usure peut être d'appréciation plus tardive compte tenu de l'absence de mise en charge, et se traduit par une diminution et/ou une asymétrie de hauteur d'une interligne articulaire.

L'usure du polyéthylène est inéluctable avec le temps, et se produit à sa face supérieure (interligne fémorotibiale), mais aussi inférieure (en cas de plateau métal-back).

Le développement d'un kyste poplité chez les patients présentant une PTG peut être un signe indirect d'usure ou de descellement prothétique.

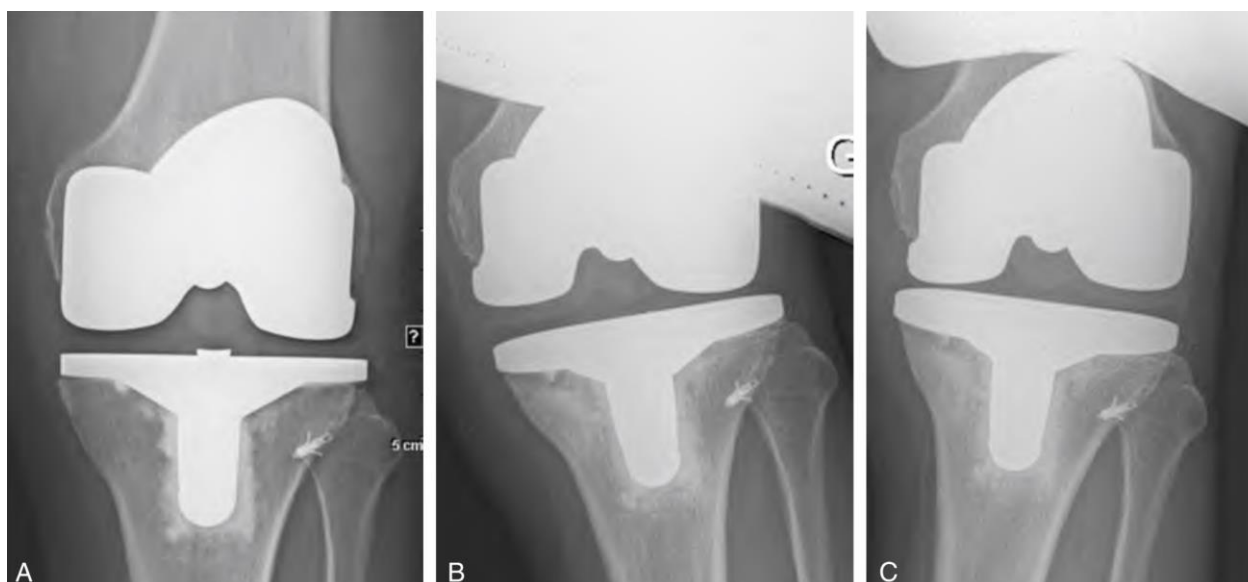
Il faut également savoir que le pincement de l'interligne articulaire peut également être secondaire au bâillement du polyéthylène, secondaire à une insuffisance ligamentaire collatérale.



[76] Tampon de polyéthylène montrant une usure des deux compartiments



TDM du genu en reconstruction coronale : nette diminution de hauteur du tampon de polyéthylène sur le versant médial d'une prothèse de reprise.



[79] Radiographie du genou en stress d'une prothèse de genou douloureuse. A) Radiographie de face en position debout. Le valgus (B) et le varus (C) forcés mettent en évidence une laxité médiale et latérale par mauvaise contention ligamentaire.

B) Ostéolyse

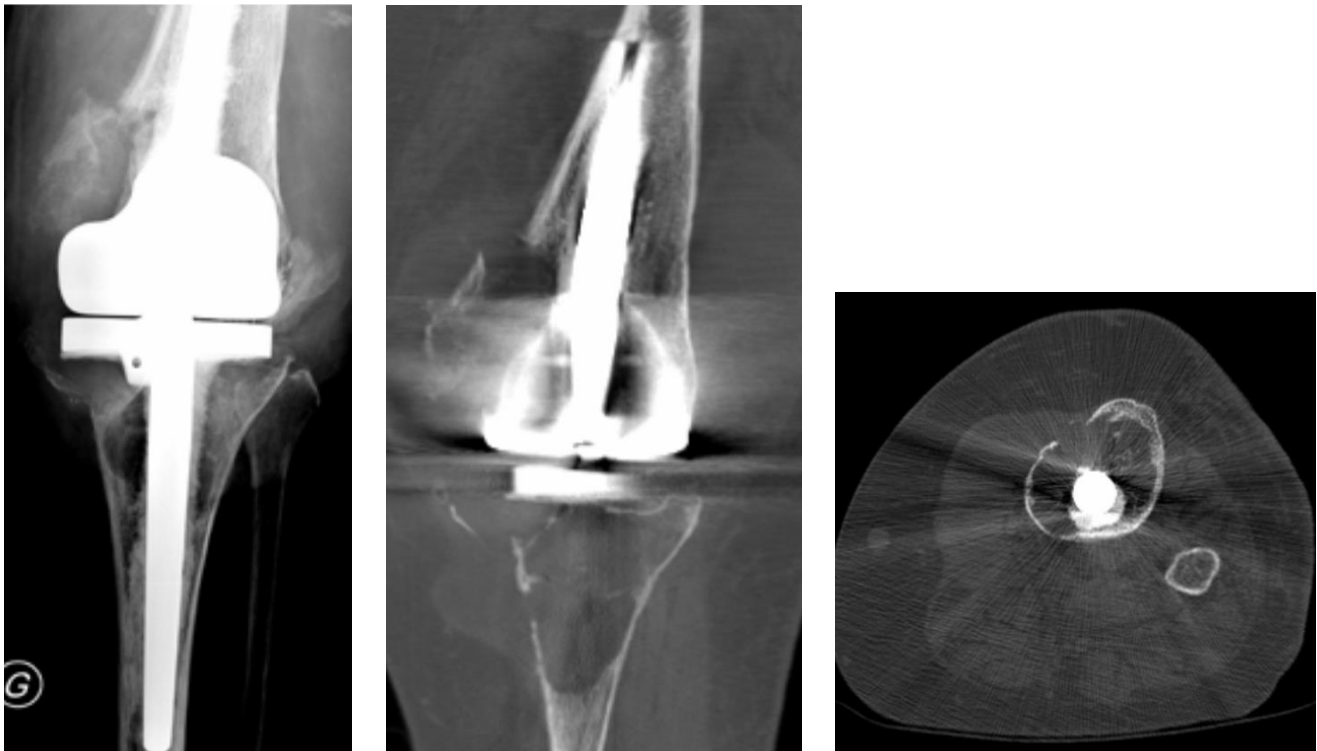
La libération de particules d'usure de polyéthylène engendre une réaction inflammatoire à corps étranger avec création d'un granulome de résorption péri articulaire à l'origine d'une lyse osseuse pouvant aboutir à des pertes osseuses importantes et secondairement au descellement des implants.

Le diagnostic est évoqué devant des signes radiologiques objectifs d'usure du polyéthylène associés à une ostéolyse péri prothétique parfois impressionnante. Cette ostéolyse se produit parfois où les histiocytes peuvent accéder : la lyse osseuse pourra donc se propager aux interfaces osseuses d'une prothèse préalablement descellée.

En l'absence de descellement, l'ostéolyse est souvent extensive et intéresse plus particulièrement la partie postérieure des condyles fémoraux, les zones d'insertion condyliennes des ligaments collatéraux, la périphérie des plateaux tibiaux, les bords patellaire en périphérie du médaillon et le long d'éventuels trous de vis ou de la quille de l'embase tibiale. Il s'y associe généralement un épanchement intra articulaire et une synovite réactionnelle. Le diagnostic différentiel avec une complication infectieuse peut se révéler extrêmement difficile.

Cette ostéolyse est à différencier de la déminéralisation en rapport avec une éventuelle algodystrophie.

L'IRM (pour les prothèses métalliques compatibles) est un autre outil à part la radiographie et le scanner pour l'évaluation de cette ostéolyse périprothétique (ou granulome) et de la synovite pouvant précéder la perte osseuse. Les lésions ostéolytiques sont généralement géographiques, de signal intermédiaire, remplaçant l'os trabéculaire péri prothétique normal et la graisse médullaire en hypersignal. Elle peut également parfois mettre en évidence une ostéolyse radio-occulte.



Radiographie du genou de face (a), TDM du genou en reconstruction coronale et en coupe axiale. Usure majeure du polyéthylène avec importante ostéolyse péri prothétique fémoral et tibiale et fracture au niveau fémoral.

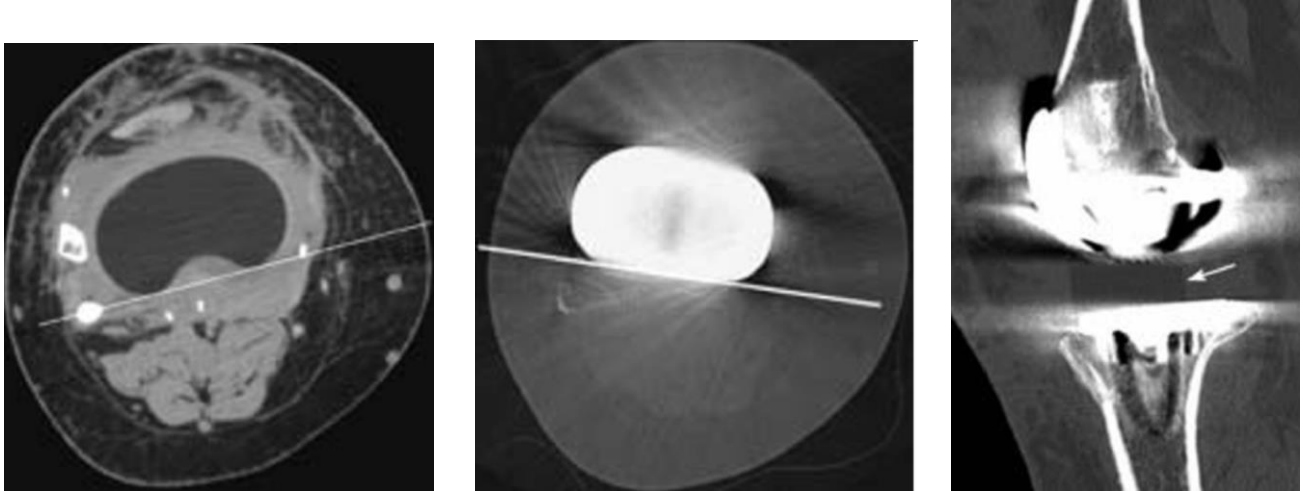


[76] TDM du genou en coupe sagittale (a) et axiale (b), et échographie (c), montrant une ostéolyse au pourtour de la quille tibiale avec effraction corticale (flèche) et collection des parties molles en regard (têtes de flèches).

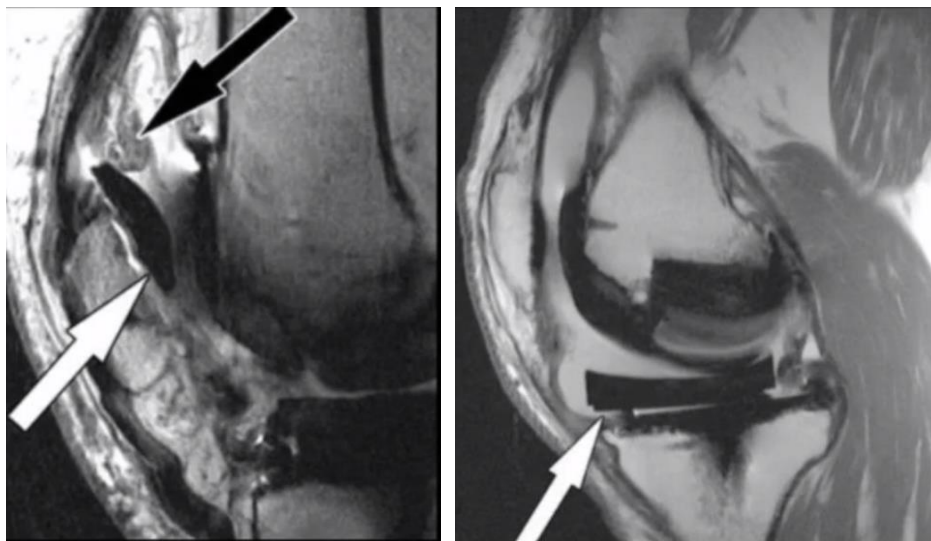
C) Dissociation du tampon de polyéthylène de son support patellaire ou de l'embase tibiale

Elle se traduit par une perte des rapports normaux entre les deux structures.

Attention aux tampon de polyéthylène mobile, pouvant arriver à une rotation jusqu'à 30°.



[76] Dissociation polyéthylène-embase tibiale d'une prothèse à plateau fixe. A) Coupe axiale dans le plan du polyéthylène. La ligne matérialisé la tangente au bord postérieur du polyéthylène. B. Coupe axiale sous-jacente dans le plan de l'embase tibiale. L'orientation du plateau confirme la désolidarisation des deux éléments. C. Même patient, coupe parasagittale : découverte postérieure de l'embase tibiale.



A) Dissociation du polyéthylène par rapport à la patella, B) et par rapport à l'embase tibiale.

D) Rupture ou fragmentation du polyéthylène

Sous la contrainte, le tampon usé peut se rompre ou se fragmenter.

vii. Complications de l'appareil extenseur

A) Instabilité patellaire [76, 77, 79]

Le scanner en coupe axiale ou l'incidence fémoropatellaire (45°) doit s'attacher à rechercher des défauts de positionnement de la patella par rapport à la trochlée. On cherchera :

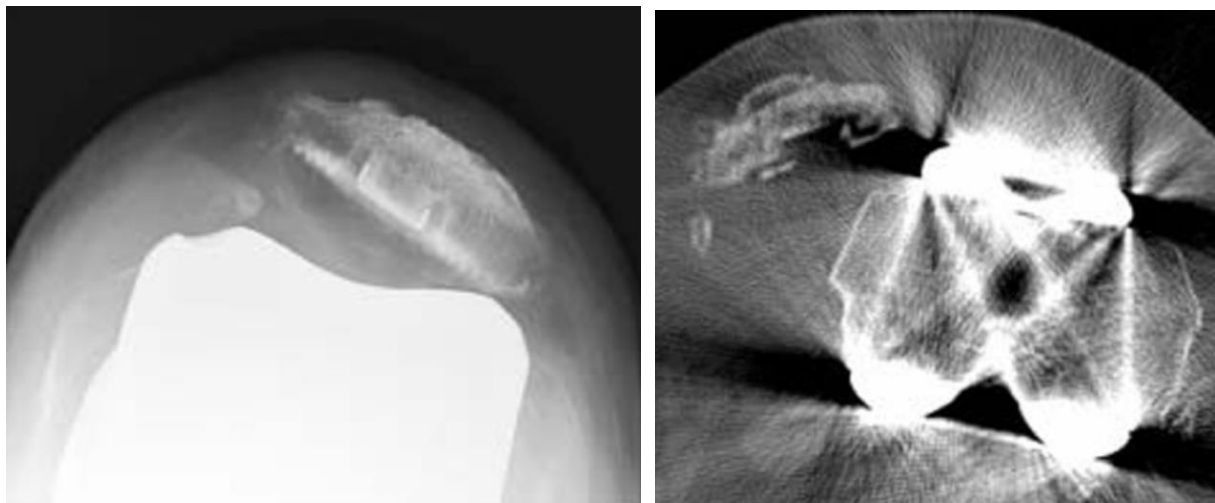
- Une bascule patellaire : angulation entre le plan d'ouverture de la trochlée et le plan de coupe de la patella,
- Un glissement du milieu de l'implant patellaire par rapport au milieu de la trochlée (le plus souvent latéral),
- Une subluxation qui est la combinaison des deux mouvements précédents, ou une luxation permanente.

Des facteurs favorisants peuvent être incriminés à l'origine d'une instabilité fémoropatellaire :

- La morphologie du médaillon rotulien et de la trochlée prothétique
- La position des composants fémoral et tibial dans le plan axial.
- La malposition du genou en valgus et une tension excessive du retinacula patellaire externe.



[79] Incidence fémoropatellaire. A) Patella en position normale, centrée sur la gorge trochléenne. B. Patella présentant un glissement latéral pouvant entraîner un conflit. C) Bascule patellaire.



[76] a) Cliché axial de rotule : bascule externe rotulienne dont le centrage reste normal. b) TDM du genou en coupe axiale d'un autre patient montrant une luxation rotulienne complète.

B) Interruption de l'appareil extenseur

Fracture patellaire

Il peut s'agir de fractures traumatiques ou de fatigue. Plusieurs facteurs prédisposent à leur survenue, comme :

- L'ostéonécrose patellaire liée à l'atteinte des vaisseaux nourriciers extra osseux lors de l'abord chirurgical ou à des lésions vasculaires intra osseuses lors de l'implantation
- La surdimension des pièces prothétiques fémoro-patellaires
- Une patella résiduelle trop mince (inf à 1 cm)
- Le mauvais alignement induisant des contraintes excessives.

Avulsion de la TTA

Complication opératoire survenant lors de l'exposition du plateau tibial et le retournement de l'appareil extenseur chez les patients présentant un tendon patellaire trop court ou des ATCD chirurgicaux (type ostéotomie) fragilisants.

Rupture du tendon quadricipital ou du tendon patellaire

D'origine traumatique ou favorisée par des phénomènes de dévascularisation postopératoire. L'examen clinique et l'échographie permettent de les suspecter.

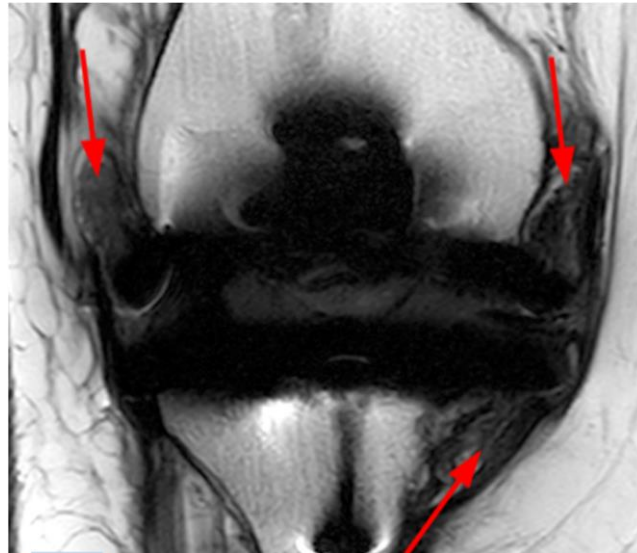
viii. Anomalies synoviales

A) Synoviopathies

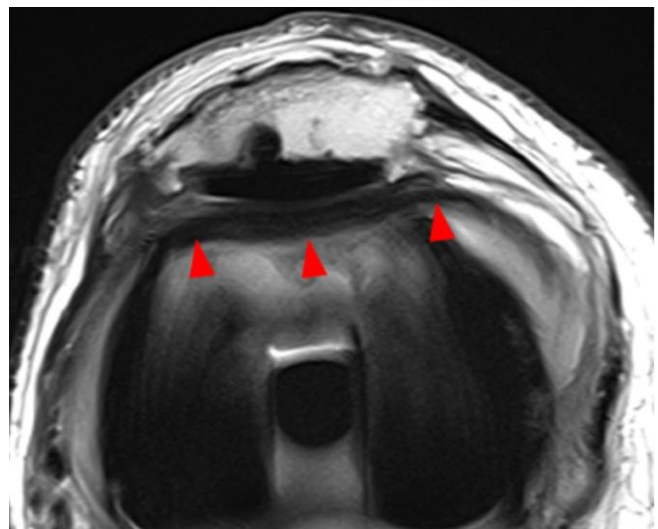
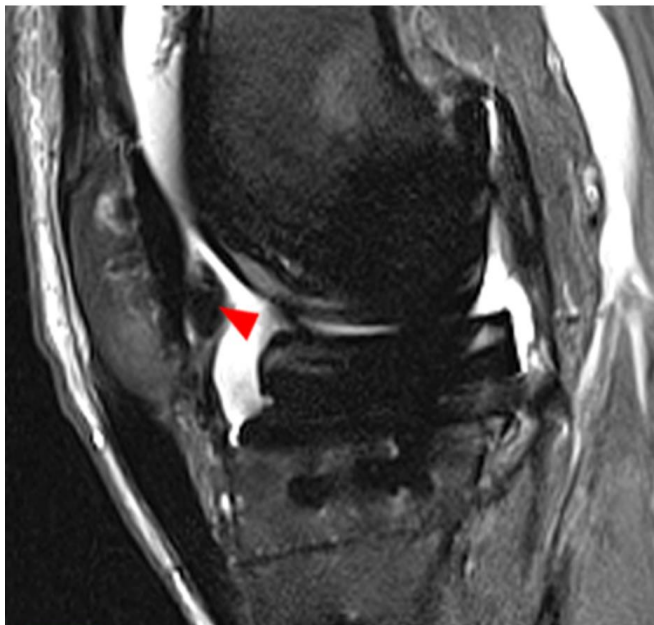
La synovite chronique induite par le métal est le résultat de débris d'usure métallique causés par l'usure du polyéthylène.

L'épaississement fibreux de la membrane synoviale et de la capsule articulaire (ou **arthrofibrose**), peut être à l'origine de douleurs postopératoires ou d'un enraidissement avec limitations invalidantes. Son diagnostic peut être suspecté à l'échographie, devant un épaississement synovial supérieur à 3 mm associé à une hypervascularisation doppler de la membrane synoviale et de la graisse de Hoffa. Elle apparaît souvent dans les 5 ans suivant l'intervention chirurgicale, et est souvent associée à d'autres complications (descellement aseptique, infection ou usure du polyéthylène).

L'IRM peut aider (pour les prothèses compatibles), à l'évaluation de l'arthrofibrose chez les patients présentant un aspect radiographique normal de l'implant, mais avec une amplitude de mouvement limitée. Les zones de fibrose péri patellaire sont le plus souvent symptomatiques.



Femme de 56 ans, 1 an après une PTC, avec douleur et raideur. Coupe coronale en T2, montrant une fibrose diffuse, hétérogène, en hyposignal, au niveau des gouttières médiale et latérale (flèche).



[81] Homme de 60 ans, 4 ans après une PTC, se plaignant de douleurs du genou lors de la marche au cours des 6 dernières semaines, qui présente une arthrofibrose rétro patellaire.

B) Syndrome d'accrochage synovial ou Clunk syndrome

Incarcération d'un nodule fibreux sus trochléen dans l'échancrure inter condylienne d'une prothèse postéro-stabilisée.

Voir section « Malposition des pièces, et conflits ».



ix. Tendinopathies

Les tendinopathies patellaires et quadricipitales sont les plus fréquentes.

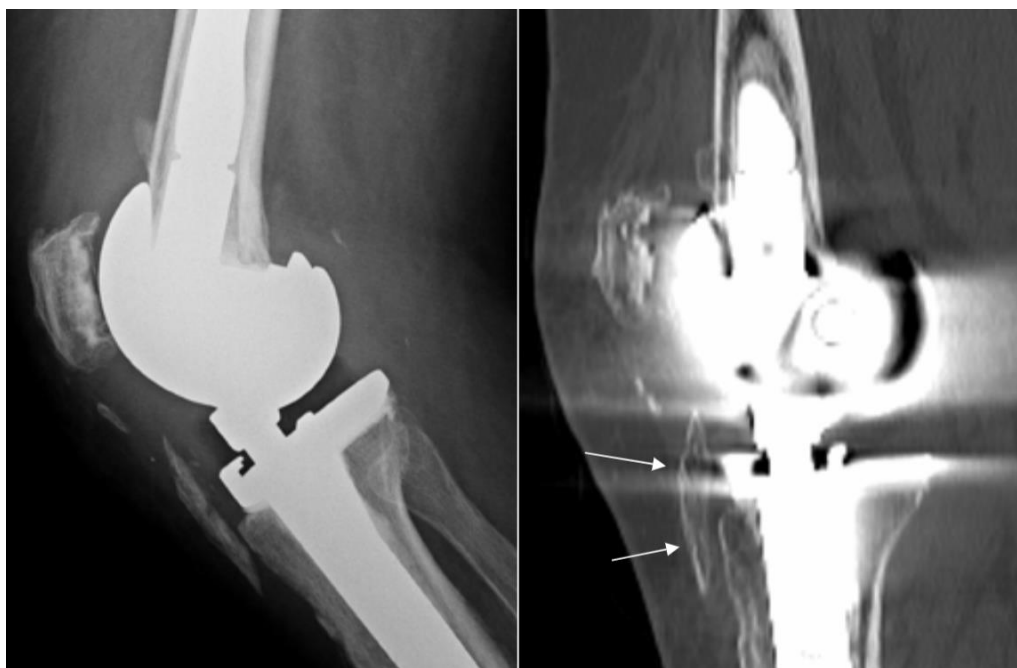
Des tendino-bursopathies de la patte d'oie et du tendon réfléchi du semi-membraneux peuvent aussi être observées, parfois en rapport avec un conflit sur débord médial prothétique.

x. Analyse du reste des parties molles

Sur les clichés de profil, une tuméfaction du CDS sous quadricipital peut témoigner d'une hémarthrose, d'une synovite, voire d'une métallose si elle présente un aspect très dense.

L'ossification hétérotopique survient chez environ 15% des patients, où elles peuvent accompagner un processus pathologique (infection, descellement...). Elles sont de topographie variable (tendineuse, ligamentaire, musculaire, osseuse) et, en dehors de rares cas, n'ont pas d'incidence néfaste sur le devenir de la prothèse.

Rarement, elles peuvent aboutir à un enraidissement par la création de « pont osseux ».



[76] Radiographie du genou, incidence de profil (A), TDM en reconstruction sagittale (B). Ossification hétérotopique pré tibiale (flèches).

Causes articulaires fréquentes	Causes articulaires moins freq	Causes non articulaires fréquentes
Descellement	Défaillance prothétique	Fracture autour de la prothèse
Infection	Synovite due à des relargages de particules	Hanche (coxarthrose, fracture de stress), rachis
Désordres fémoropatellaire : – Anomalie de la course patellaire par trouble de rotation – Fracture, ostéonécrose, descellement	Conflits avec les tissus mous : tendon poplité	Ossification anormale, hétérotopique
Usure du polyéthylène	Conflits osseux : syndrome de la facette latérale de la patella, conflit avec la fabella	Algodystrophie
Ostéolyse péri prothétique	Anomalie de la taille des implants : hypertrophie du composant tibial	Tendinopathies, bursites
Instabilité : varus–valgus, sagittale par insuffisance de postéro–substitution	Arthrites inflammatoires : goutte, chondrocalcinose	Vasculaires (thrombose, anévrisme) ou neurologique
Erreur d'alignement	Hémarthrose à répétition	Névrome
Fibrose articulaire	Corps étrangers intra articulaire	

[79] Causes de douleurs des prothèses de genou.

CONCLUSION

La réalisation de ce mémoire intitulé "Atlas iconographie de l'imagerie du genou" a permis d'explorer en profondeur la richesse et la diversité des représentations visuelles liées à cette articulation cruciale.

À travers une analyse approfondie des images radiologiques, des schémas anatomiques et des illustrations médicales, nous avons pu décortiquer l'aspect normal, les différentes pathologies, et les aspects postopératoires associés à cette articulation.

Cette exploration iconographique offre une perspective visuelle complète, facilitant la compréhension de cette articulation sur ces différentes facettes. En mettant en lumière la complexité morphologique du genou et les nuances diagnostiques, cet atlas contribue à l'enrichissement des connaissances dans le domaine de l'imagerie médicale.

En conclusion, cette étude offre une ressource visuelle précieuse, consolidant les bases de la recherche et de la pratique clinique, tout en soulignant l'importance d'une approche multidisciplinaire pour une meilleure prise en charge des affections liées au genou.

REFERENCES

1. D. G. Blankenbaker, K. W. Davis, A. Sonin, FACR, J. R. Crim, M.J. Tuite, C. Andrews. Généralités sur le genou. Imagerie musculosquelettique traumatique, 636–641.
2. R. Kadi, M. Shahabpour, M. De Maeseneer. Anatomie normale du genou en imagerie par résonance magnétique. EMC– Radiologie et imagerie médicale – musculo–squelettique – neurologie – maxillofaciale.
3. D. Adrien Roux. Radioanatomie du genou. Service de radiologie et d'imagerie musculo–squelettique. CHU Hôpital sud, Université de Rennes.
4. Société française de radiologie. IRM en pratique clinique, fiches pratiques pour aider le radiologue à établir ses protocoles au quotidien. IRM en imagerie ostéo–articulaire : exploration du genou.
5. J. L. Montazel, C. Paul, G. Tréhan. IRM du genou. IRM en pratique clinique, pages 273–313.
6. Anatomie – Considérations particulières pour l'imagerie du genou. Pathologies musculo–squelettiques douloureuses. 2012, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.
7. B. Mazières. Diagnostic d'un genou douloureux non traumatique de l'adulte. EMC – Appareil locomoteur. Volume 9, n°3. Juillet 2014. [http://dx.doi.org/10.1016/S0246-0521\(14\)61075-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0246-0521(14)61075-5)
8. J. Saad, A. Souiri, W. Manari, A. Khalfalli, M. Maarouk, B. Hmida, A. Zrig, R. Salem, M. Golli. IRM du point d'angle postéro–latéral du genou: le côté obscur du genou, du normal au pathologique. Service de radiologie EPS Fattouma Bourguiba Monastir, Tunisie.
9. J. R. T. Vicentini, C. Y. Chang. MR Imaging of the knee bursae and bursal pathology. Magn Reson Imaging Clin N Am 30 (2022) 241–260. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2021.11.005>
10. B. Damarey, X. Demondion, G. Wavreille, V. Pansini, V. Balbi, A. Cotton. Imaging of the nerves of the knee region. European Journal of Radiology 82 (2013) 27–37. [doi:10.1016/j.ejrad.2011.04.035](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.04.035)
11. R. Saouab, M. Mahi. Le PAPI et le PAPE : zones souvent méconnus à l'IRM du genou. Service d'imagerie médicale, HMIMV, Rabat, Maroc.
12. R. Kadi, M. De Maeseneer, M. Shahabpour. Variantes de la normale, images–pièges et découvertes fortuites en imagerie par résonance magnétique du genou. Service de radiologie et d'imagerie médicale, hôpital universitaire de la Vrije Université de Brussel (UZ Brussel – VUB), 101, avenue du Laerbeek, 1090 Bruxelles, Belgique. Feuillet de radiologie 2016 ;56 ; 387–403, 0181–9801X/ © 2016 Elsevier Masson SAS. <http://dx.doi.org/10.1016/j.frad.2016.10.004>
13. A. Momoli, M. Modena, S. Giaretta. Extensor mechanism realignment procedures in the treatment of patellofemoral instability. PMID: 25606513, PMCID: PMC4295695. Joints. 2013 Apr–Jun; 1(2):21–26.
14. N. G. Lasanianos, N.K. Kanakaris. Bipartite patella. Trauma and orthopaedic classifications. pp 453–455.
15. G. Richardi. Pathologie méniscale. Imagerie du sport. Chapitre 6 : imagerie du genou. 2011 Elsevier Masson SAS.

16. J. G. Kim, S-W. Han, Diagnosis and treatment of discoid meniscus. Knee surgery & related research. <https://doi.org/10.5792/ksrr.16.050>
17. D. Godefroy. Examen radiologique conventionnel du genou – techniques et résultats normaux. Radiologie et imagerie médicale – musculosquelettique – neurologique – maxillo-faciale. Elsevier Masson 2017.
18. M. Raphaël, F. Devos, N. Teboul. Traumatisme du genou et de la jambe. Médecine d'urgence, volume 17, numéro 1, pages 1–13. 2022 Elsevier Masson SAS.
19. B. Fritz, J. Fritz. MR imaging of acute knee injuries: Systematic evaluation and reporting. Radiol Clin N Am 61 (2023) 261–280. 2022 Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2022.10.005>
20. C. Olivier. Les fractures de la rotule. Service de chirurgie orthopédique, centre Albert Trillat, Lyon croix rousse.
21. I. Khodarahmi, H. Alizai, E. Alaia, S. Gyftopoulos. MR imaging of the knee posterolateral and posteromedial corner injuries. Magn Reson Imaging Clin N Am 30 (2022) 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2021.11.003>
22. J.D. Albert, F. Marin. Intérêt diagnostiques et thérapeutique de l'échographique du genou. Revue du rhumatisme 73 (2006) 625–632. Elsevier. [doi:10.1016/j.rhum.2006.03.007](https://doi.org/10.1016/j.rhum.2006.03.007)
23. B. Bonnaire, M. Castier, M. Legros, C. Mancheron, H. Vasseur. Echographie du genou : pathologie tendineuse et ligamentaire. Echographie musculosquelettique 2017– DES de radiologie.
24. J.N. Ravey, C. Dubois. Imagerie par resonance magnétique des lésions ménisco–ligamentaires du genou. EMC – Radiologie et imagerie médicale – musculosquelettique – neurologique – maxillo–faciale. Volume 8 > n°2 > juin 2013.
25. L. Arrivé, L. Azizi, P. Le Hir, C. Pradel. IRM pratique, 2^{ème} édition. Imagerie médicale pratique. Elsevier Masson.
26. R. Saouab, M. Mahi. Le PAPI et le PAPE : zones souvent méconnus à l'IRM du genou. Service d'imagerie médicale, HMIMV, Rabat, Maroc. JFR 2015.
27. A. Venkatasamy, M. Ehlinger, G. Bierry. Radiographies du genou traumatique: attention aux petits signes qui révèlent de grandes lésions. Journal de radiologie diagnostique et interventionnelle (2014) 95, 552–562.
28. J. Malghem B. Vande Berg, F. Lecouvet, V. Staumont, B. Maldague. Le genou dégénératif : ménisques, os sous chondral et tutti quanti... Journée française de radiologie 2004 – Formation médicale continue n° 35.
29. A. Miquel. Imagerie médicale pour le clinicien. Chapitre 6, 227–335. Imagerie ostéoarticulaire. Gonarthrose. 2012, Elsevier Masson SAS.
30. D. Loeuille, I. Chary-Valckenaere. Imagerie de l'arthrose. Appareil locomoteur, 2008–01–01, Volume 22, numéro 4, pages 1–11. 2008 Elsevier Masson SAS.
31. A. Raymond : Gonarthrose et IRM 3 Testa. Service d'imagerie Guilloz.
32. <https://radiopaedia.org/cases/chondromalacia-grading>
33. The Kellgren and Lawrence grading system to assess the severity of knee OA. <http://www.adamondemand.com/clinical-management-of-osteoarthritis/>

34. <https://radiopaedia.org/cases/lipoma-arborescens-4>
35. <https://radiopaedia.org/cases/lipoma-arborescens-illustration>
36. A.S. Billard, S. Putman, G. Pasquier, A. Cotten. Imagerie musculosquelettique: pathologies locorégionales. Chapitre 27, 745–793.
37. Koshino T. The Treatment of Spontaneous Osteonecrosis of the Knee by High Tibial Osteotomy With and Without Bone-Grafting or Drilling of the Lesion. J Bone Joint Surg Am. 1982;64:47–58(8).
38. J.L. Montazel, C. Paul, G. Tréhan. IRM du genou. IRM en pratique clinique. Chapitre 18, 273–313. 2017, Elsevier Masson SAS.
39. P. Lafforgue. Ostéonécrose spontanée du genou : le résultat d'une fracture sous chondrale ? Revue du rhumatisme monographies. Volume 83, Issue 2, April 2016, pages 113–118. Elsevier Masson.
40. A. Carlsion Merrow. Ostéochondrite disséquante. Imagerie pédiatrique, 2021, Elsevier Masson SAS.
41. B. Maillard, F. Delvaux, J.L. Croisier, B. Desprechins, M.A. Ferrara, P. Simoni, J. F. Kaux. L'ostéochondrite disséquante. Journal de traumatologie du sport. 2017. Elsevier Masson.
42. N. Boutry, R.M. Flipo, A. Cotton. Polyarthrite rhumatoïde de l'adulte. Radiologie et imagerie médicale – musculo-squelettique – neurologique – maxillofaciale. Elsevier Masson 2008.
43. M. A. Frick, D. E. Wenger, M. Adkins. MR Imaging of synovial disorders of the knee: an update. Magnetic resonance imaging clinics of North America, 2007–02–01, volume 15, numéro 1, pages 87–101. Elsevier Masson.
44. <https://radiopaedia.org/cases/synovial-osteochondromatosis-illustration-1>
45. C. White, W. Kesler, L. Miner, D. Flemming. MR Imaging knee synovitis and synovial pathology. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America. 2022–05–01, Volume 30, Numéro 2, Pages 277–291. Elsevier Masson.
46. M. Chelli Bouaziz, E. Labbene, M. F. Ladeb, H. Riahi. Ostéochondroses (ostéochondrites de croissance). Radiologie et imagerie médicale – musculosquelettique – neurologique – maxillofaciale. 2022–03–01. Volume 41, numéro 1. Pages 1–23. Elsevier Masson
47. H. Guerini, B. Montalvan, J. Parier, F. Thévenin, V. Vuillemin, J.L Brasseur, G. Morvan. Mise au point sur les tendinopathies rotuliennes et calcanéennes. Chapitre 15, 161–174.
48. D. G. Blankebaker, K.W. Davis, A. Sonin, J. R. Crim, M.J. Tuite, C. L. Andrew. Syndrome du tractus iliotibial. Imagerie musculosquelettique traumatique, 742–745.
49. J. Amzallag, A. Wajsfisz, J. Lecocq. Genou : luxation patellaire récidivante et tendinopathies. Médecine du sport. Chapitre 73, 635–646. Elsevier Masson.
50. F. Uyttenhove, G. Pasquier, A. Cotten. Pathologies antérieures. Imagerie musculosquelettique, pathologies locorégionales. Chapitre 23, 629–659. 2017. Elsevier Masson.
51. <https://radiopaedia.org/cases/prepatellar-bursitis-9>
52. <https://radiopaedia.org/cases/calcific-prepatellar-bursitis-1>
53. <https://radiopaedia.org/cases/prepatellar-bursitis-1>

54. J.R.T Vicentini, C.Y. Chang. MR Imaging of the knee bursae and bursal pathology. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America, 2022-05-01, volume 30, numero 2, Pages 241-260. Elsevier Inc.
55. <https://radiopaedia.org/cases/infrapatellar-bursitis-1>
56. <https://radiopaedia.org/cases/pes-anserinus-bursa-diagram-1>
57. <https://radiopaedia.org/cases/haemorrhagic-superficial-infrapatellar-bursitis>
58. <https://radiopaedia.org/cases/intraosseous-tophaceous-gout-femur>
59. <https://radiopaedia.org/cases/gout-50>
60. Y. Catonné, F. Khiami, F. Depiesse. Genou. Traumatologie en pratique sportive. Chapitre 6, 151-230. Elsevier 2021.
61. J. M. Kazley, S. Banerjee. Classifications in brief: the Dejour classification of trochlear dysplasia. Clin Orthop Relat Res, 2019 Oct; 477(10): 2380-2386.
doi: [10.1097/CORR.0000000000000886](https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000886)
62. <https://radiopaedia.org/cases/mri-patellofemoral-instability-measurements-reporting-aid>
63. <https://radiopaedia.org/cases/bone-lesion-differential-diagnosis-illustrations>
64. A. Larbi, P. Viala, C. Cyteval, F. Snene, J. Greffier, M. Fruch, J.P. Beregi. Les tumeurs et pseudotumeurs du genou. Journal de radiologie diagnostique et interventionnelle, 2016-08-01, volume 97, Numéro 3, Editions françaises de radiologie.
65. F. Lapègue, N. Sans, C. Brun, S. Bakouche, N. Brucher, Z. Cambon, H. Chiavassa, A. Larbi, M. Faruch. Lésions traumatiques et conflits de la graisse antérieure du genou. Journal de radiologie diagnostique et interventionnelle. 2016. Elsevier Masson.
66. F.A. Neto, M.J.D. Teixeira, L.H. do Carmo Araujo, C. E. Barbosa Ponte. Knee bone tumors : findings on conventional radiology. Radiol Bras. 2016 May-Jun, 49(3), 182-189.
doi: [10.1590/0100-3984.2013.0007](https://doi.org/10.1590/0100-3984.2013.0007)
67. G. S. Stacy, R. K. Heck, T.D. Peabody, L. B Dixon. Neoplastic and tumolike lesions detected on MR Imaging of the knee in patients with suspected internal derangement: Part I, intraosseous entities. <https://doi.org/10.2214/ajr.178.3.1780589>
68. C. Masson. Algodystrophie: syndrome douloureux régional complexe de type I. Appareil locomoteur, 2011-01-01, volume 25, numéro 2, pages 1-16, Elsevier Masson.
69. K.G. Gill, B.A. Nemeth, K.W. Davis. Magnetic resonance imaging of the pediatric knee. Magnetic resonance imaging clinics of North America, 2014-11-01, volume 22, numéro 4, Pages 743-763, Elsevier Inc.
70. A. Lacalm, J.P. Pracros; L. Guibaud, Le genou de l'enfant : du normal au pathologique. https://www.sfpradiopediatrie.org/wpcontent/uploads/2018/07/lacalm_trousseau_2017.pdf
71. A. Carlson Merrow. Arthrite juvénile idiopathique. Imagerie pédiatrique, 960-983. Elsevier Masson 2021.
72. B. Maurel, T. Le Corroller, M. Cohen, S. Acid, G. Bierry, S. Parratte, X. Flecher, J.N. Argenson, P.Petit ; P. Champsaur. Le corps adipeux infra patellaire : carrefour antérieur du genou. J Radiol 2010;91 :841-55. Editions françaises de radiologie, Paris 2010. Elsevier Masson.

73. P. Viala, P. Marchand, F. Lecouvet, C. Cyteval, J.P. Beregi, A. Larbi. Imagerie du genou opéré. Journal de radiologie diagnostique et interventionnelle (2016) 97, 352–365. Editions françaises de radiologie. Elsevier Masson. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jradio.2016.02.010>
74. H. Dejour, D. Dejour. Les instabilités rotuliennes. Extrait de Pathologie fémoro–patellaire. 2013. Elsevier Masson SAS.
75. S. Nougaret, M.P. Baron, Y. Thouvenin, D. Hoa, C. Cyteval. Le genou opéré, aspect normal et complications. Journal de radiologie (2011), 92, 8–19. Elsevier Masson.
76. E. Molina, A. Defasque, M.P. Barron, C. Cyteval. Imagerie des prothèses du genou. J Radiol 2009;90 : 561–75. Editions française de radiologie, Paris, 2009. Elsevier Masson SAS.
77. C. Cyteval. Les prothèses du genou et leurs complications. Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle (2016), 97, 339–351.
78. Y. Minoda, H. Iwaki, M. Ikebuchi, T. Yoshida, H. Nakamura. The flexion gap preparation does not disturb the modified gap technique in posterior stabilized total knee arthroplasty.
79. C. Cyteval. Prothèse totale du genou : analyse en pratique de la radiographie standard. Radiographies ostéoarticulaires : éléments sémiologiques à maîtriser. 2023 Elsevier Masson SAS.
80. M.K. Brooks, C.J. Palestro, B.N. Weissman. Imaging of total knee arthroplasty. Insall & Scott of the knee. 13, 243–263, e4. Elsevier, Inc.
81. D.M. Waiz. Postoperative Imaging of the Knee. Radiologic clinics of North America, 2016–09–01, volume 54, numéro 5, pages 931–950. 2016. Elsevier.
82. <https://radiopaedia.org/cases/anterior-cruciate-ligament-graft-roof-impingement>
83. <https://radiopaedia.org/cases/migration-of-acl-graft-fixation-screws>