

# LE GENOU DE L'ENFANT : DU NORMAL AU PATHOLOGIQUE

A. Lacalm, JP. Pracros, L. Guibaud

## 1. INTRODUCTION

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.

Au niveau du genou, on peut notamment constater ces modifications avec l'ossification progressive des structures initialement cartilagineuses (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, banales, comme la présence de bandes denses métaphysaires, d'épiphyes spiculées, de desmoïde périosté...

Le genou de l'enfant est le siège de lésions spécifiques, qui peuvent être non pathologiques, telles que le fibrome non ossifiant, ou au contraire pathologiques avec une prise en charge bien spécifique, telles que le ménisque discoïde, l'arrachement du massif des épines tibiales cartilagineuses, l'ostéochondrite disséquante juvénile ...

## 2. ASPECTS PHYSIOLOGIQUES SELON L'AGE

### 1) Ossification progressive des structures

- Début d'ossification des épiphyses du genou en
  - Point fémoral inférieur (Béclard) : 32 SA
  - Point tibial supérieur (Todt) : 35 SA
- Patella (à partir de 3 ans)
- Massif des épines tibiales
- Tubérosité tibiale antérieure (TTA)

### ♀ cartilagineuses

♀ anténatal :

/ 34 SA ♂

/ 37 SA ♂

### 2) Conversion médullaire

La conversion médullaire correspond à la transformation physiologique de la moelle rouge, active, composée à 60 % de cellules hématopoïétiques, en moelle jaune, inactive, composée à 80% de cellules graisseuses.

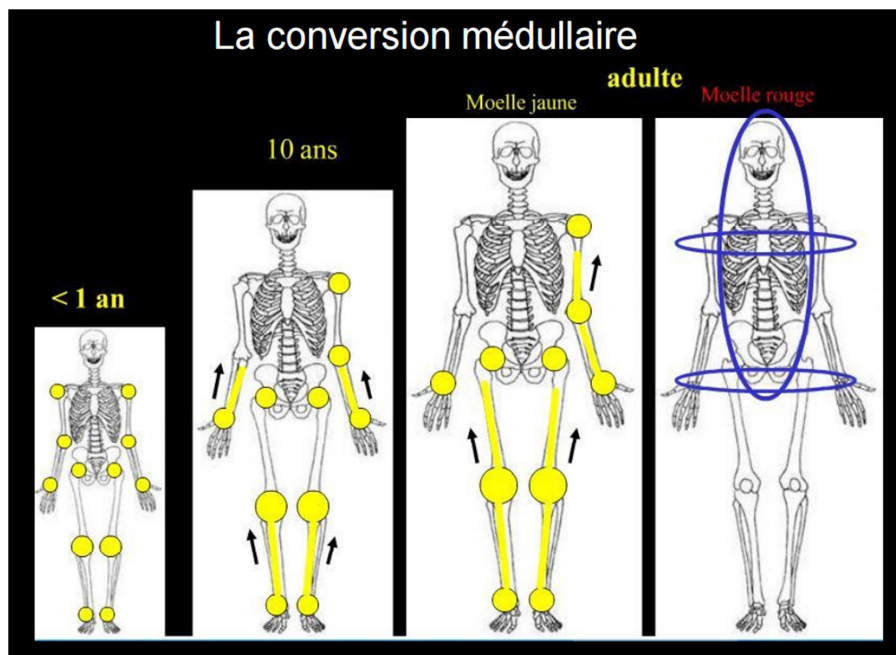
Ce processus débute avant la naissance (phalanges distales) et se poursuit progressivement jusqu'à l'âge adulte (distribution médullaire de type « adulte » vers 25 ans environ) selon un ordre prévisible centripète, globalement bilatéral et symétrique.

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 en étudier la distribution/

Les séquences T2 FS / STIR et T1 FS après injection de Gadolinium sont très utiles chez l'enfant pour la détection des lésions médullaires en raison de l'importance de la moelle rouge.(1)

	Moelle Hématopoïétique	Moelle Jaune Graisseuse
<b>T1</b>	Signal intermédiaire : > Muscles et disques intervertébraux < moelle adipeuse	Hypersignal = graisse sous-cutanée
<b>T1 FS</b>	Pas de modification	hyposignal
<b>T2 FS / STIR</b>	Hypersignal modéré = muscles et disques intervertébraux	hyposignal
<b>T1 FS Gado</b>	Gd ++ (Nné et enfant)	Gd -

D'après : Moelle rouge, moelle jaune, l'IRM en couleur chez l'enfant, S. Boussebaa, L. Maurin, B. Morel, D. Sirinelli, poster JFR 2012



D'après B. Boulet, JFR 2009

Au niveau des os longs, la conversion médullaire progresse de manière ascendante (2), débutant aux épiphyses (dans 6 premiers mois de vie), puis aux diaphyses (dès 3 mois, homogènes à 5 ans) et enfin aux métaphyses.

Ainsi au niveau du genou, persistance de moelle rouge au niveau des métaphyses fémorales distales entre 1 et 10 ans.

Il peut exister des variations physiologiques de cette conversion médullaire, sous la forme d'hétérogénéité de signal de la moelle en rapport avec une distribution hétérogène de celle-ci :

- a. Ilôts de moelle rouge dans la moelle grasseuse (foyers punctiformes ou confluent en hyposignal T1 et iso/hypersignal T2, Gd+).
  - b. Reconversion médullaire : drépanocytose
- Diagnostics différentiels des anomalies de signal médullaire :
    - « **remplacement médullaire** » dans le cadre d'une hémopathie maligne (hyposignal T1 plus marqué, hypersignal STIR, prise de contraste intense, et évolutivité dans le temps)
    - **Algodystrophie**
    - **Atteinte infectieuse** : ostéomyélite

- Localisation fréquente au niveau du genou : métaphyses tibiales proximales / fémorales distales
- Toujours penser au *Kingella Kingae* avant 2 ans
- Piège : radiographies souvent normales à la phase initiale

### 3. VARIANTES DE LA NORMALE ET IMAGES PIEGES:

- bandes claires métaphysaires
- bandes denses métaphysaires
- épiphyses spiculées
- métaphyses « en éperon »...

En cas de suspicion de variante anatomique : vérifier la clinique, et le Keats !

### 4. LESIONS SPECIFIQUES A L'AGE PEDIATRIQUE :

#### a) Lésions bénignes :

- **fibrome non ossifiant / cortical defect**

Le cortical defect et le fibrome non ossifiant (FNO) (3) sont des tumeurs osseuses bénignes fibreuses à point de départ cortical, localisées dans les régions métaphyso-diaphysaires des os longs (**genou ++** : fémur distal 40%, tibia proximal 40 %), et différenciés par leur taille :

- Cortical defect < 2 cm
- FNO > 2 cm

Ce sont des lésions très fréquentes, concernant **40 %** des enfants, avec un pic à 6 ans

Ils apparaissent sous la forme d'une ostéolyse géographique bien limitée, entourée d'un liseré dense, centrée sur la corticale, sans la rompre. Leur évolution consiste en une disparition progressive spontanée par ré-ossification.

- **Desmoïde périosté (3)**

Le desmoïde périosté est une tumeur osseuse bénigne sous-périostée, toujours située à la **face postéro-médiale** de la métaphyse fémorale distale, et secondaire aux microtractions répétées sur l'insertion distale du muscle grand adducteur.

Il se présente sous la forme d'une ostéolyse corticale focale avec réaction périostée spiculée ou compacte, de localisation stéréotypée. Cet aspect radiologique est typique et suffisant au diagnostic.

#### b) Pathologies spécifiques

##### a. Ostéochondrite disséquante (OCD)

L'OCD est une altération de l'os sous-chondral entraînant secondairement une lésion du cartilage de surface adjacent (4) et par conséquent responsable d'une instabilité mécanique. On distingue l'OCD de forme « adulte » et juvénile (JOCD), caractérisée par la présence d'une physe ouverte lors du diagnostic, de meilleur pronostic.

Elle représente une des principales causes de gonalgie chez l'adolescent.

Son étiologie est encore controversée, combinant des facteurs microtraumatiques et ischémiques sur une zone sensible.

Cette pathologie n'est pas spécifique au genou, pouvant atteindre l'épaule, la cheville...

L'âge au diagnostic est compris entre 10 et 20 ans, avec une prédominance masculine (2/1).

L'atteinte est bilatérale dans 20-30% des cas, mais non symétrique. (intérêt de clichés du genou controlatéral)

La localisation se situe au niveau des surfaces « convexes » : versant latéral du condyle fémoral médial (80%), condyle latéral (15 %), patella (5%), plateau tibial...

Sur le plan clinique, l'OCD juvénile se traduit pour les formes stables par des douleurs antérieures modérées, associées à des craquements voire à des épisodes de dérobement. Dans les formes instables, un oedème, un blocage, une atrophie musculaire de la cuisse et un flessum peuvent s'observer.

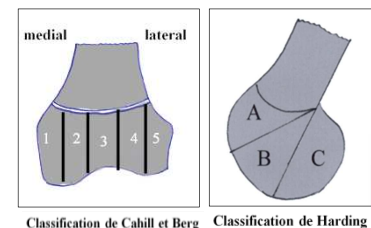
Le « Wilson's sign » permet le diagnostic clinique positif d'OCD médiale, reproduisant la douleur lors d'une rotation interne du tibia sur un genou en extension, soulagée en rotation externe, en raison de l'impact des épines tibiales sur le condyle fémoral médial.

En imagerie, l'OCD peut être explorée en radiographie standard et en IRM. (5)

- **Radiographie** : 3 incidences (face, profil, et incidence de l'échancrure)

La radiographie permet ainsi de déterminer :

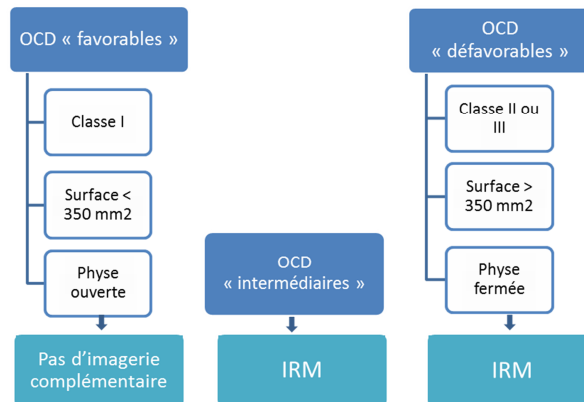
- Le statut de la physe : intérêt pronostique
- La localisation lésionnelle (classifications de Cahill et Berg (face), et de Harding (profil)
- La taille du fragment (surface lésionnelle) : intérêt pronostique
- La présence d'un liseré de sclérose péri-fragmentaire (pronostic)



L'utilisation de la classification radiographique simplifiée de *Lefort et coll.* est pertinente (étude des anomalies de la trame osseuse sans préjuger de l'état du cartilage surfacique ou de la vitalité du fragment) par rapport à la classique classification de Bédouelle. (6)

- Classe I : simple lacune
- Classe II : nodule en place dans la niche
- Classe III : nodule partiellement détaché
- Classe IV : nodule totalement intra-articulaire avec une niche vide

La radiographie permet ainsi d'identifier les formes à risque nécessitant d'autres examens complémentaires.(7)(8)(9)



D'après « L'ostéochondrite des condyles fémoraux, de l'enfant à l'adulte jeune », L. Mainard-Simard, P. Journeau, EPU Trousseau 2011

- **IRM**

L'IRM permet d'apprécier des critères pronostics supplémentaires : (10)(11)

- **Aspect du cartilage surfacique** (œdème chondral, fissures...)
- **Interface os épiphysaire/fragment** (tissu de granulation sous la forme d'un liseré en hypersignal T2, +/- associé à des microkystes).
- **Vitalité du fragment** (après injection de gadolinium) → absence de consensus chez l'enfant sur l'injection systématique de gadolinium
- **Cartilage de croissance épiphysaire résiduel et plaque de croissance** (la persistance d'une plaque de croissance ouverte n'a de valeur pronostique que si sa fermeture est estimée > 1 an). La distinction entre cartilage épiphysaire/ cartilage surfacique est possible sur les séquences T2 EG FS (fin liseré en hyposignal entre les deux) ou T1 FS gadolinium (zone hypervasculaire).

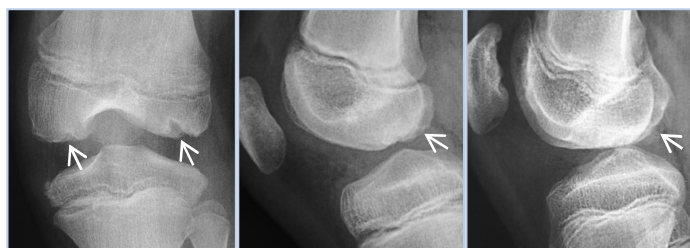
Les critères d'instabilité retenus en IRM chez l'enfant sont :

- Liseré en hypersignal T2 liquidien autour du fragment
- Kystes multiples ou > 5 mm au niveau de l'interface
- Fissure du cartilage articulaire
- Défect ostéochondral rempli de liquide

- Diagnostics différentiels :

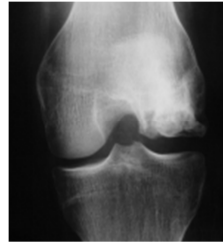
- o variantes d'ossification (12)

Ces variantes sont fréquentes chez le jeune enfant (< 10 ans chez la fille, < 13 ans chez le garçon), et se situent au niveau du 1/3 postérieur des condyles fémoraux. Elles sont asymptomatiques et disparaissent spontanément



Les signes IRM en faveur d'une simple variante d'ossification sont l'absence d'extension intra-condylienne, d'oedème périlésionnel et d'anomalie du cartilage surfacique en regard.

- o ostéonécrose focale



*Ostéonécrose du condyle sous corticothérapie*

- o ostéodysplasie (type spondylo-épiphysaire, dysplasie épiphysaire multiple, MPS ...)

- Pathologie associée : ménisque discoïde

Les ostéochondrites du condyle externe sont peu fréquentes (15%) et doivent faire rechercher un ménisque externe discoïde associé, qui correspond à un ménisque anormalement large et épaissi.

Les critères diagnostiques en imagerie sont :

- Radiographie de face :
  - Augmentation de la hauteur de l'interligne fémoro-tibial externe
  - Aspect trop « carré » du condyle fémoral latéral
  - Plateau tibial latéral anormalement convexe vers le haut
  - Hypoplasie de l'épine tibiale latérale
  - Tête fibulaire ascensionnée
- IRM +++
  - Sagittal : corps méniscal continu sur **> 3 coupes jointives de 5 mm**
  - Coronal: largeur anormale du ménisque, s'étendant vers l'espace intercondylien

Le ménisque discoïde est à risque accru de dégénérescence myxoïde et de fissures, et un traitement chirurgical est proposé pour les formes symptomatiques.

- Ostéochondrite du compartiment antérieur ou défaut dorsal de la patella ?

- Ostéochondrite du compartiment antérieur : lacune ostéochondrale
  - o bord antéro-latéral de la trochlée
  - o ou facette inféro-médiale de la patella
- Diagnostic différentiel : **défaut dorsal de la patella**
  - o adolescent ++ (1% de la population), disparition spontanée avant 30 ans
  - o asymptomatique, voire douleurs modérées fémoro-patellaires
  - o lacune sous-chondrale **supéro-latérale** de la patella cerclée d'un liseré de sclérose
  - o cartilage articulaire normal qui **s'invagine** dans le défaut

## **b. Tibia vara : maladie de Blount**

Cette affection consiste en une angulation pathologique du tibia en varus, par anomalie de la croissance de la région médiale du tibia proximal. (13)

Elle est favorisée par un excès de contraintes mécaniques sur le cartilage de croissance (notamment marche précoce, hyperlaxité et excès pondéral).

On distingue plusieurs formes en fonction de l'âge :

- **Forme infantile** : la plus sévère et la plus fréquente
  - < 3 ans
  - Atteinte bilatérale (60%) asymétrique
  - Saillie de la métaphyse tibiale interne (éperon osseux), indolore
  - boiterie, raccourcissement du membre inférieur
  - Radiographies :
    - Genu varum évolutif de la partie proximale du tibia : angle métaphyso-diaphysaire > 13°
    - Déformation en « bec » de la métaphyse tibiale proximale médiale
    - Retard d'ossification de l'épiphyse tibiale médiale
    - Elargissement du cartilage de croissance tibial latéral
    - Hypertrophie compensatrice du condyle fémoral médial
  - IRM : bilan pré-opératoire
    - Anomalies du cartilage de croissance tibial proximal médial (élargi, irrégulier, ponts osseux d'épiphysiodèse...)
    - Hypertrophie réactionnelle du cartilage de l'interligne fémoro-tibial médial
    - Hypertrophie compensatrice du ménisque interne
    - Œdème épiphysaire et/ou métaphysaire tibial médial, lésions ostéochondrales du condyle fémoral médial...
  
- **Formes de début tardif** :
  - Forme juvénile : 4-10 ans
  - Forme de l'adolescent : > 11 ans

La déformation est souvent unilatérale, moins sévère et lentement progressive, mais douloureuse.

Les anomalies radiologiques sont similaires, avec une condensation de part et d'autre du cartilage de croissance tibial proximal médial, mais sans déformation en bec de la métaphyse.

Les principaux diagnostics différentiels à évoquer :

- **Genu varum physiologique du nourrisson** :
  - o bilatéral et symétrique,
  - o correction spontanée vers 18-24 mois,
  - o angle métaphyso-diaphysaire tibial < 11°
  
- **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...

### c. Ostéochondroses : (13)

- **Maladie d'Osgood-Schlatter** : ostéochondrose de la tubérosité tibiale antérieure, secondaire à des microtraumatismes
  - o Garçon sportif 11-15 ans
  - o Atteinte bilatérale 25-50 %

- Examen clinique suffisant : tuméfaction douloureuse de la TTA
- Radiographies (phase aiguë) : tuméfaction des parties molles en regard de la TTA (indispensable), aspect flou de la partie inférieure du tendon patellaire, noyau d'ossification secondaire fragmenté voire avulsé.
- Echographie / IRM : non nécessaires
  - *Echographie* : tuméfaction hypoéchogène de la TTA cartilagineuse ou aspect fragmenté si TTA ossifiée, épaissement hypoéchogène du tendon patellaire, bursite infra-patellaire.
  - *IRM* : anomalies de signal du noyau d'ossification secondaire de la TTA (hypoT1, hyperT2), fragmentation du noyau, anomalies de signal du tendon patellaire et des tissus mous adjacents, bursite infra-patellaire.
- **Maladie de Sinding-Larsen-Johansson** : (pointe de la patella)
  - Adolescent (10-14 ans)
  - Fracture-avulsion de la pointe de la patella, lésion de l'enthèse proximale du tendon patellaire
  - Radiographies : tuméfaction des tissus mous et fragmentation osseuse de la pointe distale de la patella
  - Echographie / IRM : non nécessaires

#### d. Traumatismes : spécificités pédiatriques

- Les lésions ligamentaires isolées sont plus rares que chez l'adulte (car plus solides que leurs insertions osseuses)
- **Fracture du massif des épines tibiales** : (14)
  - Correspond à une **rupture du ligament croisé antérieur** sur un squelette immature (8-14 ans ++) par avulsion de la zone d'insertion du LCA
  - Rare avant 8 ans
  - Fréquence des lésions méniscales associées ++ : intérêt de l'IRM +
  - Classification de Meyer et Mc Kewer : 3 stades



Type 1: fracture non déplacée    Type 2 : élévation de la partie antérieure    Type 3 : arrachement complet

- Entité particulière mal connue chez le jeune enfant : **arrachement des épines tibiales cartilagineuses**
  - Correspond à une avulsion cartilagineuse pure de l'insertion tibiale du LCA (15)

- Traumatisme domestique à basse énergie → faible prévalence des lésions méniscales associées
- Radiographies (lecture attentive ++): recherche d'une fine **lamelle osseuse**, avec fréquente extension postérieure sur toute la surface intercondylienne
- IRM : diagnostic difficile car absence des signes IRM classiques de rupture de LCA (16)
- Orientation diagnostique :
  - hypersignal T2 liquidien qui souligne le fragment cartilagineux au niveau de l'épiphyse ossifiée
  - signe du « double LCP », correspondant à l'extension postérieure du fragment avulsé
- Bon pronostic (car peu d'anomalies associées)
- Traitement :
  - Orthopédique seul (sous couvert de l'IRM) : évolution vers la résorption du LCA
  - Chirurgical : suture/fixation
  - Abstention thérapeutique → risque de piégeage du ligament inter-méniscal et d'avulsion combinée de la zone d'insertion fémorale du LCA

- **Rupture du LCA « classique »:**

- IRM ++ :

- Recherche de **lésion méniscale** associée (surtout des lésions méconnues de la **corne postérieure du ménisque interne**) → souvent asymptomatique, mais responsable secondairement d'une instabilité chronique (IRM systématique indispensable)
- Piège : Ne pas confondre le reliquat vasculaire de la corne postérieure du ménisque avec une fissure méniscale !

- Intérêt d'une prise en charge chirurgicale **précoce** par technique pédiatrique (en comparaison à une prise en charge adulte reportée après « maturité » osseuse): diminue le risque de lésion méniscale, surtout si délai estimé > 1 an avant la fermeture du cartilage de croissance (squelette « mature ») malgré le risque de trouble de la croissance osseuse liée à cette technique (rare)(17)

- **Fracture de la TTA**

- Classification de Watson Jones: 3 types



Type 1: fracture distale



Type 2: décollement épiphysaire



Type 3: type 2 + fracture épiphysaire

- **Fractures de la patella :**
  - « sleeve fracture patellaire » = fracture-arrachement de la pointe de la patella
    - 8-12 ans
    - Par contraction violente du quadriceps sur genou fléchi
    - Radiographie : patella ascensionnée (par désinsertion du tendon patellaire), fines lamelles osseuses sous-patellaires, hémarthrose
    - Echographie parfois utile
    - Diagnostic différentiel : variante d'ossification patellaire (patella bipartita inférieure avec ossicule accessoire bien limité)
  - Fracture de la base de la patella
    - adolescent
    - Correspond à une désinsertion du tendon quadricipital
    - Radiographie: hémarthrose + liseré osseux supra-patellaire

**f. Derniers pièges... les douleurs projetées**

**Bibliographie :**

1. Moelle rouge, moelle jaune, l'IRM en couleur chez l'enfant [Internet]. [cited 2016 Dec 14]. Available from: <http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/Publication/2012/1/3c2f5df9-fbc4-4771-a184-00f80b3c6fb8/publication.htm>
2. Boulet B, Caramella C, Couanet D, Balleyguier C, Bidault F, Dromain C. Approche didactique de la moelle osseuse en IRM. ResearchGate. 2010 Sep 1;91(9):935–49.
3. Basraoui D, Boutry N. les principales tumeurs osseuses bénignes de l'enfant et de l'adolescent [Internet]. [cited 2016 Dec 15]. Available from: <http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/pdf/2010/1/896988fc-c254-43e4-9572-151c7f3088c4.pdf>
4. Mainard-Simard L, Journeau P. L'ostéochondrite des condyles fémoraux, de l'enfant à l'adulte jeune. In 2011. (EPU Trousseau).
5. Mestriner LA. Osteochondritis dissecans of the knee: diagnosis and treatment. Rev Bras Ortop. 2012 Oct;47(5):553–62.
6. Laredo JD, Wybier M., Petrover D. IMAGERIE RHUMATOLOGIQUE ET ORTHOPEDIQUE. SAURAMPS Médical. 2013.
7. Samora WP, Chevillet J, Adler B, Young GS, Klingele KE. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee: predictors of lesion stability. J Pediatr Orthop. 2012 Feb;32(1):1–4.
8. Gans I, Bedoya MA, Ho-Fung V, Ganley TJ. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging and pre-surgical evaluation in the assessment of traumatic intra-articular knee disorders in children and adolescents: what conditions still pose diagnostic challenges? Pediatr Radiol. 2015 Feb;45(2):194–202.
9. Kocher MS, DiCanzio J, Zurakowski D, Micheli LJ. Diagnostic performance of clinical examination and selective magnetic resonance imaging in the evaluation of intraarticular knee disorders in children and adolescents. Am J Sports Med. 2001 Jun;29(3):292–6.

10. Ellermann J, Johnson CP, Wang L, Macalena JA, Nelson BJ, LaPrade RF. Insights into the Epiphyseal Cartilage Origin and Subsequent Osseous Manifestation of Juvenile Osteochondritis Dissecans with a Modified Clinical MR Imaging Protocol: A Pilot Study. *Radiology*. 2016 Sep 15;160071.
11. Pill SG, Ganley TJ, Milam RA, Lou JE, Meyer JS, Flynn JM. Role of magnetic resonance imaging and clinical criteria in predicting successful nonoperative treatment of osteochondritis dissecans in children. *J Pediatr Orthop*. 2003 Feb;23(1):102–8.
12. Gebarski K, Hernandez RJ. Stage-I osteochondritis dissecans versus normal variants of ossification in the knee in children. *Pediatr Radiol*. 2005 Sep;35(9):880–6.
13. Cotten A. *IMAGERIE MUSCULO-SQUELETTIQUE*. MASSON. 2008. (Imagerie Medicale).
14. Chotel F, Knorr G, Simian E, Dubrana F, Versier G, French Arthroscopy Society. Knee osteochondral fractures in skeletally immature patients: French multicenter study. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2011 Dec;97(8 Suppl):S154–159.
15. Chotel F, Raux S, Accadbled F, Gouron R, Pfirrmann C, Bérard J, et al. Cartilaginous tibial eminence fractures in children: which recommendations for management of this new entity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2016 Mar;24(3):688–96.
16. Chotel F, Seil R, Greiner P, Chaker M-M, Berard J, Raux S. The difficult diagnosis of cartilaginous tibial eminence fractures in young children. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2014 Jul;22(7):1511–6.
17. Henry J, Chotel F, Chouteau J, Fessy MH, Bérard J, Moyen B. Rupture of the anterior cruciate ligament in children: early reconstruction with open physes or delayed reconstruction to skeletal maturity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2009 Jul;17(7):748–55.