



Travail de master en médecine humaine 4368

**Evolution postopératoire et  
retour au sport  
après fracture de l'éminence tibiale  
antérieure chez l'enfant**

***Etude rétrospective  
monocentrique***

**Etudiante**

Laura Fillistorf

**Tuteur**

Docteur Stéphane Tercier, MER

*Unité pédiatrique de chirurgie orthopédique et traumatologique  
Département femme-mère-enfant, CHUV*

**Expert**

Professeur Olivier Borens

*Service d'orthopédie-traumatologie  
Département de l'appareil locomoteur, CHUV*

## Table des matières

<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>Méthodologie</b> .....	<b>3</b>
<b>Résultat</b> .....	<b>3</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>3</b>
<b>Mots clés</b> .....	<b>3</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>Définition</b> .....	<b>4</b>
Anatomie .....	4
Fracture de l'éminence tibiale antérieure .....	5
<b>Epidémiologie</b> .....	<b>5</b>
<b>Mécanisme lésionnel</b> .....	<b>6</b>
<b>Clinique</b> .....	<b>6</b>
<b>Imagerie</b> .....	<b>6</b>
<b>Classification</b> .....	<b>7</b>
<b>Prise en charge chirurgicale et conservatrice</b> .....	<b>8</b>
<b>Suivi</b> .....	<b>10</b>
<b>Complications</b> .....	<b>11</b>
<b>Tests actuels</b> .....	<b>11</b>
<b>Tests fonctionnels</b> .....	<b>11</b>
<b>Tests fonctionnels réalisés au CHUV</b> .....	<b>12</b>
<b>Description des tests</b> .....	<b>12</b>
Single hop test.....	12
6m - timed hop .....	12
Triple hop test.....	12
Cross over test .....	12
Y balance anterior reach test .....	13
<b>Objectifs</b> .....	<b>14</b>
<b>Patients et méthodologie</b> .....	<b>14</b>
Analyse statistique .....	15
<b>Résultats</b> .....	<b>16</b>
Epidémiologie .....	16
Analyse .....	19
<b>Discussion</b> .....	<b>21</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>24</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>25</b>

## Abstract

### Introduction

La fracture de l'éminence tibiale antérieure (FETA) est l'atteinte traumatique caractéristique du ligament croisé antérieur (LCA) chez l'enfant entre 8 et 14 ans ayant un squelette encore immature. Il s'agit précisément d'une fracture-arrachement de l'insertion osseuse distale du LCA, classifiée en 4 types selon Zaricznyj. Son incidence est de 3 sur 100'000 enfants. Cette étude a pour but d'évaluer la prise en charge de ces FETA, de la technique opératoire au suivi post-opératoire en passant par les complications à moyen et long terme, au sein de l'Unité pédiatrique de chirurgie orthopédique et traumatologique (UPCOT) du service de chirurgie de l'enfant et de l'adolescent du CHUV.

### Méthodologie

Tous les patients pris en charge pour une FETA par l'UPCOT au CHUV de 2008 à fin 2015 et répondant aux critères ont été identifiés et ont reçu un questionnaire subjectif évaluant la fonction de leur genou (pedi-IKDC). Notre collectif contient 29 patients, 13 filles et 16 garçons, âgés de 5 à 13 ans. Selon la classification de Zaricznyj, le collectif se compose de 2 fractures de type 1, 13 de type 2, 12 de type 3 et 2 de type 4. Trois patients ont été traités conservativement et 26 patients chirurgicalement dont 17 par arthroscopie et 9 par arthrotomie. Une revue rétrospective des dossiers de ces patients ainsi que l'analyse des questionnaires ont été effectuées.

### Résultat

Les patients opérés par arthroscopie obtiennent en moyenne un score de 93,8 au pedi-IKDC et ceux traités par arthrotomie de 92,5. Il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus entre les groupes arthrotomie et arthroscopie (p-value 0,67). Trois patients ont présenté une complication postopératoire (10%) : un cas de pseudarthrose, un d'arthrofibrose et un de rupture du LCA.

### Conclusion

Les résultats confirment que la grande majorité des patients victimes d'une FETA et pris en charge dans notre institution présentent une bonne, voire une excellente évolution à moyen terme, témoignant de la qualité et de l'adéquation de la prise en charge actuelle. Cette étude corrobore également la littérature concernant la bonne valeur de la prise en charge par arthroscopie.

### Mots clés

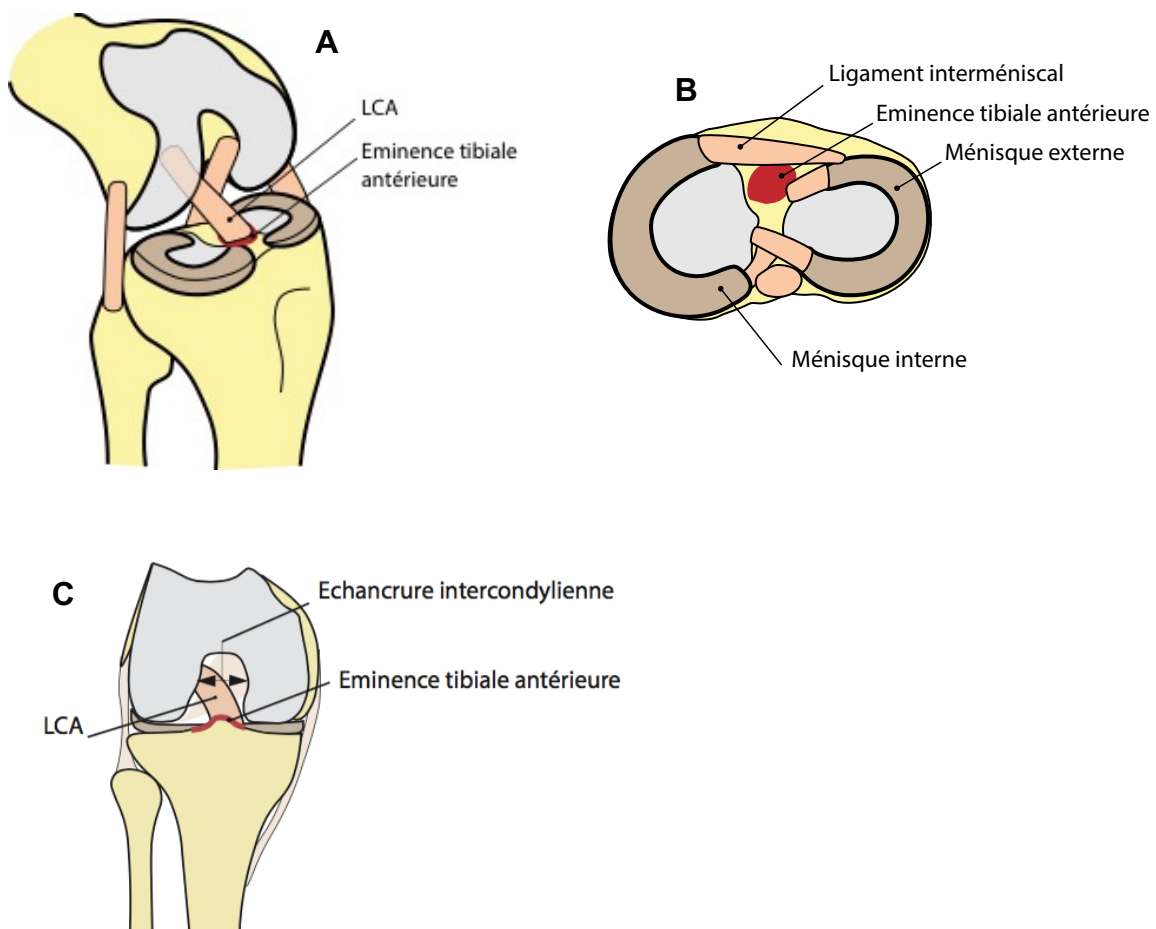
Fracture de l'éminence tibiale antérieure, population pédiatrique, arthroscopie, IKDC, tests fonctionnels

## Introduction

## Définition

## Anatomie

L'éminence tibiale antérieure est une structure de petite taille de l'articulation complexe du genou. Elle est par contre d'une grande importance puisqu'elle correspond à l'insertion osseuse distale du ligament croisé antérieur (LCA) (Figure 1A) en lien étroit avec les structures méniscales. Elle se situe au niveau antérieur du tibia proximal entre les deux plateaux tibiaux, postérieurement au ligament interméniscal (Figure 1B). Les racines des cornes antérieures des ménisques externe et interne s'insèrent au contact de cette éminence. Au niveau du fémur, l'échancrure intercondylienne correspond approximativement à la largeur de l'éminence tibiale antérieure (Figure 1C).



**Figure 1** **A** Insertion distale du LCA sur l'éminence tibiale antérieure **B** Vue axiale de la portion tibiale de l'articulation du genou avec l'insertion du LCA et son rapport aux insertions des ménisques **C** Echancrure intercondylienne du fémur

## Fracture de l'éminence tibiale antérieure

La fracture de l'éminence tibiale antérieure (FETA), faussement appelée avulsion de l'épine tibiale antérieure, est l'atteinte traumatique caractéristique du ligament croisé antérieur (LCA) chez l'enfant entre 8 et 14 ans, ayant un squelette encore immature (1). Il s'agit précisément d'une fracture-arrachement de l'insertion osseuse distale du LCA (Figure 2). Chez l'enfant plus âgé ou le jeune adulte, la rupture du LCA survient typiquement en plein corps ou à hauteur de l'insertion proximale (fémorale) du ligament. Depuis une décennie, il est de plus en plus fréquent de retrouver, chez les jeunes sportifs de moins de 14 ans, une rupture du LCA typique de l'adulte (2). Selon de récentes études (3,4), il semblerait que le type de lésion subie par le pivot central, (FETA ou déchirure typique du LCA), dépende des caractéristiques biomécaniques du complexe os-ligament et non de l'âge ou du degré de maturité du cartilage de croissance. La largeur du massif de l'éminence tibiale antérieure, respectivement de l'échancrure intercondylienne semblent significativement augmentées chez les patients présentant une lésion de type FETA par rapport à ceux ayant une rupture typique du LCA. Ces constatations pourraient expliquer la survenue de FETA chez des adolescents de plus de 14 ans ou même chez des adultes (5,6).



**Figure 2** Radiographies standards de profil de fracture de l'éminence tibiale antérieure chez 2 enfants de 9 ans.

## Epidémiologie

Dans la population pédiatrique, les traumatismes du genou représentent 3% des motifs de consultation aux urgences ; seuls 2% de ces traumatismes du genou sont des FETA. L'incidence annuelle des FETA correspond à 3 lésions pour 100'000 enfants tout âge confondu (7,8), alors que celle des ruptures du LCA est de 16 pour 1000 patients pédiatriques (9). Aucune étude récente et à grande échelle ne permet de définir l'épidémiologie actuelle des FETA chez l'enfant de moins de 14 ans et de la comparer à celle des ruptures du LCA pour la même population.

Le sport, en particulier le ski et le football, ainsi que les accidents de la voie publique sont les principales causes de ces fractures (10).

### Mécanisme lésionnel

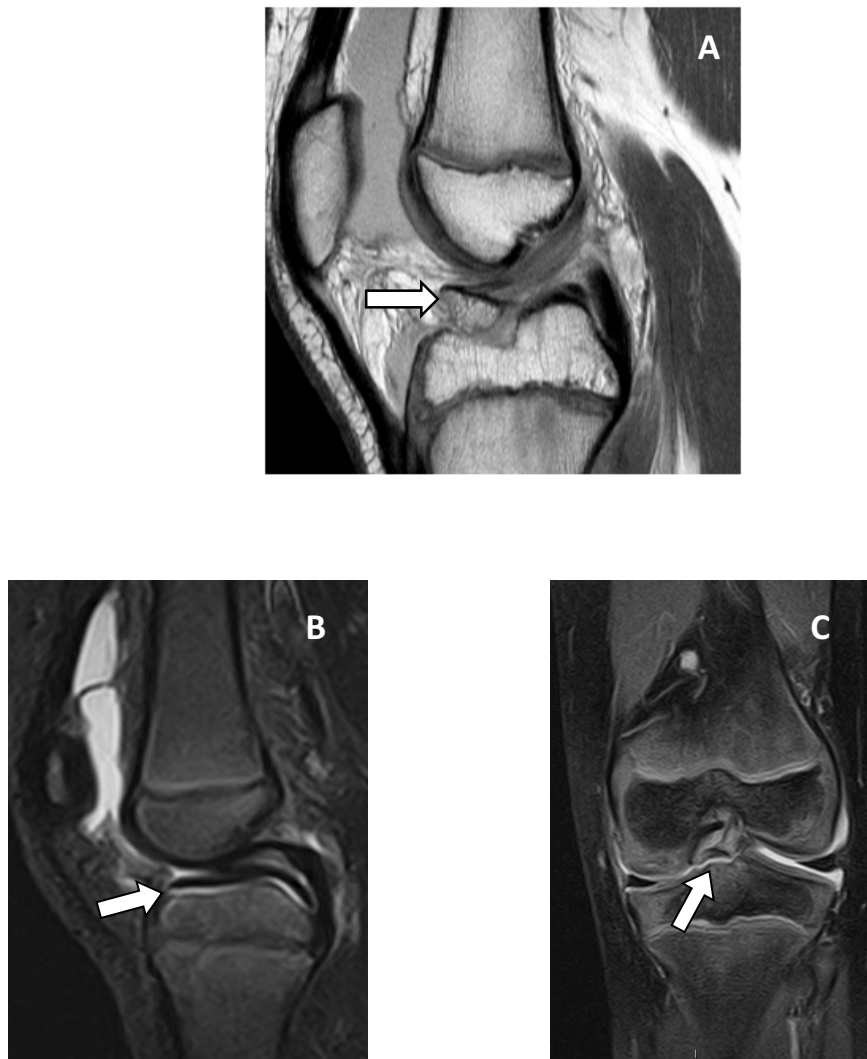
Les mécanismes traumatiques à l'origine des FETA sont les mêmes que ceux qui provoquent une rupture du LCA. Ils surviennent typiquement lors de mouvements extrêmes en flexion-valgus, associés à une composante de rotation interne du tibia sous le fémur ou plus rarement en hyperextension (11,12).

### Clinique

Typiquement, les patients victimes d'une FETA rapportent anamnestiquement une entorse du genou avec sensation de craquement et survenue d'une tuméfaction rapide. Ils se présentent avec de fortes douleurs, une impotence fonctionnelle du membre inférieur touché, une diminution de l'amplitude articulaire et un épanchement du genou (8). Une histoire de traumatisme violent est souvent évoquée, bien qu'un mécanisme à basse énergie soit parfois retrouvé. L'examen clinique est généralement limité par la douleur. Il sera uniquement possible sous anesthésie générale si une prise en charge chirurgicale est requise. Dans ce cas, il montrera les tests de Lachman, du tiroir antérieur et du pivot shift tous trois positifs.

### Imagerie

Toute suspicion clinique de FETA (mécanisme ou examen compatible) nécessite des clichés radiologiques standards du genou de face et de profil. Le diagnostic sera, en effet, le plus souvent posé sur la radiographie de profil. Si des atteintes associées de type ligamentaire (14% des cas) ou méniscal (37%) (13,14) sont suspectées ou que la radiologie est peu contributive, il faut envisager la réalisation d'une imagerie par résonance magnétique (IRM) (13,15) (Figure 3A). Chez les patients les plus jeunes qui n'ont pas encore ossifié l'épiphyse tibiale, le diagnostic ne pourra être obtenu que sur l'IRM, par la présence d'une image de double LCP (ligament croisé postérieur) ou l'existence d'un fin signal fluide entre l'épiphyse osseuse et le cartilage articulaire (16) (Figure 3B et C). Malgré sa précision, l'IRM n'est pas un examen réalisé de routine pour les FETA.



**Figure 3 :** **A** Coupe IRM sagittale, en pondération T1 montrant une avulsion de l'éminence tibiale antérieure chez un enfant de 11 ans (Radsource) **B et C** : Coupe IRM, respectivement sagittale et coronale en pondération T2, montrant une image liquidienne entre le cartilage et le reste de l'épiphyse osseuse (signe du double LCP) chez un enfant de 7 ans (Radsource)

### Classification

Historiquement, la première classification radiologique des FETA a été proposée par Mayer et McKeevers en 1959 (17) (Figure 4) :

- Type 1 : fragment osseux non déplacé
- Type 2 : 1/3 à 1/2 du fragment osseux est déplacé
- Type 3 : le fragment osseux est totalement avulsé avec ou sans rotation de celui-ci

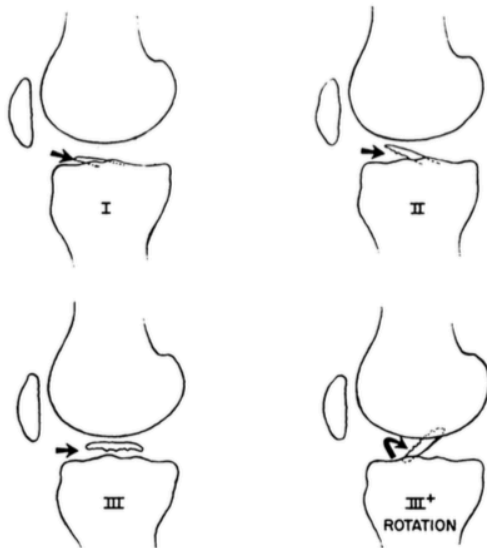


FIG. 1

**Figure 4** Classification de Mayer et McKeevers

Cette classification a été modifiée par Zariczyj en 1977 avec l'ajout d'un quatrième type pour les fractures comminutives (18) (Figure 5).

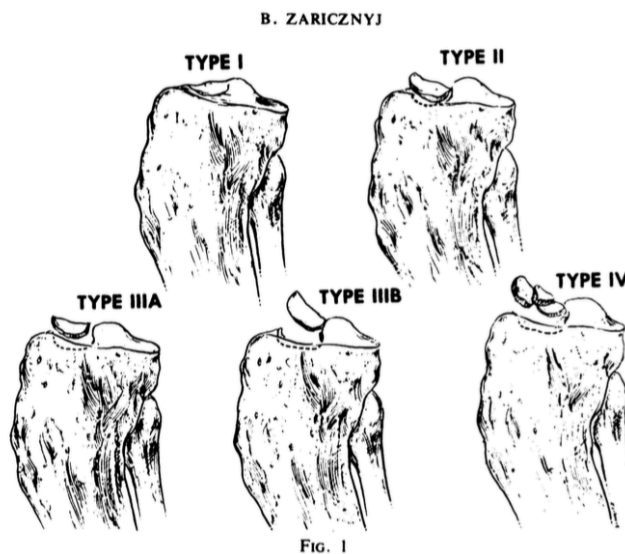


FIG. 1

**Figure 5** Classification de Zariczyj

### Prise en charge chirurgicale et conservatrice

Excepté le type 1, traité conservativement par plâtre cruro-jambier en extension pendant 4 à 6 semaines, les types 2 à 4 nécessitent une prise en charge chirurgicale avec réduction anatomique et fixation du fragment osseux tibial (19), le plus souvent par voie arthroscopique. Il n'y a pas, à ce jour, de consensus déterminant un type de technique chirurgicale spécifique, mais depuis plusieurs années l'arthroscopie a prouvé sa faisabilité et ses avantages, entre autre pour le diagnostic et le traitement



des lésions associées (11), et semble actuellement le mode opératoire de choix, préférée à l'arthrotomie (20).

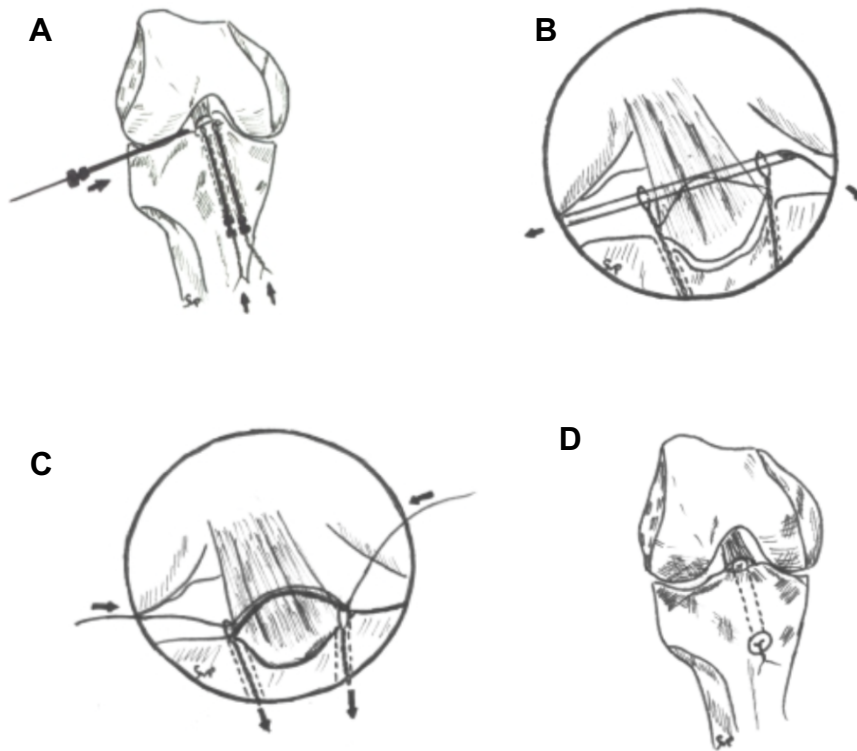
Plusieurs méthodes de fixation ont été décrites dans la littérature et de nouvelles techniques sont encore en voie d'évaluation (21–23).

L'ostéosynthèse de l'éminence tibiale antérieure peut être réalisée au moyen de vis ou par ostéosuture. Les résultats à long terme, du point de vue de la consolidation de la fracture et de la laxité ligamentaire, sont bons voire excellents et équivalents pour ces différentes méthodes (19).

Cependant, les vis non-résorbables nécessitent une nouvelle intervention pour leur ablation et peuvent provoquer des troubles de la croissance osseuse locale (24). Les vis résorbables ne posent pas ce problème, mais ont tendance à provoquer localement une importante réaction inflammatoire liée à leur résorption et à être responsable d'une fibrose du compartiment antérieur du genou, potentiellement invalidante. La plupart de ces complications semblent pouvoir être évitées en réalisant une ostéosuture avec des fils résorbables (25,26). Ces derniers seraient même d'un point de vue biomécanique plus solides que les vis (27).

Depuis 2012, dans l'Unité pédiatrique de chirurgie orthopédique et traumatologique (UPCOT) du service de chirurgie de l'enfant et de l'adolescent du CHUV, une fois la fracture réduite par arthroscopie, le fragment osseux est fixé par ostéosuture transtibiale avec des fils résorbables. Un cliché radioscopique de contrôle est effectué durant l'intervention afin de vérifier la réduction anatomique du fragment épiphysaire.

Historiquement, la technique arthroscopique de fixation par fils a été décrite par Morales Pineiro et al. en 2000 (28). La première étape de l'intervention consiste à nettoyer la cavité articulaire, vérifier l'absence de lésions associées et réduire le fragment avulsé après désincarcération du ligament interméniscal, fréquemment interposé. Le deuxième temps permet, à l'aide d'un viseur tibial, de réaliser deux tunnels de part et d'autre du fragment épiphysaire avulsé (tunnels transphysaires antéro-médial et antéro-latéral), à partir du bord médial du tibia proximal. Un trocart, muni d'un lasso, est inséré dans chacun des tunnels pour récupérer un fil résorbable transfixiant la base du LCA. Via les deux tunnels osseux, les deux extrémités du fil sont extériorisées au niveau de la corticale du tibia et nouées en tension maximale, le genou en hyper-extension pour maintenir la réduction du fragment avulsé. (Figure 6A-D). Cette technique, utilisée dans notre service, peut varier dans le type de fil utilisé (résorbable ou non résorbable), mais le principe de base reste le même.



**Figure 6** Dessins originaux décrivant la technique chirurgicale par arthroscopie et fils. (28)

- A** : Insertion de 2 trocarts transtibiaux et d'un guide par voie antéro-externe
- B** : Insertion du guide dans les boucles des fils transtibiaux
- C** : Mise sous tension des fils pour réduire le fragment osseux
- D** : Fixation du système par un nœud médialement à la tubérosité tibiale

### Suivi

En postopératoire, une immobilisation de 4-6 semaines dans une gaine cruro-jambière en flexion maximale de 20° est nécessaire à la consolidation osseuse (9). Afin d'éviter la survenue d'arthrofibrose ou de flexum du genou, la rééducation pour retrouver une amplitude articulaire normale est initiée dès l'ablation du plâtre par le physiothérapeute (29). Son but sera également de récupérer l'amyotrophie, parfois importante, du quadriceps après immobilisation plâtrée. La rééducation à la marche en charge progressive est initiée dès la sortie du plâtre. La marche en charge totale est autorisée à environ 2 mois de la chirurgie et la reprise des activités physiques, progressivement entre 3 et 6 mois postopératoire.

Un contrôle médical à 3 mois et 6 mois est indiqué afin d'examiner cliniquement le genou et la stabilité ligamentaire du pivot central. Un suivi radiologique, après confirmation de la consolidation osseuse, n'est pas nécessaire si le patient est asymptomatique et l'examen clinique du genou sans particularité.

## Complications

Malgré une prise en charge conservatrice ou chirurgicale correcte et une compliance adéquate du patient, certaines complications sont possibles.

La **pseudarthrose** (non-union) et le **cal vicieux** (mal-union), habituellement secondaires à l'incarcération du ligament interméniscal ou de la racine antérieure d'un ménisque, médial le plus souvent (30), sont les complications précoces les plus fréquentes et nécessitent généralement une nouvelle intervention (23). Une perte de mobilité de l'articulation secondaire à une **arthrofibrose** ou un flexum peuvent également apparaître, d'où l'importance de la remobilisation précoce (29).

A long terme, le patient doit être informé des risques de **laxité résiduelle du LCA**, probablement secondaire à l'élongation du ligament lors du traumatisme initial, et pouvant mener à une instabilité ligamentaire du genou (31). Cette complication peut nécessiter à distance une nouvelle intervention sous forme d'une plastie ligamentaire du LCA (31), pour protéger l'intégrité méniscale, même si l'instabilité n'est pas toujours ressentie par le patient (8,10). Il faut encore mentionner, à long terme, le risque augmenté de **gonarthrose** en cas de lésions cartilagineuses (plateau tibial) ou méniscales associées.

## Tests actuels

Lors de chaque contrôle, un examen clinique complet du genou est effectué comprenant des tests méniscaux (test de McMurray et Grinding test), des tests de stress en varus et en valgus et des tests de laxité ligamentaire (test de Lachman, test du tiroir antérieur et pivot-shift test). Une attention toute particulière sera donnée à l'évaluation de la stabilité du LCA, dans le plan frontal par le test de Lachman, qui apprécie l'intégrité du LCA en faisant une translation antérieure brusque puis douce du genou à 30° de flexion. Il est considéré comme positif si l'arrêt est mou et la course allongée, signe une laxité antéro-postérieure du LCA. Le pivot-shift permet, par une manœuvre de flexion-valgus-rotation interne du fémur, de tester la laxité en torsion (pivot) du LCA.

La laximétrie permet de quantifier la translation tibiale antérieure ; ce test doit être comparatif, le genou non lésé servant de norme. Il peut être réalisé à l'aide de plusieurs appareils, dont la validité est reconnue (32). A l'UPCOT, l'évaluation clinique quantitative de la laxité du LCA est réalisée à l'aide d'un arthromètre mécanique, le Rolimeter™ (Aircast Incorporated - Summit NJ/USA), qui mesurera en millimètres la translation antérieure du tibia par rapport au fémur.

## Tests fonctionnels

Dans le processus décisionnel de retour au sport, il est fondamental de pouvoir évaluer la récupération fonctionnelle du genou traumatisé, qu'il ait été opéré ou traité conservativement, afin de proposer à l'enfant en pleine croissance, une reprise des activités physiques dans un cadre sécuritaire maximal et diminuer les risques de blessures ou de récurrence. Outre l'examen clinique et radiologique, nous n'avons à disposition que peu d'outils validés pour évaluer, après rééducation, la récupération du genou opéré dans sa globalité (stabilité, force, coordination) et sa capacité à reprendre les activités sportives sans risque de nouvelles lésions.

Bien que certaines études soient en cours, il n'existe pas de réel consensus permettant

de valider des tests fonctionnels spécifiques à ce type de patient. Jusqu'à récemment, le retour au sport après traitement de FETA était autorisé, empiriquement sur la base de l'anamnèse et de l'examen clinique seuls, sans réalisation de tests fonctionnels et donc sans grande sécurité. Il a donc semblé nécessaire de mettre en place des tests reproductibles et performants pour évaluer la récupération du genou de l'enfant après rééducation.

Actuellement, la plupart des recommandations pour intégrer ces tests à l'évaluation globale du retour au sport, proviennent d'études portant sur des patients avec lésion du LCA. Plusieurs auteurs se sont intéressés au retour au sport après reconstruction du LCA (33–35). Cependant, même en prenant cette entité, les études concernant spécifiquement une population pédiatrique restent rares.

Au sein de l'UPCOT, c'est en 2015 que les premiers patients ont pu bénéficier de tests fonctionnels pour évaluer la récupération de leur genou traumatisé.

### Tests fonctionnels réalisés au CHUV

Les « hop tests » sont au nombre de quatre (Single Hop test, Cross-over for distance, Triple Hop for distance et 6 meter – timed Hop) et permettent d'évaluer la stabilité dynamique du genou (36,37). Il s'agit de différents types de saut en monopodal. Ces tests comparent les résultats obtenus entre le membre inférieur (MI) opéré et le MI sain. Le y-balance test, un test d'évaluation de l'équilibre monopodal, vient compléter depuis une année le bilan fonctionnel du genou traumatisé ou opéré. Les résultats de ces tests sont représentés sous forme de pourcentage de récupération entre le côté lésé et le côté sain.

Tous les hop tests (Figure 7) sont débutés avec le MI du côté lésé. Le test est validé si le patient se réceptionne d'une façon stable sans aide de l'autre jambe, des bras ou d'un moyen auxiliaire. Une première démarcation devant les orteils du patient est positionnée au sol. A la fin de l'exercice, à l'endroit de réception, une deuxième démarcation est inscrite à l'arrière du talon du patient. La distance totale est mesurée entre la première et la deuxième démarcation.

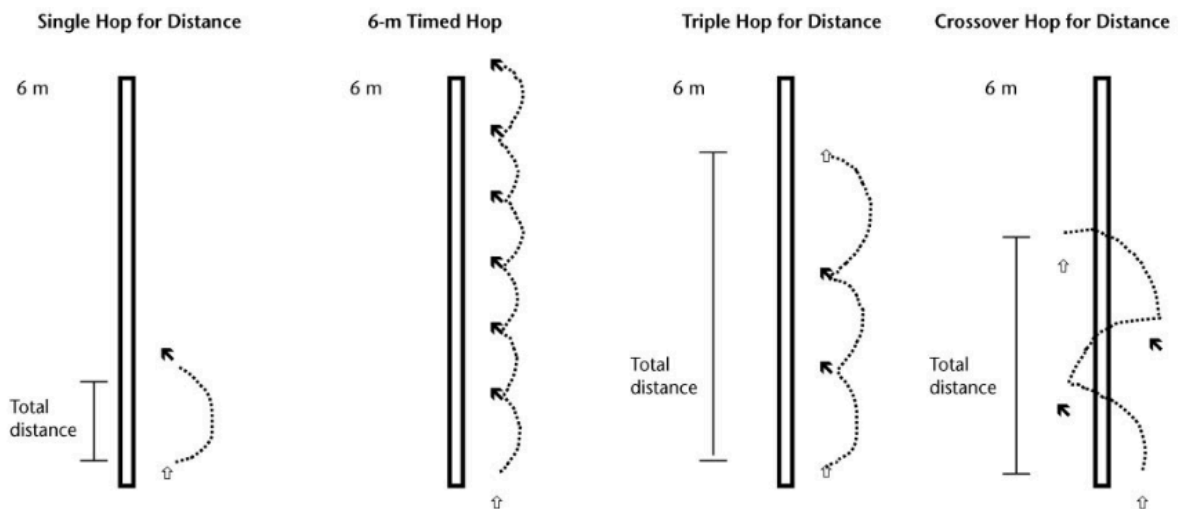
### Description des tests

**Single hop test** (= single hop for distance) : Le patient se positionne sur une jambe et doit sauter le plus loin possible en atterrissant sur la même jambe que celle de départ. La distance est mesurée en centimètre.

**6m - timed hop** : Le patient se positionne sur une jambe et, à l'aide de sauts répétés sur la même jambe, doit le plus rapidement possible parcourir une distance de 6 mètres. L'exercice est chronométré. Le chronomètre est enclenché au moment où le pied quitte le sol et stoppé quand le pied atteint le sol au bout du parcours.

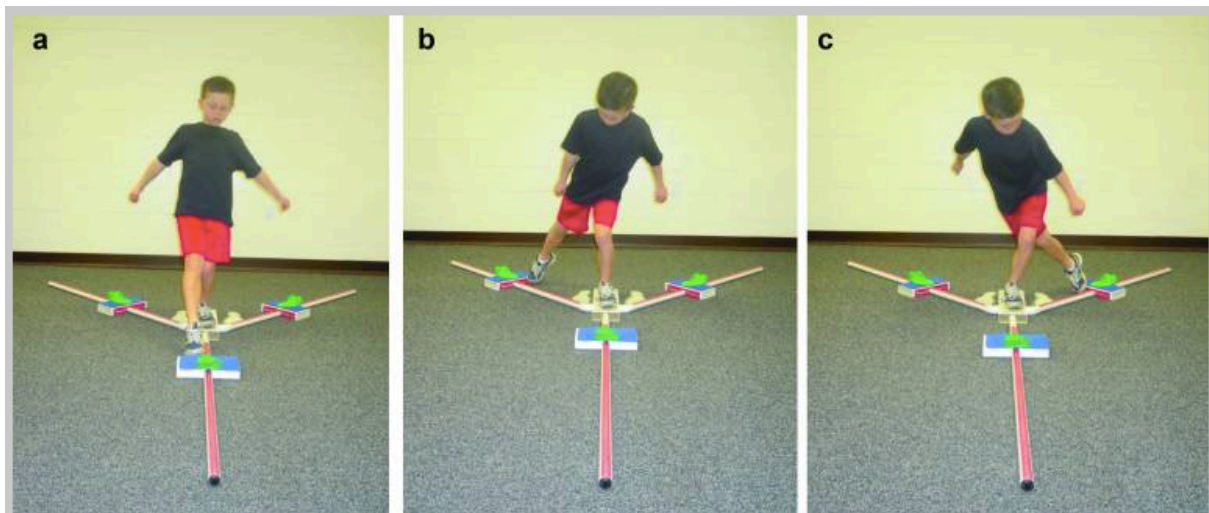
**Triple hop test** (= triple hop for distance) : Même condition que le single test, mais le patient réalise trois sauts consécutifs. La distance totale est mesurée en centimètre.

**Cross over test** : Même condition que le triple test mais le patient doit à chaque saut franchir de 15cm latéralement une ligne tracée au sol.



**Figure 7** Hop tests (37)

**Y balance anterior reach test** : ce test mesure la force, la stabilité et l'équilibre. Avant de pratiquer le test, les patients reçoivent des explications verbales et ont droit à une démonstration. Le test se fait en chaussure avec une jambe d'appui sur une plateforme. Tout en restant le plus stable possible au niveau du tronc et sans bouger la jambe d'appui, le patient va tenter avec sa jambe libre de pousser le plus loin possible le plot dans trois directions distinctes (a : antérieure b : postérolatérale c : postéromédiale ) (Figure 8). Trois essais dans chaque direction sont permis puis trois tentatives par direction sont testées. Le meilleur résultat de chaque direction est comparé au côté controlatéral.



**Figure 8** Y balance anterior reach test (38)

Des tests fonctionnels, dont les résultats sont présentés sous forme de pourcentages obtenus entre le MI lésé et le MI sain, supérieurs à 85% traduisent une récupération suffisante autorisant l'arrêt de la rééducation spécifique du genou et permettent une reprise progressive du sport (39).

## Objectifs

Ce travail a pour but principal d'analyser l'évolution à court et moyen terme des patients pris en charge dans l'UPCOT pour une FETA. Il permet de réaliser une évaluation de la qualité de la prise en charge de ces patients dans notre institution.

L'objectif secondaire est d'évaluer la pertinence des tests fonctionnels effectués par les physiothérapeutes collaborant avec l'UPCOT, outils utilisés depuis peu pour évaluer quantitativement la fonction du genou chez les enfants victimes d'une FETA. Nous espérons obtenir des données nous permettant de confirmer l'impression subjective que cet outil nous aide à prendre une décision plus objective pour autoriser un retour complet au sport avec le maximum de sécurité.

Comme plus-value, ce travail préliminaire pourrait permettre d'établir les variables pour une base de données prospective des patients victimes d'une FETA et faciliterait un travail prospectif ultérieur.

## Patients et méthodologie

Cette étude rétrospective a été acceptée le 7 juin 2016 par la commission cantonale vaudoise d'éthique de la recherche sur l'être humain (CER-VD protocole N° 2016-00453).

Tous les patients pris en charge pour une FETA par l'UPCOT au CHUV de 2008 à fin 2015 ont été identifiés par un data manager (Dr Pierre Chodanowski) et extraits du système informatique SOARIAN à l'aide de codes CHOP. Les patients âgés de 5 à 14 ans avec un diagnostic clinique et radiologique de FETA ont été inclus. Une prise en charge réalisée dans un autre centre hospitalier, un suivi postopératoire inférieur à 6 mois ou la présence de lésions associées non liées au traumatisme responsable de la FETA, représentent les critères d'exclusion de la présente étude.

De l'extraction de données, 38 patients pris en charge pour une FETA entre 2008 et 2015 à l'UPCOT et répondant aux critères d'âge (5-14 ans) ont été identifiés. Parmi ceux-ci, 4 ont dû être exclus en fonction des critères énumérés précédemment.

Cette population de 34 patients a été contactée par courrier postal. Le Dr Stéphane Tercier a pu, dans le cadre des consultations de suivi clinique, prévenir la majorité des patients qu'ils recevraient à leur domicile un courrier contenant :

- Une lettre d'information détaillée destinée aux parents, dans le cas où le patient était encore mineur
- Une lettre d'information adaptée à l'âge du patient
- Un consentement pour la réutilisation des données
- Un consentement pour la collecte de données
- Un questionnaire subjectif concernant l'état du genou opéré



Le questionnaire utilisé est l'IKDC pédiatrique (International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form) qui évalue de manière subjective les symptômes, la fonction du genou et ses capacités dans les activités sportives (39). Le pedi-IKDC en version originale anglaise a été validé (40). Dans la pratique courante, un score de 85 est nécessaire pour la reprise du sport et est signe de bonne évolution.

Une enveloppe préaffranchie était jointe afin que les patients âgés de plus de 14 ans, ou leurs représentants légaux puissent renvoyer signés les deux consentements ainsi que le questionnaire dûment rempli.

En cas d'absence de réponse, les patients ont été remotivés par téléphone.

La revue rétrospective des dossiers a débuté après obtention des consentements signés, via les logiciels SOARIAN (dossiers informatiques) et ARCHIMED (dossier d'archives). Les dossiers radiologiques ont été analysés sur PACS.

Pour chaque patient, une analyse détaillée du dossier médical et radiologique a été effectuée afin d'extraire toutes les variables utiles à l'étude. La consultation des urgences a été relue pour connaître la date de l'accident, le mécanisme de fracture, les circonstances et l'âge du patient à cette date. Les dossiers radiologiques ont été revus avec le chirurgien afin de déterminer pour chaque patient le type exact de fracture selon la classification de Zariczyj. Selon le même procédé, les dossiers médicaux ont été revus pour confirmer certaines informations relatives à la prise en charge conservatrice ou chirurgicale.

En cas de prise en charge chirurgicale, le protocole opératoire a été analysé afin de connaître le temps de garrot, la présence d'un bloc anesthésique postopératoire, ainsi que pour confirmer la survenue d'éventuelles complications ou la présence de lésions associées diagnostiquées durant l'intervention chirurgicale.

L'évolution postopératoire ou conservatrice a été évaluée par l'analyse des données de la prise en charge en physiothérapie, du délai de retour au sport, des tests cliniques et fonctionnels et enfin des questionnaires IKDC remplis durant l'étude.

Toutes ces données ont été retranscrites dans un fichier Excel protégé et codé.

### Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée avec le programme XLSTAT.

Les statistiques épidémiologiques de l'échantillon ont été représentées sous forme d'histogrammes.

Pour l'analyse de données, les patients ont été classés en différents groupes.

- En 3 groupes selon leur type de prise en charge : conservatrice, arthrotomie ou arthroscopie.
- En 4 groupes selon le type de fracture d'après la classification de Zariczyj : type 1, type 2, type 3 ou type 4.
- En 2 groupes selon si des tests fonctionnels avaient été effectués ou non : tests fonctionnels ou tests non fonctionnels.
- En 2 groupes selon les lésions associées à la FETA : lésions associées ou absence de lésions associées.

Dans un deuxième temps, le formulaire d'évaluation subjective sur la fonction de leur genou a été analysé et les scores calculés. Pour chaque groupe cité ci-dessus la moyenne des scores au pedi-IKDC et l'écart type ont été calculés.

## Résultats

### Epidémiologie

Parmi les 34 patients enrôlés dans l'étude, aucun refus de participation n'a été reçu mais 5 questionnaires sont revenus incomplets, nécessitant leur exclusion de l'étude. Les données épidémiologiques sont représentées sous forme d'histogrammes (Figure 9A-E).

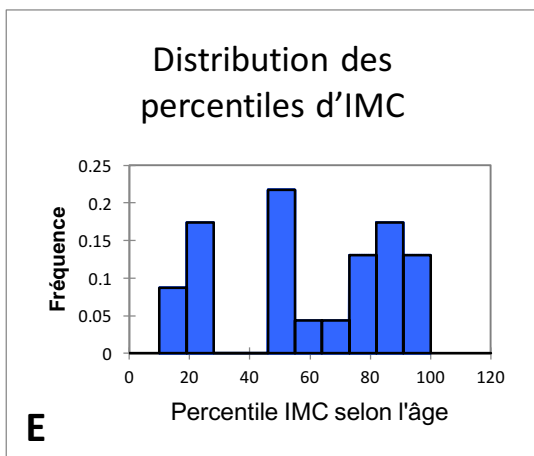
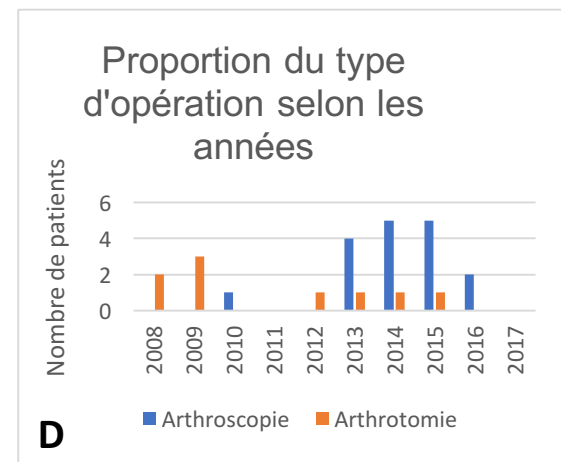
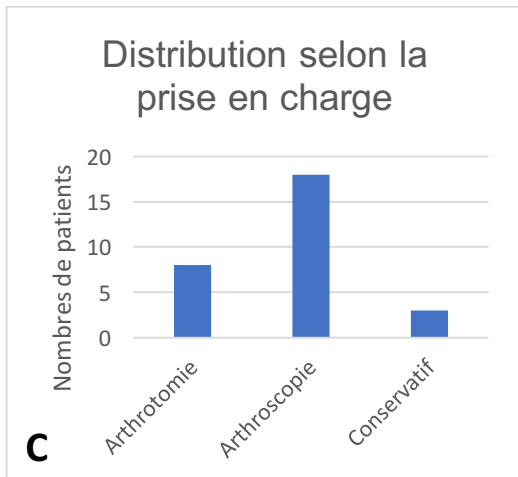
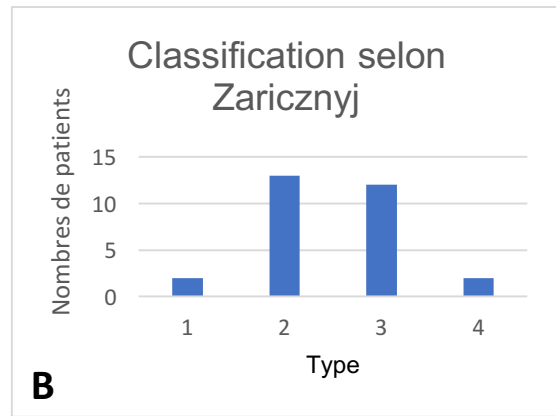
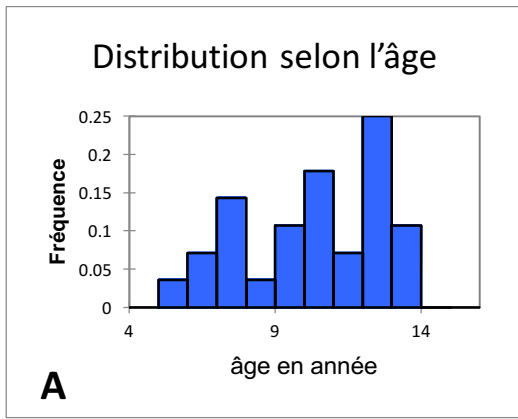
Le collectif contient 29 patients âgés de 5 à 13 ans (Figure 9A) répartis en 13 filles et 16 garçons. La lésion se situe à hauteur du genou gauche pour 16 patients et droite pour 13.

Selon la classification de Zaricznyj, l'échantillon comprend 2 fractures de type 1, 13 type 2, 12 type 3 et 2 type 4 (Figure 9B).

Trois patients ont été traités conservativement et 26 patients chirurgicalement dont 17 patients par arthroscopie (16 fois fils résorbables et 1 fois fils non résorbables) et 9 par arthrotomie (3 vis résorbables, 2 vis non résorbables et 4 fils) (Figure 9C). Parmi les patients traités conservativement, on retrouve une FETA de type 1 et deux type 2. L'évolution du type d'opération au cours des années est représentée par un graphique (Figure 9D).

L'IMC (indice de masse corporelle) des patients lors de l'accident a été calculé et mis sur les courbes de croissance validées par la Société Suisse de Pédiatrie. Sa distribution dans notre collectif est représentée par un histogramme (Figure 9E). La moyenne se trouve au 60<sup>ème</sup> percentile, avec des extrêmes inférieures au percentile 10 (2 patients) et supérieures au percentile 97 (3 patients).





**Figure 9** : Histogrammes **A** : Distribution selon l'âge **B** : Classification selon Zaricznyj **C** : Distribution selon la prise en charge **D** : Proportion du type d'opération selon les années **E** : Distribution des percentiles d'IMC

Un accident de ski est la cause principale de FETA, avec 22 cas (76%). Les autres causes de fracture sont une chute pour 3 patients (1 chute dans les escaliers, 1 chute de la hauteur de 1 mètre, 1 chute en sautant dans le cadre de l'éducation physique scolaire), un accident de football pour 2 patients et un accident de motocross et de trampoline pour les 2 derniers patients.

Cinq patients ont bénéficié d'une IRM en plus de la radiographie standard afin de poser le diagnostic de FETA ou de confirmer la présence de lésions associées suspectées au moment du diagnostic. Des atteintes secondaires, parfois combinées, ont été retrouvées chez 14 patients (48%) : 9 fractures du plateau tibial, 8 lésions méniscales y compris contusion, 3 lésions ligamentaires (un ligament collatéral interne et 2 déchirures partielles du LCA).

Aucune complication sous forme d'infection ni d'atteinte secondaire menaçant le pronostic vital ou le membre accidenté (lésion nerveuse ou vasculaire) n'est à relever au sein du collectif.

Trois patients ont présenté une complication postopératoire (10%) :

- Le premier patient, âgé de 13 ans, a présenté une pseudarthrose à 8 mois postopératoire. Il s'agit d'une fracture de type 4, associée à une importante fracture du plateau tibial interne et une déchirure du ménisque externe, qui a nécessité initialement une arthrotomie pour échec de l'arthroscopie. Trois mois postopératoires, une seconde intervention a été nécessaire pour l'ablation du matériel d'ostéosynthèse suite à la migration d'une des broches. Aucun geste n'a été nécessaire sur le pivot central, le patient ne se plaignant pas cliniquement d'instabilité. Une adhésiolyse a été réalisée dans le même temps opératoire. Quatre mois après la dernière intervention, le bilan radiologique (radio standard + IRM) a révélé une pseudarthrose de l'éminence tibiale antérieure, associée à un remaniement du LCA. Le patient a nécessité une troisième chirurgie pour procéder à une nouvelle adhésiolyse avec ablation de fragments osseux responsables de la non-consolidation osseuse (pseudarthrose). Le site d'insertion distal du LCA, qui ne présentait pas d'instabilité, a pu être préservé. Dans les suites opératoires, on a pu observer une disparition du conflit antérieur et une stabilité clinique du pivot central. Il a depuis lors repris le ski de piste sans symptôme mais a préféré arrêter la compétition. A 12 mois du traumatisme initial, le patient obtient un score de 80 au pedi-IKDC.

- Le second patient, âgé également de 13 ans, a été victime d'une rupture du LCA 16 mois après ostéosuture arthroscopique d'une FETA de type 3 avec déchirure partielle du ligament collatéral interne, déchirure méniscale interne et lésion du point d'angle postéro-interne associés. Le traitement a consisté en une plastie arthroscopique du LCA et suture du ménisque interne. Son évolution après cette intervention est bonne et il obtient un score de 95 au score pedi-IKDC, à 40 mois de la fracture initiale.

- Le troisième patient (9 ans) a développé une arthrofibrose antérieure traitée par physiothérapie et attelle de nuit. Il obtient un score de 97 au pedi-IKDC.

Il est à noter que les 2 patients dont le fragment a été fixé par vis non résorbables ont bénéficié d'une ablation du matériel d'ostéosynthèse à environ une année de l'intervention initiale.

Le délai entre l'accident et l'opération est en moyenne de 11,68 jours. Le follow-up entre l'accident et l'inclusion dans l'étude est de 43 mois en moyenne pour notre échantillon.

## Analyse

En séparant les patients en 3 groupes selon leur prise en charge (arthroscopie, arthrotomie et traitement conservateur), les scores pedi-IKDC moyens obtenus sont quasiment identiques et supérieurs à 92 (Table 1). Le résultat du groupe conservateur n'a toutefois qu'une valeur indicative, puisqu'il ne regroupe que 3 patients. A noter que ce groupe contient deux fractures de type 2, donc déplacées, qui actuellement aurait certainement été prises en charge chirurgicalement. Il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus entre les groupes arthrotomie et arthroscopie (p-value 0,67).

En formant 4 groupes selon le type de FETA (classification de Zaricznyj), les scores pedi-IKDC moyens obtenus sont respectivement pour les type 2 et 3, de 96, et 92 (Table 1), sans différence significative. Les résultats des groupes de type 1 (96) et 4 (86), composés de 2 patients chacun sont simplement indicatifs.

En séparant notre échantillon en fonction de la réalisation postopératoire de tests fonctionnels ou non, les résultats sont respectivement de 93,5 et 93,6 (Table 1). A noter que les patients bénéficient d'office de tests fonctionnels uniquement depuis 2015, même si quelques patients ont pu en bénéficier en 2014. De ce fait, seuls 12 patients (41%) ont été évalués par des tests fonctionnels.

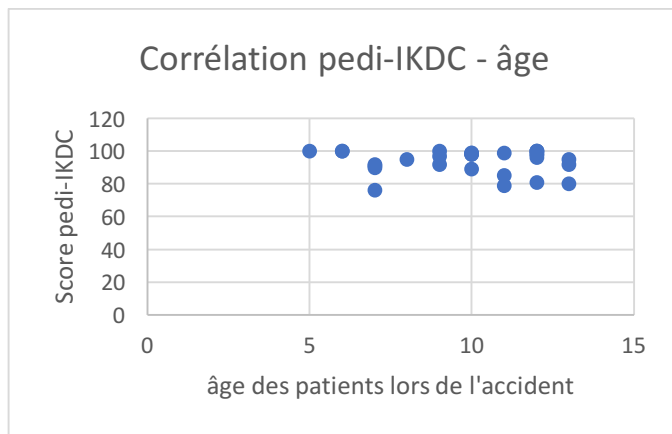
Les FETA sans lésions associées (15 patients soit 51,7%) ont également été séparées des FETA avec lésions associées (14 patients). Le groupe avec lésions associées obtient une moyenne au pedi-IKDC score de 93,4 soit inférieure à celle du groupe sans lésions associées avec une moyenne de 94,1. La différence n'est toutefois pas significative (p-value 0,82).

	<b>Observations</b>	<b>Score moyen au pedi-IKDC</b>	<b>Ecart-type</b>
<b>Arthroscopie</b>	17	93,8	7,262
<b>Arthrotomie</b>	9	92,5	8,002
<b>Conservateur</b>	3	93,3	
<b>Type 1</b>	2	96	
<b>Type 2</b>	13	96,1	6,108
<b>Type 3</b>	12	92	7,810
<b>Type 4</b>	2	86	
<b>Tests fonctionnels</b>	12	93,5	7,167
<b>Tests non fonctionnels</b>	17	93,6	7,648
<b>FETA sans lésions associées</b>	15	94,1	6,72
<b>FETA avec lésions associées</b>	14	93,4	7,22

**Table 1** résultats des scores pedi-IKDC en fonction des différents groupes

La reprise du sport a été débutée progressivement à 3 mois pour la majorité des patients (93%), avec un retour complet et sans limitation à 6 mois. Deux patients avec une FETA de type 3 associée à une importante lésion du plateau tibial, n'ont pu reprendre les activités sportives sans limitation qu'à 18 mois postopératoires.

L'évaluation de la répartition des score pedi-IKDC en fonction de l'âge des patients, montre que le score pedi-IKDC n'est pas corrélé à l'âge. Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est de -0,854 (Figure 10).



**Figure 10** Répartition des scores pedi-IKDC en fonction de l'âge

## Discussion

Alors que la littérature situe l'âge habituel pour la survenue de FETA entre 8 et 14 ans (1), cette étude permet d'observer un abaissement de l'âge des patients victimes de ce type de lésion. En effet, 7 des 29 patients suivis (24%), avaient moins de 8 ans lors de l'accident, le plus jeune patient ayant 5 ans. On peut probablement expliquer cette tendance par le fait que les enfants pratiquent des activités à haute intensité et à haut risque de plus en plus jeune, tel que le ski.

La répartition entre les genres est équilibrée, avec 13 filles et 16 garçons. La distribution en fonction du type de fracture n'est toutefois pas homogène et correspond à la littérature, avec une forte majorité de fractures de type 2 et 3. Il est possible que le nombre de FETA de type 1 soit sous-évalué, la plupart n'étant pas diagnostiquées comme telles (7). Le trait de fracture peut en effet être difficile à visualiser par radiographie standard lors d'une FETA non déplacée.

Depuis plusieurs années, l'arthroscopie s'est imposée comme la technique de choix pour la prise en charge des FETA nécessitant une intervention chirurgicale. Cette étude le corrobore puisque depuis 2012, la totalité des patients pris en charge dans notre institution, bénéficient d'office d'un traitement par arthroscopie. Les cas d'arthrotomie ultérieurs à 2012 ne concernent que des cas de fractures complexes avec incapacité de réduction ou de traitement adéquat par arthroscopie. La figure 9D représente le changement de prise en charge chirurgicale avec un switch des tendances dès 2013 en faveur de l'arthroscopie.

Dans cette série, seuls 3 patients ont été traités conservativement. Il s'agit d'un patient avec une fracture de type 1 dont la prise en charge n'est pas chirurgicale et de 2 patients avec une fracture de type 2 traités avant l'introduction de la chirurgie arthroscopique dans notre institution. Il faut mentionner à nouveau qu'à ce jour aucun consensus concernant le traitement des FETA de type 2 n'est publié dans la littérature.

L'accident de ski représente, dans cette étude, la première cause de FETA. Contrairement à la littérature, aucun patient n'a été victime de chute à vélo ou d'accidents de la voie publique, causes principales de FETA habituellement citées (10). L'explication réside certainement dans le fait que notre institution reçoit durant l'hiver une grande partie des accidents de ski et que les FETA, fractures pédiatriques particulières, sont spécifiquement adressées à notre service de traumatologie

pédiatrique. Enfin, la majorité des enfants pratiquent ce sport dans notre région, ce qui peut expliquer le nombre élevé de traumatismes liés à cette activité.

Cette étude a également pu montrer que la majorité des patients affichent un IMC supérieur au percentile 50. Il est possible qu'un surpoids favorise une lésion du pivot central en cas de chute et de traumatisme du genou. Notre collectif étant restreint, il est difficile d'avancer la thèse que le surpoids puisse représenter un facteur de risque dans la survenue d'une FETA. La littérature actuelle ne le mentionne également pas.

L'impression clinique est que plus les patients sont âgés lors de l'accident, plus ils ont des difficultés à retrouver une bonne fonction de leur genou atteint, une qualité de vie optimale et un retour au sport adéquat. Hypothèse qui en corrélant l'âge lors de l'accident et le score pedi-IKDC n'est pas validée. Toutefois, ce calcul n'est pas assez robuste vu la taille de l'échantillon inférieure à 30. Il semble par contre que les patients présentant des lésions associées, mettent plus de temps à récupérer une fonction normale du genou. Les patients obtiennent, en effet, une moyenne au pedi-IKDC score inférieure au groupe comparatif. Cette observation n'est toutefois pas significative.

Les groupes traités par arthrotomie et par arthroscopie obtiennent des résultats comparables sans que l'on puisse toutefois pouvoir démontrer la supériorité d'une ou l'autre technique d'un point de vue résultat fonctionnel à moyen-long terme, ce qui correspond à la littérature (1). Une moyenne de plus de 92 points au score pedi-IKDC indique une très bonne évolution postopératoire chez les patients de ces deux groupes, un score de 85 étant considéré comme suffisant pour la reprise du sport et signe de bonne évolution (39). L'arthroscopie est actuellement la méthode de choix utilisée dans notre institution et les résultats de cette étude nous confirme le bien-fondé de ce choix. Au vu des inconvénients, telles que cicatrice et procédure plus invasive, l'arthrotomie doit rester réservée aux fractures compliquées non traitables, dans un premier temps par arthroscopie. La technique arthroscopique permet non seulement d'augmenter la détection du nombre de lésions intra-articulaires (principalement méniscales et cartilagineuses) mais également de réaliser leur traitement. Toutes les lésions méniscales de notre collectif (27,6%) ont été diagnostiquées par arthroscopie. Aucune lésion méniscale n'a été observée avant 2012, le traitement étant encore principalement réalisé par arthrotomie. Il est probable qu'un certain nombre de lésions méniscales ou cartilagineuses n'aient pas été diagnostiquées, ni radiologiquement, ni chirurgicalement avant cette date. Ces lésions parfois complexes montrent également à quel point le traumatisme provoquant une FETA peut être important. Procéder d'office à une IRM chez les patients présentant une FETA comme le propose déjà une étude de 2011, pourrait être envisagé (41).

Le délai moyen de prise en charge opératoire est de 11,68 jours depuis l'accident. La FETA n'étant pas une urgence chirurgicale aigüe, une latence volontaire d'une dizaine de jours permet à l'œdème et à l'hémarthrose de se résorber suffisamment pour permettre une intervention chirurgicale dans de meilleures conditions.

Cette étude relève que 3 patients sur 29 présentent une complications, soit 10% (un cas de pseudarthrose, un cas d'arthrofibrose et une récurrence avec rupture du LCA) et que leurs résultats à moyen terme sont tout à fait satisfaisants. Sachant que dans la littérature, certaines études montrent jusqu'à 15% de pseudarthrose (23).

Le cas du patient de 13 ans avec fracture de type 4 et pseudarthrose secondaire montre que le tableau parfois gravissime de ce type FETA avec multiples lésions associées peut nécessiter des opérations itératives. Dans cette situation particulière, après avoir débuté par arthroscopie, il a été décidé de traiter par arthrotomie l'importante lésion du plateau tibial pour éviter les risques élevés de gonarthrose majeure, tout en stabilisant la FETA dans le même temps opératoire. Comme souvent lors d'arthrotomie et de pose de matériel non résorbable, une seconde intervention a été nécessaire pour l'ablation du matériel d'ostéosynthèse suite à la migration d'une des broches. Il est donc préférable d'éviter l'utilisation de vis dans toutes les situations où elles ne sont pas absolument nécessaires. Malgré une prise en charge par arthrotomie afin de stabiliser les fractures multifragmentaires, une non-consolidation n'a pas pu être évitée et a nécessité une troisième opération. La pseudarthrose que l'on redoute est au final une complication rare dans notre échantillon avec un seul cas. Elle semble donc pouvoir être évitée dans la plupart des cas avec une bonne prise en charge par arthroscopie et une attention particulière portée au ligament interméniscal. En cas de fractures multifragmentaires, comme chez ce patient, il semble que la survenue de complications soit plus habituelle et la nécessité de conversion de l'arthroscopie à la chirurgie ouverte plus fréquente. Cet exemple illustre parfaitement l'évolution parfois complexe lors de FETA avec lésions multiples associées.

Ces situations rares nécessitent donc une attention particulière.

Il en va de même pour le patient de 13 ans, victime dans le cadre d'une nouvelle entorse du genou, d'une rupture complète intraligamentaire du LCA. Ce patient présentait en effet des lésions multiples associées à sa FETA de type 3 (une déchirure partielle du ligament collatéral interne, une déchirure méniscale et une distension du point d'angle postéro-interne).

Se pose la question d'un suivi personnalisé chez ces patients avec des situations délicates. C'est probablement chez eux que les tests fonctionnels auraient une plus-value.

Dans la majorité des cas, les patients peuvent reprendre le sport à 2-3 mois avec du vélo d'intérieur ou de la natation ; la course à pied est autorisée à partir de 4 mois et les sports d'équipe à partir du 6<sup>ème</sup> mois postopératoire. Jusqu'à récemment, la décision du retour au sport sans limitation était prise en fonction de l'évolution clinique du patient, mais sans critère objectif ou fonctionnel. L'instauration de tests fonctionnels permet depuis 2015 de mettre à disposition du médecin un outil objectif et quantifiable de la récupération fonctionnelle du membre inférieur et du genou, aide importante à la prise de décision pour un retour au sport sécuritaire. Ces tests fonctionnels ne sont cependant pas encore validés pour une population pédiatrique victime de FETA. Il serait nécessaire de définir, parmi les tests fonctionnels cités en introduction et d'éventuels nouveaux tests, lesquels sont le plus adaptés à cette population spécifique. Toutefois, ils représentent l'avenir de la prise en charge des FETA dans une optique de prise en charge personnalisée et optimale. Il est de ce fait important de continuer à les effectuer pour tout nouveau patient, afin de leur offrir la meilleure prise en charge possible. La poursuite de la récolte de données de patients bénéficiant de tests fonctionnels est également nécessaire afin de pouvoir, dans de futures études, évaluer leur pertinence, afin d'établir des guidelines précises concernant le retour aux activités sportives des enfants victimes de FETA.

Cette étude a permis d'observer une tendance à la péjoration du score pedi-IKDC en fonction de l'élévation du grade de la fracture. L'échantillon n'est cependant pas

suffisant dans certains groupes pour permettre d'obtenir des résultats significatifs. Une étude à plus grande échelle semble nécessaire pour confirmer cette supposition. Les FETA de type 1 et 4 sont effectivement extrêmement peu nombreuses dans ce collectif monocentrique.

En règle générale, les patients réalisent d'excellents scores à l'IKDC, tendant à confirmer une prise en charge actuelle adéquate pour ce type de lésion.

Cette étude comporte un certain nombre de limitations. Les FETA étant une entité relativement rare, un groupe monocentrique reste limité et ne permet pas de faire des analyses avec une forte puissance statistique. La réalisation d'une étude multicentrique serait de ce point de vue très intéressante.

Les patients bénéficient de tests fonctionnels d'office seulement depuis 2015, même si quelques patients ont pu en bénéficier en 2014. De ce fait, seuls 12 patients (41%) ont été évalués par des tests fonctionnels. Il est donc difficile de faire des observations et des analyses statistiques comparatives.

Les questionnaires pedi-IKDC n'étant pas utilisés de routine dans le suivi des patients victimes de FETA, ils ont été remplis dans le cadre de cette étude avec un délai important depuis l'accident (entre 9 et 99 mois). Il n'était bien entendu pas possible de le standardiser dans le contexte d'une étude rétrospective. Cette situation peut être à l'origine d'un biais d'interprétation.

Pour les mêmes raisons, il est difficile d'évaluer rétrospectivement la reprise du sport à 6 mois de la chirurgie, les patients ayant grandi et souvent changé d'activité sportive pour des raisons personnelles et souvent indépendantes de l'état de leur genou.

## Conclusion

Bien qu'étant rétrospective, cette étude permet d'atteindre les objectifs fixés. Les résultats confirment que la grande majorité des patients victimes d'une FETA et pris en charge dans notre institution présentent une bonne, voire une excellente évolution à moyen terme, témoignant de la qualité et de l'adéquation de la prise en charge actuelle. Aucun patient n'a dû renoncer à une activité sportive à cause du genou accidenté. Cette étude corrobore la littérature qui valide la valeur de la prise en charge arthroscopique des FETA. Chaque prise en charge chirurgicale devrait être initiée par arthroscopie afin de vérifier la présence ou non de lésions associées. C'est seulement dans un deuxième temps qu'une arthrotomie devrait être effectuée si une prise en charge par arthrotomie ne garantit pas un traitement de qualité. Il est à relever que les patients présentant des stades élevés de FETA ou des lésions associées, nécessitent une attention toute particulière, au vu du risque augmenté de mauvaise évolution. Cette étude montre que les patients semblent être suffisamment rééduqués à 6 mois de l'intervention pour reprendre une activité sportive sans limitation et préserver une très bonne qualité de vie à moyen terme. Cette étude ne permet pas d'affirmer statistiquement que les tests fonctionnels permettent une reprise du sport avec une meilleure sécurité, ni qu'ils ne modifient le délai de retour au sport, mais ils permettent de renforcer objectivement les critères du clinicien dans sa prise de décision. Une étude prospective centrée sur le retour au sport serait nécessaire pour évaluer quantitativement l'intérêt des tests fonctionnels et déterminer le délai minimal à une reprise des activités sportives en toute sécurité.



## Bibliographie

1. Gans I, Baldwin KD, Ganley TJ. Treatment and Management Outcomes of Tibial Eminence Fractures in Pediatric Patients: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* juill 2014;42(7):1743-50.
2. Dodwell ER, Lamont LE, Green DW, Pan TJ, Marx RG, Lyman S. 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State. *Am J Sports Med.* mars 2014;42(3):675-80.
3. Kocher MS, Mandiga R, Klingele K, Bley L, Micheli LJ. Anterior cruciate ligament injury versus tibial spine fracture in the skeletally immature knee: a comparison of skeletal maturation and notch width index. *J Pediatr Orthop.* avr 2004;24(2):185-8.
4. Shaw KA, Dunoski BS, Mardis N, Pacicca D. The Effect of Bony Parameters on the Pediatric Knee: Normal versus Anterior Cruciate Ligament Injury versus Tibial Spine Avulsion Fracture. *Surg J N Y N.* oct 2016;2(4):e151-5.
5. Kendall NS, Hsu SY, Chan KM. Fracture of the tibial spine in adults and children. A review of 31 cases. *Bone Jt J.* 1 nov 1992;74-B(6):848-52.
6. Kieser DC, Gwynne-Jones D, Dreyer S. Displaced tibial intercondylar eminence fractures. *J Orthop Surg Hong Kong.* déc 2011;19(3):292-6.
7. Hargrove R, Parsons S, Payne R. Anterior tibial spine fracture - an easy fracture to miss. *Accid Emerg Nurs.* juill 2004;12(3):173-5.
8. Shin Y-W, Uppstrom TJ, Haskel JD, Green DW. The tibial eminence fracture in skeletally immature patients: *Curr Opin Pediatr.* févr 2015;27(1):50-7.
9. Tercier S, Zambelli P-Y. [Anterior cruciate ligament injuries in children]. *Rev Med Suisse.* 17 juill 2013;9(393):1408-13.
10. Casalonga A, Bourelle S, Chalencon F, De Oliveira L, Gautheron V, Cottalorda J. Fracture de l'éminence intercondylienne du tibia chez l'enfant : résultats à long terme. *Rev Chir Orthopédique Traumatol.* sept 2010;96(5):599-605.
11. Hunter RE, Willis JA. Arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence: technique and outcome. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* févr 2004;20(2):113-21.
12. Tudisco C, Giovarruscio R, Febo A, Savarese E, Bisicchia S. Intercondylar eminence avulsion fracture in children: long-term follow-up of 14 cases at the end of skeletal growth. *J Pediatr Orthop Part B.* sept 2010;19(5):403-8.
13. Feucht MJ, Brucker PU, Camathias C, Frosch K-H, Hirschmann MT, Lorenz S, et al. Meniscal injuries in children and adolescents undergoing surgical treatment for tibial eminence fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* févr 2017;25(2):445-53.
14. Johnson AC, Wyatt JD, Treme G, Veitch AJ. Incidence of associated knee injury in pediatric tibial eminence fractures. *J Knee Surg.* juin 2014;27(3):215-9.
15. Mitchell JJ, Sjoström R, Mansour AA, Irion B, Hotchkiss M, Terhune EB, et al. Incidence of Meniscal Injury and Chondral Pathology in Anterior Tibial Spine Fractures of Children. *J Pediatr Orthop.* 1 mars 2015;35(2):130-5.
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.* juill 2014;22(7):1511-6.
17. Meyers MH, McKeever FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg Am.* déc 1970;52(8):1677-84.

18. Zaricznyj B. Avulsion fracture of the tibial eminence: treatment by open reduction and pinning. *J Bone Joint Surg Am.* déc 1977;59(8):1111-4.
19. Osti L, Buda M, Soldati F, Del Buono A, Osti R, Maffulli N. Arthroscopic treatment of tibial eminence fracture: a systematic review of different fixation methods. *Br Med Bull.* juin 2016;118(1):73-90.
20. Leeberg V, Lekdorf J, Wong C, Sonne-Holm S. Tibial eminentia avulsion fracture in children - a systematic review of the current literature. *Dan Med J.* mars 2014;61(3):A4792.
21. Loriaut P, Moreau P-E, Loriaut P, Boyer P. Arthroscopic treatment of displaced tibial eminence fractures using a suspensory fixation. *Indian J Orthop.* avr 2017;51(2):187-91.
22. Archer M, Parkin T, Latimer MD. Successful stabilisation of a type III paediatric tibial eminence fracture using a tensioned wire technique. *BMJ Case Rep.* 19 sept 2016;2016.
23. Coyle C, Jagernauth S, Ramachandran M. Tibial eminence fractures in the paediatric population: a systematic review. *J Child Orthop.* mars 2014;8(2):149-59.
24. Brunner S, Vavken P, Kilger R, Vavken J, Rutz E, Brunner R, et al. Absorbable and non-absorbable suture fixation results in similar outcomes for tibial eminence fractures in children and adolescents. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 31 oct 2015;
25. Zhang Q, Yang J, Zhao G, Zheng D, Zhou X, Xu N, et al. A new technique for arthroscopic reduction and fixation of displaced tibial intercondylar eminence fractures, using suture anchor and EndoButton system. *J Orthop Surg Hong Kong.* janv 2017;25(1):2309499016685011.
26. Liao W, Li Z, Zhang H, Li J, Wang K, Yang Y. Arthroscopic Fixation of Tibial Eminence Fractures: A Clinical Comparative Study of Nonabsorbable Sutures Versus Absorbable Suture Anchors. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* août 2016;32(8):1639-50.
27. Senekovic V, Balazic M. Bioabsorbable sutures versus screw fixation of displaced tibial eminence fractures: a biomechanical study. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol.* févr 2014;24(2):209-16.
28. Morales Piñeiro S, Mata Cuevas R. Tratamiento artroscópico de la fractura de la espina tibial anterior: Presentación de una técnica quirúrgica. *Rev Cuba Ortop Traumatol.* déc 2000;14(1-2):32-5.
29. Patel NM, Park MJ, Sampson NR, Ganley TJ. Tibial eminence fractures in children: earlier posttreatment mobilization results in improved outcomes. *J Pediatr Orthop.* mars 2012;32(2):139-44.
30. Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT. Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med.* juin 2003;31(3):404-7.
31. Mitchell JJ, Mayo MH, Axibal DP, Kasch AR, Fader RR, Chadayammuri V, et al. Delayed Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Young Patients With Previous Anterior Tibial Spine Fractures. *Am J Sports Med.* août 2016;44(8):2047-56.
32. Ganko A, Engebretsen L, Ozer H. The rolimeter: a new arthrometer compared with the KT-1000. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2000;8(1):36-9.
33. Kline PW, Johnson DL, Ireland ML, Noehren B. Clinical predictors of knee mechanics at return to sport following ACL reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* mai 2016;48(5):790-5.
34. Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* déc 2011;27(12):1697-705.
35. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 15 janv 2016;

36. Logerstedt D, Grindem H, Lynch A, Eitzen I, Engebretsen L, Risberg MA, et al. Single-legged Hop Tests as Predictors of Self-reported Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* oct 2012;40(10):2348-56.
37. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop Testing Provides a Reliable and Valid Outcome Measure During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Phys Ther.* 1 mars 2007;87(3):337-49.
38. Faigenbaum AD, Myer GD, Fernandez IP, Carrasco EG, Bates N, Farrell A, et al. FEASIBILITY AND RELIABILITY OF DYNAMIC POSTURAL CONTROL MEASURES IN CHILDREN IN FIRST THROUGH FIFTH GRADES. *Int J Sports Phys Ther.* avr 2014;9(2):140-8.
39. Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ, International Knee Documentation Committee. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: normative data. *Am J Sports Med.* janv 2006;34(1):128-35.
40. Kocher MS, Smith JT, Iversen MD, Brustowicz K, Ogunwole O, Andersen J, et al. Reliability, validity, and responsiveness of a modified International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (Pedi-IKDC) in children with knee disorders. *Am J Sports Med.* mai 2011;39(5):933-9.
41. Shea KG, Grimm NL, Laor T, Wall E. Bone bruises and meniscal tears on MRI in skeletally immature children with tibial eminence fractures. *J Pediatr Orthop.* mars 2011;31(2):150-2.