

**UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE
FACULTÉ DE MÉDECINE D'AMIENS**

ANNÉE 2020

Thèse n° 2020 - 52

**THÈSE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN MÉDECINE**

Présentée et soutenue publiquement le 23 juin 2020 par

Émile BLONDIN

**Évaluation à moyen et long terme des fractures
du tibia distal pédiatriques, à propos de 46 cas**

Président du Jury : Monsieur le Professeur Patrice MERTL

Membres du Jury : Monsieur le Professeur Olivier JARDÉ
Monsieur le Professeur Antoine GABRION
Monsieur le Professeur Richard GOURON

Directeur de Thèse : Madame le Docteur Céline KLEIN

REMERCIEMENTS

A mon Maître et Président de Jury

Monsieur le Professeur Patrice MERTL

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier
Chirurgie orthopédique et traumatologique
Chef du Service d'Orthopédie et traumatologie
Responsable du Pôle Bloc Opératoire
Membre associé de l'Académie de Chirurgie
Président de la Société Française de la Hanche et du Genou

Vous me faites le grand honneur de présider ma thèse.

Depuis ma première année de médecine où votre enseignement de l'anatomie m'a fait découvrir vos talents d'orateur et de pédagogue, l'admiration que je porte à votre égard est inestimable.

Votre capacité de travail et votre dynamisme forcent le respect.

Je vous remercie tout particulièrement pour la qualité de l'enseignement que vous m'avez dispensé durant mes années d'internat.

Recevez à travers ce travail le témoignage de ma plus profonde reconnaissance.

A mon Maître et Juge

Monsieur le Professeur Olivier JARDÉ

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier des droits de la Santé

Chirurgien orthopédiste

Membre de l'académie nationale de Chirurgie

Membre de l'académie nationale de Médecine

Chevalier dans l'Ordre de la Légion d'Honneur

Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

Vous me faites l'honneur de juger mon travail.

Votre capacité de travail, votre sens des relations humaines et votre réactivité suscitent mon admiration.

Je mesure la chance de bénéficier de votre expertise reconnue dans le cadre de ma formation en chirurgie du pied et de la cheville.

A travers les innombrables anecdotes historiques que vous nous distillez au bloc opératoire, chaque journée en votre compagnie est un voyage dans notre belle région.

Recevez à travers ce travail le témoignage de ma haute considération et de mon profond respect.

A mon Maître et Juge

Monsieur le Professeur Antoine GABRION

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier
Chirurgie orthopédique et traumatologique

Vous me faites l'honneur de participer à mon jury.

Votre expérience toujours partagée est précieuse.

Votre maîtrise de la chirurgie du membre inférieur est pour moi un objectif à atteindre.

J'espère avoir l'opportunité d'apprendre davantage à vos côtés.

Recevez à travers ce travail le témoignage de ma haute considération.

A mon Maître et Juge

Monsieur le Professeur Richard GOURON

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier
Chirurgie infantile

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse.

Votre connaissance, votre polyvalence et vos nombreuses qualités chirurgicales sont autant d'exemples que je souhaite m'appliquer pour l'avenir.

L'apprentissage de la chirurgie orthopédique infantile a été très enrichissant à vos côtés.

Je vous remercie tout particulièrement pour l'esprit de compagnonnage chirurgical qui demeure un pilier central de l'enseignement dans votre service.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma profonde gratitude.

A mon Directeur de Thèse

Madame le Docteur Céline KLEIN

Praticien Hospitalier

Chirurgie infantile

Chère Céline,

J'ai eu de la chance que tu acceptes de diriger ma thèse.

*Ta disponibilité, ton implication, ta réactivité et la pertinence de tes conseils
m'ont été d'un grand secours dans la production de ce travail.*

La rigueur et la méthodologie que tu m'as enseignées me serviront à jamais.

Infiniment merci pour tout.

Je tiens également à remercier :

- Le Dr Olivier ROUX : j'ai beaucoup appris à vos côtés. J'imagine que c'est difficile de laisser le bistouri à autrui, mais vous m'avez à de très nombreuses reprises fait l'honneur de m'accorder votre confiance. Je ne l'oublierai jamais.

- Le Dr Ali LAIMOUCHE : votre expérience et votre culture chirurgicale n'a d'égale que votre rapidité opératoire ! Merci pour toutes les astuces que vous m'avez transmises.

- Le Dr MABESOONE, le Dr LATERZA et le Dr AL HASSOUN pour ces 2 semestres compiégnois si enrichissants.

- Le Dr KERMAD, le Dr BRUNEL et le Dr HASSAN : vous m'avez guidé dans mes premiers pas en chirurgie orthopédique.

- Tous mes chefs d'orthopédie du CHU d'Amiens : Pr HAVET, Dr DAVID, Dr LARDANCHET, Dr BRUNSCHWEILER, Dr ROTARI, Dr NAJJARI, Corentin, Kader, Vitto, Massi, Azeddine, Elias, Gautier, Bachar, Youssouf, Pierre, Ivan, Benjamin, Elodie, Samuel et Solal.

- Mes chefs en chirurgie infantile : Dr PLANCQ et Dr DEROUSSEN

- Mes co-internes : Alexandrine, Quentin, Reema, Mathieu, Simon, Anass, Lou, Axel, Mathilde, Riadh, Matthieu, Quentin, Merwane, Julia, Angelos, Julien, Clément, Yazeed et plus particulièrement Olivier pour son soutien depuis plus de trois ans.

- Tout le personnel du service d'Amiens notamment les secrétaires ainsi que les infirmières du service, de la consultation et du bloc opératoire

- Tout le personnel du bloc opératoire du CH de Laon qui m'ont accueilli avec tant de bienveillance. Merci tout particulièrement aux deux Marjos !

- Mesdames et Messieurs les délégués médicaux rencontrés au cours de ma formation : Isabelle, Virginie, Steeve, William, Xavier, Fabien, Marc, Anne Sophie, Odile, Thierry, Sonia...

- Mes parents : vous m'avez toujours soutenu et cru en moi, je vous en suis reconnaissant.
- Caroline, ma sœur : grandir à tes côtés n'a pas été de tout repos mais j'en garde d'excellents souvenirs.
- Ma grand-mère dont j'essaie de prendre soin et mon grand-père qui veille sur moi.
- Pépé et Mémé pour leur soutien durant ces longues études de médecine.
- Mes amis d'enfance.
- Mon Angélique : Par ta douceur, ton soutien et ton amour, tu as su faire de moi un homme comblé. Grâce à toi, je suis pleinement heureux. Merci de tout ce que tu m'apportes, merci d'être à mes côtés. Je t'aime.

TABLE DES MATIÈRES

I) INTRODUCTION	17
II) MATERIEL ET METHODES.....	20
III) RESULTATS	23
IV) DISCUSSION	27
Analyse de notre critère principal et confrontation à la littérature	27
Impact du statut pondéral	27
Analyse selon le type de fracture.....	28
Energie du traumatisme	28
Déplacement initial.....	29
Nombre de tentative de réduction.....	29
Importance du défaut de réduction	29
Déformations séquellaires et prise en charge	30
Raideur articulaire	30
V) CONCLUSION.....	32
VI) REFERENCES.....	33
VII) RÉSUMÉ.....	36

I) INTRODUCTION

Les fractures décollements épiphysaires représentent 30% des fractures des os longs de l'enfant [1]. Le tibia distal est la troisième localisation derrière le radius distal et les phalanges avec environ 10% des fractures physaires [2].

La physe contient quatre zones de l'épiphyse à la métaphyse : la couche de réserve, la couche de cellules sériées, la couche de cellules hypertrophiques et la couche dégénérative [3]. La zone hypertrophique est avasculaire et fragile, c'est à ce niveau que se produisent les fractures épiphysaires. Les décollements épiphysaires purs (Salter et Harris I) et les décollements avec refend métaphysaire (Salter et Harris II) préservent la zone de réserve localisée sur le versant épiphysaire et qui contient les cellules germinales responsables de la croissance osseuse [4]. En revanche, les fractures traversant la physe à partir de l'épiphyse (Salter et Harris III et IV) peuvent davantage léser la zone de réserve et par conséquent risquent davantage de perturber la croissance.

Le tibia distal est responsable de 40% de la croissance du tibia et de 18% du membre inférieur. La fermeture de la physe de tibia distal survient entre 12 et 16 ans chez la fille et entre 14 et 19 ans chez le garçon [5]. Ce processus dure environ 18 mois, il débute au centre de la physe puis ensuite sur la partie médiale et enfin latérale. Cette asymétrie de fermeture est responsable des fractures spécifiques de l'adolescent : fracture de Tillaux et fracture triplane.

La fracture isolée de l'épiphyse distale antéro-latérale du tibia est appelée fracture de Tillaux (image 1) depuis la première description par Paul Jules Tillaux en 1892 [6]. Ce fragment est avulsé lors d'un traumatisme en supination et rotation externe par traction sur le ligament tibio-fibulaire antéro-inférieur [7]. Il s'agit d'une fracture stade III de Salter et Harris.

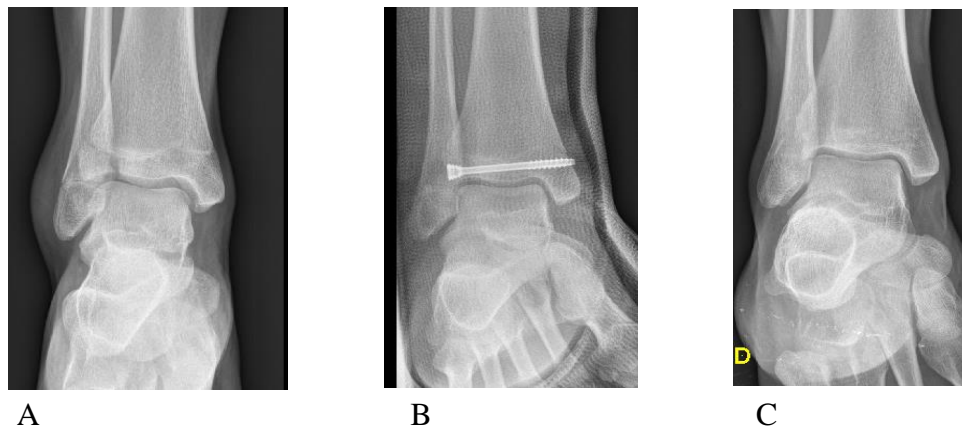


Image 1 : radiographies de face d'une patiente de 13 ans présentant une fracture de Tillaux.
(A) pré opératoire, (B) post opératoire, vissage percutané, (C) à 1 an post opératoire, et à un mois de l'ablation de matériel

La fracture triplane de la cheville est une fracture complexe [8], en 3 dimensions, de stade IV de Salter et Harris. Elle est caractérisée par 3 traits de fracture dans les 3 plans de l'espace. Elle est généralement caractérisée par son type (médiale ou latérale) et le nombre de fragments (image 2). La plus fréquente est la fracture latérale à 2 fragments : le premier fragment comportant l'épiphyse antéro-latérale et postérieure ainsi que la métaphyse postérieure est séparé d'un second fragment formé de l'épiphyse antéro-médiale, de la métaphyse antérieure et de la diaphyse. Dans la fracture latérale à trois fragments, l'épiphyse antéro-latérale (fragment de Tillaux) est séparée de l'épi-métaphyse postérieure. Une forme moins fréquente de fracture à trois fragments est la fracture de Marmor [9] : (1) diaphyse , (2) fragment de Tillaux et (3) épiphyse antéro-médiale + épi-métaphyse postérieure. La fracture médiale à 2 fragments est rare, le premier fragment formé de l'épiphyse antéro-médiale, de l'épiphyse postérieure et un petit fragment de métaphyse postérieure est détaché du second fragment comportant la diaphyse, le reste de la métaphyse et l'épiphyse antéro-latérale. Kärholm et al [10] a décrit en 1981 la forme la plus complexe et la plus rare, à 4 fragments : (1) l'épiphyse antéro-latérale, (2) l'épiphyse antéro-médiale, (3) l'épiphyse postérieure attachée à la métaphyse postérieure et (4) la métaphyse antérieure liée à la diaphyse.

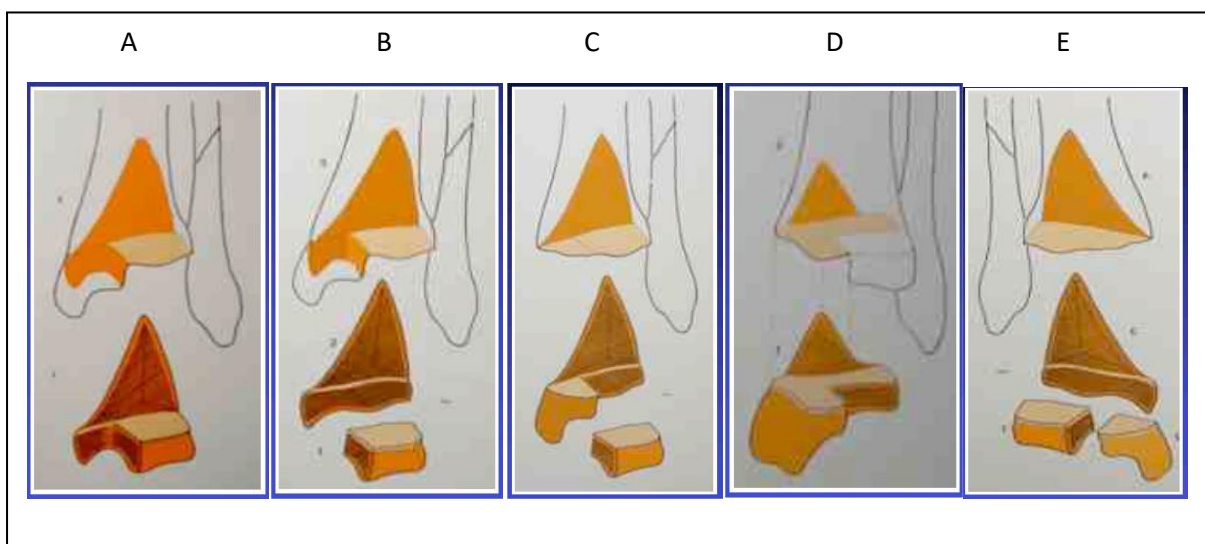


Image 2 : configuration schématique des différents types de fracture triplane. (A) latérale à deux fragments, (B) latérale à trois fragments, (C) fracture de Marmor, (D) médiale à deux fragments, (E) quatre fragments

Une autre fracture spécifique de l'enfant est la fracture de McFarland (image 3). Il s'agit d'une fracture de la malléole médiale, Salter et Harris stade III ou IV, décrite initialement par Bryan McFarland en 1931 [11].

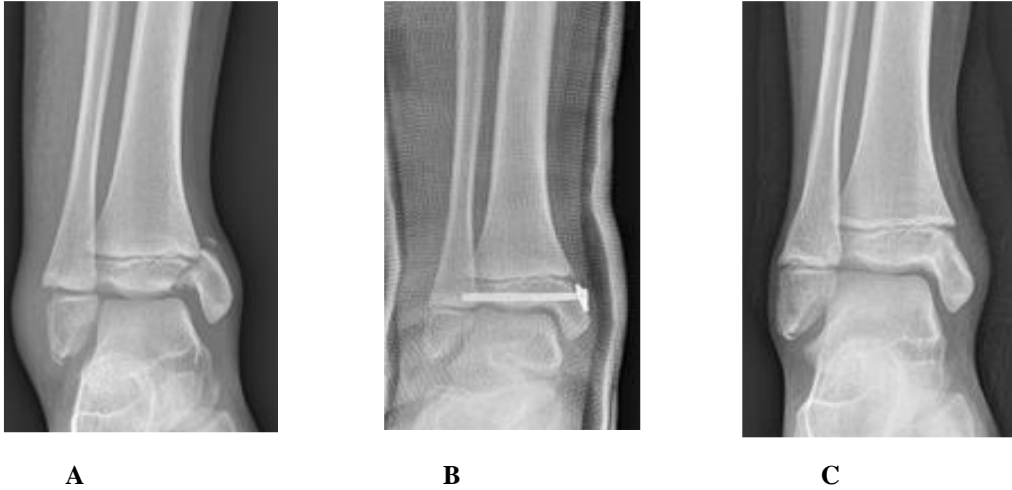


Image 3 : radiographies de face d'un patient de 10 ans présentant une fracture de MacFarland (A) pré opératoire, (B) post opératoire, vissage à ciel ouvert, (C) à 6 mois post opératoire, et à un mois de l'ablation de matériel

Comme pour toutes les fractures décollements épiphysaires, au niveau du tibia distal, l'épiphysiodèse est la complication la plus grave, son incidence n'est pas exactement connue puisqu'elle varie de 2% [12] à 43% [13] selon les séries.

Notre hypothèse de travail était que les fractures du tibia distal chez l'enfant sont responsables de trouble de croissance et de plaintes fonctionnelles à moyen et long terme.

Notre objectif primaire à travers cette étude était d'évaluer le pronostic fonctionnel à long terme ainsi que l'incidence des troubles de croissance séquellaires. L'objectif secondaire est d'individualiser les facteurs de risque de mauvais pronostic.

II) MATERIEL ET METHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective mono-centrique. Nous avons inclus les patients ayant eu une fracture du tibia distal intéressant le cartilage de croissance opérés au CHU Amiens-Picardie entre janvier 2010 à avril 2019. Ils ont été recherchés avec les CIM-10 S82.3 (fracture de l'extrémité inférieure du tibia), S82.5 (fracture de la malléole interne), S82.7 (fractures multiples de la jambe), S82.8 (fractures d'autres parties de la jambe) et S82.9 (fracture de la jambe, partie non précisée). Les critères d'exclusion étaient l'âge à la chirurgie de plus de 16 ans révolu, les fractures pathologiques, les patients présentant une physe fermée du tibia distal à la radiographie pré opératoire, un suivi inférieur à un an ainsi que les patients ayant un dossier médical incomplet.

Nous avons pu recueillir les données épidémiologiques (âge, genre, taille, poids, indice de masse corporelle (IMC), antécédents médico-chirurgicaux, circonstances du traumatisme), cliniques (ouverture cutanée, lésions associées) et radiographiques.

Le statut pondéral de chaque patient a été déterminé grâce à l'IMC. Chez l'enfant, les valeurs de référence de l'IMC varient en fonction de l'âge. Ainsi, il n'est pas possible de se référer, comme chez l'adulte, à une valeur de référence unique de l'IMC. La valeur calculée de l'IMC est reportée sur des courbes de référence en fonction du sexe [14] et permet ainsi de déterminer son statut nutritionnel en 4 catégories : maigre, normal, surpoids et obésité.

Le recueil des circonstances du traumatisme a permis de différencier les fractures à haute énergie et les fractures à basse énergie. Comme Patterson et al [15] dans le cadre des fractures pédiatriques du col du fémur, nous avons classé les accidents de la voie publique impliquant un véhicule à moteur et les chutes d'un lieu en hauteur (>2 mètres) comme mécanisme à haute énergie.

Sur le bilan radiographique initial (radiographie de face et de profil de la cheville traumatisée), les fractures ont été classées selon le trait de fracture tibial en 4 catégories : fracture de Tillaux, fracture de McFarland, fracture triplane et fracture Salter II du tibia distal. Sur chaque radiographie de face et de profil, le déplacement initial a été mesuré en millimètre ; dans le cas des fractures articulaires, la distance mesurée correspondait à l'écart

entre la surface articulaire des deux fragments et dans les fractures-décollements au plus grand écart entre l'épiphyse et la métaphyse. La valeur la plus importante entre la mesure de face et de profil a été définie comme la mesure du déplacement initial. La présence ou non d'une fracture de fibula distale associée était rapportée. La réalisation d'un scanner complémentaire n'était pas systématique, et laissée à l'appréciation du chirurgien.

Concernant la prise en charge, toutes les fractures étaient prises en charge au bloc opératoire sous anesthésie générale. Dans un premier temps, la fracture était réduite par manœuvres externes sous contrôle scopique. Si la réduction était jugée anatomique et stable, une immobilisation par plâtre cruro-pedieux était réalisée avec trois jerseys et du plâtre (traitement orthopédique). En cas d'instabilité, une ostéosynthèse percutanée par broche ou par vis canulée était réalisée suivi d'une immobilisation par botte (ostéosynthèse percutanée). Si la réduction était impossible par manœuvres externes, une réduction à ciel ouvert associée à une ostéosynthèse par vis était pratiquée, avec immobilisation par botte (ostéosynthèse à ciel ouvert). L'immobilisation était associée à une décharge complète du membre inférieur pendant six semaines.

Des radiographies post opératoires de cheville de face et de profil étaient réalisées systématiquement. Le gap résiduel était mesuré systématiquement selon la même procédure que le déplacement initial. Un gap résiduel $\geq 2\text{mm}$ a été considéré comme un défaut de réduction.

Le suivi était identique pour tous les patients avec un examen clinique et radiographique à une semaine, trois semaines, six semaines, trois mois puis annuellement jusqu'à la fin de la croissance. Nous avons évalué lors de la dernière consultation la mobilité de la cheville et le score fonctionnel AOFAS. Une inégalité de longueur du segment tibial était recherchée cliniquement par décalage des genoux en position allongée, genoux et hanches en flexion maximum. Nous utilisons aussi la méthode des cales [16] : en position debout et de dos, le bassin doit être horizontal en prenant comme référence les apophyses iliaques postérieures, les fossettes de la région lombaire et les crêtes iliaques ; en mesurant la hauteur des cales nécessaire à l'horizontalisation du bassin, on estime la mesure d'inégalité de longueur. En cas d'inégalité de longueur clinique, une mesure radiographique sur des clichés EOS des membres inférieurs était réalisée. La réalisation de séance de rééducation a été recherchée ainsi que leur nombre a été précisé.

D'un point de vue radiographique, le suivi a permis de déterminer le délai de consolidation, de rechercher un déplacement secondaire ou un cal vicieux et d'évaluer l'état de fermeture de la physe. L'évaluation radiographique de cheville de face et de profil au dernier recul comprenait la recherche d'une déformation angulaire en déterminant l'orientation de la mortaise de la cheville mesurée en traçant une droite parallèle à la surface articulaire tibiale distale et une seconde droite parallèle à la diaphyse tibiale. La survenue d'un trouble de croissance était définie par une déformation angulaire ≥ 4 degrés [17] et/ou une inégalité de longueur de tibia ≥ 1 cm. Toutes les mesures radiologiques ont été réalisées à partir du logiciel d'imagerie DxMM®, par un unique opérateur indépendant.

Nous avons comparé statistiquement le statut pondéral, le degré d'énergie du traumatisme, le type de fracture, le déplacement initial, l'absence ou présence de fracture de fibula associée, le traitement pratiqué, la présence d'un défaut de réduction et la réalisation de rééducation sur le fonctionnel AOFAS, le déficit de mobilité articulaire et la survenue d'un trouble de croissance. Des tests exacts de Fisher ont été réalisés pour analyser les variables ordinales, le test de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les variables quantitatives entre deux groupes de patients et le test de Kruskal-Wallis pour comparer plus de 2 groupes. Le risque α était de 0.05. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel en ligne EasyMedStat (www.easymedstat.com; Neuilly-Sur-Seine; France).

III) RESULTATS

Au total, 46 patients furent inclus, vingt-quatre garçons (52,2 %) pour vingt-deux filles (47,8%), aucun ne présentait d'antécédent médico-chirurgical. La répartition de la latéralité de la fracture était égale à vingt-trois cas chacun. L'âge moyen lors du traumatisme était de 12,8 ans (2,4 à 15,9 ans). Le recul moyen était de 35,8 mois (12 à 119 mois). Onze enfants étaient en surpoids (23,9%) et cinq étaient obèses (10,9%), et les trente enfants restants étaient en situation normale (65,2%). Vingt fractures (43,5%) furent causées par des traumatismes à haute énergie (12 accidents de la voie publique impliquant un véhicule à moteur et huit chutes d'un lieu en hauteur) et vingt-six fractures (56,5%) causées par traumatismes à basse énergie (12 chutes de sa hauteur et 14 lors de la pratique sportive).

Les fractures de type Salter et Harris II étaient les plus représentées avec quatorze fractures (30,4%) suivi des fractures triplanes et des fractures de McFarland avec treize cas chacun (28,3%), puis les fractures de Tillaux avec six cas (13%). Vingt-neuf enfants (63 %) avaient une fracture associée de la fibula. Les autres lésions associées étaient une effraction cutanée et une fracture ostéo-chondrale du dôme du talus.

Sur les radiographies standards pré-opératoires, le déplacement moyen était de 6,6 mm (1 à 32 mm). Vingt-trois patients (50 %) ont bénéficié d'un scanner complémentaire.

La prise en charge chirurgicale a été réalisée par quatorze chirurgiens traumatologues pédiatriques différents. Quatorze fractures (30,4 %) ont été réduites orthopédiquement, 19 enfants (41,3 %) ont bénéficié d'une réduction et d'une ostéosynthèse percutanée associée et treize (28,3 %) ont nécessité une réduction et ostéosynthèse à ciel ouvert. L'ostéosynthèse a été nécessaire pour 31 patients, la technique la plus utilisée a été le vissage isolé à l'aide de vis canulées (25/31 ; 80,7%), trois cas (9,7 %) ont nécessité l'ajout de broches complémentaires et un cas (3,2 %) une agrafe complémentaire. Deux patients (6,4 %) ont été traités par brochage.

Trois patients (6,5 %) ont nécessité une reprise au bloc opératoire au cours de la première semaine. Une fracture triplane ostéosynthésée par vis + broche à ciel ouvert présentait un défaut de réduction avec un gap résiduel de 6mm sur la radiographie post opératoire de profil, la même procédure a été réalisée pour la reprise. Une fracture de Tillaux réduite au bloc opératoire sous anesthésie générale sous contrôle scopique a présenté un déplacement secondaire à la consultation de contrôle à J6 avec un gap de 3mm sur la radiographie de face, un vissage transversal épiphysaire à ciel ouvert a été réalisé. Une

fracture Salter et Harris II réduite au bloc opératoire sous anesthésie générale sous contrôle scopique a présenté au cours de l'hospitalisation à J2 post opératoire, une douleur sous plâtre non soulagée par les antalgiques usuels. Le retrait de l'immobilisation a été réalisé en urgence sous anesthésie générale, aucun point de compression n'a été retrouvé, la réduction de la fracture était conservée et une nouvelle immobilisation cruro-pédieuse a été réalisée.

Au contrôle radiologique post-opératoire immédiat, quatre enfants (8,7 %) présentaient un gap résiduel supérieur ou égal à 2 mm (2 ; 2 ; 3 ; 3) sur la radiographie de face ou de profil.

Aucun retard de consolidation n'a été retrouvé. Le retrait de l'immobilisation et la reprise d'appui complet étaient réalisés en moyenne à 6,2 semaines (4 à 12 semaines). La reprise des activités sportives sans limitation était réalisée en moyenne à 4,7 mois (de 2 à 14 mois). Quinze patients (32,6 %) ont bénéficié de kinésithérapie.

Au plus grand recul, le score moyen AOFAS était de 95 (72 à 100) avec une moyenne de 35,9 à AOFAS « pain » (20 à 40) et une moyenne de 49,2 à AOFAS « fonction » (32 à 50), tous les patients présentaient le score maximal de 10 à AOFAS « alignment ». Sept cas de déformations angulaires ≥ 4 degrés (15,2 %) ont été diagnostiquées, six patients présentaient des déformations angulaires dans le plan frontal inférieures à 10 degrés, et une patiente présentait un varus de 11 degrés. Aucune déformation dans le plan sagittal n'a été retrouvée. La physe était complètement fermée dans 35 cas (76%).

Dix patients (21,7 %) présentaient un déficit de flexion plantaire moyen de sept degrés (5 à 10 degrés) et huit (17,4 %) présentaient un déficit de flexion dorsale en moyenne de 6,25 degrés (5 à 10 degrés). Sept patients (15,2 %) présentaient à la fois un déficit de flexion plantaire et de flexion dorsale. Aucun cas d'inégalité de longueur n'a été diagnostiqué. Trente-six patients (78,3 %) pratiquaient une activité sportive régulière.

Lors de l'analyse en sous-groupe, nous avons trouvé significativement un déplacement plus important pour les fractures Salter et Harris II ($p = 0.00375$) (11,5 mm vs 3,46 mm pour les fractures McFarland, 3,83 mm pour les fractures de Tillaux et 5,85 mm pour les fractures triplanes). Un défaut de réduction post opératoire ≥ 2 mm était significativement plus souvent observé pour les patients présentant un déplacement initial ≥ 5 mm ($p = 0.02969$). Dans les fractures avec fibula intacte, nous retrouvons significativement moins de déplacements préopératoires (3,53 mm vs 8,45 mm) ($p = 0.003$). Les fractures survenant à haute énergie avaient significativement un moins bon score à l'AOFAS « pain » (33,5 vs 37,7) ($p = 0.0486$), ainsi qu'au score total de l'AOFAS (91,8 vs 97,6) ($p = 0.0308$) ; le taux de trouble de

croissance était également significativement plus important (30 % vs 3,8 %) ($p = 0.0326$). Les analyses en sous-groupe selon le statut pondéral, le type de traitement, le défaut de réduction post opératoire et la réalisation ou non de rééducation n'ont pas retrouvé de différence significative. Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 1.

	Sous groupe	n	%	AOFAS "pain"		AOFAS "function"		AOFAS total		Trouble de croissance	
				Score moyen	p	Score moyen	p	Score moyen	p	n / %	p
Statut pondéral	Normal	30	65.2	36.33	p = 0.5926	49.63	p = 0.8611	95.97	p = 0, 5436	4 / 13.3 %	p = 0.8842
	Surpoids	11	23.9	34.55		49.27		93.82		2 / 18.2 %	
	Obésité	5	10.9	36.00		46.4		92.4		1 / 20 %	
Circonstance du traumatisme	Basse énergie	26	56.5	37.69	p = 0.0486	49.88	p = 0.2106	97.58	p = 0.0308	1 / 3.8 %	p = 0.0326
	Haute énergie	20	43.5	33.50		48.30		91.80		6 / 30%	
Type de fracture	Triplane	13	28.3	38.46	p = 0.2969	49.77	p = 0.7880	98.23	p = 0.3018	1 / 7.7 %	p = 0.3102
	Tillaux	6	13	35		46.50		91.5		0 / 0 %	
	McFarland	13	28.3	33.08		49.38		92.46		2 / 15.4 %	
	Salter et Harris II	14	30.4	36.43		49.64		96.07		4 / 28.6 %	
Déplacement initial	< 5 mm	26	56.5	35.77	p = 0.8942	49.00	p = 0.8768	94.77	p = 0.868	3 / 11.5%	p = 0.6816
	≥ 5 mm	20	43.5	36.00		49.45		95.45		4 / 20 %	
Fracture fibula	Non	17	37	35.88	p = 0,6904	49.53	p = 0.9004	95.41	p = 0.6408	1 / 5.9 %	p = 0.2340
	Oui	29	63	35.86		49.00		94.86		6 / 20.7 %	
Rééducation	Non	31	67.4	36.78	p = 0.1816	48.90	p = 0.5818	95.68	p = 0.297	4 / 12.9 %	p = 0.6667
	Oui	15	32.6	34.00		49.80		93.80		3 / 20 %	

Tableau 1 : analyse statistique comparative en sous-groupe

IV) DISCUSSION

Analyse de notre critère principal et confrontation à la littérature

Les fractures du tibia distal intéressant le cartilage de croissance sont des lésions fréquentes chez l'enfant. Ces fractures peuvent être responsables de trouble de croissance ayant pour conséquence une déviation angulaire ou une inégalité de longueur de la jambe [18]. Notre étude confirme notre hypothèse de travail à savoir que les fractures de tibia distal pédiatriques sont responsables de troubles de croissance et de plaintes fonctionnelles à moyen et long terme. En effet notre étude retrouve sept cas (15,2 %) de désaxation mais aucun cas d'inégalité de longueur, nous concluons donc à un taux de trouble de croissance de 7/46 (15,2 %) ; et nous retrouvons 17 patients (36.9%) présentant des plaintes fonctionnelles avec un score AOFAS < 100.

Les travaux de Puno et al [17] retrouvent une différence significative ($p = 0.006$) sur les résultats fonctionnels et radiologiques à long terme à partir de 4 degrés de désaxation dans le plan frontal au niveau du tibia distal. Nous avons donc utilisé ce seuil de 4 degrés dans notre étude pour différencier les déformations minimales présentant peu de risques de complication et les déformations cliniquement significatives. Asad et al [19] dans une méta analyse de 2018 retrouvent un taux similaire avec 126 cas pour 970 fractures analysées (13%).

L'incidence d'épiphysiodèse dans les suites d'une fracture du tibia distal est controversée. Certains auteurs rapportent des taux inférieurs à 5 % [20] quand d'autres notent une incidence plus élevée comme Barmada et al [21] avec 27%.

Impact du statut pondéral

Dans le monde, la prévalence du surpoids et de l'obésité chez les enfants et les adolescents âgés de 5 à 19 ans a augmenté de façon spectaculaire, passant d'à peine 4% en 1975 à un peu plus de 18% en 2016 [22]. L'augmentation a été la même chez les garçons que chez les filles: en 2016, 18% des filles et 19% des garçons étaient en surpoids [22]. De plus, plusieurs études ont démontré l'augmentation de l'incidence de fractures de cheville en cas de surpoids et d'obésité [23,24]. Leet et al [25] ont noté une augmentation du taux de

complication dans les suites d'une fracture de fémur chez les enfants obèses. Nous n'avons pas retrouvé dans la littérature de preuve d'un impact du statut pondéral sur l'évolution d'une fracture de tibia distal chez l'enfant. Dans notre étude, seize enfants (34.8%) sont en surpoids ou obèses, nous avons donc comparé leurs résultats au reste de la cohorte sans retrouver de différences significatives.

Analyse selon le type de fracture

Le type de fracture semble être un facteur prédictif du risque d'épiphysiodèse, Leary et al [26] rapportent respectivement des taux dans les fractures Salter et Harris de type I, II, III IV variant de 0 %, 14.3%, 7.4%, et 8.7%. D'autres études montrent des taux plus importants pour les types I et II d'environ 40% [13,21,27] alors que Seel et al [28] trouvent un taux bas de 6.2% dans les fractures de type Salter et Harris II. Dans les fractures de McFarland, certaines études rapportent des taux élevés d'épiphysiodèse de 35% [4,9]. En prenant en compte spécifiquement les fractures triplanes, le taux varie de 3.5% à 26.4 % [28,29]. Les fractures de Tillaux sont à risque plus faible de trouble de croissance (<5%) [7,28,30]. Nos résultats sont conformes à la littérature avec une incidence de trouble de croissance de 28.4% pour les fractures Salter et Harris II, 15.4% dans les fractures de McFarland, 7.7% dans les fractures triplanes et aucun cas dans les fractures de Tillaux.

Energie du traumatisme

Indépendamment du type de fracture, notre étude met en évidence que les traumatismes à haute énergie sont un facteur de risque à long terme; à la fois sur le plan fonctionnel avec un score AOFAS plus faible (91,8 vs 97,6) ($p = 0.0308$) et sur le plan radiologique avec un taux de trouble de croissance significativement plus important (30 % vs 3,8 %) ($p = 0.0326$). Leary et al [26] observaient également en 2009 un taux de 86% d'épiphysiodèse dans les accidents de la voie publique contre 8% et 6% pour les chutes sportives et le chute de sa hauteur respectivement ($p < 0.001$). Berson et al [31] obtenaient des résultats similaires en 2000 sur 24 cas de troubles de croissance de tibia distal dans les suites d'une fracture au niveau du cartilage de conjugaison.

Déplacement initial

L'importance du déplacement initial est évoquée dans plusieurs études[30,32–34]. Spiegel et al [18] affirment que l'incidence des complications est corrélée à la gravité du déplacement initial et Leary et al [26] évaluent le risque relatif à $1.15 \geq 5$ mm, ce qui signifie une augmentation du taux d'épiphysiodèse de 15% pour chaque millimètre de déplacement initial par rapport à une fracture non déplacée. Contrairement à Russo et al [13], dans notre étude, un déplacement initial ≥ 5 mm est un facteur de risque de défaut de réduction post opératoire ≥ 2 mm ($p= 0.02969$), cependant nous ne trouvons pas de différence significative sur les résultats cliniques et radiologiques au terme du suivi. En accord avec la littérature [12], dans les fractures avec fibula intacte, nous retrouvons significativement moins de déplacements préopératoires (3,53 mm vs 8,45 mm) ($p = 0.003$).

Nombre de tentative de réduction

Un autre facteur, sur lequel le chirurgien a le contrôle, est le nombre d'essai de réduction de la fracture. De multiples manœuvres de réduction peuvent aggraver les lésions déjà présentes suite au traumatisme sur le cartilage de croissance, augmentant le risque de trouble de croissance. La littérature [21,26,35] recommande de minimiser le nombre de tentatives avant d'entreprendre une réduction sanglante sans parvenir à le prouver statistiquement. Notre étude ne nous permet pas de nous positionner sur ce point car cette information était absente dans les dossiers analysés.

Importance du défaut de réduction

Plusieurs auteurs suggèrent qu'un défaut de réduction (≥ 2 mm) est significativement associé à une augmentation du taux d'épiphysiodèse [21,34,36,37]. Comme Leary et al [26], notre étude ne trouve pas de corrélation statistiquement significative à ce sujet. Park et al [38] décrivent dans leur étude la fréquence d'une incarceration du périoste dans le foyer de fracture à la partie antérolatérale entraînant un défaut de réduction : 93,3 % dans les fractures Salter et Harris II et 100 % dans les fractures triplanes. Rohmiller et al [27], en poursuivant les travaux de Barmada et al [21], recommandent la réduction et l'ostéosynthèse à ciel ouvert pour diminuer le risque d'épiphysiodèse. Russo et al [13] et Asad et al [19] ne confirment pas

ces résultats en ne retrouvant pas d'avantage au traitement à ciel ouvert. A contrario, plusieurs auteurs [39–41] recommandent un traitement percutané sans augmentation du risque d'épiphysiodèse. Ryu et al [42] comparent les suites opératoires entre le traitement orthopédique et le traitement chirurgical dans le cadre de fractures triplanes, leurs résultats préliminaires ne mettent pas en évidence de différence, cela suggère que le traitement orthopédique peut être la meilleure option thérapeutique pour les fractures triplanes.

Déformations séquellaires et prise en charge

Dans la littérature, les troubles de croissance liés à l'épiphysiodèse sont en majorité marqués par les déformations angulaires en varus [18,31,32,43]. A contrario Caterini et al [34] retrouvent 10 déformations en valgus et 5 en varus dans sa cohorte de soixante-huit patients. Nos résultats vont dans le sens d'une prédominance des déformations en varus avec 5 cas pour 2 cas en valgus. Les effectifs sont cependant trop faibles pour être significatifs.

La prise en charge chirurgicale est recommandée pour une déformation de la cheville supérieure à 10 degrés [44]. Dans notre cohorte, une patiente de 14 ans présente un varus de 11 degrés à trois ans d'une fracture Salter et Harris II du tibia distal peu déplacée (2 mm) associée à une fracture de la fibula suite à un traumatisme à haute énergie. Elle a bénéficié d'une réduction orthopédique sans gap résiduel, les suites ont été simples. Au plus grand recul (36 mois), la patiente est asymptomatique (AOFAS 100/100 ; mobilité articulaire complète) et ne souhaite pas de correction chirurgicale. Nous poursuivons la surveillance clinique et radiologique, la déformation peut encore s'aggraver puisque la physe n'est pas fermée.

Raideur articulaire

Caterini et al [34] objectivent quatre patients sur 68 (5.8%) présentant un déficit de mobilité > 10 degrés en flexion plantaire et/ou en flexion dorsale à très long terme (27 ans et 4 mois) d'une fracture du tibia distal. Ils évoquent l'arthrose comme étiologie. Dans notre étude, aucun patient ne présente de déficit > 10 degrés, ni signe d'arthrose mais notre recul est beaucoup plus faible.

Les principales faiblesses de notre étude sont le faible niveau de preuve (niveau IV) lié au caractère rétrospectif et le faible effectif de notre échantillon (46 patients). Une étude multicentrique et une inclusion en prospectif permettraient de s'affranchir de ces limites.

V) CONCLUSION

Notre étude a permis d'évaluer les suites des fractures du tibia distal intéressant le cartilage de croissance chez l'enfant et d'identifier des facteurs de mauvais pronostic. Sur le plan clinique, les résultats sont bons avec un score AOFAS total moyen de 95/100 et l'absence de raideur articulaire. Notre taux de survenue de trouble de croissance est de 15,2%. En cas de traumatisme à haute énergie, les suites sont significativement moins bonnes permettant de conclure qu'il s'agit d'un facteur de risque.

VI) REFERENCES

- [1] Mann DC, Rajmaira S. Distribution of Physeal and Nonphyseal Fractures in 2,650 Long-Bone Fractures in Children Aged 0–16 Years: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1990;10:713–6.
- [2] Mizuta T, Benson WM, Foster BK, Morris LL. Statistical Analysis of the Incidence of Physeal Injuries: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1987;7:518–23.
- [3] Jouve J-L, Bollini G, Launay F, Glard Y, Craviari T, Guillaume J-M, et al. Cartilage de croissance et croissance en orthopédie. *EMC - Appareil locomoteur* 2009;4:1–15.
- [4] Hajdu S, Schwendenwein E, Kaltenecker G, László I, Lang S, Vécsei V, et al. Growth potential of different zones of the growth plate-an experimental study in rabbits. *J Orthop Res* 2012;30:162–8.
- [5] Crowder C, Austin D. Age ranges of epiphyseal fusion in the distal tibia and fibula of contemporary males and females. *J Forensic Sci* 2005;50:1001–7.
- [6] Tillaux PJ. *Traité d'anatomie topographique avec applications à la chirurgie*. PhD Thesis. 1892.
- [7] Ali Al-Ashhab ME, Mahmoud Mohamed AA. Treatment for displaced Tillaux fractures in adolescent age group. *Foot and Ankle Surgery* 2019; S1268-7731(19)30054-2.
- [8] Hadad MJ, Sullivan BT, Sponseller PD. Surgically Relevant Patterns in Triplane Fractures: A Mapping Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 2018;100:1039–46.
- [9] Marmor L. An unusual fracture of the tibial epiphysis. *Clin Orthop Relat Res* 1970;73:132–5.
- [10] Kärrholm J, Hansson LI, Laurin S. Computed tomography of intraarticular supination - eversion fractures of the ankle in adolescents. *J Pediatr Orthop* 1981;1:181–7.
- [11] McFarland B. Traumatic arrest of epiphysial growth at the lower end of the tibia. *BJS (British Journal of Surgery)* 1931;19:78–82.
- [12] D'Angelo F, Solarino G, Tanas D, Zani A, Cherubino P, Moretti B. Outcome of distal tibia physeal fractures: a review of cases as related to risk factors. *Injury* 2017;48:S7–11.
- [13] Russo F, Moor MA, Mubarak SJ, Pennock AT. Salter-Harris II Fractures of the Distal Tibia: Does Surgical Management Reduce the Risk of Premature Physeal Closure? *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2013;33:524–9.
- [14] Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes* 2012;7:284–94.
- [15] Patterson JT, Tangtiphaibontana J, Pandya NK. Management of Pediatric Femoral Neck Fracture: *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2018;26:411–9
- [16] Griffet J, Fassier A. Inégalités de longueur des membres inférieurs : cause, diagnostic, prévision et traitement 2020:20.
- [17] Puno RM, Vaughan JJ, Stetten ML, Johnson JR. Long-term effects of tibial angular malunion on the knee and ankle joints. *J Orthop Trauma* 1991;5:247–54.

- [18] Spiegel PG, Cooperman DR, Laros GS. Epiphyseal fractures of the distal ends of the tibia and fibula. A retrospective study of two hundred and thirty-seven cases in children. *JBJS* 1978;60:1046–1050.
- [19] Asad WA, Younis MHS, Ahmed AF, Ibrahim T. Open versus closed treatment of distal tibia physeal fractures: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2018;28:503–9.
- [20] Dugan G, Herndon WA, McGuire R. Distal tibial physeal injuries in children: a different treatment concept. *J Orthop Trauma* 1987;1:63–7.
- [21] Barmada A, Gaynor T, Mubarak SJ. Premature Physeal Closure Following Distal Tibia Physeal Fractures: A New Radiographic Predictor. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2003;7:33–9.
- [22] Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet* 2017;390:2627–42.
- [23] Zonfrillo MR, Seiden JA, House EM, Shapiro ED, Dubrow R, Baker MD, et al. The association of overweight and ankle injuries in children. *Ambul Pediatr* 2008;8:66–9.
- [24] Kessler J, Koebnick C, Smith N, Adams A. Childhood obesity is associated with increased risk of most lower extremity fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471:1199–207.
- [25] Leet AI, Pichard CP, Ain MC. Surgical treatment of femoral fractures in obese children: does excessive body weight increase the rate of complications? *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:2609–13.
- [26] Leary JT, Handling M, Talerico M, Yong L, Bowe JA. Physeal Fractures of the Distal Tibia: Predictive Factors of Premature Physeal Closure and Growth Arrest. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2009;29:356–61.
- [27] Rohmiller MT, Gaynor TP, Pawelek J, Mubarak SJ. SalterYHarris I and II Fractures of the Distal Tibia: Does Mechanism of Injury Relate to Premature Physeal Closure? *J Pediatr Orthop* 2006;26:7.
- [28] Seel EH, Noble S, Clarke NMP, Uglow MG. Outcome of distal tibial physeal injuries: *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2011;20:242–8.
- [29] Cooperman DR, Spiegel PG, Laros GS. Tibial fractures involving the ankle in children. The so-called triplane epiphyseal fracture. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:1040–6.
- [30] Tiefenboeck TM, Binder H, Joestl J, Tiefenboeck MM, Boesmueller S, Krestan C, et al. Displaced juvenile Tillaux fractures: Surgical treatment and outcome. *Wien Klin Wochenschr* 2017;129:169–75.
- [31] Berson L, Davidson RS, Dormans JP, Drummond DS, Gregg JR. Growth Disturbances After Distal Tibial Physeal Fractures. *Foot Ankle Int* 2000;21:54–8.
- [32] Petratos DV, Kokkinakis M, Ballas EG, Anastasopoulos JN. Prognostic factors for premature growth plate arrest as a complication of the surgical treatment of fractures of the medial malleolus in children. *The Bone & Joint Journal* 2013;95-B:419–23.
- [33] Kärrholm J, Hansson LI, Svensson K. Prediction of growth pattern after ankle fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1983;3:319–25.

- [34] Caterini R, Farsetti P, Ippolito E. Long-Term Followup of Physeal Injury to the Ankle. *Foot & Ankle* 1991;11:372–83.
- [35] Kay RM, Matthys GA. Pediatric ankle fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2001;9:268–78.
- [36] Choudhry IK, Wall EJ, Eismann EA, Crawford AH, Wilson L. Functional Outcome Analysis of Triplane and Tillaux Fractures After Closed Reduction and Percutaneous Fixation: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2014;34:139–43.
- [37] Karlikowski M, Sułko J. Physeal fractures of the lower leg in children and adolescents: Therapeutic results, pitfalls and suggested management protocol - based on the experience of the authors and contemporary literature. *Advances in Medical Sciences* 2018;63:107–11.
- [38] Park J, Cha Y, Kang MS, Park S-S. Fracture Pattern and Periosteal Entrapment in Adolescent Displaced Distal Tibial Physeal Fractures: A Magnetic Resonance Imaging Study. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2019;33:e196–202.
- [39] Zelenty W, Yoon RS, Shabtai L, Choi P, Martin B, Horn D, et al. Percutaneous versus open reduction and fixation for Tillaux and triplane fractures: a multicenter cohort comparison study. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2018;27:551–5.
- [40] Duran JA, Dayer R, Kaelin A, Ceroni D. Intraoperative arthrography for the evaluation of closed reduction and percutaneous fixation of displaced MacFarland fractures: an alternative to open surgery. *J Pediatr Orthop* 2011;31:e1-5.
- [41] Çiçekli Ö, Özdemir G, Uysal M, Biçici V, Bingöl İ. Percutaneous cannulated screw fixation for pediatric epiphyseal ankle fractures. *SpringerPlus* 2016;5:1925.
- [42] Ryu SM, Park JW, Kim SD, Park CH. Is an operation always needed for pediatric triplane fractures? Preliminary results: *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2018;27:412–8.
- [43] Nenopoulos SP, Papavasiliou VA, Papavasiliou AV. Outcome of Physeal and Epiphyseal Injuries of the Distal Tibia With Intra-Articular Involvement: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2005;25:518–22.
- [44] Williamson RV, Staheli LT. Partial physeal growth arrest: treatment by bridge resection and fat interposition. *J Pediatr Orthop* 1990;10:769–76.

VII) RÉSUMÉ

INTRODUCTION : Les fractures du tibia distal sont fréquentes chez l'enfant et sont de présentation radiologique variable. Le taux de complication à long terme ne fait pas consensus. Notre objectif était de d'évaluer le pronostic fonctionnel à long terme ainsi que l'incidence des troubles de croissance, et d'individualiser les facteurs de risque.

MATERIEL ET METHODES : Il s'agissait d'une étude monocentrique rétrospective. Nous avons inclus les fractures du tibia distal intéressant le cartilage de croissance traité au bloc opératoire ayant un recul minimum de 12 mois. L'analyse comportait l'âge, le genre, le statut pondéral, les circonstances et l'énergie du traumatisme, le type de fracture, le traitement employé, les complications, la durée du suivi, les résultats radiologiques et fonctionnels en utilisant le score AOFAS.

RESULTATS : 46 patients ont été inclus, l'âge moyen était de 12,8 ans et le recul moyen de 35,8 mois. Au plus grand recul, le score moyen AOFAS était de 95 et sept patients présentaient des troubles de croissance (15,2%). Les résultats cliniques et radiologiques étaient moins bons chez les traumatismes à hautes énergie (20 patients).

DISCUSSION : Nos résultats cliniques et radiologiques étaient en accord avec la littérature. D'autres facteurs de risques comme l'obésité, le déplacement initial, le défaut de réduction et le nombre de tentative de réduction ont été évoqué. Nous ne les avons pas mis en évidence dans notre étude.

CONCLUSION : Les résultats cliniques à long terme étaient bons malgré un taux de trouble de croissance non négligeable. Les traumatismes à haute énergie étaient un facteur de risque de mauvais pronostic.

MOTS CLEFS : traumatologie, fractures de cheville, enfant, complication, trouble de la croissance

INTRODUCTION: Fractures of the distal tibia are common in children and vary in radiological presentation. There is no consensus on the long-term complication rate. Our objective was to evaluate the long-term functional prognosis and incidence of growth disorders and to individualize risk factors.

MATERIAL AND METHODS: This was a retrospective, single-centre study. We included fractures of the distal tibia involving growth cartilage treated in the operating room with a minimum of 12 months follow-up. The analysis included age, gender, weight status, circumstances and energy of trauma, type of fracture, treatment employed, complications, duration of follow-up, radiological and functional findings using the AOFAS score.

RESULTS: 46 patients were included, mean age was 12.8 years and mean follow-up was 35.8 months. At the greatest decline, the mean AOFAS score was 95 and seven patients had growth disturbance (15.2%). Clinical and radiological results were worse in high-energy trauma (20 patients).

DISCUSSION: Our clinical and radiological findings were consistent regarding the literature. Other risk factors such as obesity, initial displacement, failure to reduce and number of reduction attempts were discussed. We did not highlight these in our study.

CONCLUSION: The long-term clinical results were good despite a significant rate of growth disturbance. High-energy trauma was a risk factor for poor prognosis.

KEYWORDS: traumatology, ankle fractures, child, complication, growth disorder