



Thèse

2024

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Fractures fémorales et maltraitance chez les enfants de moins de 3 ans : une série suisse

De Marco, Giacomo

How to cite

DE MARCO, Giacomo. Fractures fémorales et maltraitance chez les enfants de moins de 3 ans : une série suisse. Doctoral Thesis, 2024. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:177479

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:177479>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:177479](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:177479)

Section de *médecine Clinique,*
Fondamentale, ou Dentaire
Département de la Femme
de l'Enfant et de l'Adolescent
Service d'orthopédie et
Traumatologie Pédiatriques

Thèse préparée sous la direction du Professeur Dimitri Ceroni

**" FRACTURES FEMORALES ET MALTRAITANCE CHEZ LES ENFANTS DE MOINS
DE 3 ANS : UNE SERIE SUISSE "**

Thèse
Présentée à la Faculté de Médecine
de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de Docteur en médecine
par

Giacomo DE MARCO

de

Italie

Thèse n° 11194

Genève

2023

**EPIDEMIOLOGIE ET CARACTERISTIQUES DES FRACTURES FEMORALES
DUES A LA MALTRAITANCE CHEZ LES NOURRISSONS ET LES PETITS
ENFANTS**

Table des matières

<u>Introduction</u>	3
a. <u>Considerations generales</u>	3
b. <u>Rappel historique</u>	3
c. <u>Le syndrome du bébé secoué</u>	5
d. <u>Définition et incidence de la maltraitance</u>	5
e. <u>Définition des fractures non accidentelles</u>	7
f. <u>Fractures pathologiques</u>	10
g. <u>Situation particulières chez l'enfant de moins de 3 ans</u>	11
 <u>Tiré à part de la publication parue dans le JPO</u>	
 <u>Discussion</u>	13
 <u>Bibliographie</u>	19
 <u>Remerciements</u>	21

Introduction

a. Considérations générales

La maltraitance infantile comporte toute violence physique, psychique, sexuelle, toute cruauté mentale, toute négligence qui entraîneront des conséquences préjudiciables sur l'état de santé, le développement physique et psychologique de l'enfant atteint.

L'orthopédiste pédiatrique joue donc un rôle déterminant dans le dépistage de la maltraitance infantile en milieu hospitaliers car c'est à lui qu'incombe la tâche de déterminer si les traumatismes constatés relèvent d'un abus, faisant de lui un véritable élément clef dans la prise en charge. Les fractures du fémur font craindre, plus que toutes autres lésions une maltraitance. Ce travail est donc voué à étudier l'épidémiologie et à définir les caractéristiques des fractures fémorales dues à la maltraitance et cela, chez les patients les plus exposés, à savoir les nourrissons et les petits enfants.

b. Rappel historique

De tout temps, les enfants de tous continents, races et cultures ont été exposés à de la maltraitance physique, psychologique, sexuelle ou sociale. Moults médecins ont été sensibilisés à ce problème au cours du temps, mais leurs travaux se limitaient la plupart du temps à des constatations descriptives de cas sans réelle étude du phénomène. C'est à Ambroise Tardieu, médecin légiste français, que l'on doit en 1860 la première description des manifestations cliniques, des circonstances de survenue et surtout des conséquences de la maltraitance envers les enfants. Dans son recueil de 32 observations de maltraitance envers des enfants, Tardieu montra que 18 décédèrent des conséquences de leurs blessures [1]. Ce nonobstant, son travail ne trouva pas l'écho qu'il aurait mérité et Tardieu échoua ainsi à faire prendre conscience à ses contemporains de cette triste réalité. Confronté à la survenue de réactions périostée chez certains nourrissons, John Caffey, en 1946, évoqua

successivement l'intoxication à la vitamine A, l'hyperostose corticale infantile avant de suggérer des séquelles de lésions squelettiques propres à la maltraitance des nourrissons [2]. La piste était d'autant plus probable que les lésions squelettiques étaient, pour la plupart des cas, associées à des hématomes sous duraux. Son assistant, le Dr Frédéric Silvermann, poursuivit le travail de son mentor et définit les bases modernes de la maltraitance physique des enfants, avec une description minutieuse des lésions squelettiques spécifiques ; celui-ci concluait d'ailleurs son travail en affirmant que la présence de multiples fractures prétendument « spontanées » devait être attribuée à des traumatismes par sévices, mettant ainsi en cause les parents en termes de responsabilité pénale [3].

Forts de ces enseignements, les pédiatres et les radiologues apprirent à reconnaître ces fractures multiples et à se méfier des explications inconsistantes relatées par les parents. Sensibilisé à cette problématique, Henry Kempe organisa une session plénière lors du Congrès de l'American Academy of Pediatrics de 1953 avec comme titre « The battered-child syndrome ». Cependant, la profession médicale et le grand public ne prirent véritablement conscience de l'ampleur du problème qu'en 1962, avec la publication, par Henry Kempe et Frédéric Silvermann d'un papier précurseur intitulé « The battered-child syndrome ». Dans cette publication, leurs auteurs colligèrent 302 observations d'enfants maltraités, décrivant l'ensemble des aspects (cliniques et radiologiques) des sévices faits à enfants, et établissant ainsi les bases du syndrome de Silvermann [4]. Cette publication eut un retentissement considérable dans la communauté médicale, et fut à l'origine de l'obligation légale, aux USA, de signaler aux autorités compétentes les cas de maltraitance. Consécutivement, cette reconnaissance des sévices infligés aux enfants aboutit, en 1975, à la création de la Société Internationale de prévention des maltraitances envers les enfants.

c. Le syndrome du bébé secoué

Le syndrome du bébé secoué est quant à lui de reconnaissance beaucoup plus récente (1972), et, dans sa description initiale, cette entité comportait l'association d'hématomes sous-duraux à des fractures des arcs postérieurs des côtes. Sous ce terme, Caffey décrit un ensemble de lésions comportant des hémorragies rétiniennes, des hémorragies sous-durales ou sous-arachnoïdiennes, survenant en l'absence d'un traumatisme majeur [5]. Le syndrome du bébé secoué incrimine généralement les enfants de moins de 2 ans ; le bébé est la plupart du temps saisi au niveau du tronc et secoué avec violence pour faire cesser ses pleurs. L'entourage de l'enfant ne décrit dans la majorité des cas aucun traumatisme ou un traumatisme minime incompatible avec les hémorragies intracrâniennes classiquement constatées. Depuis lors, divers éponymes ou intitulés traitant de ce sujet jalonnent la littérature, tels que syndrome de Caffey-Silvermann, traumatisme X, the battered-child syndrome ou syndrome de l'enfant maltraité, et enfin le syndrome du bébé secoué.

d. Définition et incidence de la maltraitance des enfants

Au cours de la consultation de l'OMS tenue en 1999 sur la prévention et de la maltraitance de l'enfant, la définition suivante de la maltraitance de l'enfant a été adoptée par les 58 pays participants, à savoir :

« La maltraitance de l'enfant s'entend de toutes les formes de mauvais traitements physiques et/ou affectifs, de sévices sexuels, de négligence ou de traitement négligent, ou d'exploitation commerciale ou autre, entraînant un préjudice réel ou potentiel pour la santé de l'enfant, sa survie, son développement ou sa dignité dans le contexte d'une relation de responsabilité, de confiance ou de pouvoir » [6].

Lors de cette réunion, il a été mis en exergue à quel point la définition de maltraitance de l'enfant pouvait être difficile, car une approche globale du sujet se devait de tenir compte des différentes normes en ce qui concerne l'éducation des enfants, et des critères adoptés par leurs parents au sein des différentes cultures qui jalonnent la planète. En d'autres termes, les diverses cultures ont défini de différentes pratiques parentales acceptables, et les opinions divergeaient, sur la définition des pratiques abusives ou négligentes. Il n'en demeure pas moins qu'un consensus a été trouvé au travers des différentes cultures pour condamner les méthodes disciplinaires très dures et les abus sexuels.

Les chiffres suivants donnent un aperçu de l'ampleur du problème de la maltraitance chez l'enfant. D'après l'ONU et le WHO (World Health Organisation), près de 52.000 décès ont été attribués, en l'an 2002, à des homicides chez les enfants de moins de 17 ans [7]. Il a également été établi que le risque de mauvais traitement entraînant la mort était étroitement corrélé au niveau du revenu du pays. Pour les enfants vivant dans un pays à revenu faible, le taux d'homicides était de 2.58 pour 100'000 enfants. Dans les pays à revenu moyen élevé, il se chiffrait à 1.21 pour 100'000 enfants. L'ampleur de ces chiffres ne doit toutefois pas faire oublier que même dans les pays riches, ce phénomène existe et qu'il demeure extrêmement difficile de calculer le nombre exact des morts imputables à un infanticide et à en évaluer sa véritable incidence. Il apparaît que de nombreux décès attribués à d'autres causes (comme la mort subite du nourrisson ou des traumatismes) constituent en fait des homicides méconnus ou camouflés, sous-estimant ainsi l'incidence de cette entité.

L'incidence de la violence physique contre les enfants sans issue fatale a été évaluée dans plusieurs pays ; aux USA en 1995, il a été évalué que le taux de violence physique atteignait pratiquement 50 pour 1000 enfants en prenant en considération les items suivants : battre l'enfant avec un objet, lui donner des coups de pied, le battre, le menacer

avec un couteau ou une arme à feu ou l'étrangler. Il se peut même que les taux de violence physiques soient encore plus importants dans d'autres pays. En Corée par exemple, deux tiers des parents ont déclaré fouetter leurs enfants et 45% avouaient les avoir battus et leur avoir donné des coups de pieds. En Roumanie enfin, une étude a montré que la moitié des parents admettaient battre leurs enfants régulièrement et 16% les frapper avec des objets.

e. Définition des fractures non accidentelles

Les fractures survenant dans un contexte de maltraitance sont qualifiées de non accidentelles. On estime qu'entre 11% à plus de 30% des enfants, qui sont victimes de maltraitance, vont présenter des fractures. Les fractures non accidentelles sont essentiellement l'apanage des nourrissons ; en effet, Worlock et al. ont montré que 80% de toutes les fractures dues à la maltraitance survenaient chez les enfants de moins de 18 mois, alors que 85% des fractures accidentelles affectaient principalement les enfants de plus de 5 ans [8]. De plus, plusieurs études ont, d'autre part, montré que 25 à 56% des fractures survenant chez les nourrissons de moins de 12 mois étaient non accidentelles [9]. Il est néanmoins important de stipuler que de nombreuses fractures non accidentelles sont pas diagnostiquées en clinique, car elles sont infligées à des nourrissons avant que ceux-ci puissent s'exprimer et relater les faits. Même s'il n'existe pas de fracture qui soit pathognomonique des lésions non accidentelles, il est important, pour le clinicien confronté à cette problématique, de garder à l'esprit que la présence d'un ou de plusieurs des facteurs listés ci-dessous est hautement suspect de maltraitance.

- I. Le délai entre la survenue du traumatisme et le moment de la consultation : la plupart des consultations pour des fractures non accidentelles se produisent tardivement et elles peuvent être motivées par d'autres raisons [10].

- II. L'âge de l'enfant : Le jeune âge est un facteur hautement suspect d'une fracture non accidentelle. Comme dit précédemment, 80% de toutes les fractures dues à la maltraitance surviennent chez les enfants de moins de 18 mois, et 25 à 56% de celles-ci chez des nourrissons de moins de 12 mois [8]. On estime que la maltraitance constitue l'étiologie principale de 70% des fractures chez les enfants de moins de 18 mois [11].
- III. Le manque de corrélation entre le mécanisme évoqué et le stade de développement psychomoteur de l'enfant : les fractures accidentelles sont généralement corrélées à l'âge de l'enfant et à son stade de développement psychomoteur. En effet, toute fracture survenant chez un nourrisson qui ne se déplace pas encore seul demeure hautement suspecte d'une maltraitance. Fréquemment, il est allégué que la fracture est survenue lorsque la jambe de l'enfant est restée coincée dans les barreaux du lit ; il est rare, à ce propos, qu'un nourrisson non marcheur puisse générer suffisamment d'énergie pour se rompre un os long.
- IV. Les fractures atteignant des sites anatomiques particuliers : les fractures de côtes sont exceptionnelles chez le nourrisson et le petit enfant, et cela notamment lorsqu'elles surviennent en l'absence d'un mécanisme à haute énergie comme lors d'accidents de la voie publique. Les fractures de côtes apparaissent donc comme les lésions qui s'apparentent le plus fréquemment à des lésions non accidentelles. Lorsqu'elles sont causées par la maltraitance, elles sont la plupart du temps multiples, uni ou bilatérales et peuvent se situer n'importe où le long des côtes, même si l'arc postérieur semble être le plus fréquemment atteint. D'autres localisations comme le sternum, l'omoplate et les apophyses épineuses vertébrales devront être considérées comme hautement

suspectes de maltraitance. D'autres fractures peuvent se présenter mais rarement chez le nourrisson, témoignant ainsi du risque de mauvais traitement. Il est rare, à ce propos, que des nourrissons de moins de 18 mois soient victimes de fractures de l'humérus. Lorsqu'elles surviennent de façon accidentelle, elles se présentent dans la région supra-condylienne répondant à un mécanisme d'hyperextension. Les fractures non-accidentelles apparaîtront quant à elles plutôt en zones proximale ou diaphysaire [12].

- V. La présence de fractures multiples : la survenue de fractures multiples en dehors d'un contexte traumatique avec une certaine énergie, doit soulever des soupçons sur la nature non accidentelle des lésions [8]. Il est reconnu que près de 85% des enfants hospitalisés avec un diagnostic de maltraitance présentent 3 ou plus fractures [11].
- VI. La présence de fractures/lésions d'âge différent : la probabilité d'être confronté à une situation de maltraitance augmente de façon drastique lorsque on constate des fractures d'âge différents sur les radiographies. Le thérapeute peut même être confronté à d'anciennes fractures qui n'ont pas été constatées par le médecin, voire qui n'ont pas donné lieu à une consultation de la part des parents.
- VII. Une datation de la fracture incompatible avec l'anamnèse : dans certains cas, les parents consultent après un délai plus ou moins long, et certaines fractures montrent déjà des signes de consolidation qui rendent improbable l'anamnèse de traumatisme aigu [8].
- VIII. Présence de lésions concomitantes suggestives de maltraitance : la présence d'autres lésions, telles que les ecchymoses au niveau de la bouche, du cou, des oreilles, et du tronc de l'enfant, peuvent constituer des indices solides à la

nature non accidentelle des lésions. La distribution des lésions sur plusieurs parties du corps rend la situation d'autant plus suspecte ; en effet, un traumatisme accidentel mineur aboutira la plupart du temps à des lésions circonscrites à une seule partie du corps. Il apparaît donc primordial de déshabiller et d'examiner complètement l'enfant lorsqu'une suspicion de maltraitance est évoquée. Toute ecchymose chez un enfant de moins de 12 mois est très suspecte ; en effet, les ecchymoses sont rares avant l'acquisition de la marche. Les seules lésions compatibles à cet âge sont les griffures au visage auto-infligées. Enfin la découverte de lésions intracrâniennes ou abdominales sont incompatibles avec un traumatisme accidentel mineur, car elles découlent habituellement de traumatismes graves et documentés tels qu'un accident de la voie publique, voire une chute d'une grande hauteur [13]. Dès lors, la présence de lésions importantes lors d'un traumatisme squelettique isolée ou multiples sera suggestive d'un acte de maltraitance.

f. Fractures pathologiques

Lorsqu'une situation de maltraitance est portée devant les tribunaux, la défense cherchera systématiquement à instiller le doute dans l'esprit des jurés en affirmant que la fracture peut être consécutive à une affection médicale qui prédispose à une fragilité squelettique. Parmi ces affections, deux groupes sont souvent évoqués pour expliquer qu'une fracture fémorale se serait produite à l'insu des parents ; les affections génétiques de l'os (osteogénèse imparfaite, maladie de Menkes, maladie de Caffey,...) et les troubles métaboliques de l'os (rachitisme, insuffisance rénale chronique, scorbut,...). Le clinicien doit néanmoins garder à l'esprit que la maltraitance est beaucoup plus fréquente et probable que les maladies osseuses. En effet, Leventhal et al ont montré que des troubles

métaboliques ou osseux sous-jacents étaient retrouvés chez moins de 1% des enfants hospitalisés pour des fractures aux USA [11]. Le clinicien devra néanmoins tenir compte de la possibilité d'affections médicales sous-jacentes qui peuvent être à l'origine de fractures itératives. L'absence d'épisodes fracturaires lorsque l'enfant sera sorti de son cadre familial et placé temporairement dans une famille d'accueil constituera une preuve tangible de la nature non accidentelle des lésions présentées préalablement.

g. Situation particulière des fractures du fémur chez l'enfant de moins de 3 ans :

Les fractures du fémur occupent une place particulière dans la maltraitance. Ce sont des fractures qui imposent une hospitalisation et qui aboutissent la plupart du temps à un examen général et à une enquête sociale [14]. L'incidence des fractures du fémur connaît deux pics d'incidence ; un entre l'âge de 2 et 3 ans et le second à l'adolescence [15]. Plusieurs études ont toutefois montré que la fréquence des fractures du fémur chez les enfants de moins d'un an était similaire à celle présente chez les petits enfants entre 2 et 3 ans [16].

La première question que l'on doit légitimement se poser gravite autour des mécanismes qui peuvent aboutir à une fracture du fémur. Certains auteurs considèrent que les traumatismes survenant à basse énergie tels qu'une chute de sa hauteur, une chute du lit parental ou d'une table à langer ne sont pas suffisants pour aboutir à une fracture du fémur [17]. D'autres auteurs estiment néanmoins qu'une fracture du fémur peut survenir à la suite d'un traumatisme trivial à basse énergie tel qu'une chute de sa hauteur, une chute causée par un trébuchement, ou encore une chute en courant [18]. Tous s'accordent néanmoins pour affirmer qu'un nourrisson qui n'a pas acquis la marche ne pourra pas générer suffisamment d'énergie pour se rompre le fémur. Ces éléments devront donc être pris en considération lorsqu'une suspicion de maltraitance est présente.

La maltraitance constitue malheureusement une étiologie qui est très fréquemment retrouvée chez les nourrissons et les petits enfants. Son incidence chez les enfants de moins de 36 mois s'échelonne entre 1.5 et 68.3%, donnant par la même un aperçu de l'hétérogénéité de la définition de ce phénomène au travers des différentes études. Avant l'âge de la marche, plusieurs auteurs ont montré que les fractures du fémur sont avant tout non-accidentelles [9, 19, 20]. Pour Gross et al, la maltraitance serait responsable de 80% des fractures du fémur chez les enfants de moins de 12 mois [19]. Pour Arkader et al, 75% des fractures fémorales métaphysaires chez des nourrissons de moins de 12 mois apparaissaient suspectes de maltraitance [21], conduisant à un diagnostic confirmé de fracture non-accidentelle dans 50% des cas. Deux revues systématiques de la littérature ont été publiées et se sont intéressées à l'incidence des fractures non accidentelles chez les nourrissons de moins de 12 mois ; pour Wood et al, la prévalence de fractures fémorales inhérente à un acte de maltraitance se chiffrerait entre 16.7 et 35.5% [20], alors que Kemp et al rapportaient que 50.1% des fractures du fémur seraient de nature non accidentelle chez les nourrissons de moins de 18 mois [9]. Dans cette tranche d'âge, une autre étude a montré une incidence de 68.3% des fractures fémorales qui seraient de nature non accidentelle [22].

Il demeure donc primordial, devant ces données, de rester très vigilant sur tout autres signes directs ou indirects de maltraitance, pour que celle-ci ne reste pas méconnue et pour garantir la sécurité et l'intégrité physique et morale de l'enfant.

AUTHOR QUERY FORM

**LIPPINCOTT
WILLIAMS AND WILKINS**

JOURNAL NAME: JPOB

ARTICLE NO: JPOB-07-4206

QUERIES AND / OR REMARKS

QUERY NO.	Details Required	Author's Response
AQ1.	Please confirm that all authors are included in the correct order in the byline and that all names are spelled correctly, including special characters, accents, middle initials, and degrees, if applicable. For indexing purposes, confirm author names have been correctly identified as given names (blue) and surnames (red). Color in the byline will not appear on the final published version.	Ok
AQ2.	Please provide telephone and fax numbers for the corresponding author.	
AQ3.	Please provide the missing volume for reference "22".	Aug:(353)
AQ4.	Please provide the missing volume for reference "27".	Jul:(376)
AQ5.	As colour figure(s) are present in your article, there is a \$1000/article charge for them to be produced in colour in the final print and online versions. Please let me know how you wish to proceed.	No thanks

Femoral fractures and abuse in children under 36 months old: a Swiss case series

Giacomo de Marco, Raimonda Valaikaite, Moez Chargui, Benoit Coulin, Oscar Vazquez, Anne Tabard-Fougère, Christina N. Steiger, Romain Dayer and Dimitri Ceroni

AQ1

AQ2

Abuse should be suspected in infant femoral fractures without significant trauma, especially if the child is non-ambulatory. Review the epidemiological and radiological characteristics of femoral fractures in children under 36 months old to identify those potentially related to child abuse. Cases involving 102 patients presenting with 103 femoral fractures between January 1990 and December 2020 were investigated, paying close attention to mechanisms of injury, fracture patterns, and their possible relations to child abuse. The annual incidence of femoral fractures in patients under 36 months old was estimated at 24.6 per 100 000; the incidence in infants under 13 months was significantly higher than among children between 13 and 36 months old. Most infants under 13 months suffered from transverse or oblique metaphyseal/diaphyseal fractures (93.2%), whereas 67.8% of older children presented with spiral shaft fractures. Data confirmed child abuse in 4.9% of all patients (one with bilateral fractures); femoral fractures were incompatible with their reported mechanisms of injury in 31 patients

(30.4%), whereas 12 fractures (11.8%) occurred in unexplained circumstances. More than 50% of femoral fractures occurred with low-energy trauma. The difference in patterns according to patients' ages suggested different mechanisms of trauma in ambulatory and non-ambulatory infants. Confirmed abuses and unclear or inconsistent mechanisms of trauma, raised potential total child abuse cases to 47.1% of our cohort. Level of evidence: Level IV. *J Pediatr Orthop B XXX: XXXX–XXXX* Copyright © 2023 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

Journal of Pediatric Orthopaedics B XXX, XXX:XXXX–XXXX

Keywords: child abuse, femoral fracture, infants, pediatric, toddlers

Service of Pediatric Orthopedics, The Children's Hospital, Geneva University Hospitals, Switzerland

Correspondence to Giacomo de Marco, MD, Service of Pediatric Orthopedics, The Children's Hospital, Geneva University Hospitals, Rue Willy-Donzé 6, 1205, Geneva, Switzerland
E-mail: giacomo.demarco@hcuge.ch

Received 11 November 2022 Accepted 17 September 2023.

Introduction

Pediatric femoral fractures may lead to serious complications and disability and can have a significant impact on the child and their family [1]. In Western countries, these fractures are among the most common pediatric long-bone fractures, with a mean estimated incidence of 20 per 100 000 [2–5]. In some series, this rate reached 35 to 60 fractures per 100 000 [6,7]. Male teenagers are at the highest risk, in relation to their greater participation in sports and adolescent thrill-seeking [1,8]. Indeed, falls and motor vehicle collisions are responsible for two thirds of these fractures [2,9,10].

Abuse should be considered a potential cause of femoral fractures among infants who present with no significant trauma or an underlying bone pathology, especially when they are non-ambulatory. Highlighting the scale of this phenomenon, recent literature has suggested that abuse could be responsible for 60–93% of femoral fractures in non-ambulatory infants [11–13] and 30–46% in children under 4 years old [12,14]. However, it is extremely difficult to differentiate injuries due to abuse from accidental injuries in any age category [15]. According to existing literature, a fifth to one third of abused children consulted

a physician at least once without any abuse being noted [16,17]. Children under 24 months who have suffered abuse present with patterns of non-accidental injuries consisting mainly of metaphyseal lesions, multiple fractures at different stages of consolidation, posterior rib fractures, and long-bone fractures [18,19]. Pediatric orthopedic surgeons must be aware that lesions such as humeral and femoral fractures in infants are most likely the result of child abuse [15].

Many studies have described femoral fractures in young children and have attempted to identify specific patterns that may indicate abuse [9,18,20–27]. A femoral fracture in a child under 24 months old is highly suggestive of non-accidental trauma (NAT) [9,21,26–30], especially if they are not yet walking. Some literature has focused on predictors of abuse, such as elements in the child's trauma history (inconsistent records, inappropriate delays, frequent consultations with physicians), physical examination findings (inconsistent with history, concomitant head injury, fracture in non-ambulatory infants), and socio-economic background [31–33].

The present study focuses on femoral fractures in children under 36 months old in a single Swiss health district,

with particular attention to epidemiology, circumstances of trauma and fracture patterns. The final aim was to review the epidemiological and radiological characteristics of these fractures to identify those related to child abuse. Our hypothesis is that femoral non-accidental fractures in children are more common than expected and that they can take several forms.

Methods

After the approval of the local Children's Hospital Review Board, we retrospectively reviewed the electronic medical records of all children under 36 months old admitted to our University Children's Hospital for femoral fractures between January 1990 and December 2020. The Children's Hospital is the only medical facility providing pediatric trauma, inpatient, and specialized medical care to the district's 460 000 inhabitants.

We were able to retrieve electronic data from our hospital inpatient database going back as far as 2000 and retrieved paper medical charts for older files.

Data on patient demographics (age and sex), month of admission, mechanism of injury, trauma circumstances and fracture pattern were collected. Fractures were then classified according to their location (epiphyseal, physeal, metaphyseal, or diaphyseal). We used the Salter-Harris classification for distal physeal fractures, and the Delbet classification for femoral head and neck fractures. For analytical purposes, mechanisms of injury were divided into specific groups: 1) accidents due to everyday activities (falls from standing, changing tables, or rolling off a parent's bed or sofa); 2) birth injuries at delivery; 3) outdoor accidents (scooters, swings, slides) and high-energy outdoor accidents (falls from a height > 1.5 m); 4) injuries from a heavy object/person falling on the patient's limb; 5) motor vehicle accidents; 6) unknown or inconsistent mechanisms of trauma; and 7) confirmed child abuse.

Pathological fractures caused by a disease or a specific medical condition were excluded from our series. In particular, 3 patients with osteogenesis imperfecta were excluded from the study.

Results were treated in three age groups: infants aged from 0 to 12 months, toddlers aged from 13 to 24 months, and children from 25 to 36 months old. This choice enabled straightforward comparisons with data in the existing literature and helped us to better understand the different mechanisms of injury related to children's physical activities.

All the patients with suspected child abuse were admitted as inpatients and had a complete checkup. This involved a skeletal survey including upper and lower extremity x-rays, skull, thorax and spine X-rays, a complete body check and an interview with patient's pediatrician and social services during the hospital stay. When

a case of abuse was confirmed, the child was entrusted to a social service facility.

Data and statistical analysis

Statistical analyses were performed using R software (version 3.6.1) and the RStudio interface (RStudio, Inc., Boston, MA, USA). Chi-squared tests were performed and results were presented as n (%). For outcomes with significant effects ($P < 0.05$), *post-hoc* analyses were interpreted using a Bonferroni correction [$P < 0.017$ ($0.05/3$)].

Results

Patient characteristics

The medical charts of 105 infants under 36 months old were selected, and 3 cases of pathological fracture due to osteogenesis imperfecta were excluded. The study thus included 102 infants with 103 femoral fractures (one had bilateral fractures). The mean annual community population of $13\,952 \pm 706$ infants under 36 months old from 1990 to 2020 had an average annual incidence of femur fractures of 24.6 new cases per 100 000. Male patients suffered 61 fractures (62.8%), implying a male-to-female ratio of 1.4:1. Right and left femurs were involved in 43 (41.8%) and 58 (56.3%) cases, respectively, with 1 case involving both femurs (1.9%). Figure 1 shows the distribution of patients according to their age (Fig. 1).

Mechanisms of fracture and patient age

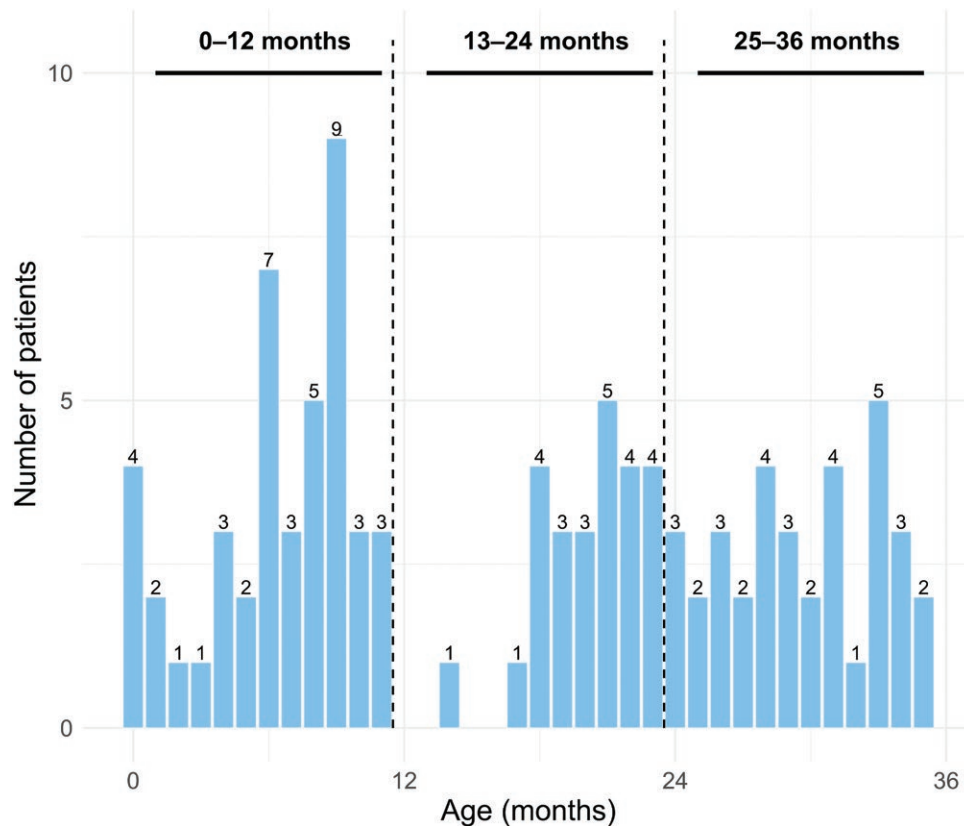
Accidents occurring during everyday activities accounted for the largest overall percentage of fractures (53 cases, 51.9%), 5 fractures (4.9%) resulted from a fall >1.5 m, and 7 fractures (6.9%) were the consequence of an object/person falling on the child's limb. Femoral fractures occurred outdoors in 12 cases (11.8%) and in traffic accidents in 7 cases (6.9%). Child abuse was confirmed in 5 patients, with 1 of them having sustained bilateral fractures (4.9%). In 12 cases (11.8%), the mechanism of fracture remained unidentified, with no explanation furnished by the parents or caregivers, leading to a suspicion of child abuse. We encountered 1 case (0.9%) of iatrogenic fracture in a Cesarean delivery.

Mechanisms of fracture were subsequently analyzed according to patients' ages.

In infants between 0 and 12 months, 26 femoral fractures (60.5%) were related to everyday activity trauma, 7 (16.3%) had no clear reported cause, 4 patients (with 5 fractures one bilateral) (9.3%) sustained confirmed child abuse, 2 fractures (4.7%) resulted from a heavy object/person falling on the limb, 1 (2.3%) resulted from a fall > 1.5 m, 1 (2.3%) from an outdoor accident (falling from the father's arms while skiing), 1 (2.3%) from a road accident, and 1 case (2.3%) resulted from iatrogenic fracture during a Cesarean delivery. Unclearly reported causes (7 cases, 16.3%) were considered very suggestive of child abuse, even if subsequent investigations by social workers could not prove this.

F1

Fig. 1



Number of patients in each age group.

These raised the percentage of confirmed and highly suspicious cases to 25.6% of traumas among infants between 0 and 12 months old with a femoral fracture.

In the 13-to-24-month-old toddlers' group, 12 fractures (48%) were related to everyday activity trauma, 3 (12%) resulted from a fall > 1.5 m, 3 (12%) occurred during an outdoor activity, 2 (8%) resulted from the limb being crushed by a heavy object/person, and 1 (4%) occurred in a road accident. Four (16%) had no clear reported cause, with parents giving confused versions of the accidents, and were thus considered highly suggestive of child abuse in this age group.

In the 25-to-36-month-old group, 15 fractures (44.2%) resulted from everyday activity trauma, 8 (23.6%) occurred during outdoor activities, 5 (14.7%) occurred in road accidents, 3 (8.8%) resulted from the limb being crushed by a heavy object/person, 1 (2.9%) was related to a fall from > 1.5 m, 1 (2.9%) had no clear cause, and 1 (2.9%) was confirmed as the result of child abuse. A further 5.8% (1 abuse and 1 suspicion) of femoral fractures in this age group were highly suggestive of child abuse.

Type of fracture

Sixty-eight fractures (66%) affected the femoral shaft, 21 (20.4%) the distal metaphysis, 8 (7.8%) the

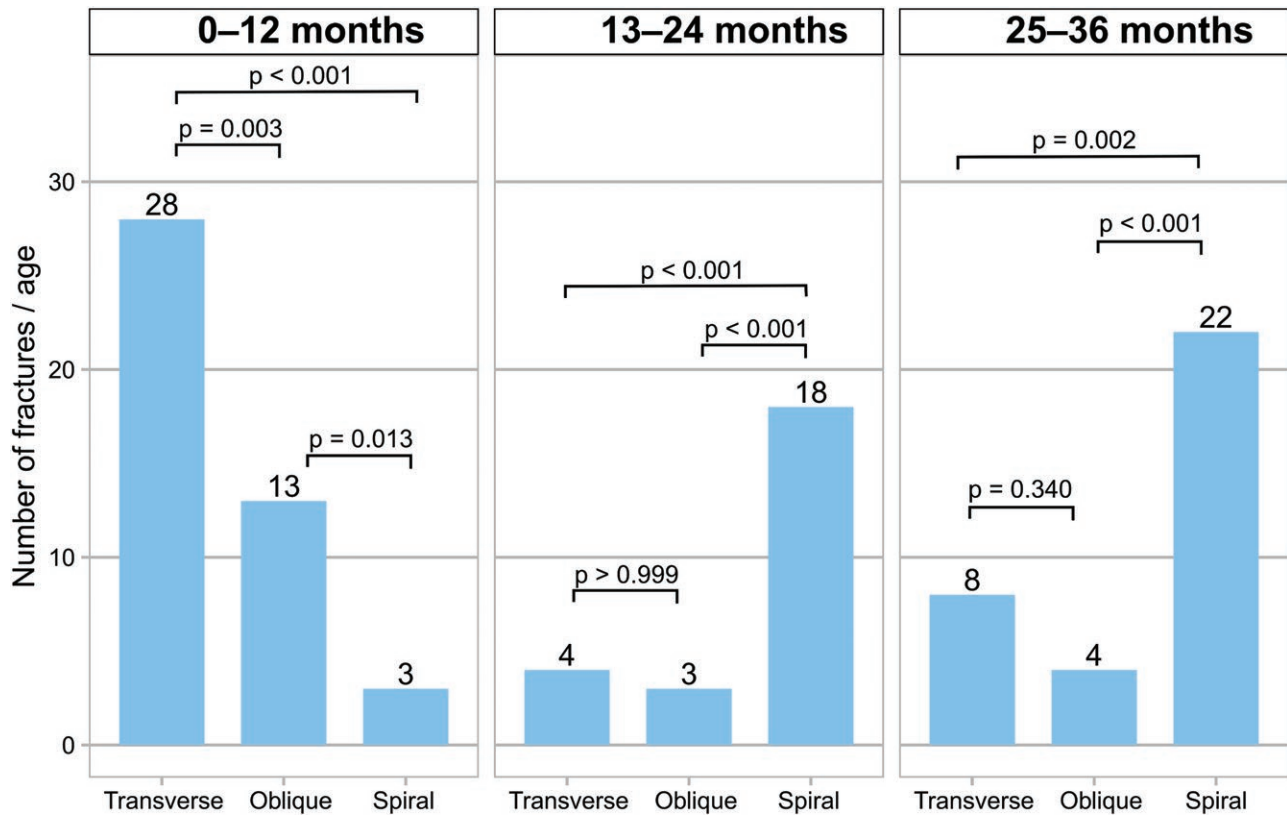
sub-trochanteric region, 4 (3.9%) the femoral neck, and 2 (1.9%) the distal physis (corner fractures). All the fractures were closed. When considering fracture shapes, 43 were spiral (41.8%), 40 were transverse (38.8%), and the remaining 20 (19.4%) were oblique.

Fracture patterns were then analyzed according to patient age. In the first group, we encountered 44 fractures (28 transverses, 13 oblique, 3 spiral), in the second group 25 fractures (4 transverses, 3 oblique, 18 spiral) and in the last group of age 34 fractures (8 transverse, 4 oblique, 22 spiral). Figure 2 represents the distribution of fracture patterns according to each group of age.

Treatment considerations

Of 102 patients, 81 (79.4%; mean age 19 months) were treated with a spica cast (pelvic long-leg brace), 10 (9.8%; mean age 10 months) with distal metaphyseal transverse fractures were treated with a long-leg cast, 6 (5.9%; mean age 5 months) received a Pavlick harness, 3 (2.9%; mean age 29 months) underwent surgical treatment with flexible intramedullary nailing, and 2 (2%; mean age 10 months) were treated with rest only, because of their delayed diagnosis.

Fig. 2



Fracture type related to age groups. Chi-square statistical tests were used; results are reported as n. Significant post-hoc analyses can be interpreted with Bonferroni corrections [$P < 0.017$ (0.05/3)].

Considerations about child abuse or suspected child abuse

As mentioned above, we suspected child abuse in 47.1% (48 of 102 patients) of the cases overall in our series. Among them, five (4.9%, one with bilateral fractures) suffered confirmed child abuse, and a further 12 (11.8%) were reported to have unexplained fractures. Additionally, 31 patients (30.4%) reported a very low-energy trauma with a mechanism of trauma inconsistent with the fracture thus making a total of 47.1% among confirmed and suspected abuse. In 1 case among these 48, we found a sequela of an ancient femoral fracture which suggested NAT. There was no sex predominance since these fractures occurred in 25 males and 23 females. The locations of the fractures in this group were 24 mid-diaphysis fractures (49%), 12 distal metaphyseal fractures (24.5%), 4 proximal diaphyseal fractures (8.1%), 3 sub-trochanteric fractures (6.1%), 2 'corner' fractures (4.1%), 2 distal diaphyseal fractures (4.1%), and 2 per-trochanteric fractures (4.1%). As to fracture patterns, 19 were transverse (38.8%), 19 were spiral (38.8%), and 11 were oblique (22.4%) (Fig. 3).

Among patients with suspected child abuse, most of those who fall from height had spiroid fractures (11/14, 79%); whereas patients with confirmed child abuse had

only transverse (3/5, 60%) and oblique (2/5, 40%) fractures (Fig. 4).

Considerations about Swiss Law

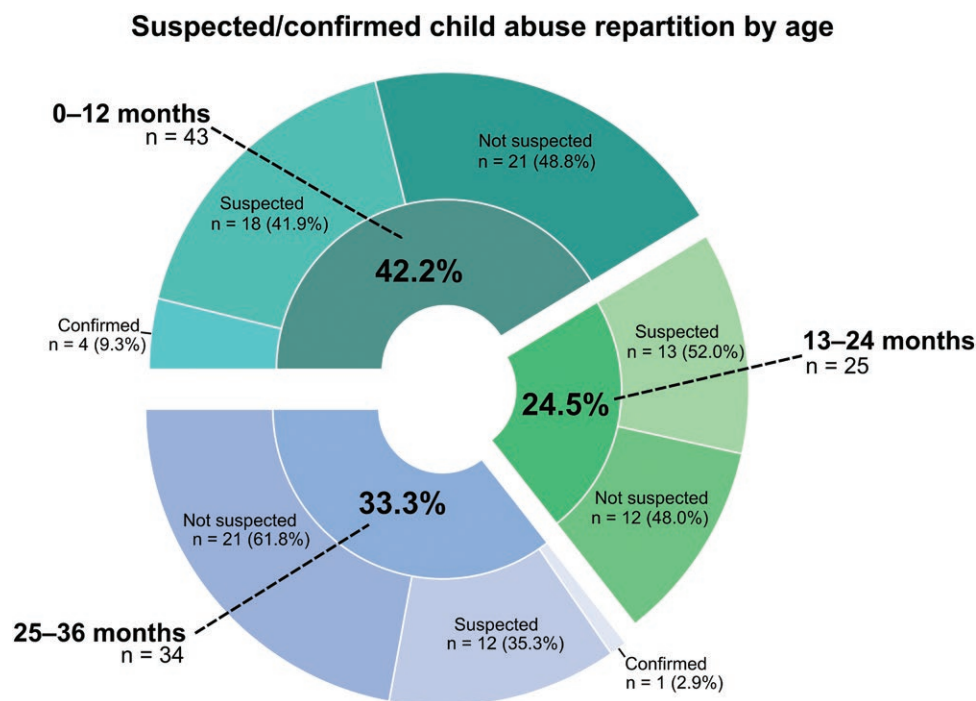
Swiss legal provisions in the event of confirmed or suspected situations of child abuse

In Switzerland child protection services (AEPa: 'Autorité de protection de l'enfant et de l'adulte') are under the jurisdiction of each region.

Professionals in medicine, psychology, social service, educators, teachers, and those involved in the field of religion and sport, are required to notify the child protection authority when a concrete threat to the physical, psychological, or sexual integrity of the child is present or suspected.

When a report reaches the authorities through the hospital social services, a procedure is initiated to protect the child. During this procedure, the situation of the child is assessed to rule out if there is a danger to the good of the child. After this first step, a decision is taken and, if necessary, measures are ordered to protect the child and or to support the family. Most of the time, the competent authority tries to find a solution with the

Fig. 3



Confirmed and suspected child abuse cases by age group.

agreement of the family. If possible, this option is more durable than if a measure must be ordered under pressure. Only in exceptional cases, the legal authority may limit the child's access to his own family or even decide to remove him from the family unit. Monitoring of the child's well-being is then initiated and carried out by the social services with home visits by specialized nurses or school nurses.

In the context of emergencies, the pediatric orthopedist is expected to play an important role. In fact, his traumatology knowledge is a major asset to detect fractures that appear suspect according to the energy required, their type, and the circumstances reported by parents. A multidisciplinary team, the CAN Team (Child Abuse and Neglect Team), is then mandated to assess the situation, make inquiries, with the child's pediatrician and the school nurse, to take the appropriate steps at the level authorities, and to guide health professionals. In the event of a report, it is the CAN team that must communicate to the family about the gravity of the situation and its legal consequences.

Discussion

Considerations about non-accidental trauma and pathological fractures

Even for the craftiest and experimented clinicians assessing child abuse is often complex. In addition, several rare bone diseases may explain suspicious fracture when the

traumatic mechanism is inconsistent with an usual femoral fracture [34].

It is recognized that child abuse is much more common than bone disorders to explain femoral fractures, especially in children under 3 years old. On this point, Leventhal *et al.* [35] showed that underlying metabolic or bone disorders were found in less than 1% of children hospitalized for fractures in the USA.

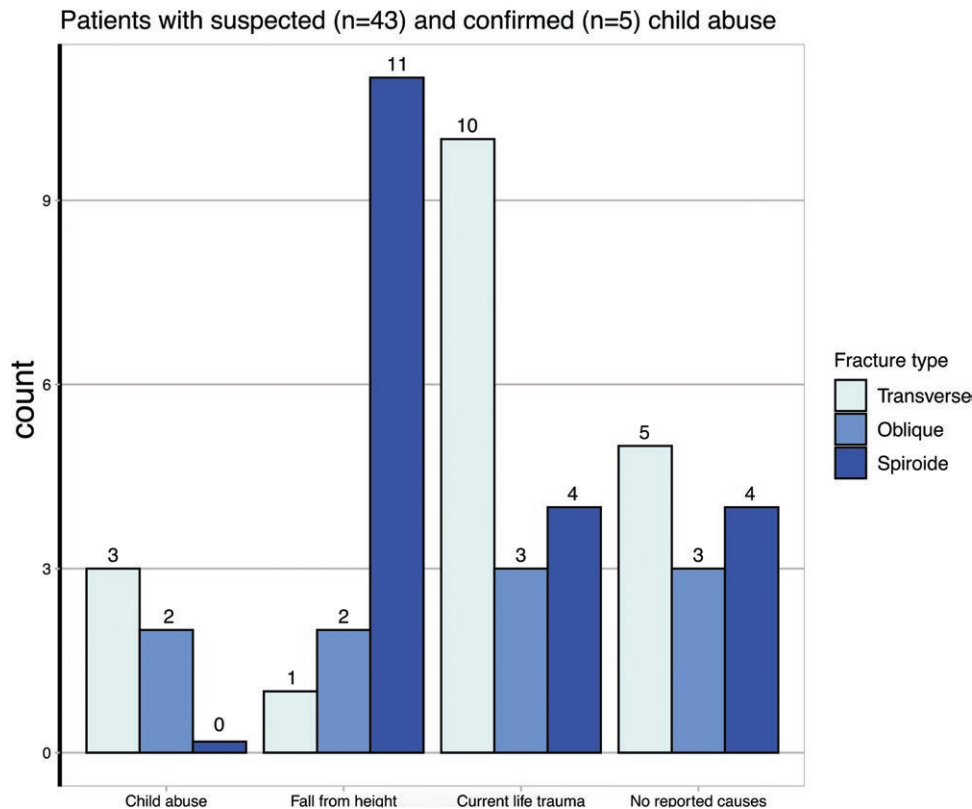
In case of doubt, biochemical studies on collagen may be required in patients with a suspected fracture [36].

Consequences of misdiagnosis of osteogenesis imperfecta or pathologic fractures as child abuse could be potentially devastating for families [37], and clinicians should be aware of the importance to not rely only on radiological information to discriminate between pathologic and NAT [38]. Thus, biochemical studies should be conducted in presence of every child sustaining multiple fractures suggestive of abuse without any other abuse signs such as bruises or head injuries [39]. Prior to report any abuse, the evidence should include not only positive signs of child abuse, but also a demonstration that diseases that can mimic NATs have been ruled out [40].

Overall considerations

The literature about femoral fractures among children from 0 to 36 months old is principal based on

Fig. 4



Suspected child abuse cases based on fractures type and mechanisms of injury.

administrative databases, and few series have focused on radiological data [7,9,11–13,16,19,21,35,41,42].

Our results revealed that the annual Incidence of infant femoral fractures in the Geneva district (24.6 per 100 000 population from 0 to 36 months old) was relatively similar to the rate of 25.5 per 100 000 reported by Hinton *et al.* [5], but noticeably lower than the 38 per 100 000 rate reported by Brown *et al.* for this age range [7]. Our study's fracture rate was significantly higher among infants between 0 and 12 months old than among those between 13 and 24 months or 25 and 36 months old. Indeed, the 0 to 12 months group had 72% and 26.5% more fractures than the 13 to 24 months and 25 to 36 months groups, respectively.

Previous studies expressed different opinions about femur fracture rates in infant populations. Some considered femoral fractures in patients between 0 and 12 months old to be less common than in children walking [29,43]. By contrast, a study by Brown *et al.* [7] found the highest femur fracture rates among children between 0 and 12 months and 13 and 24 months, which confirmed our study's results. Focusing on femoral fracture rates and the mechanisms of trauma in children from 0 to 12 months old is essential since there are few plausible explanations for a femur fracture in non-ambulatory infants other than intentional injury.

In the present cohort, femur fractures were mostly located on the femoral shaft (66%), far more than on the distal metaphysis (20.4%). This finding corroborates the idea that the most common location for femoral fractures in both abused and non-abused children is the midshaft of this bone [44,45]. We nevertheless noted that fracture shapes were very different depending on the patient's age. Infants between 0 and 12 months old mostly suffered from transverse or oblique fractures (93.2%), whereas 67.8% of infants over 12 months old presented with spiral fractures. Indeed, the group of infants less than 12 months old demonstrated a low rate of diaphyseal spiral fractures (6.8%) but a high rate of transverse (essentially metaphyseal; 63.6%) and oblique (essentially diaphyseal; 29.6%) fractures. Previous studies also reported greater proportions of metaphyseal/diaphyseal fractures among abused infants, suggesting that the pattern of our results was more likely to have been the result of abuse [41,44].

Our findings, showed no substantial differences in the distribution of transverse, spiral, and oblique fractures between the group of abused/suspected-abused infants and the group of non-abused patients [46]. These results suggested the absence of any 'common' femoral fracture pattern that could be clearly identified as abuse related [29]. In addition, we did not find spiral fractures to be

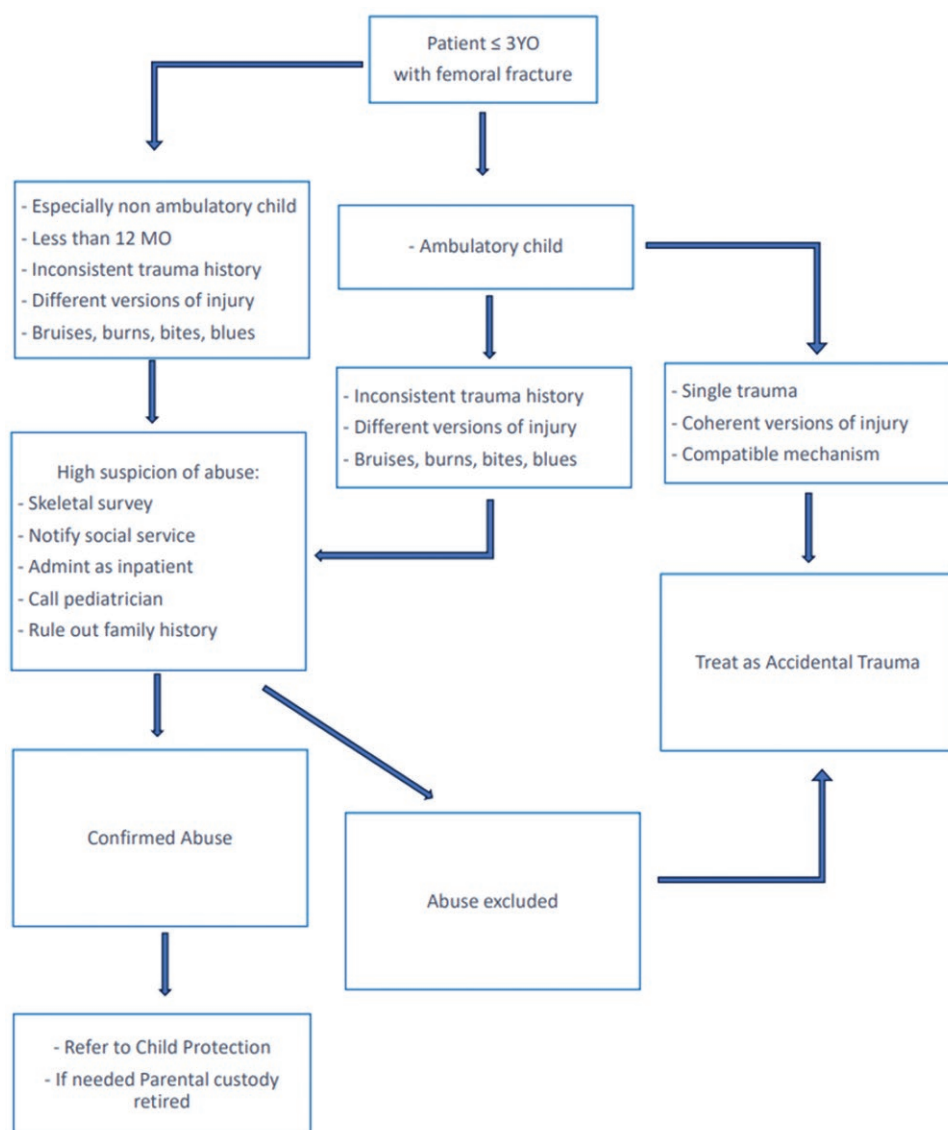
the most common femoral fracture among abused children under 15 months old, as suggested by other series [15]. Finally, the metaphyseal corner fracture, which is seen as highly specific to child abuse in current medical literature, was only encountered once in our cohort, highlighting the theory propounded by Baldwin *et al.* that any femoral fracture could be associated with abuse and should alert professional caregivers [42]. Indeed, our series contained 12 cases of femoral fracture for which no family members could explain the mechanism of injury and a further 31 cases (30.4%) with reported circumstances inconsistent with the trauma. Abuse should thus be suspected, or at least included among the potential causes of injury, if family caregivers provide

inconsistent or implausible accounts of the mechanism of fracture.

An algorithm is here suggested according to clinical evidence and family history of the patient to rule out suspected child abuse (Fig. 5). The associated table 1 described what the pediatric orthopedist should know about child abuse and what he should be worried about.

The rate of suspected and confirmed child abuse in the present series was 47.1%. This rate is higher than in previous review articles examining femoral fractures in young children and child abuse. In one systematic review of published articles on femur fracture etiology in children less than 5 years old, abuse rates among children between

Fig. 5



Algorithm according to clinical evidence and family history of the patient to rule out suspected child abuse.

0 and 12 months ranged from 16.7 to 35.2%, whereas they only reached 1.5 to 6.0% in children older than 12 months [19]. Yet a study on long-bone fractures conducted by Thomas *et al.* [11] demonstrated that at least 36%, but probably up to 44%, of femoral fractures were related to child abuse. Even more alarmingly, a retrospective case series study by Anderson *et al.* [49] showed that 19 of 24 children under 24 months old had sustained their femoral injury through abuse, whereas another report mentioned that almost half of femoral fractures were the result of abuse in this age group [21]. Thus, our 47.1% rate of fractures due to suspected or confirmed child abuse does not appear disproportionate to the data from these three studies. The suspected and confirmed child abuse rates described in previous studies are reported Table 2.

The main limitation of the present study is the ambiguity of the assessment of child abuse. Assessing suspected victims of child maltreatment is very challenging, especially when children less than 3 years are involved. In addition, there's no single clinical test to 'prove' or 'disprove' child abuse.

The second limitation is the exclusion of pathologic fractures. We decided to exclude pathologic fractures since the presence of bone abnormalities constitute a factor which may explain the femoral fractures. A known medical condition that predisposes to bone fragility generally explains the fracture even if the trauma is not important or inconsistent. However, we could not exclude absolutely a NAT in a child with bone fragility [40]. The decision to exclude these patients was taken to avoid confusion between diagnostics.

Table 1 What the pediatric orthopedist should know about child abuse and what should he be worried about.

1.	Time elapsed between trauma and consultation	Most consultations for non-accidental fractures occur late and may be motivated even by other reasons.
2.	Child's age	Young age is a highly discriminating factor in a non-accidental fracture. Eighty percent of all non-accidental fractures occur in children under 18 months. Even worse, it is estimated that child abuse is the main etiology in nearly 70% of children under 18 months who consult with a fracture [47].
3.	Lack of correlation between the described mechanism and the child's psychomotor stage of development.	Accidental fractures are generally correlated with the child's age and his psychomotor development. Indeed, any fracture occurring in an infant who hasn't yet achieved his walking milestones remains highly suspicious of abuse.
4.	Anatomical localization of fractures.	Ribs fractures are exceptional in infants and young children, especially when they occur without high-energy mechanisms such as MVA. Other locations such as the sternum, scapulae and vertebral spinous processes should be also considered highly suspicious.
5.	Presence of multiple fractures.	The occurrence of multiple without high-energy trauma, should raise suspicions about the non-accidental nature of the lesions. It is recognized that nearly 85% of hospitalized children with a diagnosis of maltreatment have 3 or more fractures [48].
6.	Fractures/lesions of different ages	Suspicion of child abuse increases when fractures of different ages are observed during the radiological assessment. Caregivers and pediatric orthopedist may even encounter old fractures without medical records in the patient's file.
7.	Delay between fracture occurrence and seek for medical care	In some cases, seek for medical attention is delayed and some fractures already show consolidation signs. This often raises doubts about a given history of acute trauma.
8.	Concomitant lesions	Presence of other lesions such as bruises on the child's mouth, neck, ears, and trunk are strongly suggestive of abuse. Multiple bruises localizations on the child's body make the situation even more suspicious. It is therefore essential to undress and examine the child completely when a suspicion of abuse exists.
9.	Intracranial or abdominal injuries	These injuries are not compatible with minor accidental trauma, as they usually result from serious and documented traumas such as MVA or falls from great heights.

Table 2 Suspected and confirmed child abuse rates in previous studies

Study	Number of patients	Age	Suspected abuse	Confirmed abuse
Anderson <i>et al</i> [49].	24	0–2 YO	-	79.1%
Susan A. Thomas <i>et al</i> [11].	25	0–3 YO	44%	36%
Yongjot J. <i>et al</i> [50].	39	0–5 YO	23%	2.5%
R. H. Gross <i>et al</i> [21].	74	0–5 YO	-	45.9%
		0–1 YO		69.2%
R. K. Beals and E. Tufts[51]	79	0–4 YO	40%	30%
C. Hui <i>et al</i> [12].	127	0–3 YO	19%	11%
		0–1 YO		17%
Yaniv Y. <i>et al</i> [52].	131	0–5 YO	58.8%	16.8%
H. J. Dalton <i>et al</i> [53].	138	0–3 YO	70%	31%
Jochen P. Son-Hing [54]	138	0–4 YO	-	21.7%
R. M. Schwend <i>et al</i> [55].	139	0–4 YO	9%	-
Louise Capra <i>et al</i> [56].	203	1–5 YO	10.3%	1.5%
Scherl <i>et al</i> [27].	207	0–6 YO	36.7%	6.2%
Leventhal <i>et al</i> [13].	215	0–3 YO	32.6%	24.2%
C. Coffey <i>et al.</i> [57] (Tibia and Femur)	555	0–18 MO	-	32%
Loder, Randall T. <i>et al</i> [9].	1076	0–2 YO	-	15%
J. N. Wood <i>et al</i> [19].	10 717	0–1 YO	-	16.7–30.5%
		1–5 YO		1.5–6.0%
This study	102	0–3 YO	47.1%	4.9%

Conclusion

The present study revealed that 5 patients' femoral fractures (4.9%) were due to confirmed child abuse, and the reported circumstances of a further 12 patients' fractures (11.8%) were very suspicious. Indeed, with 31 patients' mechanisms of injury (30.4%) being inconsistent with a femoral fracture, especially in non-ambulatory infants, this implied that over 45% of these children were suspected or confirmed subjects of child abuse. We, therefore, believe that abuse should be suspected, or at least included as a possible cause, when caregivers' accounts of how an infant's femoral fracture occurred are inconsistent or incoherent.

We thus recommend that every femoral fracture in a non-ambulatory infant should be considered a potential child abuse fracture until proven otherwise. Infants should be admitted as inpatients until detailed social investigations of previous suspicious events or reports from child protection institutions have been examined and have ruled out abuse. The patient's pediatrician should be questioned about the patient's familial history and previous issues that raised suspicions of child abuse; also social workers need to be involved as soon as possible. A skeletal radiological survey, including a low-dose radiation protocol for the limbs and chest, should be made to search for other potential fractures and/or periosteal reactions. With ambulatory children, a complete radiological survey should be done in cases where the mechanism of injury is unknown, inconsistent with accidental trauma, or there is a suspicion of child abuse.

Acknowledgements

Prof. Ceroni and Dr. De Marco designed the study and wrote and revised the initial manuscript until a final version was achieved. Dr. Valaikaite, Dr. Coulin, Dr. Vazquez and Dr. Chargui analyzed and developed the data after extracting them from the relevant population in the 1990 to 2020 database. Dr. Tabard-Fougère did the statistical analysis and created the graphics for the study, also contributing to the article's submitted version. Dr. Steiger and Dr. Dayer critically reviewed the manuscript and made important contributions to the final version. All the authors approved the final manuscript as submitted and agree to be held accountable for all aspects of the work.

Research involving human participants and/or animals: This research was carried out in compliance with the Declaration of Helsinki.

Institutional Review Board/Ethics Committee approval: The Children's Hospital Review Board approved the retrospective review of the electronic medical records of all children under 36 months old admitted to the Children's Hospital for femoral fractures between January 1990 and December 2020.

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

References

- Naranje SM, Erali RA, Warner WC, Sawyer JR, Kelly DM. Epidemiology of pediatric fractures presenting to Emergency Departments in the United States. *J Pediatr Orthop* 2016; **36**:e45–e48.
- Valaikaite R, Tabard-Fougère A, Steiger C, Samara E, Dayer R, Ceroni D. A retrospective epidemiological study of paediatric femoral fractures. *Swiss Med Wkly* 2020; **150**:w20360.
- Poolman RW, Kocher MS, Bhandari M. Pediatric femoral fractures: a systematic review of 2422 cases. *J Orthop Trauma* 2006; **20**:648–654.
- Rewers A, Hedegaard H, Lezotte D, Meng K, Battan FK, Emery K, et al. Childhood femur fractures, associated injuries, and sociodemographic risk factors: a population-based study. *Pediatrics* 2005; **115**:e543–e552.
- Hinton RY, Lincoln A, Crockett MM, Sponseller P, Smith G. Fractures of the femoral shaft in children: Incidence, mechanisms, and sociodemographic risk factors. *J Bone Joint Surg Am* 1999; **81**:500–509.
- Vetti N, Lindtjorn B, Engesaeter LB. [406 femoral fractures in children]. *Tidsskr Nor Lægeforen* 1998; **118**:3415–3418.
- Brown D, Fisher E. Femur fractures in infants and young children. *Am J Public Health* 2004; **94**:558–560.
- Patel DR, Luckstead EF. Sport participation, risk taking, and health risk behaviors. *Adolesc Med* 2000; **11**:141–155.
- Loder RT, O'Donnell PW, Feinberg JR. Epidemiology and mechanisms of femur fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2006; **26**:561–566.
- Petkovic L, Djan I, Gajdobranski D, Marić D, Petković M. [Pediatric femur fractures, epidemiology and treatment]. *Vojnosanit Pregl* 2011; **68**:9–14.
- Thomas SA, Rosenfield NS, Leventhal JM, Markowitz RI. Long-bone fractures in young children: distinguishing accidental injuries from child abuse. *Pediatrics* 1991; **88**:471–476.
- Hui C, Joughin E, Goldstein S, Cooper N, Harder J, Kiefer G, et al. Femoral fractures in children younger than three years: the role of nonaccidental injury. *J Pediatr Orthop* 2008; **28**:297–302.
- Leventhal JM, Thomas SA, Rosenfield NS, Markowitz RI. Fractures in young children distinguishing child abuse from unintentional injuries. *Am J Dis Child* 1993; **147**:87–92.
- Kempe CH, Silverman FN, Steele BF, Droegemueller W, Silver HK. The battered-child syndrome. *JAMA* 1962; **181**:17–24.
- Kemp AM, Dunstan F, Harrison S, Morris S, Mann M, Rolfe K, et al. Patterns of skeletal fractures in child abuse: systematic review. *BMJ* 2008; **337**:a1518.
- Ravichandiran N, Schuh S, Bejuk M, Al-Harthy N, Shouldice M, Au H, et al. Delayed identification of pediatric abuse-related fractures. *Pediatrics* 2010; **125**:60–66.
- Thorpe EL, Zuckerbraun NS, Wolford JE, Berger RP. Missed opportunities to diagnose child physical abuse. *Pediatr Emerg Care* 2014; **30**:771–776.
- Jones MA, Stratton G, Reilly T, Unnithan VB. A school-based survey of recurrent non-specific low-back pain prevalence and consequences in children. *Health Educ Res* 2004; **19**:284–289.
- Wood JN, Fakeye O, Mondestin V, Rubin DM, Localio R, Feudtner C. Prevalence of abuse among young children with femur fractures: a systematic review. *BMC Pediatr* 2014; **14**:169.
- Arkader A, Friedman JE, Warner WC, Wells L. Complete distal femoral metaphyseal fractures: a harbinger of child abuse before walking age. *J Pediatr Orthop* 2007; **27**:751–753.
- Gross RH, Stranger M. Causative factors responsible for femoral fractures in infants and young children. *J Pediatr Orthop* 1983; **3**:341–343.
- Greene WB. Displaced fractures of the femoral shaft in children: Unique features and therapeutic options. *Clin Orthop Relat Res* 1998; **86**:96.
- Lynch JM, Gardner MJ, Gains B. Hemodynamic significance of pediatric femur fractures. *J Pediatr Surg* 1996; **31**:1358–1361.
- Nafei A, Teichert G, Mikkelsen SS, Hvid I. Femoral shaft fractures in children: an epidemiological study in a Danish urban population, 1977–86. *J Pediatr Orthop* 1992; **12**:499–502.
- O'Connor-Read L, Teh J, Willett K. Radiographic evidence to help predict the mechanism of injury of pediatric spiral fractures in nonaccidental injury. *J Pediatr Orthop* 2007; **27**:754–757.
- Rex C, Kay PR. Features of femoral fractures in nonaccidental injury. *J Pediatr Orthop* 2000; **20**:411–413.
- Scherl SA, Miller L, Lively N, Russinoff S, Sullivan CM, Tornetta P. Accidental and nonaccidental femur fractures in children. *Clin Orthop Relat Res* 2000; **96**:105.
- Flynn JM, Schwend RM. Management of pediatric femoral shaft fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2004; **12**:347–359.

AQ3

AQ4

- 29 Kocher MS, Kasser JR. Orthopaedic aspects of child abuse. *J Am Acad Orthop Surg* 2000; **8**:10–20.
- 30 McMahon P, Grossman W, Gaffney M, Stanitski C. Soft-tissue injury as an indication of child abuse. *J Bone Joint Surg Am* 1995; **77**:1179–1183.
- 31 Lane WG, Rubin DM, Monteith R, Christian CW. Racial differences in the evaluation of pediatric fractures for physical abuse. *JAMA* 2002; **288**:1603–1609.
- 32 McKinney A, Lane G, Hickey F. Detection of non-accidental injuries presenting at emergency departments. *Emerg Med J* 2004; **21**:562–564.
- 33 Sidebotham PD, Pearce AV. Audit of child protection procedures in accident and emergency department to identify children at risk of abuse. *BMJ* 1997; **315**:855–856.
- 34 Paul AR, Adamo MA. Non-accidental trauma in pediatric patients: a review of epidemiology, pathophysiology, diagnosis and treatment. *Transl Pediatr* 2014; **3**:195–207.
- 35 Leventhal JM, Martin KD, Asnes AG. Incidence of fractures attributable to abuse in young hospitalized children: results from analysis of a United States database. *Pediatrics* 2008; **122**:599–604.
- 36 Steiner RD, Pepin M, Byers PH. Studies of collagen synthesis and structure in the differentiation of child abuse from osteogenesis imperfecta. *J Pediatr* 1996; **128**:542–547.
- 37 Singh Kocher M, Dichtel L. Osteogenesis imperfecta misdiagnosed as child abuse. *J Pediatr Orthop B* 2011; **20**:440–443.
- 38 Dent JA, Paterson CR. Fractures in early childhood: osteogenesis imperfecta or child abuse? *J Pediatr Orthop* 1991; **11**:184–186.
- 39 Gahagan S, Rimsza ME. Child abuse or osteogenesis imperfecta: how can we tell? *Pediatrics* 1991; **88**:987–992.
- 40 Wardinsky TD, Vizcarrondo FE, Cruz BK. The mistaken diagnosis of child abuse: a three-year USAF Medical Center analysis and literature review. *Mil Med* 1995; **160**:15–20.
- 41 Taitz J, Moran K, O'Meara M. Long bone fractures in children under 3 years of age: is abuse being missed in Emergency Department presentations? *J Paediatr Child Health* 2004; **40**:170–174.
- 42 Baldwin K, Pandya NK, Wolfgruber H, Drummond DS, Hosalkar HS. Femur fractures in the pediatric population: abuse or accidental trauma? *Clin Orthop Relat Res* 2011; **469**:798–804.
- 43 Nimkin K, Kleinman PK. Imaging of child abuse. *Radiol Clin North Am* 2001; **39**:843–864.
- 44 Carty H, Pierce A. Non-accidental injury: a retrospective analysis of a large cohort. *Eur Radiol* 2002; **12**:2919–2925.
- 45 Hoytema van Konijnenburg EM, Vrolijk-Bosschaart TF, Bakx R, Van Rijn RR. Paediatric femur fractures at the emergency department: accidental or not? *Br J Radiol* 2016; **89**:20150822.
- 46 Bishop N, Sprigg A, Dalton A. Unexplained fractures in infancy: looking for fragile bones. *Arch Dis Child* 2007; **92**:251–256.
- 47 Flaherty EG, Perez-Rossello JM, Levine MA, Hennrikus WL; American Academy of Pediatrics Committee on Child Abuse and Neglect. Evaluating children with fractures for child physical abuse. *Pediatrics* 2014; **133**:e477–e489.
- 48 Chauvin-Kimoff L, Allard-Dansereau C, Colbourne M. The medical assessment of fractures in suspected child maltreatment: infants and young children with skeletal injury. *Paediatr Child Health* 2018; **23**:156–160.
- 49 Anderson WA. The significance of femoral fractures in children. *Ann Emerg Med* 1982; **11**:174–177.
- 50 Jeerathanyasakun Y, Hiranyavanitch P, Bhumichitra D, Sukswai P, Kovitvanitcha D, Thumkunanon V. Causes of femoral shaft fracture in children under five years of age. *J Med Assoc Thai* 2003; **86**(Suppl 3):S661–S666.
- 51 Beals RK, Tufts E. Fractured femur in infancy: the role of child abuse. *J Pediatr Orthop* 1983; **3**:583–586.
- 52 Yonai Y, Ben Natan M, Finkel B, Klein A, Berkovich Y. Factors associated with referral of children with a femur fracture to a social worker by an orthopedist for suspected child abuse. *Pediatr Emerg Care* 2022; **38**:613–616.
- 53 Dalton HJ, Slovis T, Helfer RE, Comstock J, Scheurer S, Riolo S. Undiagnosed abuse in children younger than 3 years with femoral fracture. *Am J Dis Child* 1990; **144**:875–878.
- 54 Son-Hing JP, Deniz Olgun Z. The frequency of nonaccidental trauma in children under the age of 3 years with femur fractures: is there a better cutoff point for universal workups? *J Pediatr Orthop B* 2018; **27**:366–368.
- 55 Schwend RM, Werth C, Johnston A. Femur shaft fractures in toddlers and young children: rarely from child abuse. *J Pediatr Orthop* 2000; **20**:475–481.
- 56 Capra L, Levin AV, Howard A, Shouldice M. Characteristics of femur fractures in ambulatory young children. *Emerg Med J* 2013; **30**:749–753.
- 57 Coffey C, Haley K, Hayes J, Groner JL. The risk of child abuse in infants and toddlers with lower extremity injuries. *J Pediatr Surg* 2005; **40**:120–123.

Discussion

Différences entre fractures non accidentelles et fractures pathologiques

Même pour le clinicien le plus expérimenté, dédouaner une maltraitance est souvent très complexe. Néanmoins différentes pathologies osseuses pourraient expliquer une fracture quand le mécanisme est inconsistant avec un traumatisme important requis pour expliquer une fracture de fémur [23].

Il est globalement reconnu que la maltraitance est plus commune que les maladies osseuses pour expliquer une fracture de fémur survenue dans des circonstances peu claires, surtout dans une population d'enfants de moins de 3 ans. A ce propos une étude de Leventhal et Al. a mis en évidence que seuls le 1% des enfants hospitalisés, toutes fractures confondues, présentaient une pathologie osseuse métabolique sous-jacente [11].

En cas de doutes, des études biochimiques sur le collagène du patient peuvent être diligentées pour faire la part des choses entre une maltraitance ou une pathologie sous-jacente [24].

Les conséquences d'erreur d'évaluation, en méprenant une ostéogenèse imparfaite pour une maltraitance peuvent avoir des conséquences dévastatrices pour l'enfant et sa famille [25]. Le clinicien ne doit pas se reposer exclusivement sur les radiographies pour poser un diagnostic de maltraitance [26].

Des études biochimiques devraient être conduites en présence d'enfants avec une histoire de fractures multiples sans aucun autre signe évident de maltraitance, notamment si il n'a pas de notion de traumatisme crânien [27]. Avant de poser un diagnostic de maltraitance il demeure également nécessaire de avoir exclu quelque pathologie osseuse pouvant mimer un traumatisme non accidentel tel q'un abus [28].

Considérations générales

Il existe une littérature assez abondante sur ce sujet et sur la situation particulière qu'occupent les fractures du fémur dans la maltraitance. Ce nonobstant, la littérature traitant des fractures fémorales chez les enfants âgés de 0 à 3 ans est principalement basée sur des données administratives, et seules quelques rares études ont passé en revue les caractéristiques radiologiques de ces fractures, survenant dans un contexte particulier [11, 16, 19, 20, 29-35].

Nos résultats ont mis en évidence que le taux annuel de fractures de fémur dans la région Genevoise (24,6 pour 100.000 habitants entre 0 et 3 ans) est similaire à celui de 25.5 pour 100.000 reportée par *Hinton et Al.* [36], mais nettement inférieur à celui de 38 pour 100.000 de *Brown et Al.* [16].

Dans notre étude, l'incidence des fractures était toutefois significativement plus élevée chez les nourrissons de moins d'un an que chez les enfants âgés de 1 ou 2 ans ; en effet, nous avons constaté que le groupe des nourrissons de moins d'un an avait, respectivement 72 % et 26.5 % plus de fractures que les groupes des enfants âgés de 1 ou 2 ans.

Il n'existe pas de consensus quant à l'incidence des fractures fémorales dans les études précédentes lorsqu'on examine spécifiquement les populations des enfants âgés de moins de 3 ans. Quelques études ont estimé que les fractures fémorales chez les nourrissons de moins d'un an étaient moins fréquentes que chez les enfants âgés de 2 ans [37, 38]. Une étude de *Brown et Al.* [16], a montré que l'incidence des fractures fémorales était beaucoup plus élevée chez les enfants entre 0 et 12 mois et entre 13 et 24 mois, confirmant ainsi les résultats de notre étude. Il nous est donc apparu primordial de focaliser notre attention sur les nourrissons de moins de 12 mois, car il n'existe à notre avis que peu d'alternatives plausibles pour expliquer une fracture du fémur chez un nourrisson non marcheur, hormis la maltraitance.

Dans notre série, la diaphyse fémorale constituait le site anatomique le plus fréquemment incriminé par les fractures (66 %), devant la métaphyse distale (20.4 %). Ce constat corrobore la théorie selon laquelle la diaphyse apparaissait comme la région anatomique la plus commune des fractures fémorales, que celles-ci soient accidentelles ou pas [39, 40]. Nous avons néanmoins constaté que le type de fracture était sensiblement différent lorsque l'on prenait en considération l'âge des patients. En effet, les résultats de cette série ont montré les nourrissons de moins de 12 mois présentaient essentiellement des fractures transverses ou obliques (93.2 %), alors que 67.8 % des nourrissons de plus de 12 mois présentaient avant tout des fractures spiroïdes. En plus, les enfants de moins de 12 mois avaient peu de fractures spiroïdes diaphysaires (6.8 %), en revanche un taux élevé de fractures transverses (essentiellement métaphysaires ; 63.6 %) et obliques (essentiellement diaphysaires ; 29.6 %). Ce constat revêt d'autant plus d'importance car d'un point de vue mécanique, les fractures transverses et obliques se produisent généralement lorsqu'une grande quantité d'énergie est appliquée directement à l'os dans une direction perpendiculaire à celui-ci. Cette observation nous a amenés à spéculer que les mécanismes responsables des fractures du fémur chez les enfants âgés de moins de 12 mois étaient probablement différents de ceux retrouvés chez les nourrissons marcheurs, soulignant la forte probabilité de maltraitance.

Des études précédentes ont également reporté des taux importants de fractures métaphyso/diaphysaires chez les enfants victimes d'abus, suggérant que la plupart des fractures dans notre travail doivent être également considérée comme suspectes de maltraitance [34, 39].

Nos résultats vont de ce fait quelque peu à l'encontre des résultats d'études antérieures, qui n'ont trouvé aucune différence dans la distribution des fractures transversales, spiroïdes ou obliques entre les nourrissons maltraités et non maltraités [41], en suggérant l'absence d'un trait « commun » dans toutes les fractures fémorales chez les enfants victime de maltraitance

[37]. En outre, nous n'avons pas constaté, que la fracture spiroïde était la fracture fémorale non-accidentelle la plus commune chez les enfants de moins de 15 mois [9]. De plus, la fracture physaire distale (Corner's fracture), reconnue comme étant spécifique à la maltraitance, n'a été rencontrée que chez un seul enfant dans cette étude, soulignant le concept de *Baldwin et al.*, que chaque fracture fémorale peut être associée à un acte de maltraitance et devrait, de ce fait, être considérée comme potentiellement suspecte [35].

Notre étude a montré que 4.9 % de toutes les fractures relevaient de mauvais traitements infligés à des enfants et ont été confirmés par les investigations sociales et les parents déférés devant la justice. A 12 reprises, les parents n'apportaient aucune explication pour expliquer les fractures du fémur constatées et celles-ci sont demeurées inexpliquées (11.8 %), et cela principalement chez les nourrissons non marcheurs. Dans 31 cas (30.4 %), les circonstances rapportées ont été considérées comme incohérentes pour expliquer la survenue de fractures du fémur et celles-ci étaient attribuées à des accidents à basse énergie, comme lorsqu'un enfant roule d'un lit, tombe d'un sofa ou d'une table à langer, lorsqu'il chute de sa hauteur et lorsque son membre se coince entre les barreaux du lit. Des actes de maltraitance devraient donc être soupçonnés ou du moins envisagés comme option étiologique quand les personnes qui ont la garde de l'enfant apportent des explications incohérentes ou invraisemblables à la survenue de la fracture fémorale.

Un algorithme visant à détecter la maltraitance est ici suggéré ; il essaie corréler l'évidence clinique à l'anamnèse familiale (Figure 5 dans la version originale). La Table n. 1 (dans la version originale) associée, décrit les points cardinaux dont l'orthopédiste pédiatre devrait être à connaissance dans les cas suspects de maltraitance.

Dans notre série, il y avait probablement 47.1 % des cas pour lesquels une confirmation ou tout au moins une forte présomption de maltraitance étaient présentes. Plusieurs études ont

mis l'accent sur la relation entre les fractures fémorales chez les nourrissons et maltraitance. Une revue systématique des articles, s'intéressant à l'étiologie des fractures du fémur chez les enfants de 5 ans et moins, a montré que les actes de maltraitance étaient responsables de 16.7 % à 35.2 % des fractures fémorales chez les nourrissons de moins de 12 mois; chez les enfants de plus de 12 mois, l'incidence de la maltraitance diminuait et passait entre 1.5 % à 6.0 % [20]. *Thomas et al.* [30] ont montré qu'au moins 36 %, mais probablement jusqu'à 44 %, des fractures fémorales relevaient d'actes de maltraitance. De façon encore plus alarmante, une étude rétrospective de *Anderson et al.* [42] a montré que 19 des 24 enfants de moins de 2 ans qui avaient subi une fracture survenaient dans un contexte de maltraitance confirmée ; un autre rapport mentionnait que « près de la moitié des fractures fémorales étaient la conséquence de maltraitance présumée ou confirmée » [19]. Ainsi, notre taux de 47.1 % de maltraitance présumée ou confirmée ne semble pas disproportionné lorsqu'on examine avec objectivité les données qui jalonnent la littérature à ce propos. La table n.2 dans le texte original décrit le pourcentage des cas de maltraitance suspectées ou confirmées.

L'ambiguïté de l'évaluation d'un enfant soupçonné avoir été victime de maltraitance constitue la principale limite de cette étude. Il demeure très difficile d'évaluer un patient de moins de 3 ans ayant subi un abus et cela d'autant plus qu'aucun test spécifique existe pour prouver les faits. L'exclusion des fractures pathologiques constitue également la seconde limitation à cette étude. Nous avons décidée au cours de cette étude d'exclure les fractures pathologiques car la présence des anomalies osseuses constitue un facteur pouvant expliquer des fractures de fémur survenant lors d'un faible traumatisme. Cependant on ne peut pas exclure qu'une maltraitance puisse avoir été commise chez un enfant ayant une fragilité osseuse.

Cette étude démontre également que 4.9 % de toutes les fractures étaient dues à des actes de maltraitance confirmés. Cependant, nous avons également noté que les circonstances rapportées pour expliquer la survenue des fractures étaient très suspectes dans 12 cas (11.8 %) et incohérentes dans 31 autres cas (30.4 %), en particulier chez les nourrissons non marcheurs. Cela implique que, dans près de la moitié des situations rencontrées, la maltraitance était soit confirmée, soit suspectée, soit tout au moins prise en compte. Nous considérons donc que la maltraitance devrait toujours être évoquée comme une option étiologique chez tout enfant de moins de 3 ans avec une fracture du fémur, et cela d'autant plus si les personnes qui ont la garde de l'enfant fournissent des explications traumatiques incohérents ou invraisemblables. Nous recommandons donc, suite à ces résultats, de considérer chaque fracture de fémur chez un enfant non-marcheur, comme une maltraitance jusqu'à preuve du contraire.

Tout patient suspect devrait donc être hospitalisée pour une évaluation détaillée effectuée par les services sociaux de l'hôpital. Le pédiatre du patient devrait être consulté pour appréhender l'histoire familiale à la recherche d'épisodes précédents pouvant évoquer une maltraitance. Des radiographies du corps entier à faible irradiation peuvent aider à rechercher des potentielles anciennes fractures ou réactions périostées.

Bibliography

1. Roche, A.J., et al., *The work of Ambroise Tardieu: The first definitive description of child abuse*. Child Abuse & Neglect, 2005. **29**(4): p. 325-334.
2. Caffey, J., *The classic: Multiple fractures in the long bones of infants suffering from chronic subdural hematoma*. 1946. Clin Orthop Relat Res, 2011. **469**(3): p. 755-8.
3. Silverman, F.N., *The roentgen manifestations of unrecognized skeletal trauma in infants*. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med, 1953. **69**(3): p. 413-27.
4. Kempe, C.H., et al., *The battered-child syndrome*. Jama, 1962. **181**: p. 17-24.
5. Caffey, J., *On the theory and practice of shaking infants. Its potential residual effects of permanent brain damage and mental retardation*. Am J Dis Child, 1972. **124**(2): p. 161-9.
6. WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/child-maltreatment>.
7. *World report on violence against children*. Available from: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://violenceagainstchildren.un.org/sites/violenceagainstchildren.un.org/files/document_files/world_report_on_violence_a](https://violenceagainstchildren.un.org/sites/violenceagainstchildren.un.org/files/document_files/world_report_on_violence_against_children.pdf)
[gainst_children.pdf](https://violenceagainstchildren.un.org/sites/violenceagainstchildren.un.org/files/document_files/world_report_on_violence_a).
8. Worlock, P., M. Stower, and P. Barbor, *Patterns of fractures in accidental and non-accidental injury in children: a comparative study*. Br Med J (Clin Res Ed), 1986. **293**(6539): p. 100-2.
9. Kemp, A.M., et al., *Patterns of skeletal fractures in child abuse: systematic review*. BMJ, 2008. **337**: p. a1518.
10. Jayakumar, P., M. Barry, and M. Ramachandran, *Orthopaedic aspects of paediatric non-accidental injury*. J Bone Joint Surg Br, 2010. **92**(2): p. 189-95.
11. Leventhal, J.M., K.D. Martin, and A.G. Asnes, *Incidence of fractures attributable to abuse in young hospitalized children: results from analysis of a United States database*. Pediatrics, 2008. **122**(3): p. 599-604.
12. Pandya, N.K., et al., *Humerus fractures in the pediatric population: an algorithm to identify abuse*. Journal of Pediatric Orthopaedics B, 2010. **19**(6): p. 535-541.
13. Haney, S.B., et al., *Characteristics of falls and risk of injury in children younger than 2 years*. Pediatr Emerg Care, 2010. **26**(12): p. 914-8.
14. Flynn, J.M. and R.M. Schwend, *Management of pediatric femoral shaft fractures*. J Am Acad Orthop Surg, 2004. **12**(5): p. 347-59.
15. Engström, Z., O. Wolf, and Y.D. Hailer, *Epidemiology of pediatric femur fractures in children: the Swedish Fracture Register*. BMC Musculoskelet Disord, 2020. **21**(1): p. 796.
16. Brown, D. and E. Fisher, *Femur fractures in infants and young children*. Am J Public Health, 2004. **94**(4): p. 558-60.
17. Tarantino, C.A., M.D. Dowd, and T.C. Murdock, *Short vertical falls in infants*. Pediatr Emerg Care, 1999. **15**(1): p. 5-8.
18. Capra, L., et al., *Characteristics of femur fractures in ambulatory young children*. Emerg Med J, 2013. **30**(9): p. 749-53.
19. Gross, R.H. and M. Stranger, *Causative factors responsible for femoral fractures in infants and young children*. J Pediatr Orthop, 1983. **3**(3): p. 341-3.
20. Wood, J.N., et al., *Prevalence of abuse among young children with femur fractures: a systematic review*. BMC Pediatr, 2014. **14**: p. 169.
21. Arkader, A., et al., *Complete distal femoral metaphyseal fractures: a harbinger of child abuse before walking age*. J Pediatr Orthop, 2007. **27**(7): p. 751-3.
22. Coffey, C., et al., *The risk of child abuse in infants and toddlers with lower extremity injuries*. J Pediatr Surg, 2005. **40**(1): p. 120-3.

23. Paul, A.R. and M.A. Adamo, *Non-accidental trauma in pediatric patients: a review of epidemiology, pathophysiology, diagnosis and treatment*. Transl Pediatr, 2014. **3**(3): p. 195-207.
24. Steiner, R.D., M. Pepin, and P.H. Byers, *Studies of collagen synthesis and structure in the differentiation of child abuse from osteogenesis imperfecta*. J Pediatr, 1996. **128**(4): p. 542-7.
25. Singh Kocher, M. and L. Dichtel, *Osteogenesis imperfecta misdiagnosed as child abuse*. J Pediatr Orthop B, 2011. **20**(6): p. 440-3.
26. Dent, J.A. and C.R. Paterson, *Fractures in early childhood: osteogenesis imperfecta or child abuse?* Journal of pediatric orthopedics, 1991. **11**(2): p. 184-186.
27. Gahagan, S. and M.E. Rimsza, *Child abuse or osteogenesis imperfecta: how can we tell?* Pediatrics, 1991. **88**(5): p. 987-92.
28. Wardinsky, T.D., F.E. Vizcarrondo, and B.K. Cruz, *The mistaken diagnosis of child abuse: a three-year USAF Medical Center analysis and literature review*. Mil Med, 1995. **160**(1): p. 15-20.
29. Loder, R.T., P.W. O'Donnell, and J.R. Feinberg, *Epidemiology and mechanisms of femur fractures in children*. J Pediatr Orthop, 2006. **26**(5): p. 561-6.
30. Thomas, S.A., et al., *Long-bone fractures in young children: distinguishing accidental injuries from child abuse*. Pediatrics, 1991. **88**(3): p. 471-6.
31. Hui, C., et al., *Femoral fractures in children younger than three years: the role of nonaccidental injury*. J Pediatr Orthop, 2008. **28**(3): p. 297-302.
32. Leventhal, J.M., et al., *Fractures in young children. Distinguishing child abuse from unintentional injuries*. Am J Dis Child, 1993. **147**(1): p. 87-92.
33. Ravichandiran, N., et al., *Delayed identification of pediatric abuse-related fractures*. Pediatrics, 2010. **125**(1): p. 60-6.
34. Taitz, J., K. Moran, and M. O'Meara, *Long bone fractures in children under 3 years of age: is abuse being missed in Emergency Department presentations?* J Paediatr Child Health, 2004. **40**(4): p. 170-4.
35. Baldwin, K., et al., *Femur fractures in the pediatric population: abuse or accidental trauma?* Clin Orthop Relat Res, 2011. **469**(3): p. 798-804.
36. Hinton, R.Y., et al., *Fractures of the femoral shaft in children. Incidence, mechanisms, and sociodemographic risk factors*. J Bone Joint Surg Am, 1999. **81**(4): p. 500-9.
37. Kocher, M.S. and J.R. Kasser, *Orthopaedic aspects of child abuse*. J Am Acad Orthop Surg, 2000. **8**(1): p. 10-20.
38. Nimkin, K. and P.K. Kleinman, *Imaging of child abuse*. Radiol Clin North Am, 2001. **39**(4): p. 843-64.
39. Carty, H. and A. Pierce, *Non-accidental injury: a retrospective analysis of a large cohort*. Eur Radiol, 2002. **12**(12): p. 2919-25.
40. Hoytema van Konijnenburg, E.M., et al., *Paediatric femur fractures at the emergency department: accidental or not?* Br J Radiol, 2016. **89**(1061): p. 20150822.
41. Bishop, N., A. Sprigg, and A. Dalton, *Unexplained fractures in infancy: looking for fragile bones*. Arch Dis Child, 2007. **92**(3): p. 251-6.
42. Anderson, W.A., *The significance of femoral fractures in children*. Ann Emerg Med, 1982. **11**(4): p. 174-7.

Remerciements

Je ne remercierais jamais suffisamment le Professeur Ceroni pour m'avoir toujours soutenu dans mon parcours professionnel et humain. Il est pour moi beaucoup plus qu'un mentor ainsi qu'un exemple.

Je remercie le Dr Dayer qui me soutient et me guide dans ce parcours.

Je remercie mon Père qui est toujours présent pour moi, même à distance de kilomètres.

Je remercie ma Mère qui m'a transmis la passion pour ce métier si beau et complexe.

Je remercie Blaise, mon ami dévoué, qui m'a soutenu pendant tout ce travail.

Je remercie Clémence, ma compagne, qui n'a jamais cessé de croire en moi et qui est un pilier incontournable dans ma vie.

Et enfin merci à Toni, le plus incroyable cadeau du monde, ma fille, qui me transmet toujours la joie et la positivité avec son sourire et son ouverture d'esprit et qui me remplit le cœur tous les jours de ma vie.

Genève, le 23.10.2023