

L'embrochage centro-médullaire élastique stable (ECMES)

Jean-Paul Métaizeau¹ et Pierre Lascombes²

¹ Metz

² Genève

Résumé – L'embrochage centro-médullaire élastique stable (ECMES) est une méthode originale d'ostéosynthèse des os longs des enfants et des adolescents qui a pour principe fondamental de respecter au mieux la biologie de la réparation des fractures et d'être la moins agressive parmi les méthodes de fixation connues. Si des descriptions sans suites ont été menées ici ou là, l'ECMES est véritablement né en France, à Nancy, à la fin des années 1970, fruit de multiples réflexions de la part de jeunes chefs de clinique dont Jean-Paul Métaizeau. Tout a commencé par l'analyse des difficultés thérapeutiques à cette époque, par des tentatives pour diminuer les contraintes liées aux plâtres et en particulier chez des patients polytraumatisés. La technique chirurgicale, les complications à éviter, les indications et contre-indications ont été décrites dans plusieurs livres. De nombreuses publications, issues non seulement de l'école de Nancy, mais également de la part d'équipes internationales, ont démontré l'intérêt de l'ECMES. Son efficacité reconnue lui vaut aujourd'hui d'être utilisée dans le monde entier et d'être considérée comme le *gold standard* pour certaines localisations dont la diaphyse fémorale entre 5 et 11 ans, les 2 os de l'avant-bras, le col radial. L'ECMES est une véritable chirurgie mini-invasive et fonctionnelle, limitant l'éviction scolaire et autorisant une reprise précoce des activités. De nombreuses applications se sont développées au fil des années, dont l'association au fixateur externe dans les allongements chirurgicaux progressifs des membres. L'ECMES est véritablement un des plus beaux fleurons de l'orthopédie pédiatrique française durant ces 40 dernières années.

Mots clés: fracture, enfant, adolescent, ostéosynthèse, embrochage centromédullaire, enclouage, élastique, flexible.

Abstract – Elastic stable intramedullary nailing (ESIN), or flexible intramedullary nailing, is an original surgical technique for treating long-bone fractures in children and adolescents. Its fundamental advantages are that it aims to work in harmony with the natural biology of fracture repair and that it is the least aggressive of the bone fixation methods. Although there was some earlier work done, ESIN was really born in Nancy, France, in the late 1970s, thanks to a group of young paediatric orthopaedic surgeons, led by Jean-Paul Métaizeau. Their ideas grew from an analysis of difficult treatment choices facing them in those days, their wish to reduce problems linked to heavy casts, and how to best treat polytraumatised patients. Several textbooks have described the surgical techniques, the complications to avoid, and the indications and contraindications. Many publications, from the Nancy school and from international teams, have demonstrated the advantages of ESIN. Its renowned effectiveness means that ESIN is now used around the world, and it is considered the gold standard method for treating femoral shaft fractures in children aged from 5-11 years old, and fractures in both forearm bones and the radial neck. ESIN is a truly minimally invasive and functional surgical procedure, enabling a prompt return to school and to normal childhood activities. New applications, going beyond traumatology, are developed yearly, including associating ESIN with external fixators for progressive surgical bone-lengthening. ESIN is one of the most remarkable advances in paediatric orthopaedics of the past 40 years.

Keywords: fracture, child, adolescent, osteosynthesis, intramedullary nailing, elastic, flexible.

Introduction

L'embrochage centro-médullaire élastique stable (ECMES) est né à la fin des années 1970 après quelques gestes précurseurs réalisés en 1976, mais il eut beaucoup de difficultés à s'imposer, car il ne répondait ni aux exigences du traitement classique des fractures chez l'adulte (qui exigeaient un affrontement cortical parfait et une immobilisation stricte), ni aux normes du traitement des fractures chez l'enfant (presque exclusivement orthopédique ou conservateur). Or, l'os en croissance grâce à un périoste très actif développe un cal rapidement même si les extrémités fracturaires ne sont pas en face l'une de l'autre, et même si l'immobilisation n'est pas parfaite.

Mais certaines fractures très instables, ou survenues en fin de croissance avec peu d'espoir de remodelage, pouvaient laisser un cal vicieux préjudiciable. Dans d'autres cas, une circonstance annexe (polytraumatisme, fragilité osseuse, troubles neurologiques) pouvait contre-indiquer l'immobilisation plâtrée. L'utilisation d'une ostéosynthèse exposait alors à certaines complications, souvent plus graves qu'une déformation :

- retard de consolidation et pseudarthrose dont les principaux facteurs sont l'évacuation de l'hématome fracturaire, les lésions périostées imposées par l'abord chirurgical, et l'immobilisation stricte qui inhibe le cal périosté ;
- infection ;
- fractures itératives dues à la raréfaction osseuse sous une plaque trop rigide ;

- troubles de croissance avec allongement pouvant atteindre 3 à 4 cm.

Le but initial de l'ECMES était d'améliorer réduction et stabilisation tout en facilitant le travail du chirurgien. Ceci sans oublier le confort du patient qui a joué un rôle dans certaines des premières indications. Il ne s'agissait pas d'une technique nouvelle créée de toutes pièces. Cette méthode résultait d'une adaptation progressive de notions déjà connues. En profitant des conditions particulières de la consolidation de l'os en croissance, elle a apporté une solution que l'on peut considérer comme hybride entre l'ostéosynthèse et le traitement orthopédique ou conservateur avec lequel elle partage beaucoup de caractéristiques :

- la réduction réalisée à foyer fermé ne modifie ni le périoste, ni l'hématome fracturaire dont on connaît l'importance dans les processus aboutissant à la formation du cal osseux ;
- la réduction est rarement parfaite mais toujours suffisante, le remodelage gommant ensuite les imperfections laissées par le traitement ;
- l'immobilisation relative, tout comme sous un plâtre ou lors d'une traction, laisse persister une certaine mobilité dans le foyer qui favorise le développement du cal.

Travaux préliminaires et circonstances ayant conduit à cette technique

L'analyse de la littérature révélait des articles et publications traitant de l'*enclouage centromédullaire*. Si Küntscher en fut le pionnier avec un clou fémoral développé durant la Seconde Guerre mondiale [1], il faut rappeler les travaux portant sur des enclouages ou des embrochages n'occupant pas tout le diamètre diaphysaire. L'enclouage d'alignement était largement utilisé par Rush [2]. Diffusés au niveau de l'avant-bras, ces volumineux clous permettaient de maintenir une réduction précaire sans contrôle de la stabilité rotatoire, ce qui nécessitait une immobilisation complémentaire. En outre, les ulcérations cutanées en regard de ces clous étaient fréquentes. Le concept des embrochages fasciculés métaphysaires utilisant deux, trois, quatre, voire encore plus de broches fut largement utilisé par Hackethal pour les fractures proximales de l'humérus [3] puis par Ender pour les fractures du col fémoral chez les personnes âgées [4]. Si l'enclouage de Ender a pratiquement disparu de l'arsenal chirurgical (en raison des cals vicieux rotatoires du fémur et des migrations de clous) au profit de matériels plus performants, la notion d'ostéosynthèse « élastique » est restée dans certaines localisations ; ainsi pour la jambe, voire dans le concept du fixateur externe circulaire, Ilizarov [5] a largement démontré que les forces en traction-compression, avec un périoste et une vascularisation intacts, aboutissaient, quelles que soient les circonstances, à la réparation osseuse [6]. En 1977, l'école de Séville en Espagne présentait une série de 100 cas d'ECMES au niveau de l'avant-bras [7]. C'est finalement à Firica que revient la définition du concept de « l'élasticité stable » [8].

Des occasions successives vont progressivement poser les principes du futur ECMES

Du brochage à foyer ouvert à l'embrochage centromédullaire percutané

C'est paradoxalement une des indications longtemps controversées de l'ECMES qui nous a orientés vers cette voie. Les fractures du col de l'humérus chez l'enfant n'avaient pas mauvaise réputation ; elles consolidaient rapidement, et un fort potentiel de remodelage effaçait la plupart des cals vicieux. Toutefois, quelques-uns pouvaient laisser une disgrâce esthétique, rarement prise en compte dans les indications thérapeutiques à l'époque. Mais la réduction de ces fractures instables était difficile, nécessitant de nombreux contrôles radiographiques avec des appareils peu performants et très irradiants. De plus l'immobilisation en plâtre thoraco-brachial était difficilement supportable chez les enfants.

L'utilisation de broches percutanées permettait de stabiliser le foyer, mais il était très difficile de maintenir la réduction tout en introduisant les broches et en contrôlant leur trajet sous amplificateur de brillance (fig. 1a). Une broche introduite à distance et poussée au marteau dans le canal médullaire (à la façon d'un clou de Ender fémoral) ne pouvait pas en sortir et arrivait forcément au niveau du foyer (fig. 1b). Il suffisait dans un premier temps d'amener la pointe de la broche au ras de la fracture, puis de réduire. Ensuite quelques coups de marteau permettaient à la broche, si la réduction était correcte, de franchir le foyer sans fausse route. Ce montage était suffisamment stable pour se contenter en postopératoire d'un simple appareillage coude au corps. En peu de temps, la technique a été codifiée avec un point d'entrée distal latéral permettant d'éviter toute lésion du nerf ulnaire (fig. 1c, d).

Cet embrochage empruntait donc au futur ECMES les points d'entrée à distance du foyer et le cheminement intramédullaire des broches, mais il était le plus souvent réalisé après une réduction à foyer ouvert et il concernait une fracture métaphysaire.

Vers la stabilisation des fractures diaphysaires

C'est encore une circonstance particulière, hors traumatologie, qui nous a amenés à réaliser le premier montage en double arc sécant. Après de multiples ostéotomies pour corriger une déformation complexe tridimensionnelle du tibia chez une patiente présentant un rachitisme vitamino-résistant (fig. 2a), se posait le problème de l'ostéosynthèse. Chez ces patients, il faut essayer de limiter au maximum la durée de l'immobilisation source de décalcification. Le clou centromédullaire nocif pour les cartilages de croissance était exclu et l'embrochage d'alignement transarticulaire et instable imposait une immobilisation complémentaire. L'idée était d'essayer de réaliser un embrochage d'alignement préservant les articulations et les plaques de croissance en utilisant des broches courbées introduites par les métaphyses à la manière des clous de Ender. Cela permettait après une courte immobilisation de mobiliser assez précocement le genou et la cheville. La première broche une fois en place imprimait son incurvation à

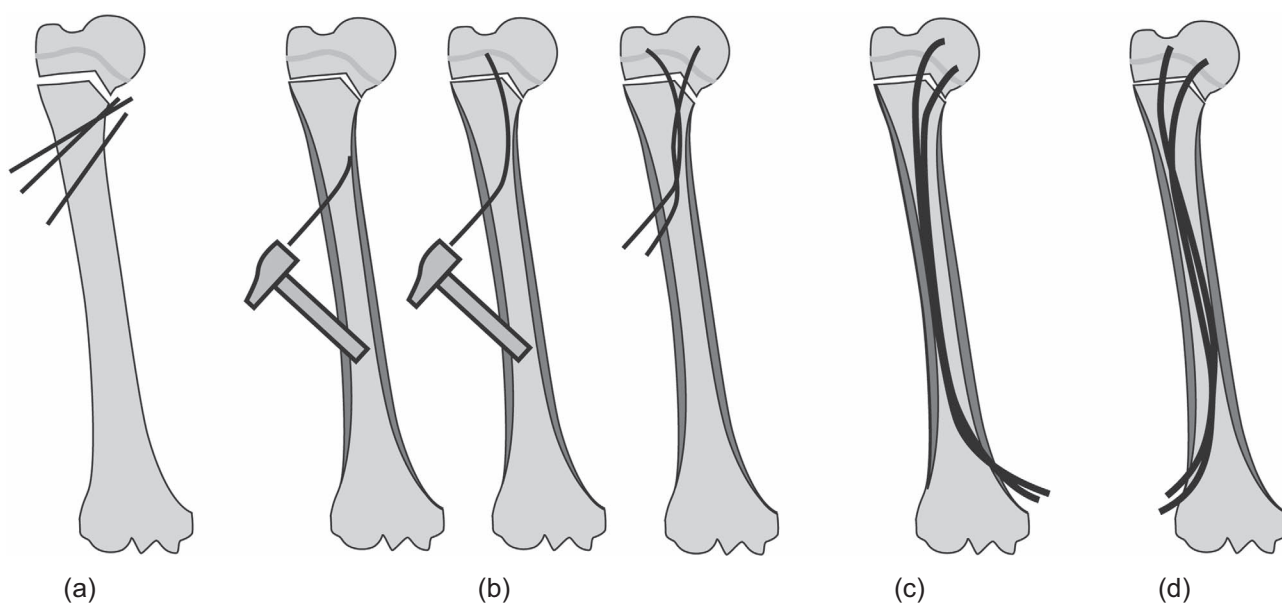


Figure 1. Évolution des idées vers l'ECMES pour la fracture du col huméral : embrochage percutané et fréquentes fausses routes (a) ; une broche cintrée centromédullaire franchit le foyer de fracture sans fausse route si la réduction est parfaite (b) ; un montage de type « Ender » risque de léser le nerf ulnaire (c). L'ECMES définitif est réalisé avec un point d'introduction distal latéral (d).

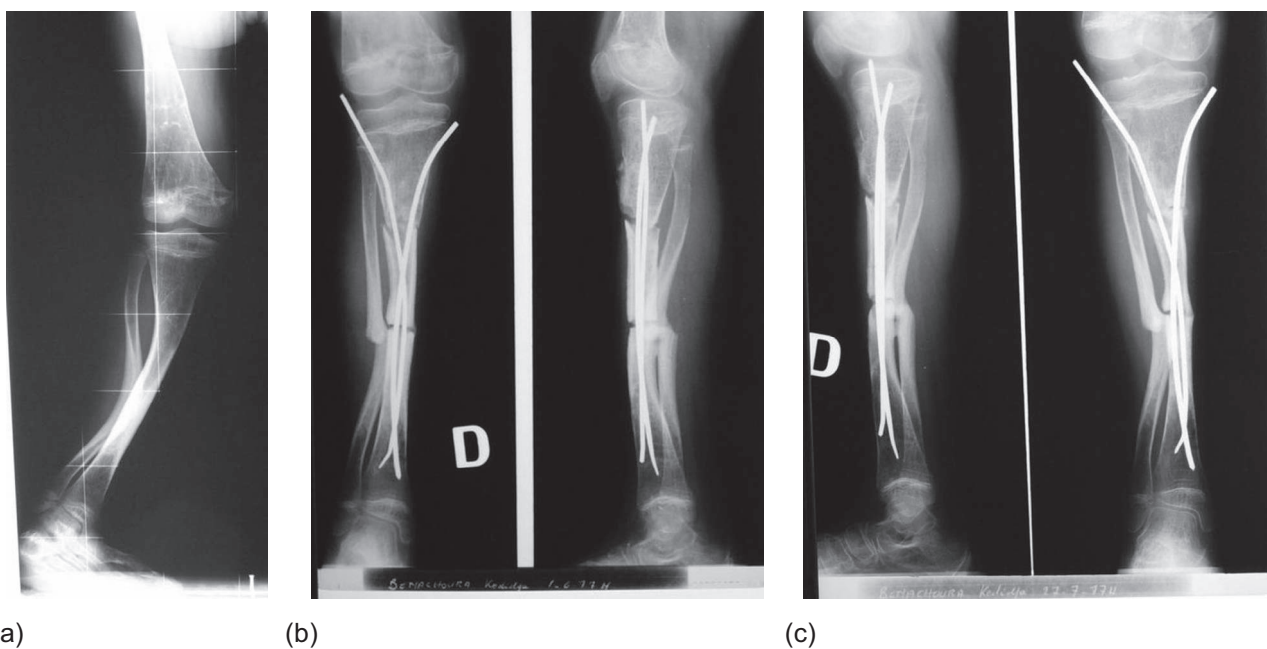


Figure 2. Premier montage en double arc sécant pour une déformation tridimensionnelle du tibia chez une enfant atteinte de rachitisme vitamino-résistant. Radiographies préopératoire (1^{er} avril 1977) (a), au déplâtrage deux mois plus tard (b), et 6 semaines plus tard, soit 15 jours après reprise de l'appui (c).

l'os, la deuxième équilibrait le montage (fig. 2b). À notre surprise, malgré son calibre réduit, le matériel offrait une assez bonne stabilité ne permettant qu'une dizaine de degrés de mobilité dans chaque plan. Néanmoins, une immobilisation plâtrée complémentaire de sécurité fut mise en place pour 3 se-

maines relayée par une simple attelle autorisant la mobilisation articulaire. L'ostéotomie consolida et l'appui a été autorisé à 3 mois et demi (fig. 2c).

Ce montage fut le premier ECMES diaphysaire réalisé. Il s'agissait d'une ostéosynthèse pour ostéotomie réalisée à foyer

ouvert, mais il nous démontrait qu'il était possible de stabiliser une solution de continuité osseuse, donc probablement une fracture avec deux broches cintrées.

Une demande pressante de la traumatologie pour une nouvelle stratégie

Dans les années 1970, les accidents de la circulation, beaucoup plus fréquents que maintenant, étaient malheureusement responsables d'un grand nombre de polytraumatisés, dont des enfants présentant de multiples et graves lésions. L'association de lésions encéphaliques, viscérales et orthopédiques imposait l'action de plusieurs équipes dans le service de neurochirurgie. L'orthopédiste intervenait en dernier lieu dans une salle non équipée de table orthopédique où l'asepsie n'était plus certaine sur un patient endormi depuis plusieurs heures. Les lésions neurologiques ne permettaient pas l'usage de la traction ni des plâtres, et les ostéosyntheses par plaque vissée posaient de nombreux problèmes : longue durée de l'intervention, majoration des pertes sanguines et du risque septique, puis à long terme, hypertrophies, retards de consolidation... La solution permettant de pallier ces difficultés était, après un court abord permettant de réduire la fracture, de mettre en place deux broches centro-médullaires puis d'immobiliser le membre dans une simple gouttière. L'intervention était courte, peu hémorragique et la stabilisation du foyer permettait les soins de nursing.

Pendant deux années, seuls les polytraumatisés avec lésions neurologiques étaient traités par ce type d'embrochage, le plus souvent à foyer ouvert. Mais quelques fractures peu déplacées, ou que l'on avait pu réduire manuellement ont pu être embrochées à foyer fermé. Les patients ayant survécu à leurs lésions viscérales ou encéphaliques ayant tous consolidés sans cal vicieux que la croissance ne puisse résorber, nous avons pensé que cet embrochage pourrait être proposé pour des fractures simples lorsque les méthodes orthopédiques semblaient difficiles à utiliser.

Ce fut le cas le 27 septembre 1979 chez un garçon de 9 ans, obèse, présentant une fracture isolée du fémur. La traction collée était insuffisante et mal tolérée. Après une réduction sur table orthopédique, les broches ont été introduites en percutané. En fait, nous ne disposions que de broches de Kirschner ne dépassant pas 3 mm de diamètre. Elles étaient trop souples chez ce patient lourd. Il a donc fallu en mettre quatre, et par prudence associer une immobilisation plâtrée de deux mois. Cette fracture consolida sans problème dans des délais identiques à ceux d'un traitement orthopédique (fig. 3). Ainsi était né « officiellement » l'ECMES.

Toutefois l'orientation thérapeutique chez toutes les équipes d'orthopédie infantile à cette époque restait surtout orthopédique et, durant les 4 à 5 premières années, relativement peu d'ECMES furent réalisés à l'hôpital d'enfants du CHU de Nancy (service de J. Prévot) (fig. 4). Il était réservé aux situations dans lesquelles une traction ou un plâtre devaient être évités : enfants lourds, fin de croissance, fractures multiples, fragilité osseuse... ou lorsque le traitement orthopédique était insuffisant (fractures instables, notamment au niveau de l'avant-bras). De nombreux arguments nous ont cependant



Figure 3. Premier ECMES du fémur, le 27 septembre 1979, à l'aide de 4 broches de 3 mm de diamètre. Consolidation osseuse en cours à 2 mois de face (a) et de profil (b).

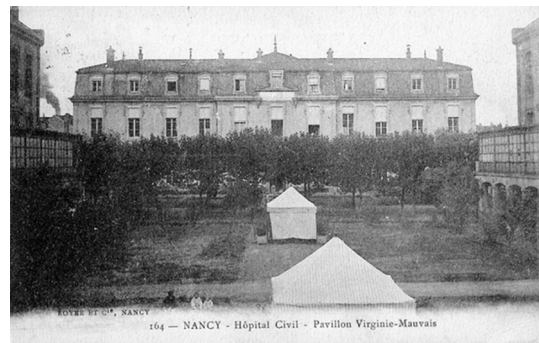


Figure 4. Le pavillon Virginie-Mauvais, détruit dans les années 1990, accueillait les enfants en chirurgie infantile - CHU de Nancy.

incités à en élargir les indications : rapidité de l'intervention (environ une heure), absence de pertes sanguines, qualité de la réduction, suppression de l'inconfort des longues périodes de traction, suppression des plâtres lourds et pénibles (pelvi-pédieux et thoraco-brachial), réduction considérable de la durée d'hospitalisation, et reprise nettement plus précoce de la scolarité et des activités sportives. En l'absence de séries publiées ou de travail expérimental démontrant l'efficacité et l'innocuité de la méthode, ces arguments ne suffisaient pas à vaincre les réticences de la plupart de nos confrères, estimant que tout traitement chirurgical exposait à un risque. Mais toutes les composantes de ce traitement étaient connues : l'utilisation de



Figure 5. Histologie d'un cal osseux sur ECMES chez le lapin. Cal externe et ossification le long de la broche à 2 semaines [9].

broches était très courante pour maintenir une réduction, il s'agissait d'un matériel fréquemment utilisé, exposant à très peu de risques, même en incluant les complications septiques. La mobilité résiduelle dans le foyer de fracture ne compromettait pas la consolidation. Firica avait démontré qu'elle était même susceptible de favoriser le développement du cal périosté [8]. La seule véritable inconnue était la stabilité du montage. Les constatations peropératoires montraient que la mobilité résiduelle était modérée (de l'ordre d'une dizaine de degrés dans chaque plan) mais cette notion était très subjective. Cela a justifié dans les premiers cas des immobilisations complémentaires que nous avons progressivement appris à supprimer grâce à l'expérience tirée des premiers cas réalisés, et ensuite à de nombreux travaux réalisés dans le service.

Parallèlement, quelques études chez le lapin ont permis de confirmer que le cal osseux était avant tout de type cal périosté externe, et qu'une ossification se formait le long des broches (fig. 5) [9].

L'essor de la méthode a été ensuite rapide et généralisé

Application à de nombreuses fractures des membres

Dès qu'une fracture posait un problème de réduction ou de stabilisation, nous avons essayé de proposer une solution d'embrochage, ce qui imposait une réflexion sur les points d'entrée, la courbure et le calibre des broches, les techniques de réduction orthopédiques étant connues. Puis pour chaque site,

l'expérience acquise, les difficultés surmontées, et quelques échecs nous ont permis de codifier la mise en place des broches pour chaque type de fracture.

Dès 1980, les indications se sont donc multipliées : après le fémur [10], d'autres diaphyses furent ainsi ostéosynthésées : le tibia, l'avant-bras [11], l'humérus. Les métaphyses furent aussi stabilisées : si la fracture du col de l'humérus n'offrait aucune spécificité particulière [12], il en allait tout autrement pour deux fractures difficiles du coude que sont les fractures supra-condyliennes avec leur risque de cal vicieux (fig. 6) [13], et les fractures du col radial, souvent compliquées de nécrose postchirurgicale. L'idée d'utiliser la broche elle-même pour réduire la fracture de la tête radiale fut tout à fait géniale (fig. 7) [14].

Enseignement de la technique ECMES

Le congrès de chirurgie infantile de 1983 à Nancy marqua le début de la diffusion de cette technique [15]. Immédiatement, les partisans et les opposants se sont manifestés, avec enthousiasme pour les premiers, et réticence pour les seconds. Ensuite, des cours de formation furent régulièrement organisés à Nancy. Le premier, en 1985, rassemblait des chirurgiens orthopédistes pédiatres du grand Est de la France, débordant un peu sur l'Allemagne avec Klaus Parsch, la Suisse avec Teddy Slongo, la Belgique. Ensuite la technique s'est étendue à l'ensemble de l'Europe, puis en 1994 au monde entier dont les États-Unis avec Neil Greene qui est venu fêter, entre autres, le 50^e anniversaire de la libération de Nancy par les Américains sur la place Stanislas. Parallèlement, un premier livre de technique chirurgicale a été publié en 1988 (fig. 8) [16].

Si la majorité des chirurgiens ont donc bien compris la philosophie et la technique rigoureuse de l'ECMES, d'autres tentaient des approches différentes, malheureusement grevés de complications : syndrome des loges, ruptures tendineuses, lésions vasculo-nerveuses, refractures, voire épiphysiodèses causées par des broches (et pointes carrées) maltraitant les plaques de croissance.

Il a donc fallu écrire à nouveau ce qui paraissait pour nous évident, non seulement en langue française avec un nouveau traité de technique, plus complet (fig. 9) [17], mais également en langue anglaise où l'ECMES est devenu « *flexible intramedullary nailing (FIN)* » [21]. Le principal « défaut » de cette nouvelle méthode est en effet son apparente simplicité qui laisse penser qu'elle est facile à réaliser. Si elle ne peut être considérée comme réellement difficile techniquement, chaque type de fracture, chaque localisation impose la connaissance de nombreux détails techniques. Un extrait de la préface de ces deux ouvrages résume toute la philosophie de l'ECMES :

« ... beaucoup de chirurgiens peuvent penser être capables de réaliser un embrochage avec une connaissance très réduite de ses principes, et sans prendre les conseils d'équipes entraînées et expérimentées. Cela génère un certain nombre de complications que l'on attribue à la méthode, alors qu'elles sont dues à une formation insuffisante. Si certains montages aberrants donnent souvent de bons résultats, il ne faut pas en déduire

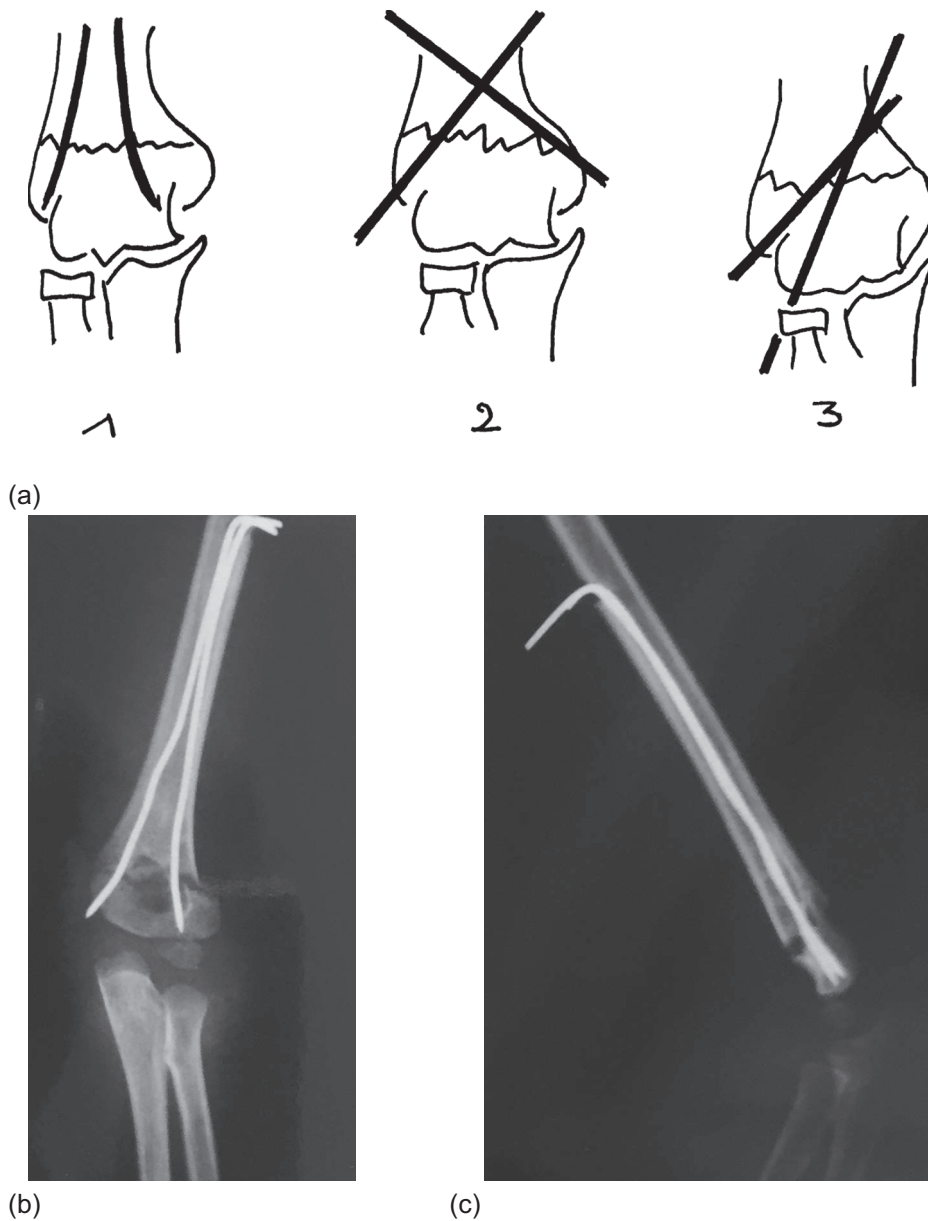


Figure 6. Schémas de biomécanique comparant les différents montages de fixation supra condylienne. L'ECMES se révèle être le plus stable (a) ; première fracture supra condylienne opérée par ECMES antégrade (b, c) [13].

que l'on peut faire n'importe quoi et qu'il suffit de mettre deux broches sans tenir compte ni de leur calibre, ni de leur longueur, ni de leur point d'entrée, ni de leur position. Tous les mauvais résultats sont dus à de mauvais montages ou de mauvaises indications. »

Nous incitons donc les chirurgiens à lire et relire la technique originale. Deux publications récentes ont montré comment diminuer le taux de complication (qui dépassait plus de 30 % dans la littérature). La première présentait un travail prospectif consécutif de 100 fractures traitées avec une nouvelle instrumentation [18]. La deuxième a pu confirmer scientifiquement la nécessité de choisir chaque clou ou broche d'un

diamètre supérieur à 40 % du diamètre du canal médullaire (fig. 10) [19] : ce faisant, le taux de retard de consolidation et de cal vicieux devenait pratiquement nul.

Une question fréquemment posée concerne la métallurgie des clous : acier ou titane ? De nombreux travaux de biomécanique ont donné des avantages et des inconvénients aux deux matériaux. On retiendra que le titane est plus élastique que l'acier, et que l'acier est plus rigide que le titane. En clair, cela signifie que l'acier autorise plus d'imperfections techniques « rattrapées » par sa rigidité. Car en définitive, plus que positionner deux clous dans un os, l'important est de réduire correctement la fracture dans les trois plans de l'espace (en évitant les défauts rotatoires [20]) et de la stabiliser de façon adéquate.

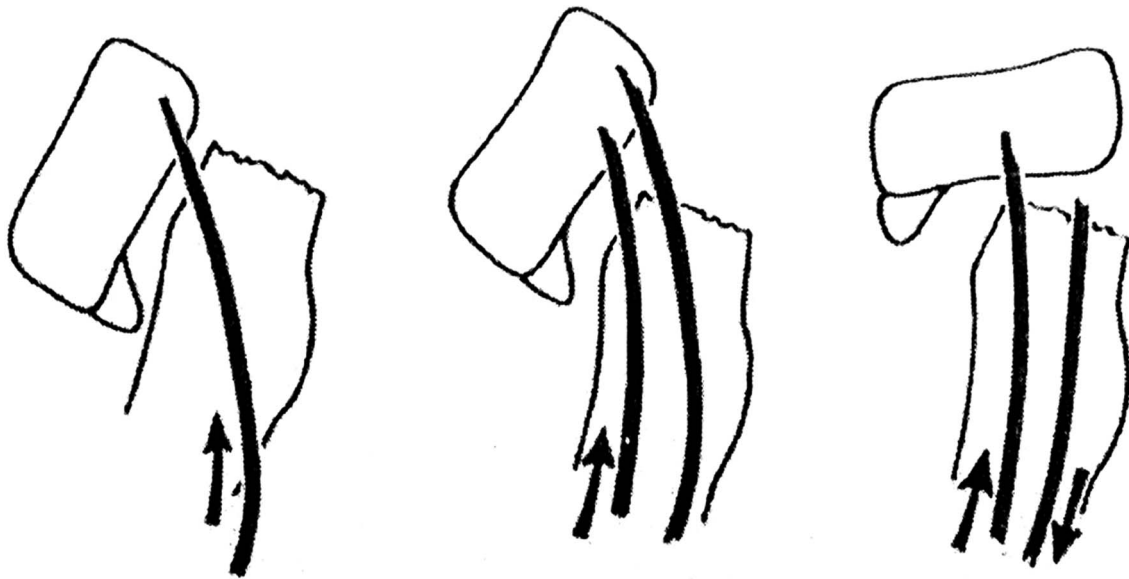
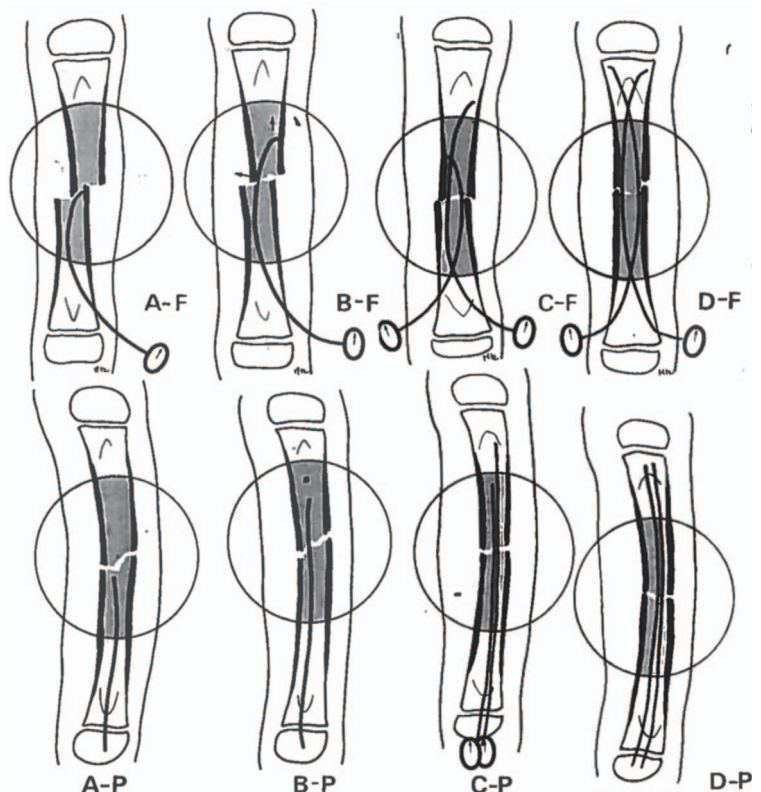


Figure 7. Schéma de la réduction en deux temps des fractures très déplacées du col radial par ECMES [14].



(a)



(b)

Figure 8. Livre de J.-P. Métaizeau, 1988 (a). Dessins explicatifs de la correction par ECMES de face et de profil (b).

L'élasticité au profit de l'enfant : au-delà de la traumatologie

De nombreuses applications se sont alors développées. La prophylaxie des fractures pathologiques dans les kystes

osseux solitaires de l'humérus et surtout du col fémoral a été suivie par des utilisations d'ECMES dans d'autres tumeurs osseuses bénignes dont la dysplasie fibreuse. L'embrochage coulissant a rendu service à des patients souffrant d'ostéogénèse imparfaite (fig. 11) [22].

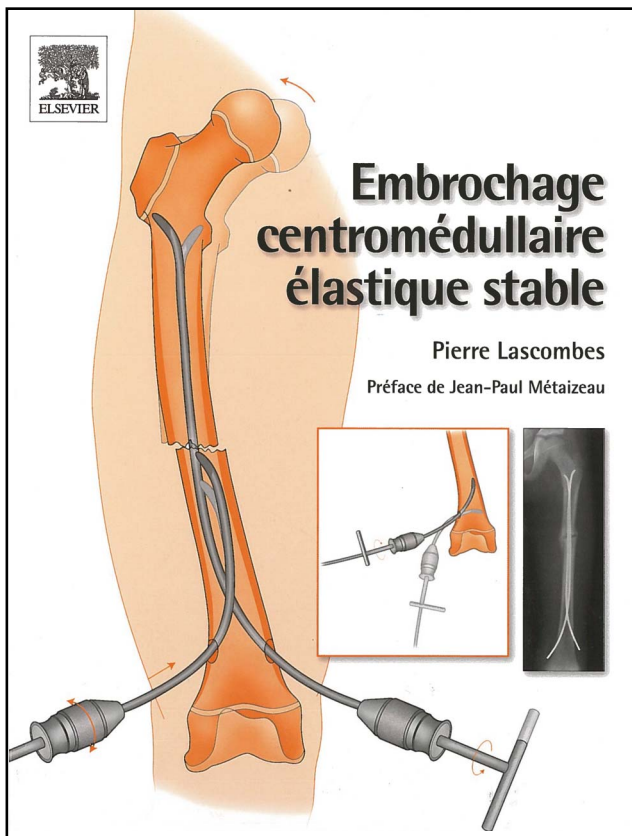


Figure 9. Couverture du livre ECMES, 2006.

En 1999, D. Popkov (chirurgien du prestigieux centre Ilizarov de Kurgan, en Russie, connu pour les allongements osseux) a séjourné dans le service d'orthopédie pédiatrique à Nancy (P. Lascombes) pour y apprendre l'ECMES ; de retour à Kurgan, il eut l'idée d'associer aux allongements osseux progressifs par fixateur externe l'implantation de deux clous centromédullaires. Il a ainsi démontré expérimentalement la rapidité de la formation du régénérat osseux et la présence d'une ossification le long des broches comme lors de l'étude précédente chez les lapins (fig. 12) [23]. Les études cliniques ont ensuite confirmé la diminution significative et spectaculaire des complications infectieuses, des fractures après ablation du fixateur externe, et surtout de « l'index de consolidation » (fig. 13) [24] : les patients traités avec cette association ont ainsi vu le temps du port de leur fixateur externe raccourci d'environ 20 à 25 %, soit par exemple 4 mois et demi au lieu de 6 mois pour un allongement de 6 cm environ.

L'ECMES aujourd'hui a des indications très larges

En traumatologie, l'ECMES est devenu la technique recommandée par l'AAOS (*American Academy of Orthopedic Surgeons*) pour les fractures du fémur chez les enfants âgés entre 5 et 11 ans [25]. L'ECMES est également devenu la référence dans le traitement chirurgical des fractures des 2 os de l'avant-bras ainsi que les fractures déplacées du col radial chez l'enfant et l'adolescent. Les fractures de l'humérus (proximal

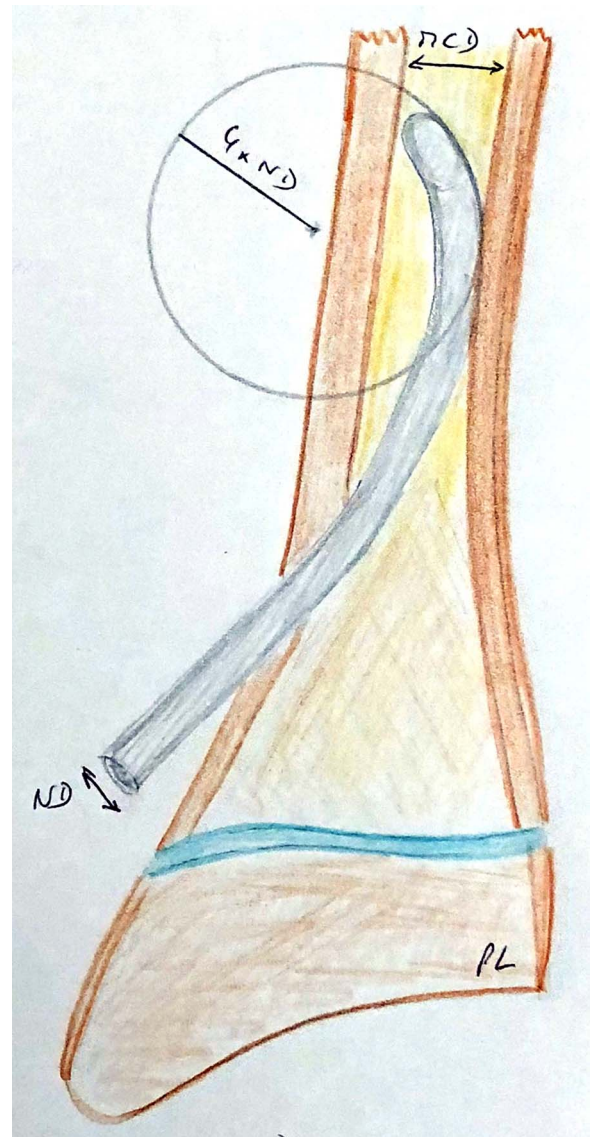


Figure 10. Schéma explicatif de la règle du ratio de 40 % du diamètre de chaque clou par rapport au diamètre du canal médullaire. ND : « nail diameter » ; MCD : « medullary canal diameter ».

et diaphysaire) qui nécessitent une ostéosynthèse tirent profit de l'ECMES en comparaison avec toutes les autres méthodes. En revanche, les fractures supra condyliennes du coude sont plus rapidement et plus facilement traitées par un embroschage direct percutané. Aux membres inférieurs, si l'ECMES ne doit pas être utilisé pour les fractures du col fémoral, ses indications pour la diaphyse fémorale peuvent être élargies en dehors de la tranche d'âge 5-11 ans à condition de respecter la technique. Un canal médullaire supérieur à 10 mm devient une contre-indication dans la mesure où les plus gros clous disponibles ont un diamètre de 4 mm. Restent les fractures de la jambe où l'ECMES offre une bonne solution dès lors que le diamètre du canal reste inférieur à 10 mm pour les mêmes raisons que ci-dessus.

En orthopédie pédiatrique, la prophylaxie des fractures de certaines tumeurs osseuses bénignes, certains cas

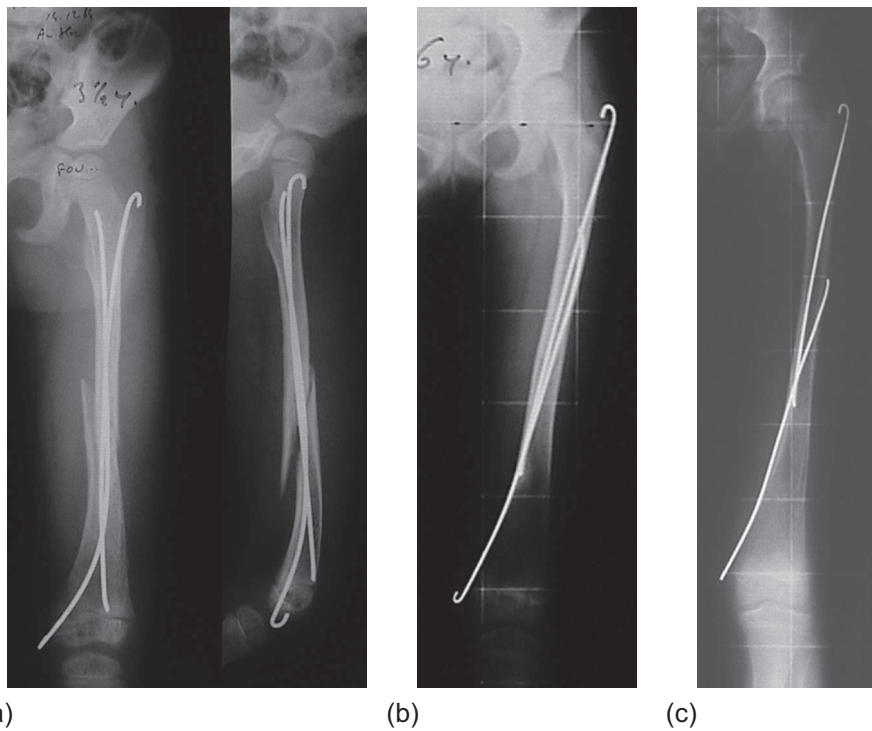


Figure 11. Premier ECMES coulissant pour une 4^e fracture dans un contexte d'ostéogenèse imparfaite (14 décembre 1984) chez une fille à l'âge de 3 ans et demi (a), de 6 ans (b), puis de 9 ans (c).

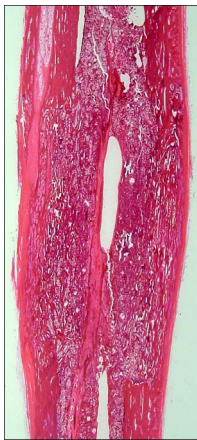


Figure 12. Association fixateur externe + ECMES (coll. D. Popkov). Allongement de 28 mm chez le chien à 48 jours; l'histologie montre la présence du canal médullaire, d'os mature le long du trajet des broches et la présence des corticales [23].

d'ostéogenèse imparfaite avec un canal très étroit (ECMES coulissant), l'association au fixateur externe dans les allongements osseux et les corrections des déformations sont des applications très utiles à nos patients.

Le futur de l'ECMES

Après 40 ans d'existence, l'ECMES est loin d'être au bout de son développement. En effet, cette ostéosynthèse

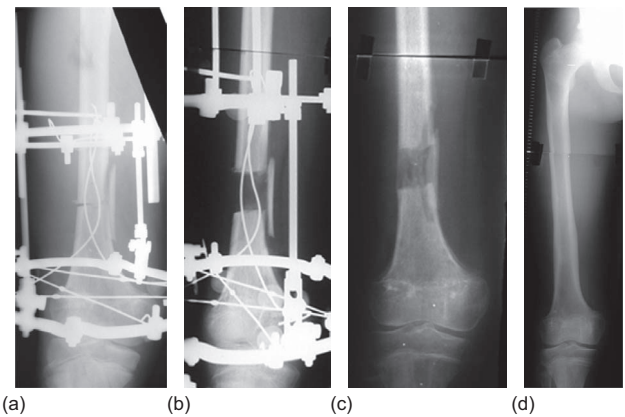


Figure 13. Premier cas d'association fixateur externe – ECMES pour un allongement du fémur droit, le 23 novembre 2001 (coll. D. Popkov). Les broches sont très fines (1,8 mm) et elles sont fixées en externe directement à l'anneau distal (a); allongement à 2 mois (b); ablation du matériel à 3 mois et demi (c); résultat à 10 mois (d).

diaphysaire et métaphysaire, parfaitement adaptée à l'enfant en croissance, a obtenu ses lettres de noblesse, si bien que ses indications précises en traumatologie pédiatrique sont maintenant reconnues dans le monde entier. L'ECMES est en effet autant utilisé dans les pays « riches » que dans les pays moins favorisés, où il peut être réalisé à l'aide de simples broches en acier, et même en l'absence d'un amplificateur de brillance au bloc opératoire.

Le champ de la recherche est vaste : des progrès sont à attendre du côté des implants eux-mêmes qui doivent cependant respecter les principes de l'élasticité stable. En Finlande, des essais d'implants résorbables sont en cours. En provenance de Kurgan (Russie), un revêtement d'hydroxy-apatite sur des clous laissés en place peut offrir une protection durable à certains os fragiles. Quant à l'association « fixateur externe – ECMES », des améliorations prochaines liées à la reconnaissance d'un ratio optimal « taille des clous – index de consolidation (délai d'ablation du fixateur) » offriront de meilleurs résultats de la chirurgie difficile des corrections des déformations osseuses complexes.

Conclusion

C'est la réunion de plusieurs conditions qui a permis le développement de l'ECMES. Les idées innovantes sont venues de l'analyse des complications et des difficultés de la prise en charge des fractures de l'enfant dans les années 1970, période durant laquelle l'orthopédie pédiatrique était en grand développement [26] (pied bot, luxation congénitale de la hanche, allongement des membres, scoliose, tumeur osseuse...). Cette méthode fut imaginée et mise au point par de jeunes chefs de clinique. Leur chef de service de l'époque leur a permis de l'appliquer en pratique clinique à une époque où les comités d'éthique, le « consentement éclairé » et les lois de santé publique n'avaient pas la rigueur actuelle... Aucun patient n'en fut la quelconque victime, au contraire. Et il a fallu ensuite prendre son bâton de pèlerin pour expliquer au monde entier ce qu'était l'ECMES.

Le lecteur peut alors se poser la question suivante : une telle révolution favorable aux enfants serait-elle possible aujourd'hui ? En effet, l'innovation apparaît difficile et coûteuse à mettre en œuvre du fait des exigences réglementaires. La réponse est certainement positive, mais il faudrait démontrer l'utilité de l'ECMES par une étude prospective, comparative, randomisée, et si possible multicentrique. Cette approche scientifique présente toutefois ses résultats de façon indiscutable, ce qui donnerait alors relativement rapidement à cette innovation son statut de référence en matière de traitement.

Références

- [1] Küntscher G. Die stabile Osteosynthese bei der Osteotomie. *Chirurgie*, 1942; 14: 161-7.
- [2] Rush L.V., Rush H.L. A medullary fracture pin for spring-type fixation, as applied to the femur. *Mississippi Doctor*, 1949; 27: 119-26.
- [3] Hackethal K.H. Volloperative geschlossene Frakturposition und percutane Markraum-Schienung bei Kindern. *Langenbeck's. Arch Klin Chir*, 1963; 304: 621-6.
- [4] Ender J., Simon-Weidner R. Die Fixierung der trochanteren Brüche mit rundem elastischem Condylennägeln. *Acta Chir Austriaca*, 1970; 1: 40-2.
- [5] De la Caffinière J.Y., Pelisse F., de la Caffinière M. Locked intra-medullary flexible osteosynthesis. A mechanical and clinical study of a new pin fixation device. *J Bone Joint Surg*, 1994; 76B: 778-88.
- [6] Ilizarov G.A. The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*, 1988; 48: 1-11.
- [7] Pérez Sicilia J.E., Morote Jurado J.L., Corbacho Gironés J.M., Hernández Cabrera J.A., Gonzáles Buendía R. Osteosíntesis pecutánea en fracturas diafisarias de antebrazo en niños y adolescentes. *Rev Esp de Cir Ost*, 1977; 12: 321-34.
- [8] Firica A., Popescu R., Dimitriu M., Ionescu V., Scarlet M. L'ostéosynthèse stable élastique : nouveau concept biomécanique. Étude expérimentale. *Rev Chir Orthop*, 1981; 67 (suppl 2): 82-91.
- [9] Lascombes P., Membre H. Étude expérimentale. La consolidation de l'os embroché. In : Métaizeau J.P. *Ostéosynthèse chez l'enfant: embrochage centromédullaire élastique stable*. Montpellier. Sauramps Médical, 1988: 41-4.
- [10] Ligier J.N., Métaizeau J.P., Prévot J., Lascombes P. Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg*, 1988; 70B: 74-7.
- [11] Lascombes P., Prévot J., Ligier J.N., Métaizeau J.P., Poncelet T. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Pediatr Orthop*, 1990; 10: 167-71.
- [12] Sessa S., Lascombes P., Prévot J., Gagneux E., Blanquart D. Embrochage centromédullaire dans les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus chez l'enfant et l'adolescent. *Chir Pédiatr*, 1990; 31: 43-6.
- [13] Bour P. L'embrochage descendant dans le traitement des fractures supracondyliennes du coude chez l'enfant (méthode originale). Thèse de médecine, Nancy I, 1983.
- [14] Métaizeau J.P., Prévot J., Schmitt M. Réduction et fixation des fractures et décollement épiphysaires de la tête radiale par broche centromédullaire. *Rev Chir Orthop*, 1980; 66: 47-9.
- [15] Métaizeau J.P. L'ostéosynthèse de l'enfant: techniques et indications. *Rev Chir Orthop*, 1983; 69 : 495-511.
- [16] Métaizeau J.P. *Ostéosynthèse chez l'enfant: embrochage centromédullaire élastique stable*. Montpellier. Sauramps Médical, 1988, 120 p.
- [17] Lascombes P. *Embrochage centromédullaire élastique stable*. Elsevier Masson, Paris, 2006, 320 p.
- [18] Lascombes P. *Flexible Intramedullary Nailing*. The Nancy University Manual. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010, 317 p.
- [19] Lascombes P., Nespola A., Poircuite J.M., Popkov D., de Gheldere A., Haumont T., Journeau P. Complications précoces lors de l'utilisation pour fracture chez l'enfant de l'enclouage centromédullaire élastique : à propos de 100 cas traités par clous à extrémité et tige précourbées. *Rev Chir Orthop*, 2012; 98: 327-34.
- [20] Lascombes P., Huber H., Fay R., Popkov D., Haumont T., Journeau P. Flexible intramedullary nailing in children: nail to medullary canal diameters optimal ratio. *J Pediatr Orthop*, 2013; 33: 403-8.
- [21] Valaikaite R., Salvo D., Ceroni D. Patient positioning on the operative table for more accurate reduction during elastic stable intramedullary nailing of the femur: a technical note. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2015; 97: 695-8.

- [22] Métaizeau J.P. L'embrochage centromédullaire coulissant. Applications au traitement des formes graves d'ostéogenèse imparfaite. *Chir Pédiatr* 1987; 28: 240-3.
- [23] Popkov D.A., Popkov A.V., Kononovich N.A., Barbier D., Ceroni D., Journeau P., Lascombes P. Étude comparative de l'allongement progressif du tibia chez le chien par fixateur externe d'Ilizarov avec et sans embrochage centromédullaire. *Rev Chir Orthop*, 2014; 100: 574-9.
- [24] Popkov D., Popkov A., Haumont T., Journeau P., Lascombes P. Flexible intramedullary nail use in limb lengthening. *J Pediatr Orthop*, 2010; 30: 910-8.
- [25] AAOS : https://www.aaos.org/research/guidelines/PDFF_ReIssue.pdf
- [26] Kohler R. *Une histoire de l'orthopédie pédiatrique*. Sauramps Médical, Montpellier, 2017, 332 p.