

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2024

THÈSE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Traitement chirurgical des fractures supracondyliennes de l'enfant : faut-il enfouir les broches ou les laisser apparentes ? Étude comparative des résultats fonctionnels et radiographiques, et analyse des coûts de deux protocoles chirurgicaux

Présentée et soutenue publiquement le 24 mai 2024 à 18h

Faculté Henri Warembourg

Par Camille GIRARDIN

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Remi BESSON

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Sébastien PESENTI

Monsieur le Docteur Damien FRON

Monsieur le Docteur Bastien HOCQUET

Directeur de thèse :

Monsieur le Maître de Conférences Éric NECTOUX

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Liste des abréviations

AP	Antéro-postérieur
BA	Broches Extériorisées
BE	Broches Enfouies
BABP	Brachio-AntéBrachio-Palmaire
CCAM	Classification Commune des Actes Médicaux
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
DS	Déviations Standard
L	Latérale
LCHA	Angle capitulum-humérale latérale
NOIA	Nerf InterOsseux Antérieur
SC	SupraCondyliaires

Table des matières

Liste des abréviations.....	1
Résumé.....	3
Introduction.....	5
Matériel et Méthodes.....	7
Résultats.....	15
Discussion.....	22
Conclusion.....	28
Références.....	29

Résumé

Introduction

L'ostéosynthèse des fractures supracondyliennes (SC) par broches enfouies sous la peau (BE) ou extériorisées (BA) est source de débat. Le but de cette étude était de comparer deux protocoles de traitement, l'un avec des BE et l'autre avec des BA, en termes de résultats cliniques et radiographiques, de taux de complications et de coûts.

Hypothèse

L'hypothèse de l'étude était que les deux protocoles sont équivalents en termes de résultats cliniques, radiologiques et taux de complications, mais que celui avec des BA est moins coûteux que celui avec des BE.

Matériel et méthodes

Il s'agit d'une étude comparative rétrospective bicentrique analysant 296 garçons et 267 filles (âge moyen $6,2 \pm 2,7$ ans) opérés d'une fracture SC entre le 1/1/2010 et le 31/12/2020 selon deux protocoles thérapeutiques. Le premier protocole (groupe A ; n=210) consistait en une ostéosynthèse avec BE, immobilisation (6-7 semaines), et retrait des broches au bloc opératoire sous anesthésie générale. Le deuxième protocole (groupe B ; n=353) était caractérisé par une ostéosynthèse avec BA, immobilisation (4-6 semaines), et retrait des broches en consultation. Nous avons évalué les résultats fonctionnels avec le questionnaire QuickDASH, les résultats radiographiques [angle de Baumann, angle capitulum-huméral latéral (LCHA), troubles de rotation selon le quotient de Von Laer] et le taux de complications post-opératoires (infection, fracture itérative, raideur, complications vasculo-nerveuses). Une étude médico-économique permettant d'analyser le coût des chaque protocole thérapeutique a complété l'analyse.

Résultats

Aucun patient n'a été perdu de vue (n=563) et le suivi moyen était de $6,6 \pm 7,3$ mois (3-70). L'immobilisation moyenne était plus longue dans le groupe A ($45,8 \pm 7,4$ vs $39,7 \pm 12,0$ jours ; $p < 0,001$). Les résultats cliniques et fonctionnels étaient similaires ($p = 0,316$) et le taux de complications pré et postopératoires était comparable entre les 2 groupes (A-B = 8%/8,6%-6%/7,1% ; $p = 0,733$ et $p = 0,512$) tandis que l'angle de Baumann, le LCHA, le nombre de troubles de rotations et le quotient de Von Laer postopératoires étaient significativement différents [A-B = $71,5^\circ$ - 74° ($p < 0,001$) ; A-B = $32,8^\circ$ - $35,6^\circ$ ($p < 0,001$) ; A-B = 32-10 ($p < 0,001$) ; A-B = 0,2-0,1 ($p = 0,020$)].

Le coût total de la prise en charge par patient était significativement plus élevé dans le groupe A (3839,33 euros) que dans le groupe B (2257,00 euros ; $p < 0,001$).

Conclusion

Les deux protocoles thérapeutiques ont des résultats cliniques et un taux de complication comparables. Laisser les broches apparentes n'augmente pas le risque infectieux. En revanche, le fait d'enfouir les broches augmente significativement le coût de la prise en charge.

Niveau de preuve : III étude rétrospective comparative

Mots clés : Fracture supracondylienne ; ostéosynthèse par broches ; infection ; pédiatrie ; complications ; coût

Introduction

Les fractures supracondyliennes (SC) représentent entre 3% et 6% des fractures pédiatriques, mais ce sont les fractures les plus fréquentes du coude et elles nécessitent souvent un traitement chirurgical⁽¹⁾⁽²⁾.

Dans la plupart des cas, le traitement chirurgical consiste en une réduction par manœuvres externes et une ostéosynthèse percutanée à l'aide de broches sous anesthésie générale. Plusieurs configurations de broches sont possibles, en fonction des préférences et de l'expérience du chirurgien, sans qu'aucune technique n'ait prouvé sa supériorité par rapport à une autre⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

Indépendamment de la configuration des broches, de nombreux protocoles ont été mis au point, avec des différences quant à l'enfouissement ou non des broches et dans la durée d'immobilisation, sans qu'il y ait de supériorité évidente d'un protocole par rapport à un autre⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

L'enfouissement des broches d'ostéosynthèse ne fait pas l'objet d'un consensus et dépend des habitudes de l'équipe chirurgicale. Dans les pays anglo-saxons, contrairement à de nombreux centres français, la tendance est de laisser les broches apparentes pour les retirer en consultation. En effet, plusieurs études rétrospectives sur des fractures SC et du condyle latéral n'ont pas retrouvé d'augmentation du taux d'infection postopératoire lorsque les broches étaient laissées en dehors du plan cutané⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾.

La durée de l'immobilisation postopératoire par une attelle plâtrée postérieure ou un plâtre brachio-antébrachio-palmaire circulaire (BABP) est un autre point de débat⁽¹¹⁾. En France, les durées d'immobilisation sont assez hétérogènes et varient beaucoup d'un établissement à l'autre, sans consensus notable⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾. L'immobilisation peut être courte (3-6 semaines) ou longue (≥ 6 semaines) ; dans la littérature, l'immobilisation post-opératoire

moyenne des fractures SC traitées chirurgicalement est d'environ 4-5 semaines, avec retrait des broches lors de l'ablation du plâtre si elles ont été laissées apparentes⁽⁸⁾⁽¹⁴⁾. En revanche, si les broches ont été enfouies, elles sont retirées au bloc opératoire sous anesthésie générale, au moment de l'ablation de l'immobilisation plâtrée ou quelques semaines après la fin de la période d'immobilisation⁽⁸⁾.

Notre objectif était de comparer deux protocoles de prise en charge chirurgicale des fractures du SC, l'un avec broches enfouies sous le plan cutané (BE), immobilisation de 6-7 semaines et retrait des broches au bloc opératoire sous anesthésie générale, et l'autre avec des broches dont l'extrémité était en dehors du plan cutané (broches extériorisées ; BA), immobilisation de 4-6 semaines et retrait des broches en consultation. Pour les deux protocoles, nous avons évalué les résultats cliniques et radiographiques, la durée moyenne d'immobilisation, le taux de déplacement secondaire ou de nouvelle fracture, le taux d'infection et les complications. Une analyse des coûts a complété l'analyse comparative des deux protocoles de prise en charge.

L'hypothèse de l'étude était que les deux protocoles sont équivalents en termes de résultats cliniques, radiologiques et taux de complications, mais que celui avec des BA est moins coûteux que celui avec des BE.

Matériels et Méthodes

2.1 Patients et critères d'inclusion

Il s'agit d'une étude comparative observationnelle rétrospective, bicentrique, réalisée au Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Lille et au CHU de la Timone à Marseille, après accord préalable de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.

Nous avons inclus les patients opérés d'une fracture SC entre le 1/1/2010 et le 31/12/2020 dans les deux centres hospitaliers (Tableau 1) ; toutes les interventions chirurgicales ont été réalisées par des chirurgiens formés dans leur CHU d'origine.

Les patients ont été traités selon deux protocoles indépendants et spécifiques à chaque centre hospitalier (Figure 1).

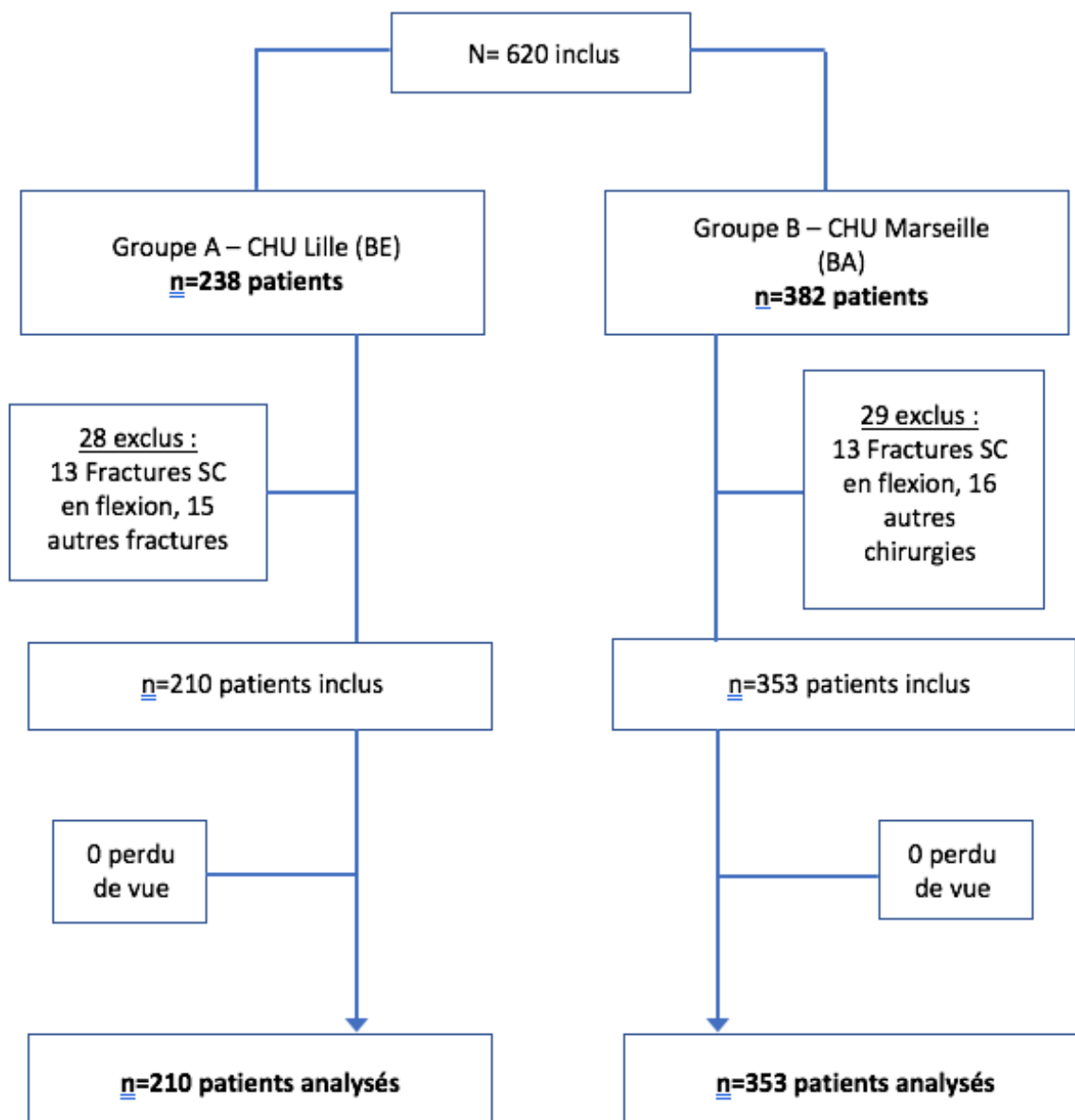
Le protocole thérapeutique du CHU de Lille (groupe A) était caractérisé par une fixation avec des BE, une immobilisation de 6-7 semaines avec une immobilisation BABP et un retrait du plâtre et des broches au bloc opératoire sous anesthésie générale ; la date opératoire était fonction des plages opératoires disponibles. Les fractures SC étaient réduites par manœuvres externes et stabilisées par 2 ou 3 BE latérales ; en cas d'échec des manœuvres de réduction, la fracture était abordée par voie médiale.

Le protocole thérapeutique du CHU de Marseille (groupe B) était caractérisé par une fixation avec des BA, une immobilisation de 4-6 semaines avec une immobilisation BABP et un retrait simultané du plâtre et des broches à la consultation sous protoxyde d'azote inhalé (Entonox, Linde France, Portet-sur-Garonne, France). Les fractures SC étaient réduites par manœuvres externes et stabilisées par un montage en croix avec 2 (1 latérale et 1 médiale) ou 3 broches (2 latérales et 1 médiale) ou par 2 ou 3 broches latérales ; en cas d'échec des manœuvres de réduction, la fracture était abordée par voie médiale ou postérieure.

Les critères d'inclusions étaient les suivants : 1) diagnostic de fracture SC stade 2, 3 ou 4 selon la classification de Lagrange et Rigault⁽¹⁵⁾, ou stade 2 ou 3 selon la classification de Gartland⁽¹⁶⁾; 2) chirurgie réalisée dans un des deux centres participant à l'étude et selon un des deux protocoles thérapeutiques ; 3) retrait des broches dans le centre où l'intervention chirurgicale initiale a été réalisée; 4) radiographies antéro-postérieure (AP) et latérale (L) du coude faites dans le centre où les patients ont été traités et suivis ; 5) bilan radiographique et clinique complet ; 6) suivi radio-clinique d'au moins 3 mois après la fracture effectué dans le centre où la chirurgie initiale a été réalisée.

Les critères d'exclusion étaient les suivants : 1) patient avec une fracture SC en flexion ou une autre fracture du coude ; 2) patient dont le retrait des broches a été effectué ailleurs que le centre qui a pris initialement en charge la fracture et a assuré le suivi radio-clinique (Figure 1).

Figure 1. Diagramme de flux des patients avec une fracture supracondylienne (SC) inclus dans l'étude.



2.2 Protocole post-opératoires

Après le traitement chirurgical, tous les enfants étaient hospitalisés pendant 1 nuit au moins (1-2). Les patients du groupe A étaient revus 2-3 semaines après la chirurgie pour

programmer l'ablation des BE 6 à 7 semaines plus tard en fonction des plages opératoires disponibles. Les patients du groupe B étaient revus 4-6 semaines après la chirurgie en consultation pour l'ablation des BA et de l'immobilisation plâtrée ; aucune consultation intermédiaire n'était réalisée.

Les patients du groupe A et B étaient revus 6 et 12 semaines après le retrait des broches avec une radiographie de contrôle AP et L du coude. Après la dernière consultation, les patients étaient revus seulement en cas de complication. Cependant, certains chirurgiens revoyaient systématiquement tous leurs patients à 1 an de la fracture avec radiographies de contrôle. Le sport était contre indiqué pour une durée totale de 3 mois à compter de la date de la fracture dans les deux protocoles thérapeutiques.

2.3 Analyse des données cliniques et radiologiques

2.3.1 Analyse clinique et fonctionnelle de la population

Les données cliniques suivantes ont été collectées : âge lors du traumatisme, sexe, latéralité, type de fracture SC, type de réduction, type de fixation, durée d'immobilisation.

Les complications liées à la fracture et à son traitement ont également été recueillies (Tableau 2). En particulier, les complications diagnostiquées avant l'intervention chirurgicale ont été définies comme *complications préopératoires* (ouverture cutanée, déficit vasculaire, déficit neurologique), celles liées au traitement chirurgical et détectées après celui-ci ont été définies *complications post-opératoires* (infection, déficit vasculaire, déficit neurologique, douleurs chroniques, raideur, fracture itérative).

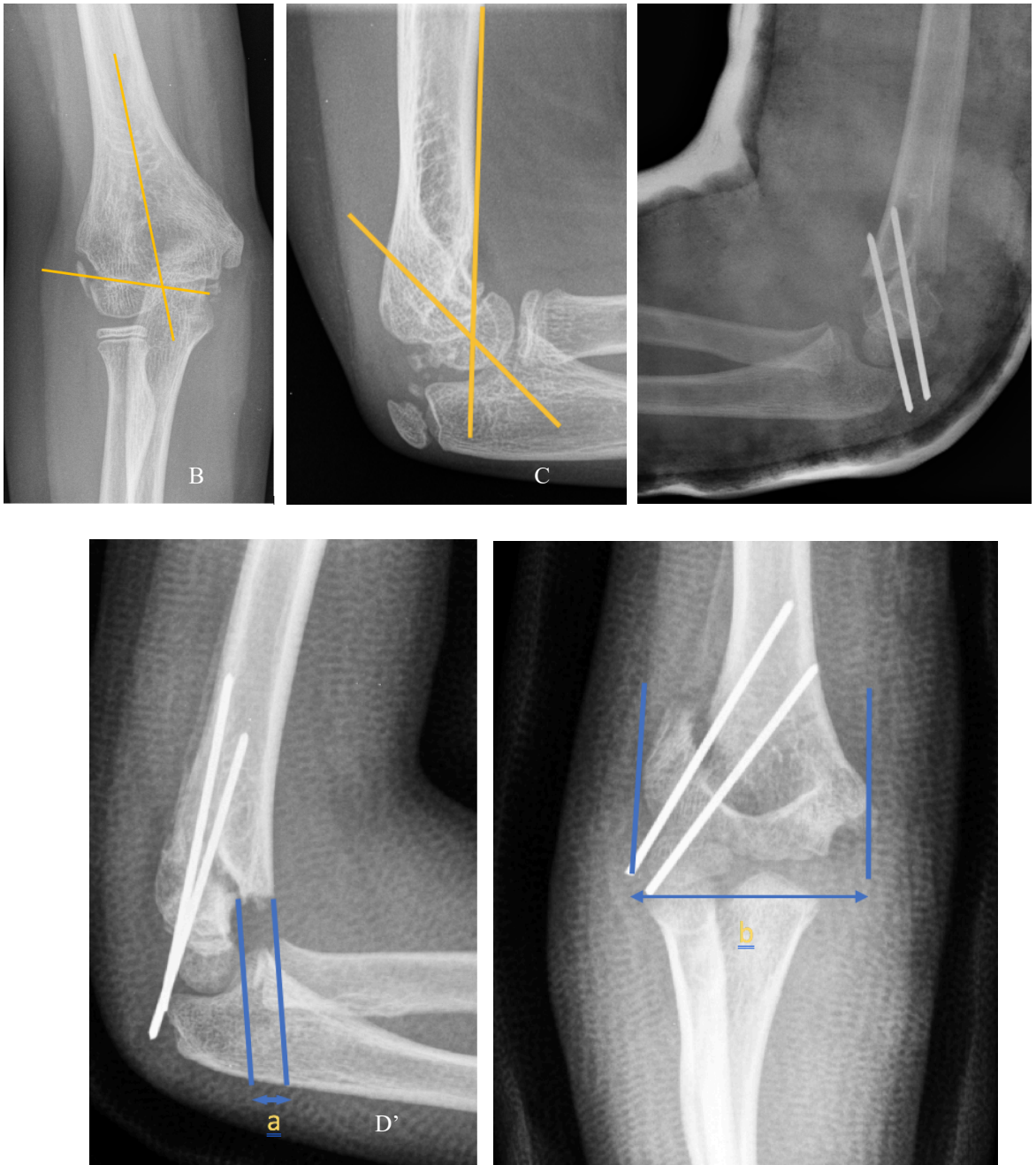
L'évaluation fonctionnelle au dernier recul a été évaluée lors d'un entretien téléphonique avec le patient avec le *Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand test* (QuickDASH)⁽¹⁷⁾.

2.3.2 Analyse radiologique

Tous les patients ont bénéficié de radiographies AP et L du coude le jour du traumatisme et selon les protocoles thérapeutiques décrits préalablement. Les mesures des paramètres radiographiques ont été réalisées par un seul observateur (CG) afin de limiter les erreurs inter-observateurs :

- La classification de Lagrange et Rigault⁽¹⁵⁾ et celle de Gartland⁽¹⁶⁾ ont été utilisées pour classer les fractures SC ;
- *L'angle de Baumann* mesuré sur la radiographie AP du coude : angle entre l'axe de la diaphyse humérale et la ligne passant par la physe du capitulum humeri (norme : $72^\circ \pm 4^\circ$) (Figure 2A)⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾ ;
- *L'angle capitulum-huméral latéral (LCHA)* mesuré sur la radiographie L du coude : angle entre la tangente à la corticale antérieure de l'humérus distal et la ligne perpendiculaire à la physe du capitulum humeri (norme: 40°) (Figure 2B)⁽²⁰⁾ ;
- *Les troubles rotatoires* ont d'abord été évalués sur la radiographie postopératoire L du coude en recherchant la présence d'un éperon rotatoire au niveau du foyer fracturaire, en utilisant la ligne humérale antérieure comme repère anatomique (Figure 2C)⁽²¹⁾⁽²²⁾. Une fois les radiographies des patients présentant un éperon de rotation identifiées, nous avons quantifié la sévérité du trouble rotatoire en utilisant la méthode proposée par Von Laer⁽²³⁾; le *quotient de malrotation de Von Laer* est le rapport entre la largeur de l'éperon rotatoire mesurée sur la radiographie postopératoire L du coude et la largeur de la partie distale du coude mesurée sur la radiographie postopératoire AP du coude (Figure 2D et 2D') ; plus la valeur numérique est élevée, plus le trouble rotatoire est sévère⁽²³⁾.

Figure 2. Analyse radiographique. A. Angle de Baumann. B. Angle capitulum-humérale latérale (LCHA). C. Éperon osseux de rotation. D et D'. Quotient de malrotation de Von Laer (a/b)



2.4 Analyse médico-économique

Une analyse médico-économique a été réalisée. Pour ce faire, nous avons interrogé les trésoriers des deux centres afin d'évaluer le coût en Euros (€), des deux protocoles thérapeutiques.

Les calculs ont été effectués en se basant sur les tarifs de la Sécurité Sociale en vigueur le 1/3/2024 et sur les cotations de la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) qui a été créée en mars 2012 par l'Inspection Générale des Affaires Sociales⁽²⁴⁾, et est utilisée dans tous les établissements français.

Pour la prise en charge initiale nous avons utilisé les cotations suivantes :

- MBCB001 : Ostéosynthèse d'une fracture supracondyloire de l'humérus, à foyer fermé (valeur : 197,69 €)
- MZMP011 : Confection d'un appareil rigide d'immobilisation du membre supérieur prenant le coude (valeur : 34,57 €)
- GELD004 et ZZLP025 : intubation trachéale et anesthésie générale complémentaire de niveau 1 (valeur : 19,20 €)
- Une nuit d'hospitalisation dans un service de chirurgie orthopédique pédiatrique (valeur : 1864,77 €).

Pour les suites post opératoires nous avons utilisé pour les cotations suivantes :

Groupe A

- Un passage dans un service de chirurgie ambulatoire (valeur : 1492,20 €)
- Deux consultations avec un chirurgien spécialiste (une avant l'ablation des broches et une post ablation des broches ; valeur unitaire : 26,50 €) avec radiographie AP et

- L du coude (MFQK002 : radiographie de coude selon 1 ou 2 incidences ; valeur unitaire : 23,23 €)
- GELD004 et ZZLP025 : intubation trachéale et anesthésie générale complémentaire de niveau 1 (valeur : 19,20 €)
- PAGA011 : Ablation de matériel d'ostéosynthèse des membres sur un site, par abord direct (valeur : 112,73 €).

Groupe B

- Deux consultations avec un chirurgien spécialiste (une avant l'ablation des broches et une post ablation des broches ; valeur unitaire : 26,50 €) avec radiographie AP et L du coude (MFQK002 : radiographie de coude selon 1 ou 2 incidences ; valeur unitaire : 23,23 €)
- PAGB004 : Ablation de broche d'ostéosynthèse non enfouies (valeur : 41,80 €).

2.5 Analyse statistique

Les données sont présentées en moyenne (déviations standard). La distribution des données a été testée à l'aide du test de Kolmogorov Smirnov. Les comparaisons de moyennes ont été réalisées à l'aide de tests de Student. Les données discrètes ont été comparées entre les groupes à l'aide d'un test du Chi². Pour évaluer l'influence du trouble de rotation, une stratification de la population globale en fonction de l'existence d'un trouble de rotation en postopératoire a été effectuée. Une valeur du $p < 0,05$ était considérée comme statistiquement significative.

Résultats

3.1 Population de l'étude

Nous avons analysé 563 enfants (296 garçons ; 267 filles), 210 dans le groupe A (37.3%) et 353 dans le groupe B (62.7%). Le tableau 1 résume les caractéristiques de la population étudiée (Tableau 1).

L'âge moyen au moment de la chirurgie était de $6,2 \pm 2,7$ ans (1-14) et le suivi moyen des patients était de $6,6 \pm 7,3$ mois (3-70). Vingt-trois patients (10.9% ; 23/210) dans le groupe A et quatre-vingt-dix-neuf dans le groupe B (28,0% ; 99/353) ont nécessité d'une réduction à ciel ouvert ($p < 0,001$).

La majorité des fractures était fixée par 2 broches latérales dans le groupe A (87,2% ; $n=183/210$) et par 3 broches latérales dans le groupe B (44,2% ; $n=156/353$) ($p < 0,001$) ; l'immobilisation moyenne était de $45,75 \pm 7,44$ jours (28-76,25) pour le groupe A avec BE et de $39,65 \pm 11,96$ jours (21-90) pour le groupe B avec BA ($p < 0,001$).

Tableau 1. Description de la population

	Groupe A Broches enfouies (BE)	Groupe B Broches apparentes (BA)	
<u>Effectif (N)</u>	210	353	
<u>Age à la chirurgie M (DS)</u>	6 (2,7)	6,3 (2,8)	p=0,218
<u>Sexe N (%)</u>			p=0,806
Garçon	109 (51,9%)	187 (52,9%)	
Fille	101 (49,1%)	166 (47,1%)	
<u>Coté N (%)</u>			p=0,804
Droit	104 (49,5%)	171 (48,4%)	
Gauche	106 (50,5%)	182 (51,6%)	
<u>Lagrange et Rigault N (%)</u>			p=0,079
2	11 (5,2%)	12 (3,4%)	
3	86 (41%)	116 (32,9%)	
4	113 (53,8%)	225 (63,7%)	
<u>Gartland N (%)</u>			P=0,287
2	11 (5,2%)	12 (3,4%)	
3	199 (94,8%)	341 (96,6%)	
<u>Fixation N (%)</u>			p<0,001
2 broches latérales	183 (87,2%)	49 (13,9%)	
3 broches latérales	11 (5,2%)	156 (44,2%)	
2 broches en croix	7 (3,3%)	92 (26,1%)	
3 broches en croix	9 (4,3%)	56 (15,8%)	
<u>Immobilisation N (%)</u>			p<0,001
Plâtre BABP	209 (99,5%)	311 (88,1%)	
Attelle plâtrée postérieure	1 (0,5%)	42 (11,9%)	
<u>Abord N (%)</u>			p<0,001
Oui/Non	23 (11%) / 187 (89%)	99 (28%) / 254 (72%)	
<u>Délai AMOS M (en jours)</u>	45,75	39,65	p<0,001

M : moyenne ; DS : déviation standard ; BABP : brachio-antebrachio-palmaire ; AMOS : ablation matériel d'ostéosynthèse

3.2 Résultats cliniques et fonctionnels

Les 2 groupes présentaient des résultats cliniques et fonctionnels comparables avec un score QuickDASH moyen de $11,17 \pm 0,3$ (11-12) dans le groupe A (n=75) et de $11,2 \pm 0,6$ (11-15) dans le groupe B (n=75) (p=0,316).

3.2.1 Complications

Le taux de complications préopératoires était de 8% dans le groupe A (n=17/210) et de 6% dans le groupe B (n=21/353) (p=0,733). Le nombre de complications postopératoires n'était pas significativement différent avec 18 complications dans le groupe A et 25 dans le groupe B (p=0,552) ; l'analyse en sous-groupe (raideur et complications nerveuses) n'a pas non plus retrouvé de différences significatives (respectivement p=0,326 et p=0,879) (Tableau 2). En revanche, la raideur était significativement plus fréquente chez les patients avec un trouble rotatoire que chez les patients sans trouble rotatoire résiduel : 11,9% (5/42) vs 4,2% (22/521 ; p=0,031).

Aucune différence significative n'a été constatée entre les deux groupes en termes de complications infectieuses (p=0,436). En particulier, nous avons observé une infection superficielle des broches survenue 21 jours après l'ostéosynthèse dans le groupe B (0,0028%), qui a été traitée avec succès par l'ablation du matériel d'ostéosynthèse et 10 jours d'antibiothérapie par voie orale. Dans le groupe A, aucune complication infectieuse n'a été détectée.

Tableau 2. Complications

	Groupe A Broches enfouies (BE)	Groupe B Broches apparentes (BA)	
<i>Complications préopératoires N (%)</i>			
Aucune	193 (92,0%)	332 (94,0%)	p=0,733
Ouverture cutanée	5 (2,4%)	6 (1,7%)	p=0,577
Déficit vasculaire	3 (1,4%)	7 (2,0%)	p=0,630
Déficit neurologique	9 (4,2%)	8 (2,3%)	p=0,176
Total	17 (8,0%)	21 (6,0%)	p=0,733
<i>Complications postopératoires N (%)</i>			
Infection	0 (0%)	1 (0,3%)	p=0,436
Raideur	13 (6,2%)	15 (4,2%)	p=0,326
Déficit vasculaire	0 (0%)	0 (0%)	N/A
Déficit neurologique	5 (2,4%)	9 (2,5%)	p=0,879
Douleur chronique	0 (0%)	0 (0%)	N/A
Refracture	0 (0%)	0 (0%)	N/A
Total	18 (8,6%)	25 (7,1%)	p=0,512

N : effectif ; N/A : non applicable

3.3 Résultats radiologiques

Nous avons retrouvé une différence significative en post-opératoire de l'angle de Baumann, l'angle LCHA, le nombre de trouble de rotation et le quotient de Von Laer [A vs B : 71,5° vs 74,0° (p<0,001) ; 32,8° vs 35,6° (p<0,001) ; 32 vs 10 (p<0,001) ; 0,2 vs 0,1 (p=0,020)]. Au dernier recul, seulement le nombre de troubles rotatoires et l'angle LCHA restaient significativement différents (nombre de troubles rotatoire : 11/210 (5,2%) dans le groupe A et 6/353 (1,7%) dans le groupe B (p=0,029) ; LCHA : 34° ± 10,4° dans le groupe A et 37,4° ± 9,2° dans le groupe B (p<0,001). Le tableau 3 résume les résultats radiologiques (Tableau 3).

Tableau 3. Résultats radiologiques

	Groupe A Broches enfuies (BE)	Groupe B Broches extériorisées (BA)	
<u>Postopératoire immédiat</u>			
Angle de Baumann M (DS)	71,5 (5,9)	74 (7,2)	p<0,001
LCHA (DS)	32,8 (9,3)	35,6 (9,2)	p<0,001
Trouble rotatoire N (%)	32 (15,2%)	10 (2,8%)	p<0,001
Quotient de Von Laer M	0,2	0,1	p=0,020
<u>Dernier recul</u>			
Angle de Baumann M (DS)	72,6 (6,9)	73,1 (7,7)	p=0,418
LCHA (DS)	34 (10,4)	37,4 (9,2)	p<0,001
Trouble rotatoire N (%)	11 (5,2)	6 (1,7%)	p=0,029
Quotient de Von Laer M (DS)	0,1	0,1	p=0,112

LCHA : Angle capitulum huméral latéral, M : moyenne, DS : déviation standard ; N : effectif

Une augmentation de l'angle de Baumann ($3,2^\circ \pm 8,1^\circ$) et une diminution de l'angle LCHA ($-1,4^\circ \pm 9,7^\circ$) ont été constatées chez les patients présentant un trouble rotatoire (n=42) par rapport à ceux qui n'en présentaient pas (n=521 ; p=0,004 et p=0,029). Le tableau 4 résume les données radiologiques de l'angle de Baumann et de l'angle LCHA (Tableau 4).

Tableau 4. Résultats radiologiques en fonction du trouble de rotation

	Absence de trouble rotatoire	Présence de trouble rotatoire	
N	521	42	
Angle de Baumann (DS)	72,7° (7,2)	75,9° (8,5)	p=0,009
LCHA (DS)	36,6° (9,8)	31° (9,5)	p=0,001
Angle de Baumann (Différence postopératoire- recul) (DS)	-0,4° (7,3)	3,2° (8,1)	p=0,004
Angle LCHA (Différence postopératoire-recul) (DS)	1,8° (8,6)	-1,4° (9,7)	p=0,029

N : effectif ; DS : déviation standard ; LCHA : Angle capitulum huméral latéral

3.4 Résultats de l'analyse médico-économique

Le cout total de la prise en charge par patient, du traitement initial à l'ablation des broches, était de 3839,33 € pour le groupe A et de 2257,00 € pour le groupe B, soit 1,7 fois plus cher (Tableau 5).

Tableau 5. Analyse médico-économique des deux protocoles thérapeutiques, les prix sont donnés en Euros.

	Groupe A Broches enfouies	Groupe B Broches apparentes
<u>Traitement initial :</u>		
Hospitalisation conventionnelle (n=1)	1864,77	1864,77
Anesthésie générale (n=1)	19,20	19,20
Ostéosynthèse (n=1)	197,69	197,69
Immobilisation plâtrée (n=1)	34,57	34,57
<i>Sous total</i>	<i>2115,74</i>	<i>2115,74</i>
<u>Suivi et ablation du matériel :</u>		
Consultations (n=2)	26,50/53,00	26,50/53,00
Radiographie du coude (n=2)	23,23/46,46	23,23/46,46
Hospitalisation en Chir. Ambulatoire (n=1)	1492,20	-
Anesthésie générale (n=1)	19,20	-
Ablation des broches au bloc opératoire (n=1)	112,73	-
Ablation des broches à la consultation (n=1)	-	41,80
<i>Sous total</i>	<i>1723,59</i>	<i>141,26</i>
Total	3839,33	2257,00

Discussion

Notre étude a analysé les résultats cliniques, radiographiques et fonctionnels, ainsi que les complications et les coûts de deux protocoles thérapeutiques des fractures SC chez l'enfant. En ce qui concerne le taux de complications et les résultats fonctionnels, nous n'avons pas trouvé de différences significatives entre les deux groupes, alors que des coûts inférieurs et de meilleurs résultats radiologiques ont été trouvés dans le groupe B. Enfour les broches augmente significativement le coût de la prise en charge compte tenu de la nécessité de réaliser une deuxième chirurgie pour procéder à l'ablation du matériel d'ostéosynthèse.

Les résultats cliniques et fonctionnels étaient comparables entre les deux protocoles thérapeutiques et nous avons constaté que laisser les BA n'augmente pas le taux d'infection postopératoires ni le taux global de complications (Tableau 2). Le taux d'infection de notre série est inférieur à celui de la littérature, puisqu'une seule infection superficielle a été retrouvée dans le groupe B. En effet, Aubret et al. ont rapporté un taux d'infection de 1,9% (2/105) chez des enfants traités par BA pour des fractures SC et du condyle latéral qui nécessitent souvent d'une arthrotomie, ce qui peut expliquer le taux d'infection plus important⁽⁹⁾; les infections n'ont pas nécessité de retour au bloc opératoire mais seulement une antibiothérapie orale, ce qui était également le cas dans notre série. Tosti et al. ont rapporté un taux d'infection de 0,014% chez les enfants traités avec des BA ; cependant, il se sont intéressés à toutes les articulations et non pas uniquement sur le coude comme dans notre série⁽²⁵⁾. Le fait que notre taux d'infection soit plus bas peut aussi s'expliquer par une meilleure observance de la part des parents. En effet, Tosti et al. ont montré que le risque d'infection augmente en cas de rendez-vous manqués⁽²⁵⁾. Dans notre série, aucun patient n'a été perdu de vue et tous ont été revus par les chirurgiens des deux centres impliqués dans l'étude. La même tendance a été retrouvée pour les autres complications. En effet, le taux de complications postopératoires de 8,6% (n=18) dans le groupe A et de 7,1% (n=25) dans le groupe B (p=0,512) avec une majorité de complications nerveuses avec atteinte du nerf

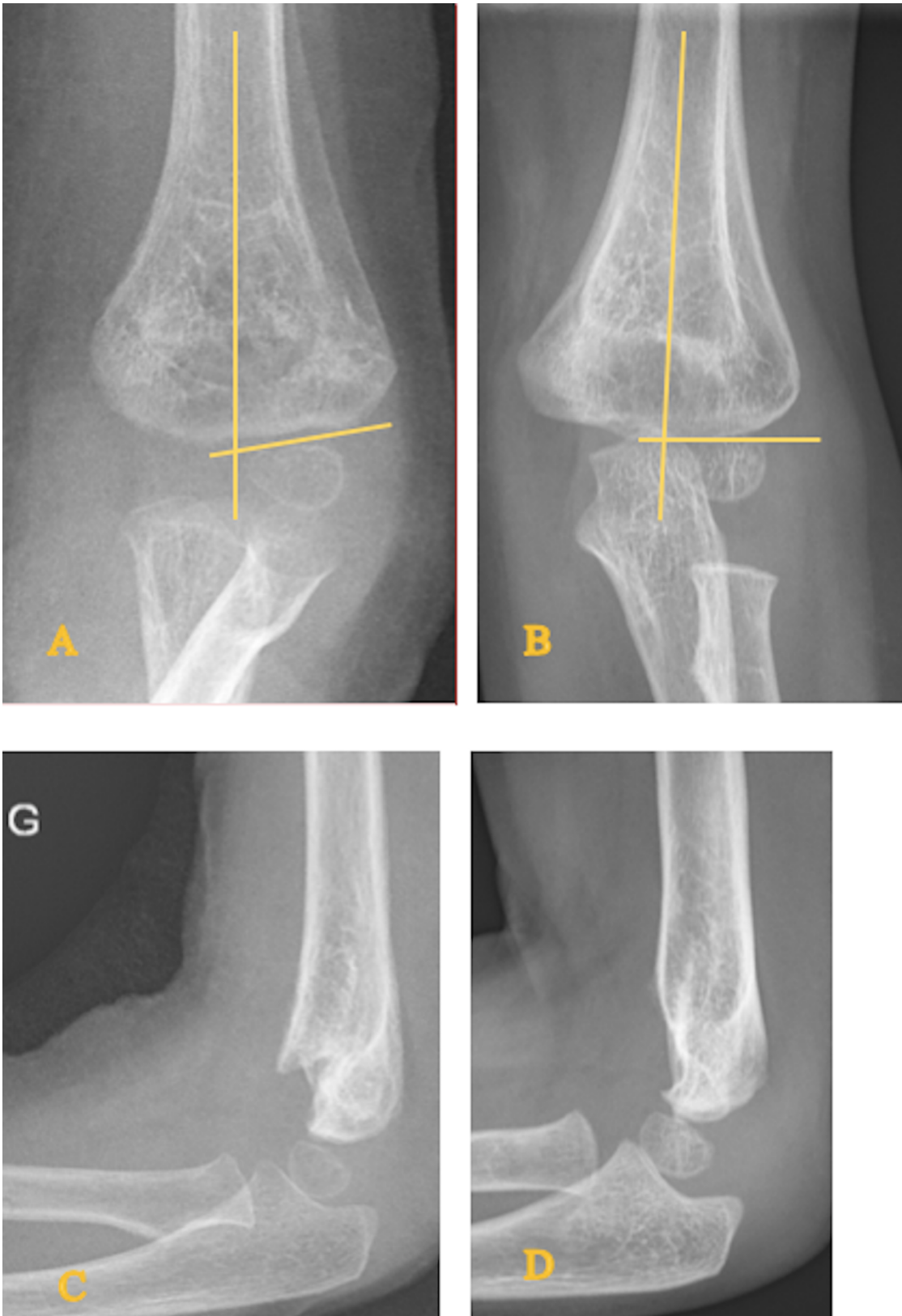
interosseux antérieur (NOIA ; Tableau 2). Dormans et al. dans leur série de 200 enfants opérés d'une fracture SC stade 3 de Gartland ont retrouvé une complication nerveuse dans 9,5% des cas avec une atteinte du NOIA prédominante⁽²⁶⁾. C'est plus que dans notre série où nous retrouvons 14 complications nerveuses (2,5%). Cela peut s'expliquer par les progrès fait dans la prise en charge de fractures SC durant les 20 dernières années. Également, dans notre étude nous avons pris en compte aussi les fractures SC stade 2 selon Lagrange et Rigault qui ne sont pas prises en compte dans l'étude de Dormans et al.⁽²⁶⁾.

Le taux global de raideur postopératoire était de 5% (n=28/563). Le taux était comparable à celui de la littérature⁽²⁷⁾ et il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes. La raideur postopératoire est souvent corrélée à la durée d'immobilisation même si dans notre série celle-ci n'a pas augmenté le taux de raideur postopératoire. En revanche, notre analyse des enfants avec/sans un trouble de rotation postopératoire a mis en évidence que la présence d'un trouble de rotation était associée à une diminution post-opératoire des amplitudes articulaires.

Du point de vue radiographique, nous avons retrouvé une différence significative en post-opératoire de l'angle de Baumann, l'angle LCHA, le nombre de trouble de rotation et le quotient de Von Laer tandis qu'au dernier recul seulement le nombre de troubles rotatoires et l'angle LCHA restaient significativement différents (Tableau 3). Le taux de trouble rotatoire en postopératoire était significativement plus élevé dans le groupe A (n=32) que dans le groupe B (n=10). Par contre nous avons observé une diminution du nombre de trouble de rotation entre le post-opératoire (n=42) et le dernier recul (n=17). Ceci est en accord avec la littérature ; Muccioli et al. ont rapporté 50% de troubles rotatoires en post opératoires et 9% au dernier recul dans leur série de 22 patients avec une fracture SC stade 3 de Gartland traités selon la méthode de Blount⁽²⁸⁾. Ceci pourrait laisser croire à un potentiel remodelage osseux. Néanmoins lors de notre analyse en sous-groupe, nous avons retrouvé une augmentation de l'angle de Baumann et une diminution de l'angle LCHA chez les patients avec trouble rotatoire

qui est en défaveur d'un possible remodelage osseux. Cela s'explique probablement par la mesure du trouble de rotation au dernier recul. En effet, au dernier recul, l'éperon osseux présent en post opératoire et visible sur les radiographies L s'est résorbé, ce qui améliore artificiellement le quotient de Von Laer (Figure 3)⁽²⁹⁾. Cette méthode est donc probablement insuffisante pour apprécier réellement le trouble rotatoire après consolidation chez ces patients.

Figure 3. Augmentation de l'angle de Baumann avec résorption de l'éperon osseux chez un patient de 5 ans. A et C (radiographies à 4 semaines de la fracture) : trouble rotatoire avec éperon osseux sur la radiographie latérale ; B et D (radiographies à 10 semaines de la fracture) : majoration de l'angle de Baumann avec résorption de l'éperon osseux sur la radiographie latérale



D'un point de vue économique, les coûts directs du protocole du groupe A étaient 1,7 fois plus élevés que ceux du groupe B (Tableau 5). Cette différence était principalement due au mode de retrait des broches : au bloc opératoire sous anesthésie générale avec une journée de séjour en ambulatoire pour le groupe A et en consultation avec protoxyde d'azote inhalé pour le groupe B. A côté des coûts directs, il y a également les coûts indirects qui doivent être pris en compte, même s'ils sont difficiles à estimer. Ces coûts n'ont pas pu être pris en compte dans l'analyse mais leur inclusion rendrait la différence de coûts des deux protocoles thérapeutiques probablement plus importante. Pour le groupe A, on peut ajouter l'absentéisme professionnel d'un parent, l'absentéisme scolaire du patient, ainsi que le coût d'une plage opératoire mobilisée pour le retrait du matériel d'ostéosynthèse et ne permettant pas de réaliser un autre acte programmé à la place. En outre, l'enfant doit bénéficier d'une seconde anesthésie générale pour retirer les broches, ce qui l'expose aux risques associés à l'anesthésie⁽³⁰⁾⁽³¹⁾, même si dans notre série nous n'avons retrouvé aucune complication liée à celle-ci. Dans le groupe B, le retrait des BA est effectué en consultation sous protoxyde d'azote, qui s'est avéré extrêmement sûr et efficace pour fournir une analgésie de bonne qualité au cours d'interventions chirurgicales courtes et peu douloureuses⁽³²⁾.

Notre étude présente certaines limites. Il s'agit d'une étude rétrospective de 563 patients. Néanmoins les patients étaient consécutifs et traités de façon homogène selon deux protocoles bien établis. De plus, les patients ont été évalués d'un point de vue fonctionnel avec un questionnaire validé dans la littérature et déjà utilisé dans la population pédiatrique⁽¹⁷⁾⁽³³⁾. Les différents types de montage utilisés peuvent également constituer un biais mais il a été démontré dans la littérature que le type d'ostéosynthèse n'influe pas sur les résultats à long terme des fractures SC⁽³⁾⁽⁵⁾. La durée relativement courte du suivi constitue une autre limite potentielle, bien que l'objectif de l'étude ait été de comparer les coûts et les résultats du traitement des deux protocoles jusqu'après la consolidation de la fracture. Enfin notre étude a rapporté les coûts théoriques des deux protocoles basés sur les estimations de la CCAM,

comme si chacun d'entre eux avait été suivi de manière stricte et scrupuleuse, et non les coûts réels de chaque patient inclus dans l'étude. Cependant, le coût théorique rapporté représente les honoraires effectivement perçus par l'établissement qui a traité le patient selon l'un des protocoles décrits.

Malgré ses limites, cette étude reste à notre connaissance la plus grande série française comparant deux protocoles chirurgicaux pour la prise en charge des fractures SC, analysant leurs complications, leurs résultats et leurs coûts.

En conclusion, les deux protocoles thérapeutiques ont des résultats fonctionnels et un taux de complications comparables. Cependant, les coûts globaux de prise en charge sont significativement inférieurs chez les patients traités avec des BA, une immobilisation plus courte et le retrait des broches en consultation.

Conclusion

Les deux protocoles thérapeutiques ont des résultats fonctionnels et un taux de complications comparables. Cependant, les coûts globaux de prise en charge sont significativement inférieurs chez les patients traités avec des BA, une immobilisation plus courte et le retrait des broches en consultation.

Références

Références

1. Monget F, Sapienza M, McCracken KL, Nectoux E, Fron D, Andreacchio A, et al. Clinical Characteristics and Distribution of Pediatric Fractures at a Tertiary Hospital in Northern France: A 20-Year-Distance Comparative Analysis (1999-2019). *Med Kaunas Lith.* 28 avr 2022;58(5):610.
2. Wu JP, Lu YT, Wei XX, Zou PX, Li YQ, Liu YZ, et al. Epidemiological characteristics and distribution of pediatric supracondylar fractures in South China: a retrospective analysis of 760 cases. *J Pediatr Orthop Part B.* 1 mars 2024;33(2):136-41.
3. Pesenti S, Ecalle A, Gaubert L, Peltier E, Choufani E, Viehweger E, et al. Operative management of supracondylar humeral fractures in children: Comparison of five fixation methods. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* sept 2017;103(5):771-5.
4. Wang X, Feng C, Wan S, Bian Z, Zhang J, Song M, et al. Biomechanical analysis of pinning configurations for a supracondylar humerus fracture with coronal medial obliquity. *J Pediatr Orthop Part B.* nov 2012;21(6):495-8.
5. Skaggs DL, Hale JM, Bassett J, Kaminsky C, Kay RM, Tolo VT. Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequences of pin placement. *J Bone Joint Surg Am.* mai 2001;83(5):735-40.
6. Sapienza M, Testa G, Vescio A, Panvini FMC, Caldaci A, Parisi SC, et al. The Role of Patient Position in the Surgical Treatment of Supracondylar Fractures of the Humerus: Comparison of Prone and Supine Position. *Med Kaunas Lith.* 15 févr 2023;59(2):374.
7. Neurovascular complications and severe displacement in supracondylar humerus fractures in children: defensive or offensive strategy? - PubMed [Internet]. [cité 13 févr 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16280721/>
8. Pavone V, Vescio A, Accadbled F, Andreacchio A, Wirth T, Testa G, et al. Current trends in the treatment of supracondylar fractures of the humerus in children: Results of a survey of the members of European Paediatric Orthopaedic Society. *J Child Orthop.* juin 2022;16(3):208-19.
9. Aubret S, Lecointe T, Mansour M, Rousset M, Andreacchio A, Pereira B, et al. Risk of infection and secondary displacement in pediatric supracondylar or lateral condyle fractures treated with unburied Kirchner-wires removed before complete bone healing. *J Pediatr Orthop Part B.* mai 2017;26(3):222-6.
10. Wormald JCR, Park CY, Eastwood DM. A systematic review and meta-analysis of adverse outcomes following non-buried versus buried Kirschner wires for paediatric lateral condyle elbow fractures. *J Child Orthop.* 1 déc 2017;11(6):465-71.
11. Azzolin L, Angelliaume A, Harper L, Lalioui A, Delgove A, Lefèvre Y. Optimal postoperative immobilisation for supracondylar humeral fractures. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* sept 2018;104(5):645-9.
12. Jones NJ, Zarook E, Ayub A, Manoukian D, Maizen C, Bijlsma P, et al. Postoperative Immobilization Period for Pediatric Supracondylar Fractures: The Shorter the Better? *J Pediatr Orthop.* 8 févr 2024;
13. Vuckov S, Kvesić A, Rebac Z, Cuculić D, Lovasić F, Bukvić N. Treatment of supracondylar humerus fractures in children: minimal possible duration of immobilization. *Coll Antropol.* juin 2001;25(1):255-62.
14. Mulpuri K, Hosalkar H, Howard A. AAOS clinical practice guideline: the treatment of pediatric supracondylar humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* mai 2012;20(5):328-30.
15. Lagrange J, Rigault P. [Treatment of supra-condylar fractures of the humerus in children]. *Presse Med.* 12 déc 1970;78(53):2382.
16. Gartland JJ. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg*

- Gynecol Obstet. août 1959;109(2):145-54.
17. Abusaq I, Martins A, Mansour M, Samba A, Dimeglio A, Canavese F. Radiologic, clinical, and functional evaluation of children with lateral humeral condyle fractures using the Quick Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire. *J Pediatr Orthop Part B*. 1 mars 2023;32(2):121-6.
 18. Kumar M, Lakhey RB, Shrestha BL. Radiographic measurement of Lateral Capitellohumeral Angle and Baumann's Angle among Children. *J Nepal Health Res Counc*. 2 nov 2022;20(2):296-300.
 19. Williamson DM, Coates CJ, Miller RK, Cole WG. Normal characteristics of the Baumann (humero capitellar) angle: an aid in assessment of supracondylar fractures. *J Pediatr Orthop*. 1992;12(5):636-9.
 20. Hasegawa M, Suzuki T, Kuroiwa T, Oka Y, Maeda A, Takeda H, et al. Reliability of radiographic measurement of lateral capitellohumeral angle in healthy children. *Medicine (Baltimore)*. avr 2018;97(14):e0314.
 21. Hell AK, Gadomski C, Braunschweig L. Spontaneous humeral torsion deformity correction after displaced supracondylar fractures in children. *BMC Musculoskelet Disord*. 6 déc 2021;22(1):1022.
 22. Clinical significance of anterior humeral line in supracondylar humeral fractures in children - PubMed [Internet]. [cité 2 mars 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27432464/>
 23. von Laer L. [The supracondylar fracture of the humerus in children (author's transl)]. *Arch Orthop Trauma Surg Arch Orthopadische Unf-Chir*. oct 1979;95(1-2):123-40.
 24. Evaluation de la tarification des soins hospitaliers et des actes médicaux [Internet]. [cité 5 mars 2024]. Disponible sur: <https://www.igas.gouv.fr/Evaluation-de-la-tarification-des-soins-hospitaliers-et-des-actes-medicaux.html>
 25. Tosti R, Foroohar A, Pizzutillo PD, Herman MJ. Kirschner wire infections in pediatric orthopaedic surgery. *J Pediatr Orthop*. janv 2015;35(1):69-73.
 26. Dormans JP, Squillante R, Sharf H. Acute neurovascular complications with supracondylar humerus fractures in children. *J Hand Surg*. 1 janv 1995;20(1):1-4.
 27. Raux S, Madelaine A. Sequelae of childhood elbow fracture. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. févr 2023;109(1S):103454.
 28. Muccioli C, ElBatti S, Oborocianu I, Rosello O, Solla F, Chau E, et al. Outcomes of Gartland type III supracondylar fractures treated using Blount's method. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. nov 2017;103(7):1121-5.
 29. Alonso E, Victoria C, Touati N, Vialle R, Fitoussi F, Bachy M. Computer aided multiplanar osteotomy using patient specific instrumentation to treat cubitus varus in children. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 29 déc 2023;103808.
 30. Tiret L, Nivoche Y, Hatton F, Desmonts JM, Vourc'h G. Complications related to anaesthesia in infants and children. A prospective survey of 40240 anaesthetics. *Br J Anaesth*. sept 1988;61(3):263-9.
 31. Dahmani S, Laffargue A, Dadure C, Veyckemans F, French APRICOT trial group. Description of practices and complications in the French centres that participated to APRICOT: A secondary analysis. *Anaesth Crit Care Pain Med*. déc 2019;38(6):637-45.
 32. Heinrich M, Menzel C, Hoffmann F, Berger M, Schweinitz D von. Self-administered procedural analgesia using nitrous oxide/oxygen (50:50) in the pediatric surgery emergency room: effectiveness and limitations. *Eur J Pediatr Surg Off J Austrian Assoc Pediatr Surg Al Z Kinderchir*. juin 2015;25(3):250-6.
 33. Canavese F, Marengo L, Tiris A, Mansour M, Rousset M, Samba A, et al. Radiological, clinical and functional evaluation using the Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire of children with medial epicondyle fractures treated surgically. *Int Orthop*. juill 2017;41(7):1447-52.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

