Tunisie ORTHOPÈDIQUE
Année 2025, Vol 13, N°1
PP 16 19
Accés Libre sur / Free Access on
https://tunisieorthopedique.com

INFLUENCE DE LA CONFIGURATION DE L'EMBROCHAGE LATÉRAL SUR LE RÉSULTAT ANATOMIQUE DES FRACTURES SUPRACONDYLIENNES DU COUDE CHEZ L'ENFANT

Ahmed Msakni,*, Amine Soussou, Mohamed Zairi, Sami Bouchoucha , Walid Saied, Mohamed Nabil Nessib, Rim Boussetta

Children's Hospital of Tunis, Faculty of medicine of Tunis, Tunis, Tunisia

Corresponding author : Ahmed MSAKNI

ABSTRACT

AIM: Evaluate the technical factors influencing the stability of percutaneous lateral pinning

METHODS: This was a descriptive, retrospective, and longitudinal study conducted in the Department of Pediatric Orthopedic and Traumatology at Béchir Hamza Children's Hospital in Tunis from January 1, 2014, to December 31, 2019, involving 573 children under the age of 14 who underwent surgical treatment for supracondylar elbow fractures.

RESULTS: The mean age was 5.03 ± 2.64 years. The gender ratio was 1.46. The fracture line was located in zone 4 in 325 cases. The entry level of the most medial pin corresponded to zones 2 and 3 in 28.4% each. Convergence analysis revealed convergent pins in 42.4%. The exit level of the lateral pin was between zone -1 and 1 in 66% of cases. The exit analysis of the medial pin corresponded to zone -2 in 43.1% of cases. In the sagittal plane, the entry level of the most anterior pin corresponded to zone 4 in 49.4% of cases. The entry of the lateral pin tended to be more medial for lower fracture lines. The position of the first pin, whether lateral or medial, influenced the placement of the second pin. The risk of secondary translation when pins converged in the coronal plane was multiplied by 1.7 ($p=0.02$). Regarding posterior tilting, it was multiplied by 2.21 for stage 4 fractures. The risk of secondary rotational displacement was multiplied by 4 for stage 4, by 4.08 for exit levels of the medial pin <-2, by 1.5 for convergent pins, and 4.5 for inter-pin distances $<1/3$ of the fracture line.

CONCLUSION: Our study showed that the divergent configuration was the most stable. Based on our results and those in the literature, we suggest a more medial entry zone for the lateral pin and a higher exit zone for the lateral pin.

RÉSUMÉ

OBJECTIF : Le but de notre travail était d'évaluer les facteurs techniques influençant la stabilité de l'embrochage latéral percutané.

MATÉRIELS ET MÉTHODES : Il s'agissait d'une étude descriptive, rétrospective et longitudinale, réalisée au service de chirurgie orthopédique et traumatologie de l'enfant et de l'adolescent à l'hôpital d'enfants Béchir Hamza de Tunis du premier janvier 2014 au 31 décembre 2019 à propos de 573 enfants d'âge inférieur à 14 ans traités chirurgicalement pour des fractures supracondyliennes du coude en percutanée selon Judet.

RÉSULTATS : L'âge moyen était de 5,03 ±2,64 ans. Le genre ratio est de 1,46. Le trait de fracture était situé au niveau de la zone 4 dans 325 cas. Le niveau d'entrée de la broche la plus médiale correspondait à la zone 2 et 3 dans 28,4% chacune. L'analyse de la convergence a révélé des broches convergentes dans 42,4%. Le niveau de sortie de la broche latérale se situait entre la zone -1 et 1 dans 66% des cas. L'analyse de sortie de la broche médiale correspondait à la zone -2 dans 43,1% des cas. Dans le plan sagittal, l'étude du niveau d'entrée de la broche la plus antérieure correspondait à la zone 4 dans 49,4% des cas. L'entrée de la broche latérale a tendance d'être médialisée pour les traits de fracture les plus bas.

La position de la première broche mise en place influence la pose de la deuxième broche. Le risque de translation secondaire lorsque les broches convergeaient sur le plan coronal était multiplié par 1,7 ($p=0,02$). La bascule postérieure était multipliée de 2,21 pour les stades 4 des fractures. Le risque de déplacements secondaire en rotation était multiplié par 4 pour les stades 4, par 4,08 pour les niveaux de sorties de la broche médiale <-2, par 1,5 pour les broches convergentes et 4,5 pour les distances inter broche $<1/3$ du trait fracturaire.

CONCLUSIONS : A la lumière de nos résultats et ceux de la littérature, nous proposons une zone d'entrée de la broche la plus latérale plus médiale et une zone de sortie plus haute.

Key words : *Child, elbow, supracondylar fracture, pinning, secondary displacement, Anatomical outcome,*
Mots clés : *Enfant, coude, Fracture supracondylienne, embrochage, déplacement secondaire, résultat anatomique.*

Tunisie ORTHOPÈDIQUE Année 2025, Vol 13, N°1 PP 16 19

Introduction :

Les fractures supra condyliennes (FSC) du coude chez l'enfant constituent un motif fréquent de consultation en chirurgie orthopédique infantile [1]. Elles représentent jusqu'à 80 % des fractures du coude chez l'enfant . Il s'agit de fractures dont le trait est extra-articulaire et traverse les deux colonnes de la palette humérale en passant par la zone de faiblesse présente entre les fossettes olécranienne et coronoïdienne ''' Son pic de fréquence se situe entre 5 et 7 ans et ceci survient souvent suite à une chute sur la paume de la main avec le coude en extension. Bien que la réduction anatomique initiale soit essentielle pour prévenir les complications à long terme, telles que les raideurs ou les cals vicieux, certains cas présentent une évolution défavorable malgré un résultat radiologique immédiat satisfaisant.

Dans ce contexte, notre étude a visé à évaluer les facteurs techniques influençant la stabilité de l'embrochage latéral parallèle à ciel fermé, selon la méthode de Judet.

Matériels et Méthodes :

Collecte des données :

Les données ont été extraites des dossiers médicaux du service d'orthopédie et de traumatologie de l'enfant et de l'adolescent de l'Hôpital d'Enfants Béchir Hamza de Tunis entre 1 janvier 2014 au 31 décembre 2019.

Les critères d'inclusion étaient : une FSC du coude en extension nécessitant un traitement chirurgical per cutané par embrochage latéral selon Judet pour avoir un groupe homogène, un âge inférieur à 14 ans et une présence du noyau d'ossification du condyle latéral à la radiographie standard. Nous n'avons pas inclus les fractures complexes et ouvertes OII et OIII, les fractures articulaires (sus et inter condyliennes), les fractures sur os pathologique (kyste, maladie osseuse congénitale, tumeur), les fractures en flexion, les traumatismes étagés, les réductions à ciel ouvert, un traitement orthopédique, un recul insuffisant (< Six semaines) et des clichés radiologiques non-interprétables aux différentes étapes de l'étude.

Technique chirurgicale :

La technique chirurgicale consistait en une réduction et un embrochage latéral percutané. Tous les patients ont eu une anesthésie générale pour une réduction par manœuvres externes à ciel fermé, suivie d'un embrochage percutané latéral parallèle selon la méthode de Judet. Les étapes de l'intervention comprenaient l'installation du patient en décubitus dorsal, la réduction anatomique du coude par des manœuvres externes, et la fixation des fractures en introduisant au niveau de la partie latérale de l'épiphyse distale deux broches de diamètre 18 ou 20, selon l'âge de l'enfant (broche 18 pour âge < 4 ans), tout en gardant le coude fléchi. Après la chirurgie, le membre opéré a été immobilisé avec un plâtre circulaire brachio-antébrachial (BAB) pendant une période de 6 semaines. Les broches ont été retirées en moyenne à 6 semaines postopératoires, soit sous anesthésie générale, soit en ambulatoire, en fonction de la tolérance du patient. Le bilan radiologique standard de tous les patients a comporté deux incidences orthogonales : coude de face, coude de profil. Ce bilan radiologique a été pratiqué en préopératoire, post opératoire immédiat et à 6 semaines post opératoires lors de l'ablation du plâtre.

Analyse pré opératoire :

La classification de Lagrange et Rigault a été utilisée pour classer les fractures [7]. Pour le niveau du trait de fracture, nous avons procédé à la mise en place d'une cartographie précise et reproductible, sur les clichés de face, de la palette humérale en se basant sur l'étude de Ji X et al [8]. Le niveau de sortie des deux broches a été repéré sur cette même cartographie également

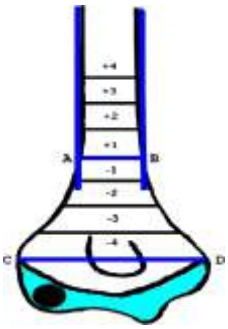

Figure 1 : Représentation schématique de la cartographie de la palette humérale de face selon Ji X et al [8]

Analyse post opératoire immédiate :

Nous avons identifié sur la radiographie de face : les points d'entrées des broches, les angles coronaux alpha : (angle formé par chaque broche et la ligne interépicondylienne), niveau de sortie des broches, la valeur différentielle entre les angles des deux broches (Figure 2) et la distance entre les deux broches (Figure 3).

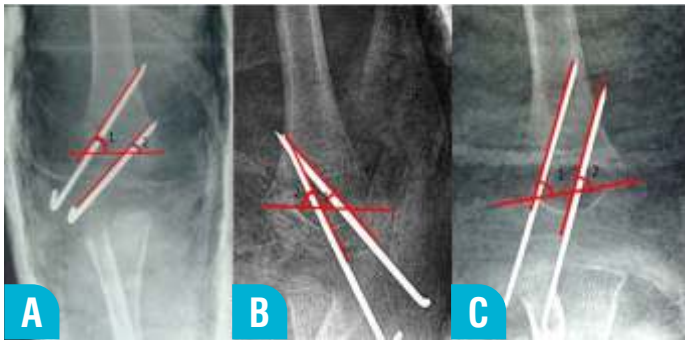

Figure 2 : Différentes configurations des montages
A: montage divergent : angle 1 : 50 °, angle 2 : 40°, B: montage convergent : angle 1 : 45°, angle 2 : 60°, C: montage parallèle : angle 1 :60°, angle 2 : 60°

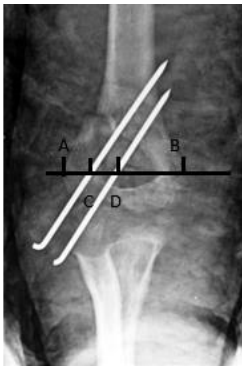

Figure 3 : Distance entre les deux broches
[AB]= Portion la plus large de la palette humérale [CD] =Distance entre les broches au niveau du trait de fracture

Pour le point d'entrée des deux broches, sur la radiographie de face le noyau d'ossification épiphysaire a été divisé en trois parties égales de latéral en médial avec un nombre croissant de latéral en médial et en commençant par « 1 » (Figure 4).

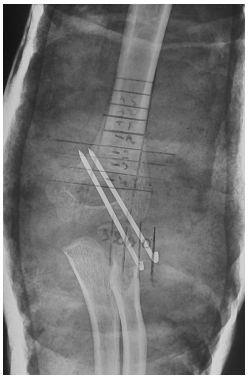

Figure 4 : Radiographie de face : Entrée de la broche 1 la plus latérale est 0. Entrée de la broche 2 la plus interne est 1

La valeur unitaire prise était le un tiers du noyau d'ossification du condyle latéral (NOC). De même sur la radiographie de profil cette valeur prend un chiffre croissant en allant d'antérieur en postérieur (figure 5).

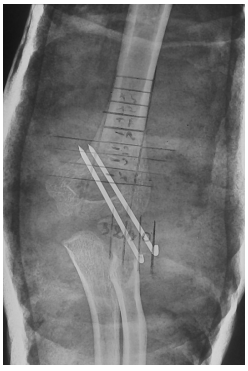

Figure 5 : radiographie de profil : Entrée des deux broches par le niveau 3

Tunisie ORTHOPÈDIQUE Année 2025, Vol 13, N°1 PP 16 19

L'entrée des broches dans le plan coronal a été numérotée selon cette cartographie par rapport au NOC. Nous avons aussi identifié sur la radiographie de profil : les angles sagittaux beta : (l'angle que fait chacune des broches avec l'horizontale (axe du col du radius passant par le NOC) et l'angle entre les deux broches.

Analyse à 45 jours post opératoire :

Cette analyse consistait en la recherche d'un déplacement secondaire (translation, bascule et rotation) à l'ablation du plâtre. Le repère était les constatations post opératoires immédiates.

Nous nous sommes basés sur les critères de Pesenti et al [9] :

- L'angle de Baumann de face
- L'angle capitello-huméral (ACH) de profil : antéversion de la palette humérale (Figure 6).

Des valeurs de 70° pour l'angle de Baumann et de 40° pour l'ACH étaient considérées comme normales.

- Les troubles rotatoires étaient jugés par l'analyse des colonnes latérales et médiales sur la radiographie de profil.

En se référant à ces critères [9], il existait un déplacement secondaire lorsqu'un écart de plus de 15° était noté pour l'angle de Baumann ou l'ACH, ou lorsqu'un trouble rotatoire était noté sur la radiographie de profil.

Figure 6

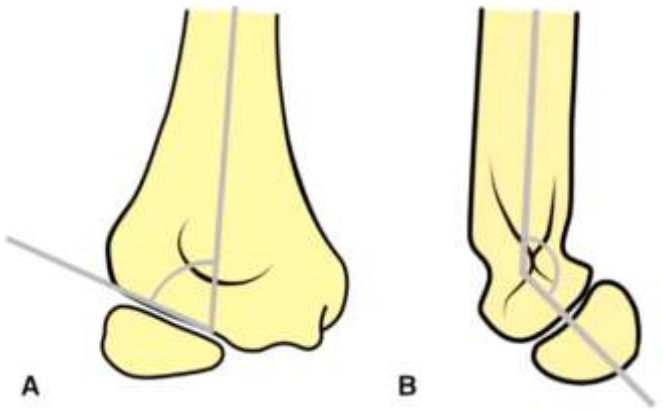

Figure 6 : Illustration des angles de Baumann et de l'angle capitello-humérale [9]. A: L'angle de Baumann de face, B: L'angle capitello-huméral

Analyse statistique :

Les données ont été analysées au moyen du logiciel SPSS version 27. Dans notre étude, nous avons calculé les fréquences absolues et les fréquences relatives (pourcentages) pour les variables qualitatives. Nous avons calculé les moyennes, les médianes et les écarts types, et nous avons déterminé les valeurs extrêmes pour les variables quantitatives. Dans l'étude analytique, nous avons utilisé : le test de khi deux De Mac Nemar pour échantillons appariés pour la comparaison entre deux pourcentages, la correction de Yates quand l'effectif théorique l'imposait, et le test Z de l'écart réduit pour échantillons appariés afin de comparer les moyennes statistiques. Le test de Mantel-Haenszel a été utilisé pour tester l'indépendance des trois composantes du déplacement secondaire. Les modèles de régression logistique binaire ont été utilisés pour analyser les facteurs influençant la stabilité. Nous avons fixé le risque d'erreur Alpha à 5% avec un seuil de signification $p<0.05$.

Résultats :

Nous avons colligé 573 patients. L'âge moyen était de 5,03 ±2,64 ans. Le genre ratio était de 1,46.

Le stade 2 a été observé dans 268 cas et le stade 3 dans 257 cas. La répartition selon le trait de fracture a montré des zone -4 dans (325 cas) et des zones -3 dans (230 cas). Concernant l'étude du positionnement des broches dans le plan coronal, le niveau d'entrée de la broche la plus latérale correspondait à la zone zéro dans 50,8% des cas. Le niveau d'entrée de la broche la plus médiale correspondait à la zone 2 et 3 dans 28,4% chacune. L'analyse de la convergence, dans le plan coronal, a révélé que les broches étaient : convergentes dans 42,4%, parallèles dans 23,7% et divergentes dans 33,9%. Le niveau de sortie de la broche latérale se situait entre la zone -1 et 1 dans 66% des cas. L'analyse de sortie de la broche médiale correspondait à la zone -2 dans 43,1% des cas. Dans le plan sagittal, l'étude du niveau d'entrée de la broche la plus antérieure correspondait à la zone 4 dans 49,4% des cas, et celui de la broche la plus postérieure correspondait à la zone 4 dans 44,2% des cas. La concordance de la zone d'entrée des broches était notée dans 74% des cas. L'analyse de la convergence, dans le plan sagittal, a mis en évidence que les broches étaient : convergentes dans 27% des cas, parallèles dans 51% des cas et divergentes dans 21% des cas dans le plan sagittal. Le déplacement secondaire était noté dans 15,8% des cas. L'étude analytique a démontré que l'entrée de la broche la plus latérale a tendance à être médialisée pour les traits de fracture les plus bas ($p<0,001$) et que plus le trait de fracture est haut situé, plus la sortie de la broche latérale sera haute. La position de la première broche mise en place, qu'elle soit la plus latérale ou la plus médiale influençait la pose de la deuxième broche avec une corrélation proche de 1. L'analyse de l'angle α a démontré que plus le trait de la fracture est haut situé plus l'angle α se rapprochait de 90 degrés et inversement, et que l'angle α de la deuxième broche suivait positivement l'angle de la première broche et inversement mais sans effet sur le parallélisme.

L'analyse des facteurs de risque de déplacement secondaire a démontré que le risque de translation secondaire lorsque les broches convergeaient sur le plan coronal était multiplié par 1,7 ($p=0,02$) avec un intervalle de confiance (IC) égale à [1,1 ; 2,61].

Concernant le déplacement secondaire dans le plan sagittal, il était multipliée par 2,21 ($p<0,001$) pour les stades 4 avec un IC : [1,46 ; 3,1]. Nous avons pu mettre en évidence qu'une zone de sortie de la broche latérale plus haute et une zone d'entrée de la broche latérale plus médialisée constituaient des facteurs protecteurs contre le déplacement secondaire en postérieur. En effet, pour les sorties coronales des broches les plus latérales situées à un étage ≥ -1, l'OR était de 0,6 avec un IC : [0,54 ;0,86] et une p value = 0,001.

Par ailleurs, plus l'entrée de la broche latérale était médialisée moins le risque de bascule postérieure secondaire était présent. Effectivement, les zones d'entrée en plein noyaux d'ossification ≥1 jouaient un rôle protecteur contre ce phénomène avec un OR = 0,789 et un IC : [0,628 ; 0,9] et une p= 0,043.

Le risque de déplacement secondaire en rotation était multiplié par 4 pour les stades 4, par 4,08 pour les niveaux de sorties de la broche médiale <-2, par 1,5 pour les broches convergentes et 4,5 pour les distances inter-broches <1/3 du trait fracturaire.

Par ailleurs, une sortie de la broche latérale >-1 était un facteur protecteur contre la rotation. Les facteurs influençant la rotation secondaire sont résumés dans le tableau I.

Tableau I : Facteurs influençant la rotation secondaire

	B	ddl	P value	OR	Intervalle de confiance 95%	
					Minimum	Maximum
Fracture stade 4	1,408	1	<0,001	4,087	2,087	8,005
Sortie broche latérale ≥ -1	-0,913	1	<0,001	0,401	0,254	0,634
Sortie broche médiale < -2	0,983	1	<0,001	2,673	1,541	4,636
Convergence	0,406	1	0,025	1,500	1,052	2,139
Distance inter broche < 1/3	1,510	1	<0,001	4,562	2,371	8,277

Discussion :
Notre étude a révélé des variations significatives dans le positionnement des broches en fonction du site de la fracture. La première broche influence fortement la pose de la deuxième, et des différences notables ont été observées entre les broches latérales et médiales. Les angles des broches sont également corrélés avec le niveau de fracture.
En effet, les différentes études rapportées dans la littérature, qu'elle soit biomécanique [10,11] ou bien anatomique [8,12] se sont intéressées à l'étude des résultats des différents types d'embrochage sans s'attarder sur l'analyse des différents facteurs influençant le positionnement des broches latérales et leur incidence sur le résultat radiologique et ainsi sur la stabilité de l'embrochage.
Le test de Mantel-Haenszel a confirmé l'indépendance des trois composantes du déplacement secondaire, avec une p-value de 0,003. Nous avons ensuite analysé chaque composante du déplacement secondaire : translation, bascule et rotation, individuellement en utilisant une régression logistique binomiale, en stratifiant sur les facteurs pertinents pour approfondir notre compréhension et éviter les biais.
Nous avons mis en évidence que la convergence des broches constituait le seul facteur de risque de déplacement secondaire en translation. En effet le odd ratio (OR) des broches convergentes était égale à 1,7 avec un intervalle de confiance égale à [1,1 ; 2,61] et une p value de 0,02. De ce fait le risque de translation secondaire lorsque les broches convergeaient sur le plan coronal était multiplié par 1,7 et peut l'être jusqu'à 2,61 dans la population générale.
Hamdi et al [11] ont proposé quatre configurations d'embrochage percutané latéral pour évaluer leur stabilité. Ils ont utilisé une broche latérale extrême comme broche fixe dans toutes les configurations. La deuxième broche a été placée de différentes manières : parallèle à la broche fixe, latérale par rapport à la fossette coronoïde, passant par le centre de la fossette coronoïde, ou médiale par rapport à la fossette coronoïde. Ils ont conclu que la quatrième configuration, avec la broche la plus divergente, offrait une stabilité supérieure aux autres configurations, avec une différence statistiquement significative.
Dans notre étude, le stade de la fracture s'est avéré être un facteur de risque significatif pour le déplacement secondaire en bascule postérieure. Des études antérieures ont identifié plusieurs types de fractures moins stables, notamment les fractures de stade ≥ 3 et celles avec comminution médiale [13,14].
Cependant, notre étude a mis en évidence deux facteurs protecteurs contre la bascule postérieure. D'une part, une sortie coronale plus haute de la broche latérale était associée à un moindre risque de bascule postérieure secondaire, avec un OR de 0,6 et une p-value de 0,001 pour les sorties situées à un étage ≥ -1. D'autre part, une entrée de la broche latérale plus médialisée offrait une protection contre ce phénomène, en particulier lorsque l'entrée était située en plein noyau d'ossification, avec un OR de 0,789 et une p-value de 0,043 pour les zones d'entrée ≥1. Une étude antérieure a également souligné que pour atteindre une zone ≥ +1, l'entrée de la broche doit être la plus médiale et postérieure possible par rapport au noyau d'ossification du condyle latéral [8]. Le déplacement secondaire en rotation dans notre étude a été associé à quatre facteurs : le stade 4 de la fracture, une sortie de la broche la plus médiale <-2, la convergence des broches et une distance inter-broches < 1/3 de la longueur du trait fracturaire. En revanche, une sortie de la broche latérale ≥ -1 était un facteur protecteur. Des études biomécaniques faites par Smida et al [15], ont montré que deux broches croisées offraient une stabilité maximale en rotation, tandis que la convergence des broches était à éviter. La distance inter-broches est également cruciale pour prévenir la perte de réduction, avec un espacement recommandé d'au moins 13 mm ou 1/3 de la largeur de l'humérus au niveau de la fracture [16]. Par ailleurs, les erreurs techniques lors de l'embrochage latéral parallèle ont été associées à la perte de correction, soulignant l'importance d'une prise bicorticale avec au moins deux broches et d'une évaluation radiographique approfondie pour éviter les erreurs

Conclusion :
Notre étude avait montré que la configuration divergente était la plus stable. A la lumière de nos résultats et ceux de la littérature, nous proposons une zone d'entrée de la broche la plus latérale plus médiale et une zone de sortie plus haute.

Niveau d'évidence : étude rétrospective longitudinale : Niveau III

Références :
1. Vaquero-Picado A, González-Morán G, Moraleda L. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. EFORT Open Rev. 2018;3(10):526-40.
2. Tokyay A. Effect of fracture location on rate of conversion to open reduction and clinical outcomes in pediatric Gartland type III supracondylar humerus fractures. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 2022;28(2):202.
3. Dana C, Pannier S. Fractures de l'extrémité inférieure de l'humérus chez l'enfant. EMC - Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie 2022;44(1):1–17 [Article 44-324].
4. Goh WCK, Ong EJY, Lee NKL, Mahadev A, Wong KPL. Systematic review of paediatric pulseless pink humerus supracondylar fractures. J Pediatr Orthop B. 2024;33(5):468-476.
5. Khademolhosseini M, Abd Rashid AH, Ibrahim S. Nerve injuries in supracondylar fractures of the humerus in children: Is nerve exploration indicated? J Pediatr Orthop B. 2013;22(2):123-6.
6. Kumar V, Singh A. Fracture Supracondylar Humerus: A Review. J Clin Diagn Res. 2016;10(12):1-6.
7. Lagrange J, Rigault P. Treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. Presse Med. 1970;78(53):2382.
8. Ji X, Kamara A, Wang E, Liu T, Shi L, Li L. A two-stage retrospective analysis to determine the effect of entry point on higher exit of proximal pins in lateral pinning of supracondylar humerus fracture in children. J Orthop Surg Res. 2019;14(1):351.
9. Pesenti S, Ecalle A, Gaubert L, Peltier E, Choufani E, Viehweger E, Jouve JL, Launay F. Operative management of supracondylar humeral fractures in children: Comparison of five fixation methods. Orthop Traumatol Surg Res. 2017;103(5):771-5.
10. Lee SS, Mahar AT, Miesen D, Newton PO. Displaced pediatric supracondylar humerus fractures: biomechanical analysis of percutaneous pinning techniques. J Pediatr Orthop. 2002;22(4):440-3.
11. Hamdi A, Poitras P, Louati H, Dagenais S, Masquijo JJ, Kontio K. Biomechanical Analysis of Lateral Pin Placements for Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. J Pediatr Orthop. 2010;30(2):135-9.
12. Abzug JM, Herman MJ. Management of Supracondylar Humerus Fractures in Children: Current Concepts. J Am Acad Orthop Surg. 2012;20(2):69-77.
13. Mangwani J, Nadarajah R, Paterson JMH. Supracondylar humeral fractures in children: Ten years' experience in a teaching hospital. J Bone Joint Surg Br. 2006;88-B(3):362-5.
14. Bahk MS, Srikumaran U, Ain MC, Erkula G, Leet AI, Sargent MC, et al. Patterns of Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. J Pediatr Orthop. 2008;28(5):493-9.
15. Smida M, Smaoui H, Jlila TB, Saeid W, Safi H, Ammar C, et al. Un index de stabilité pour l'embrochage percutané latéral parallèle des fractures supracondyliennes du coude chez l'enfant. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2007;93(4):404.
16. Pennock AT, Charles M, Moor M, Bastrom TP, Newton PO. Potential causes of loss of reduction in supracondylar humerus fractures. J Pediatr Orthop. 2014;34(7):691-7.