



TUNISIE ORTHOPÉDIQUE

Année 2015, Vol7, N° 1
pp 45-53

Accès Libre sur / Free Access on
www.sotcot.com

Traitement par embrochage centromédullaire ascendant des fractures diaphysaires de l'humérus de l'adulte. Analyse de la consolidation osseuse a propos de 76 cas.

Retrograde intramedullary nailing for humeral shaft fractures in adults. Analysis of the bone healing in 76 cases.

Zaraa M., Chenguel Z., Kedous MA., Raboudi T., Dridi M., Annabi H., Trabelsi M., Mbarek M.

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique. Centre de traumatologie et des grands brûlés, Ben Arous.

AUTEUR CORRESPONDANT: **Mourad ZARAA**

Service de chirurgie orthopédique. Centre de Traumatologie et des grands brûlés

E-mail: mourad.zaraa@hotmail.com

RESUME

Objectif : L'embrochage est une technique simple et peu coûteuse, adaptée à l'anatomie de l'humérus. Malheureusement ses performances biomécaniques sont souvent jugées modestes, nécessitant une immobilisation post-opératoire, avec un risque de pseudarthrose plus important qu'avec les autres méthodes thérapeutiques.

Le but de notre travail est d'analyser le taux et les délais de consolidation des fractures de la diaphyse humérale traitées par embrochage, selon le siège de la fracture et le type de trait (classification de l'AO) et de rechercher les facteurs de risque de la pseudarthrose humérale.

Matériel et méthodes : A partir de 1997, nous avons traité les fractures de la diaphyse humérale (76 cas) par la technique d'embrochage rétrograde par voie sus-épicondylienne. Les fractures ont été classées selon la classification AO et selon la classification de Hackethal modifiée par De La Caffinière. L'évaluation fonctionnelle a utilisé la classification de Stewart et Hundley modifiée.

Résultats : Nous avons obtenu 45 très bons résultats, 13 bons résultats, six assez bons résultats et 12 mauvais résultats. Les mauvais résultats ont été neuf cas de pseudarthrose et trois cas de raideur de l'épaule. Le délai moyen de consolidation a été de 63 jours. Nous n'avons pas noté de paralysie radiale iatrogène, ni de sepsis profond.

Conclusion : L'embrochage est une méthode fiable, de réalisation facile et à faible coût économique. Nous la proposons à tous les types de fractures déplaçées de la diaphyse humérale.

ABSTRACT:

Objective: The nailing is a simple and inexpensive technique which is adapted to the anatomy of humerus. Unfortunately its biomechanical performance are often seen as modest and postoperative immobilization is then required with a greater risk of nonunion than with the other methods of treatment. The aim of our study was to analyze the rate and delay of fracture healing of the humeral shaft treated by Retrograde intramedullary nailing, depending on the fracture location and line (AO classification) and look for risk factors of humeral nonunion.

Methods: Since 1997, we treated humeral shaft fractures (76 cases) by retrograde intramedullary nailing through the lateral condyle. The AO classification and the Hackethal classification modified by De La Caffinière were used. Outcome was assessed according to the modified Stewart and Hundley classification.

Results: We had 45 very good results, 13 good results, six passable results and 12 bad results. The bad results were nine cases of non-union and three cases with poor function (stiffness of shoulder). Mean delay to union 63 days. There were no cases of iatrogenic radial nerve palsy or deep infection.

Conclusion: Retrograde intramedullary nailing is a reliable method, easy to perform and of low economic cost. We propose it for all types of displaced shaft humeral fractures.



I. INTRODUCTION

Les fractures de la diaphyse humérale représentent 1 à 3% de l'ensemble des fractures des membres chez l'adulte^[1]. Si certaines fractures diaphysaires de l'humérus peuvent être traitées orthopédiquement^[2], le traitement est le plus souvent chirurgical permettant une réduction et un alignement corrects de la fracture^[3] et une rééducation précoce des articulations adjacentes^[4,5].

De nombreux moyens d'ostéosynthèse chirurgicale sont disponibles tels que l'embrochage centromédullaire ascendant type Hackethal^[6], l'enclouage centromédullaire antérograde^[7], ou encore l'ostéosynthèse par plaque vissée^[8]. Aucune technique ne semble avoir prouvé sa supériorité et les données de littérature ne permettent pas de trancher entre ces différentes techniques^[9]. Cependant, l'objectif du traitement est toujours le même : obtenir une réduction correcte de la fracture et une stabilisation efficace afin de permettre une rééducation précoce permettant au patient de retrouver le même niveau de fonction antérieur au traumatisme^[10].

Le but de notre étude est d'évaluer les résultats anatomiques et fonctionnels de 76 patients opérés par embrochage centromédullaire fasciculé par voie sus-épicondylienne afin de dégager les indications de l'embrochage dans les fractures récentes de la diaphyse humérale et les conditions exigées pour obtenir un montage stable.

II. PATIENTS ET METHODES

A- Patients

Il s'agit d'une étude rétrospective menée sur une période de 5 ans colligeant 76 fractures de la diaphyse humérale traitées par la technique d'embrochage centromédullaire ascendant par voie sus-épicondylienne. Ainsi, toutes les fractures diaphysaires récentes de l'humérus traitées par embrochage centromédullaire par voie sus-épicondylienne pendant la période d'étude ont été incluses.

Nous avons exclu de cette étude les fractures irradiant à la métaphyso-épiphyse supérieure rattachées aux fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus, les fractures irradiant à la métaphyso-épiphyse inférieure rattachées aux fractures de la palette humérale^[9] et les fractures pathologiques.

1. Données épidémiologique:

L'âge moyen de nos patients était de 44,6 ans, avec des extrêmes de 15 ans et 85 ans. Il s'agissait d'adultes jeunes, entre 15 et 45 ans dans 39 cas (soit 51,3%). Dix sept patients avaient plus de 60 ans. Il y avait 39 hommes et 37 femmes. Le côté droit était atteint dans 44 cas et le côté gauche dans 32 cas.

Les circonstances de survenue étaient dominées par les accidents domestiques (38 cas dont 25 femmes) et les accidents de la voie publique (31 cas dont 20 hommes). Les autres étiologies étaient les accidents de travail dans trois cas, les accidents de sport dans deux

décubitus dorsal, sans garrot, le membre supérieur reposant sur une table à bras radio transparente autorisant l'usage d'un amplificateur de brillance.

La cathétérisation du pilier externe de la palette humérale est effectuée en sus- et rétro-épicondylien.

Nous n'avons utilisé dans notre série que des broches en acier de 30 dixièmes de millimètres de diamètre, spatulées, à extrémité mousse et béquillées d'un angle d'environ 45°.

Les montages par deux ou trois broches ont été les plus fréquents avec 34 cas pour chaque type (Tableau I).

Tableau I : Répartition des différents montages selon le nombre de broches.

Nombre de Broches	Nombre de cas
1	2
2	34
3	34
4	5
5	1
Total	76

Un montage par trois broches de 30/10 de mm a été possible chaque fois que la largeur du canal médullaire était supérieure à 06 millimètres dans tous les secteurs diaphysaires et ceci quelque soit le type de fracture. En effet, le diamètre endo-médullaire s'élargit avec l'âge pour atteindre 16 mm chez les sujets de plus de 60 ans (figure 1).

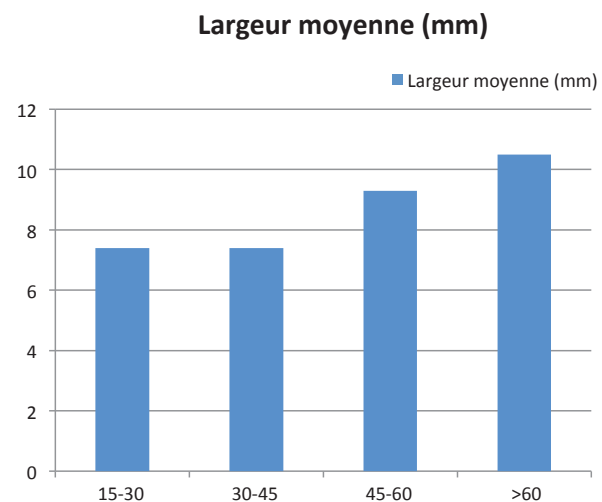


Figure 1 : Largeur moyenne du canal médullaire en fonction de l'âge.

Dans deux cas, seul un montage par une seule broche de 30/10 de mm a été possible (figure 2).

La plupart des patients ont été opérés sous anesthésie locorégionale. Tous les patients ont été installés en

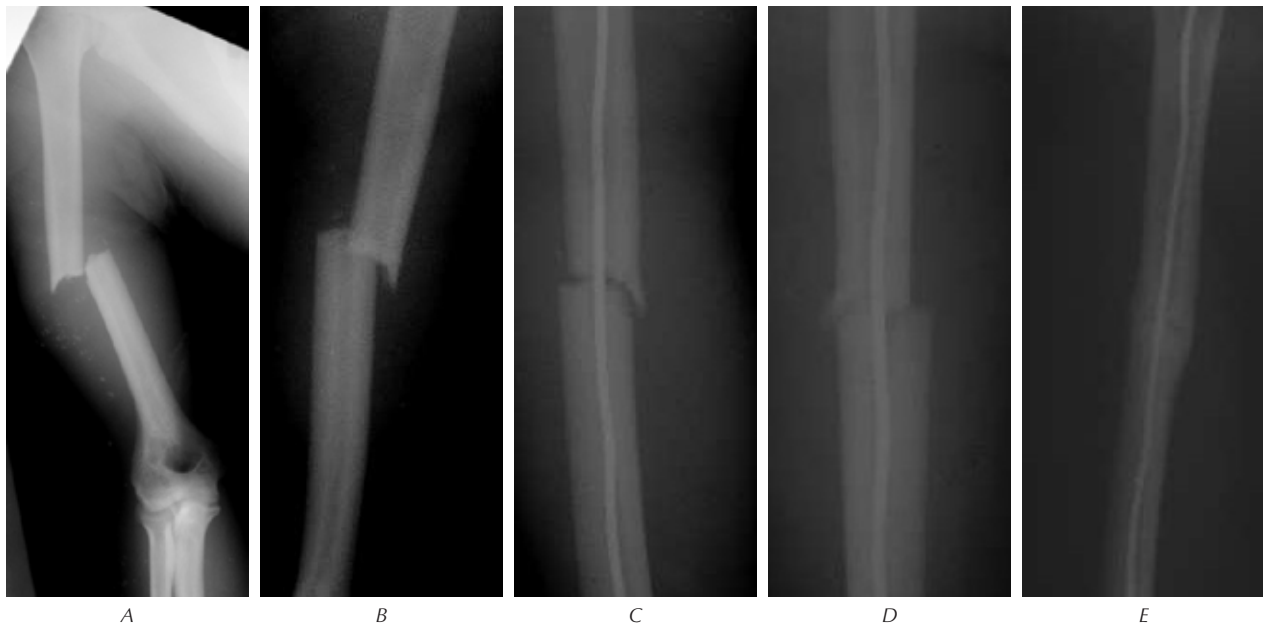


Figure 2 : A-B : Fracture type A3 en zone D4 avec un canal médullaire étroit chez un patient âgé de 22 ans. C-D : Montage par une seule broche. E : Consolidation en 60 jours.

Aucune exploration du nerf radial n'a été pratiquée dans les 05 cas de paralysie associée à une fracture fermée médio diaphysaire.

Une i cas et une agression dans deux cas.

Les fractures de la diaphyse humérale rentraient dans le cadre d'un polytraumatisme dans 18 cas (soit 23,7 %), de polyfractures dans 19 cas (soit 25 %) et d'un traumatisme étagé du membre supérieur dans 8 cas (soit 10,5%) (figure 3).

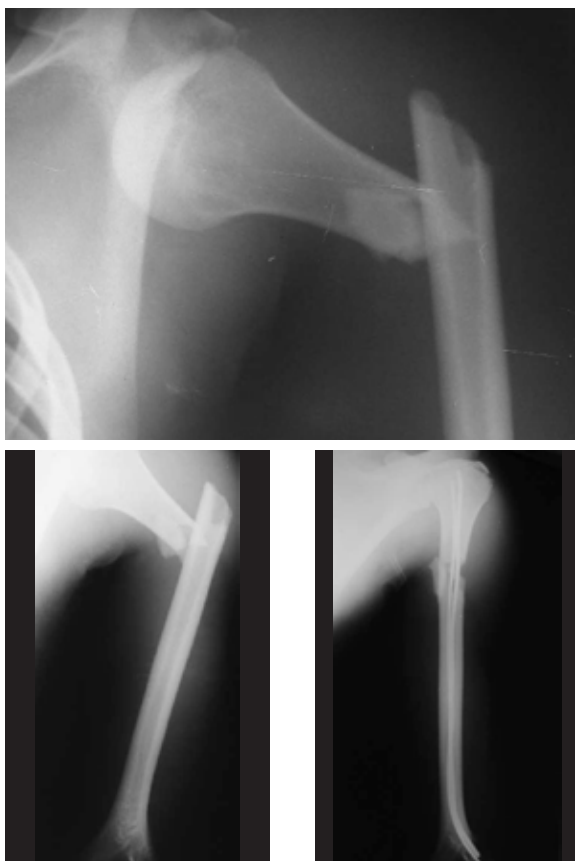


Figure 3 : A-B : Traumatisme étagé du membre supérieur avec fracture luxation de l'épaule, fracture de l'humérus en zone D4 de type B2 associée à une paralysie radiale avec lésion vasculaire. C : Synthèse de l'humérus par un embrochage ascendant dans le même temps opératoire que la réparation nerveuse et la revascularisation du membre.

2. Données cliniques et radiologiques

Le siège de la fracture a été déterminé selon la classification de Hackethal modifiée par De La Caffinière^[10] (Tableau II). Les fractures du tiers moyen (en zone D4) représentaient 63 % des fractures de notre série.

Tableau II : Localisation des fractures de notre série selon la classification de Hackethal modifiée par De La Caffinière^[9]

	Siège du trait de fracture	Nombre de cas
D2	Fracture métaphysaire haute	-
D3	Fracture de la jonction 1/3 supérieur 1/3 moyen	15
D4	Fracture du 1/3 moyen	48
D5	Fracture de la jonction 1/3 moyen 1/3 inférieur	9
D6	Fracture métaphysaire basse	4

La classification de l'AO a été retenue pour étudier les différents types de traits de fracture^[11].

Les fractures les plus fréquentes de notre série étaient de type A3 (28 cas /76) (Tableau III). L'association fracture du tiers moyen (D4) – trait transversal (type A3) représentait la forme la plus fréquente de notre série (28 cas /76) (Tableau IV).

Tableau III : Répartition des fractures de l'humérus de notre série selon la classification de l'AO^[11]

	Type de fracture	Nombre de cas
A1	Fracture spiroïde	8
A2	Fracture oblique	13
A3	Fracture transversale	28
B1	Fracture a coin de torsion	7
B2	Fracture a coin de flexion entier	14
B3	Fracture a coin de flexion fragmenté	-
C1	Fracture complexe comminutive spiroïde	2
C2	Fracture bifocale	3
C3	Fracture complexe comminutive non spiroïde	1

Tableau IV : Répartition des 76 fractures selon le type et le siège.

	D2	D3	D4	D5	D6	Total
A1	-	6	2	-	-	8
A2	-	2	6	3	2	13
A3	-	2	24	1	1	28
B1	-	1	1	4	1	7
B2	-	2	11	1	-	14
B3	-	-	-	-	-	-
C1	-	1	1	-	-	2
C2	-	-	3	-	-	3
C3	-	1	-	-	-	1
Total	-	15	48	9	4	76

La fracture était ouverte type I de Cauchoix-Duparc dans 08 cas (figure 4).

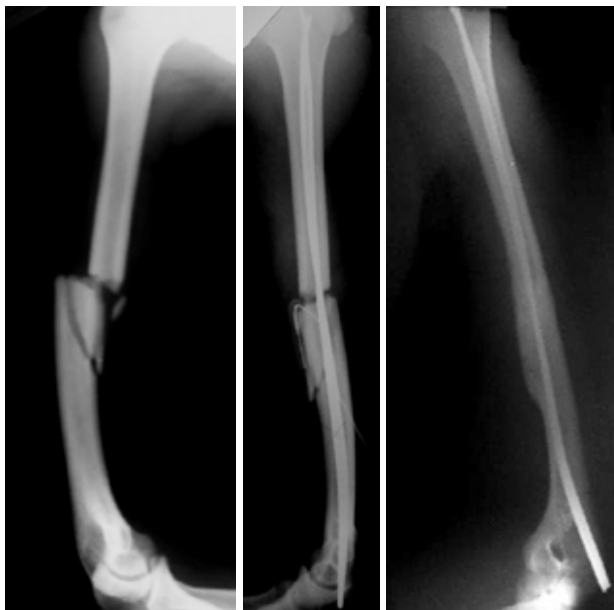


Figure 4 : A: Fracture B2-D4, ouverte Cauchoix-Duparc I, à canal médullaire étroit ; B: Montage par 2 broches ; C: Consolidation au bout de 90 jours.

La paralysie radiale post-traumatique était présente dans 05 cas. Elle était associée dans la plupart des cas à une fracture A3 – D4.

B- Méthodes

Immobilisation coude au corps de type Mayo Clinic a systématiquement été réalisée en post-opératoire pour une durée de 4 à 6 semaines. La plupart des opérés ont quitté l'établissement le lendemain de l'opération. La rééducation activo-passive du membre est débutée par la suite en évitant toute manœuvre douloureuse.

III. RESULTATS

Le recul moyen était de 16 mois avec des extrêmes de 4 mois à 84 mois.

Les patients ont été revus tous les mois jusqu'au sixième mois postopératoire ; puis tous les trois mois.

A- La consolidation (tableau V)

Nous avons retenu quatre mois de délai pour les retards de consolidation et huit mois pour les pseudarthroses.

La consolidation a été obtenue dans 67 cas (soit 88 %). Le

délaï moyen d'apparition du cal était de 32 jours avec des extrêmes de 18 et 75 jours. Le délaï moyen de la consolidation était de 63 jours.

Tableau V : Consolidation selon le nombre de broches.

Nombre de broches	Nombre de consolidés	Délaï moyen de consolidation en jours	Nombre de pseudarthroses
1	2	60	-
2	29	73[45 – 240]	5
3	31	55[42 – 210]	3
4	4	60	1
5	1	45	-
Total	67	63	9

Nous avons déploré 9 cas de pseudarthroses aseptiques (soit 12 %). Il s'agissait de :

- Cinq fractures de type B2 en zone D4 synthésées par 2 broches dans 3 cas, par 3 broches dans 1 cas et par 4 broches dans 1 cas;
- Deux fractures de type A1 en zone D3 synthésées par 3 broches;
- Une fracture de type B2 en zone D3 synthésée par 2 broches ;
- Une fracture de type B1 en zone D5 synthésée par 2 broches.

Ces pseudarthroses étaient toutes secondaires à des insuffisances techniques et nous avons noté une persistance d'un écart inter-fragmentaire dans 7 cas, la présence d'un 3^{ème} fragment en aile de papillon iatrogène dans 5 cas (figure 5) et une réduction insuffisante des fractures spiroïdes hautes en zone D3 dans 2 cas.

Sept malades sur neuf ont été repris par différentes techniques : fixateur externe type Ilizarov dans 4 cas, Orthofix dans 1 cas et plaque vissée dans 2 cas. La consolidation a été obtenue dans tous les cas.

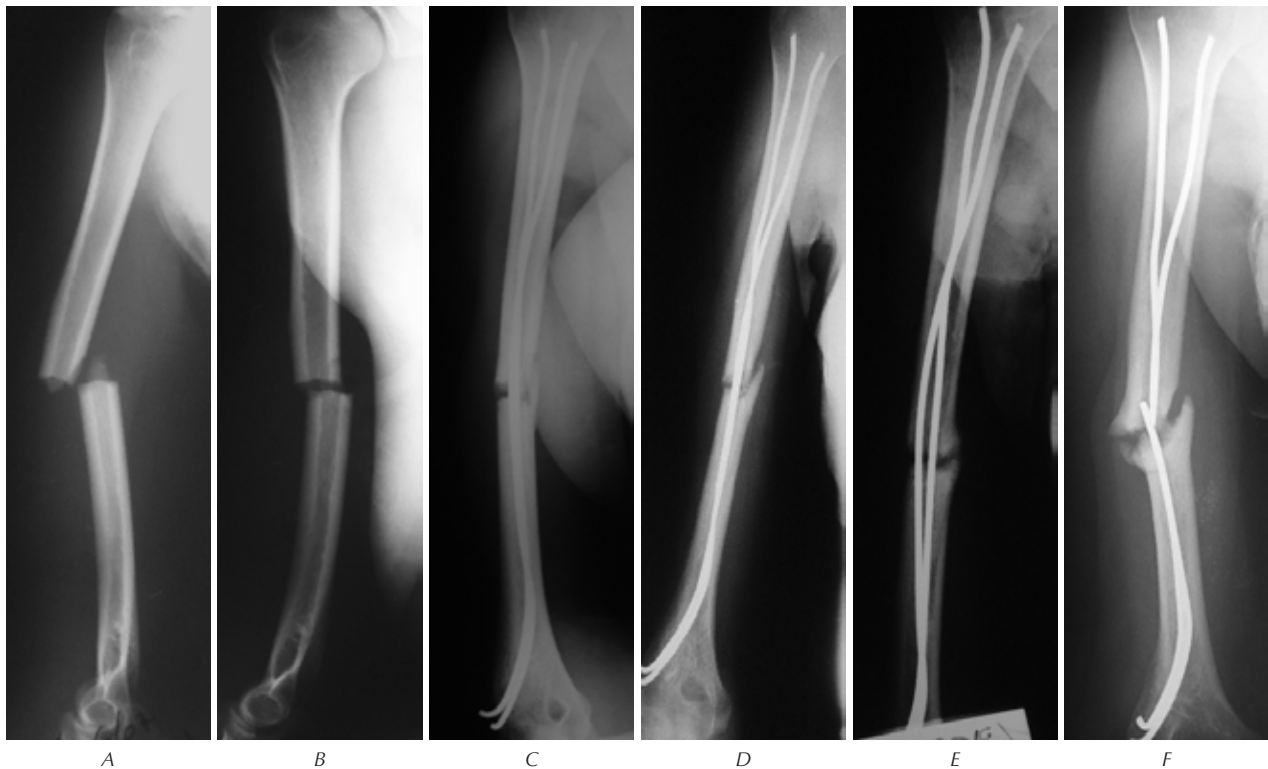


Figure 5 :
 A-B : Fracture A3 – D4 chez une patiente âgée de 39 ans ;
 C-D : 3^{ème} fragment iatrogène après le passage de 2 broches ;
 E-F : Evolution vers une pseudarthrose hypertrophique avec rupture du matériel.

B- Résultat fonctionnel

La classification de Stewart et Hadley^[12] (Tableau VI) a été utilisée pour étudier le résultat fonctionnel. Nous avons eu 58 cas (76 %) de bons et de très bons résultats, six cas (8 %) d'assez bons résultats et douze cas (16 %) de mauvais résultats.

Tableau VI : Évaluation fonctionnelle suivant la classification de Stewart et Hundley modifiée^[12] des 76 patients de la série

		Nombre	%
Très bon résultat	Absence de douleur Mobilité normale de l'épaule ou du coude	45	59
Bon résultat	Pas de douleur ou climatique Raideur de l'épaule ou du coude inférieure à 20°	13	17
Résultat passable	Douleur à l'effort Raideur de l'épaule et du coude entre 20 et 40°	6	8
Mauvais résultat	Douleur permanente Pseudarthrose ou paralysie radiale iatrogène	12	16
Total		76	100

Les mauvais résultats étaient représentés par les neuf cas de pseudarthrose, deux cas de raideur du coude et un cas de raideur de l'épaule.

Sur le plan fonctionnel, la mobilité de l'épaule était normale dans 45 cas, limitée de 20° en abduction dans 13 cas. Trois patients ont présenté une raideur importante de l'épaule avec un déficit de 60° en abduction au recul moyen de 16 mois.

La mobilité du coude était normale dans 58 cas et limitée de 20° en extension dans trois cas.

C- Complications :

Nous n'avons déploré aucun cas de paralysie radiale iatrogène. Les broches étaient saillantes au niveau du coude chez 9 patients obligeant à l'ablation du matériel à la consolidation de la fracture. Nous n'avons noté qu'un seul cas de sepsis superficiel dû à la saillie d'une broche au niveau du coude qui a bien évolué après ablation du matériel. Nous n'avons observé qu'un seul cas de migration de broche vers l'épaule sans retentissement fonctionnel, et longtemps bien tolérée.

Un cal vicieux supérieur à 10 degrés, quoique bien toléré, a été constaté chez 9 patients. Il siégeait en zones D5 et D6 dans 5 cas. Il s'agissait de fractures type A3 dans 4 cas et type A2 dans 2 cas.

IV. DISCUSSION

L'embrochage à foyer fermé est une opération simple, rapide, peu coûteuse et dont l'innocuité paraît intéressante même lors de l'ablation du matériel^[7]. Toutefois, cette technique nécessite l'expérience du foyer fermé ainsi qu'une parfaite maîtrise de la technique^[13].

L'embrochage fasciculé s'applique parfaitement à la diaphyse humérale^[7]. Les études anatomiques au scanner sur pièce sèche montrent que le canal médullaire huméral se prolonge distalement dans le pilier externe avec un calibre d'au moins 6 mm^[14].

La plupart des problèmes mécaniques rencontrés après embrochage centromédullaire sont dus aux montages imparfaits aux qualités mécaniques insuffisantes. Ceci se voit essentiellement en cas de broches trop courtes ne prenant pas appui dans le spongieux métaphysaire, de broches de petit calibre ayant un effet de rappel insuffisant,

de broches dont les courbures initiales sont différentes entraînant une angulation résiduelle ou d'enroulement d'une des broches autour de l'autre empêchant les sommets des courbures de s'écarter et perdant ainsi l'appui cortical^[5,7].

La voie d'abord minimalement invasive pratiquée dans notre série avec une cathétérisation de 5 à 10 millimètres en sus et rétro-épicondyléen (juste en arrière du pilier externe et non à son bord externe), permet de mieux réaliser le « toboggan », facilitant l'introduction des broches dans la métaphyse et leur progression dans le canal diaphysaire.

Chaque fois que la largeur du canal médullaire dépassait les 06 millimètres, un montage par trois broches de 30/10^{ème} de mm a été possible permettant une meilleure stabilité fronto-sagittale et horizontale. Nous n'avons eu aucun cas de migration de broches au niveau du coude, et la saillie sous-cutanée des broches a été rare (09 cas) avec un seul cas d'infection superficielle. Malheureusement, le montage par 3 broches ou plus n'a pas été toujours possible chez l'adulte jeune qui présente souvent un canal médullaire étroit (6-8 millimètres), des corticales épaisses (4-7 millimètres) et un os spongieux dense et résistant à la pénétration des broches. Un montage par une seule broche de 30/10^{ème} de mm a été réalisé chez 2 patients. Dans ces cas, l'insuffisance du contrôle de la rotation a incité à l'association d'une immobilisation complémentaire.

Dans notre série, le passage du foyer de fracture par des broches de 30/10^{ème} de mm béquillées à 45 degrés a souvent été laborieux entraînant dans 05 cas un refend avec création d'un 3^{ème} fragment en aile de papillon déplacé, transformant ainsi une fracture type A3 en une fracture type B2. La dévascularisation de ce 3^{ème} fragment a souvent empêché le développement du cal périphérique menant vers la pseudarthrose.

Afin d'éviter la réalisation d'un montage fragile à une seule broche, et pour faciliter la progression des broches dans le canal diaphysaire, la disponibilité de broches moins béquillées (15 – 30°) avec différents diamètres (25-30/10^{ème} de mm) est indispensable sachant que le diamètre des broches utilisées doit être proportionnel à la largeur du canal médullaire.

Diamètre des broches = diamètre du canal médullaire x 0,4^[7]

Du fait des rapports étroits du nerf radial avec la face dorsale de la diaphyse humérale, la paralysie du nerf radial constitue la complication la plus fréquente des fractures diaphysaires de l'humérus. Elle est présente dans 10 à 20 % des cas, notamment quand le trait se situe à l'union du tiers moyen et du tiers inférieur^[15]. L'attitude thérapeutique devant une telle complication reste discutée. Environ 20 à 30 % des explorations chirurgicales ne retrouvent aucune lésion anatomique au niveau du nerf radial^[16].

La fréquence des récupérations spontanées est un argument supplémentaire pour ceux qui prônent le traitement orthopédique ou l'ostéosynthèse à foyer fermé. Sur le plan lésionnel, il s'agit le plus souvent d'une neuropraxie. La section du nerf par un fragment osseux est exceptionnelle

et est l'apanage des fractures spiroïdes ou obliques à grand déplacement latéral et antérieur et des traumatismes à haute énergie. En dehors de certaines fractures à grand déplacement il existe un consensus sur l'inutilité d'une exploration du nerf radial en urgence^[17]. Certains auteurs ont une attitude plus nuancée en fonction du type et du siège de la fracture. De Mourgues et al.^[18] préconisent une abstention en urgence et une exploration entre 3,5 et 4 mois en l'absence de récupération. Ainsi, la paralysie radiale ne représente pas une contre-indication à l'embrochage à foyer fermé de l'humérus.

L'embrochage centromédullaire à foyer fermé a l'avantage d'être une technique opératoire simple qui évite les risques inhérents à l'ouverture du foyer de fracture et diminue le risque septique^[7].

Les paralysies radiales iatrogènes sont rencontrées après traitement orthopédique ou chirurgical^[9, 15] et leur taux varie de 1,6 %^[2] à 3,5 %^[14]. Elles sont cependant plus fréquentes après traitement chirurgical par plaque. Dans la voie sus-épicondyléenne latérale, le nerf radial étant loin, la paralysie radiale postopératoire est rare (1 %)^[19].

L'infection, complication exclusive des traitements chirurgicaux (taux variant de 2 à 4 %), est plus fréquente après chirurgie à foyer ouvert (plaque, prothèse) qu'après enclouage. Elle est exceptionnelle après embrochage^[20].

La saillie sous-cutanée des broches peut être évitée en coupant les broches au ras de la fenêtre d'introduction corticale : il faut trouver un compromis entre les possibilités d'extraction future et l'absence de conflit avec les parties molles^[13].

Le positionnement précis des broches en proximal évitera tout risque de migration intra céphalique ou à l'orifice distal. Les broches doivent être coupées à ras pour éviter un conflit tendineux ou cutané, source de raideur^[13]. La méthode n'a pas toujours évité la migration des broches vers l'épaule après embrochage centromédullaire. Toutefois, celle-ci est toujours sans conséquence sur le devenir fonctionnel final^[10]. Ces migrations étaient en règle prévisibles et surviennent lorsque l'extrémité proximale des broches a été poussée trop loin dans la tête humérale, notamment dans la tubérosité majeure. Le télescopage inévitable d'un foyer de fracture comminutif entraîne ainsi leur ascension du fait de l'excellent verrouillage distal. Ces incidents devraient être évités en laissant l'extrémité proximale des broches suffisamment à distance de l'articulation de l'épaule^[10].

L'embrochage fasciculé est très approprié pour les fractures déplacées de la diaphyse humérale en zones de D2 à D5 selon Hackethal, opinion largement partagée par Baranowski^[19] par contre il a ses limites pour les fractures en zone D6^[5].

Dans notre série, 5 des 9 cas de cals vicieux de plus de 10 degrés, ont été observés sur des fractures siégeant en zones D5 et D6 très difficiles à réduire. Ces cals vicieux importants avec incurvation du matériel ont mis en relief la fragilité des montages avec 2 broches de diamètre insuffisant. Dans la plupart des cas, un écart iatrogène dans le foyer était conjugué et avait favorisé l'incurvation du matériel. Cette situation doit conduire à prolonger l'immobilisation



jusqu'à l'apparition des premiers signes de continuité osseuse^[10]. L'expérience des traitements orthopédiques a, certes, montré la bonne tolérance fonctionnelle et esthétique des cals vicieux angulaires^[21].

Les cals vicieux rotatoires sont en règle générale compensés par le déplacement du secteur de mobilité de la glèno-humérale^[22].

Le taux de pseudarthrose varie de 5 à 28 %^[23]. Les pseudarthroses infectées de l'humérus avec fistule productive sont rares^[24]. Quelques cas traités par la méthode d'Illizarov ont été rapportés^[24].

La pseudarthrose aseptique est la complication la plus fréquente du traitement des fractures récentes de la diaphyse humérale^[23]. Les performances biomécaniques de l'embrochage apparaissent modestes^[25]. A titre indicatif, le taux de pseudarthrose peut être établi à partir des différentes séries de la littérature: il est de 3,8 % pour le traitement par plâtre pendant et de 1,4 % d'après Sarmiento^[26]; l'enclouage de Seidel expose à 5 % de pseudarthrose, l'embrochage de Hackethal à 5,6 %, le fixateur à 4,2 %; enfin, 1,5 % de non consolidations sont comptabilisées après ostéosynthèse par plaque. Les embrochages élastiques et les enclouages non verrouillés sont les plus pourvoyeurs de pseudarthroses.

Gayet et al.^[5] dans sa série de 129 embrochages trouvent 5 % de pseudarthroses. La série d'Andre et al.^[23] s'écarte de la moyenne avec 28 % de pseudarthroses. La revue de Paris et al.^[27] trouve 6,3 % de pseudarthroses. La série plus récente de La Caffinière et al.^[10] note 7,3 % de pseudarthroses sur 82 cas d'embrochage centromédullaire. Dans notre série, nous déplorons 09 cas de pseudarthrose (soit 12 %). Elle a compliqué l'évolution de fractures types B2 – D4 dans 05 cas, A1 – D3 dans 02 cas, B2 – D3 dans 01 cas et B1 – D5 dans un autre cas.

L'étude des facteurs de risque de pseudarthrose montre l'effet favorisant des erreurs techniques même minimales notamment en cas de distraction du foyer, de remplissage endo-médullaire incomplet, ou d'un écart inter fragmentaire important^[24].

Un montage par 2 broches (34 cas /76) n'occupant pas la totalité du canal médullaire permet certes de préserver la formation du cal endosté mais la mobilité élastique doit être limitée pour ne pas léser le processus en pont (« bridgions process ») du cal primaire dont les cellules sont disposées longitudinalement entre les fragments^[28].

Un foyer transversal risque, sous l'effet de la pesanteur, d'être immobilisé avec un écart inter-fragmentaire, ne permettant pas au cal périosté d'être unitif.

C'est au même risque de pseudarthrose qu'expose une fracture à troisième fragment (fracture type B2) fixé en distraction par un embrochage.

Seul le remplissage complet du canal médullaire permet d'assurer une bonne stabilité, en particulier en rotation grâce à un bon ancrage divergent « en bouquet » dans la tête humérale et à un contact inter fragmentaire étroit obtenu par impaction. En effet, le canal médullaire huméral étant aplati à sa partie basse et au contraire large et cylindrique dans sa partie haute^[18], le remplissage homogène de l'ensemble du canal est donc fictif^[29]. On doit

ainsi veiller à réduire convenablement le foyer de fracture avant le passage des broches.

Parmi les utilisateurs de la voie épicondyléenne, De La Caffinière^[10] a rapporté dans 4 cas sur 17 (24 %) une limitation de l'extension du coude dont 2 définitives. Sessa^[30] en a noté 3 sur 52 (6 %).

Dans notre série, la mobilité du coude était limitée de 20° en extension dans trois cas.

Les performances biomécaniques de l'embrochage ont souvent été jugées modestes. Henley^[25] a comparé l'embrochage selon Hackethal aux autres techniques de synthèse (Clou, plaque); les embrochages souples procurent les moins bonnes rigidités en inclinaison frontale, latérale et en torsion, et n'égalent jamais l'humérus intact. Toutefois, la rigidité d'un montage centromédullaire nécessaire et suffisante à stabiliser un foyer de fracture et induire l'ostéogénèse reste inconnue.

La consolidation osseuse est essentiellement périostée^[28]. Les micromouvements permis par l'ostéosynthèse élastique favorisent le développement du cal externe dès les premières semaines^[31].

Dans notre série, la consolidation osseuse a été obtenue dans 88 % des cas avec un délai moyen de 63 jours. Comme De La Caffinière^[10] nous avons observé des délais de consolidation comparables à ceux du traitement orthopédique.

De Mourgues et coll.^[18] ont rapporté un délai moyen de 8,5 semaines par plâtre pendant. Hunter et coll.^[32] ont rapporté un délai moyen de 7,5 semaines avec la même méthode, tandis que Balfour^[33] et coll.

Ont rapporté 8,5 semaines avec une attelle dans un bandage. Pour Sarmiento et coll.^[26] puis Dufour et Coll.^[21], le délai moyen était respectivement de 8,5 et 9,6 semaines. Ces chiffres sont à comparer avec ceux des autres méthodes d'ostéosynthèse conventionnelle: le clou simple a donné un délai moyen de 11 semaines à André et coll.^[23] et Stern et coll.^[34].

Le clou verrouillé de Seidel a donné un délai moyen de 18 semaines pour Robinson et coll.^[35]. Rogers et coll.^[36] ont obtenu un délai moyen de 13,7 semaines avec un clou verrouillé ascendant.

Quant à l'ostéosynthèse par plaque, les délais moyens de consolidation ont varié de 12 à 24 semaines pour André et coll.^[23], Dabezies et coll.^[37], Bell et coll.^[38], Van Der Grine et coll.^[39].

Dans l'ensemble, sur 555 fractures diaphysaires, la durée moyenne de consolidation était de 65 jours et le taux de pseudarthrose était de 4,5 % (Tableau VII).



Tableau VII : Principales séries d'embrochage huméral fasciculé publiées dans la littérature

Séries de la littérature	N	Délai	Pseud	Inf	Par T	Par O	Rev	Raid
Brumback[40] 1986 Clous d'Ender modifiés en rétrograde	63	73 J	3	1	8 R	0	23	3
Hall[41] 1987 Clous d'Ender modifiés en rétrograde	89	50 J	1	0	9 R	2 R	52	0 épaule 3 coudes
De La Caffinière[9] 1988 Embrochage voie post-ext.	21	45 J à 63 J	1	0	4 R	0	17	2
Durbin[42] 1983 Embrochage type Hackethal	30	66 J	2	0	8 R	0	30	2 épaules 2 coudes
Andre[23] 1984 Embrochage type Hackethal 29		68 J	8	0	NP	1 R	29	3
Putz[43] 1984 Embrochage type Hackethal	194	60 J	4	1	15 R	3 R	106	5
Gayet[5] 1990 Embrochage type Hackethal	129	65 J	6	0	6 R	1 C	72	2 épaules 1 coude
Ensemble des séries	555	64 J	25 (4,5%)	2 (0,4%)	50 (9%)	7 (1,3%)		23 (7%)

N : nombre total de cas ; Délai : délai moyen de consolidation en jours ; Pseud : nombre de cas de pseudarthroses ; Inf : nombre de cas d'infection postopératoire ; Rad T : paralysie radiale(R) ou cubitale(C) post-traumatique ; Rad O : paralysie radiale ou cubitale(C) postopératoire ; Rev : nombre de cas de patients revus et évalués ; Raid : raideur de l'épaule et du coude.

Dans notre série, la consolidation des fractures du tiers moyen (48 cas /76) a été meilleure et plus rapide pour les fractures traitées par 3, 4 ou 5 broches (25 cas /48 avec 3 cas de pseudarthrose et délais de consolidation entre 45 et 60 jours) que pour les fractures traitées par 2 broches seulement (21 cas /48 dont 5 cas de pseudarthrose et délais de consolidation de 45 à 240 Jours).

Selon Mc Kibbin^[28], 2 broches peuvent suffire pour assurer un montage stable, elles sont capables de bloquer la rotation grâce essentiellement à leur arrêt sur les bords de la fenêtre d'introduction. Une expérimentation chez le lapin a prouvé que l'introduction de deux broches n'occupant pas la totalité du canal médullaire n'inhibe pas le cal endosté. Les broches de calibre convenable autorisent des micromouvements de compression qui accélèrent le processus de consolidation^[7]. Les modèles biomécaniques ont montré que l'embrochage était capable de transformer les stimuli néfastes de cisaillement en forces favorables de compression-traction^[7]. La tolérance aux micromouvements autorise la consolidation dans la mesure où il existe un contact fracturaire suffisant^[13]. Une perte de substance minime est ainsi comblée par un cal endosté, tandis qu'une perte de stabilité du foyer de fracture synthésée a pour conséquence l'élaboration d'un cal périphérique^[29].

V. CONCLUSION

L'embrochage fasciculé s'applique parfaitement à la diaphyse humérale qui est en forme d'entonnoir dont le grand diamètre proximal contraste avec l'étroitesse de sa portion distale. C'est une technique simple, peu coûteuse et non iatrogène : l'infection et la paralysie radiale sont exceptionnelles et les séquelles fonctionnelles très réduites. L'embrochage réalise une ostéosynthèse souple, élastique et stable.

Cette technique percutanée permet de ne pas aggraver l'attrition musculaire ni la déchirure périostée, préserve la vascularisation précaire de certains fragments osseux et respecte l'hématome fracturaire.

Le mode d'ostéogénèse est proche de celui observé après traitement orthopédique caractérisé par un cal périosté important. La consolidation osseuse a été obtenue dans 88

% des cas avec un délai moyen de 63 jours. L'embrochage percutané ascendant par voie sus-épicondylienne peut être indiqué à tous les types de fractures de l'humérus notamment les fractures bifocales (fracture diaphyse humérale – col huméral). La paralysie radiale n'en est pas une contre-indication.

VI. REFERENCES

- 1) Barsotti J, Dujardin C. Fractures de la diaphyse humérale. In: Guide pratique de traumatologie Paris 1990 : 42.
- 2) Butin E, Herent S, Delehay P. Traitement des fractures de la diaphyse humérale par enclouage élastique de Marchetti. Rev Chir Orthop 2001; 87: 749-757.
- 3) Nordin JY, Chaboche P. Fractures de la diaphyse humérale. Encycl Med Chir (Appareil Locomoteur). Editions Techniques, 14039 A10, t.2, 1983.
- 4) Gayet LE, Muller A, Pries P, Merienne JF, Brax P, Loyer J, Clarac JP. Place de l'embrochage fasciculé selon Hackethal dans les fractures de l'humérus, à propos de 195 cas. Ann Orthop Ouest 1992; 24: 95-104.
- 5) Gayet LE, Muller A, Pries P, Merienne JF, Brax P, Soyer J, et al. Fracture de la diaphyse humérale. Place de l'embrochage fasciculé selon Hackethal. A propos de 129 cas. Rev Chir Orthop 1992; 78: 13-22.
- 6) Hackethal KH. In: Die bundel-nagelund. Berlin: Springer-verlag; 1961. p. 90-1103-110 ; 141-145.
- 7) Lascombes P. Embrochage centromédullaire élastique stable. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie, 44-018, 2007.
- 8) Paris H, Tropiano P, Clouet D'orval B, et al. Fractures diaphysaires de l'humérus : Ostéosynthèse systématique par plaque, Résultats anatomiques et fonctionnels d'une série de 156 cas et revue de littérature. Rev Chir Orthop 2000; 86: 346-359.
- 9) De La Caffinière JY, Kassab G, Ould Ouali A. Traitement des fractures de la diaphyse humérale de l'adulte par embrochage centro-médullaire. Rev Chir Orthop 1988; 74: 771-777.
- 10) De La Caffinière JY, Benzimra R, Lacaze F, et al. Embrochage centromédullaire des fractures de la diaphyse humérale. Rev Chir Orthop 1999; 85: 25.
- 11) Muller ME, Nazarian S, Koch P. Classification AO des fractures. Berlin: Springer Verlag; 1987.
- 12) Stewart MJ, Hundley JM. Fractures of the humerus; a comparative study in methods of treatment. J Bone Joint Surg Am 1955 Jul;37-A(4):681-92.
- 13) Bonneville P. Chirurgie de la diaphyse humérale : voies d'abord, techniques opératoires. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie, 44-300, 1998, 12 p.
- 14) Chantelot C, Besson A, Feugas C, et al. Traitement des fractures de l'humérus par le clou de Marchetti. A propos de 45 cas. Ann Chir Main 1998; 17: 165-174.
- 15) Alnot JY, Le Reun D : Les lésions traumatiques du tronc du nerf radial au bras. Rev Chir Orthop 1989; 75: 433-442.
- 16) Kwasny O, Maier R, Kutscha-Lissberg F, Scharf W. Vorgehen bei Oberarmschaffrakturen mit primarem oder sekundarem Radialisschaden. Unfallchirurg 1992; 18: 168-173.



- 17) Apard T, Lahogue JF, Prove S. Traitement des fractures récentes de la diaphyse humérale par enclouage centromédullaire verrouillé rétrograde. *Revue de chirurgie orthopédique* 2006; 92: 19-26.
- 18) De Mourgues G, Fischer LP, Gillet JP, Carret JP. Fractures récentes de la diaphyse humérale. A propos d'une série continue de 200 observations dont 107 traitées uniquement par plâtre pendant. *Rev Chir Orthop* 1975; 61: 191-207.
- 19) Baranowski D, Brug E. Aktuelle Indikationen zur Bündel Nagelung. *Unfallchirurg* 1989; 92: 486-494.
- 20) Coudane H, Hardy P, Huttin P, Benoit J. Fractures de la diaphyse humérale. Editions Techniques. *Encycl Med Chir (Paris- France), Appareil Locomoteur, 14-039-A- 10, 1995, 6p.*
- 21) Dufour O, Beauvils P, Ouaknine M, Vives P, Perreau M. Traitement fonctionnel des fractures récentes de la diaphyse humérale par la méthode de Sarmiento. *Rev Chir Orthop* 1989; 75: 292-300
- 22) Bonnevalle P. Fractures récentes et anciennes de la diaphyse humérale. In : Conférences d'enseignement 1996; 55: 79-96.
- 23) Andre S, Feuilhade De Chauvin P, Camilleri A, Bombart M, Asselineau A. Les fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Comparaison du traitement orthopédique et des traitements chirurgicaux. A propos 252 cas. *Rev Chir Orthop* 1984; 70: 49-61.
- 24) Hardy P, Coudane H, Mole D, Fery A, Schmitt D, Sommelet J. Les pseudarthroses de l'humérus, épidémiologie et traitement. Table ronde dirigée par Babin SR, Simon P. *Recueils des résumés. Sotest. La Petite Pierre. 1990.*
- 25) Henley M.B., Monroe M, Tencer AF. Biomechanical comparison of methods of fixation of a midshaft osteotomy of the humerus. *J Orthop Trauma* 1991; 5: 14-20.
- 26) Sarmiento A, Kinman PH B, Galvin EG, Schmitt RH, Phillips JG. Fonctionnel bracing of fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg (Am)* 1977; 59: 596-601.
- 27) Paris H, Tropiano P, Clouet D'orval B, et al. Fractures diaphysaires de l'humérus: Ostéosynthèse systématique par plaque, Résultats anatomiques et fonctionnels d'une série de 156 cas et revue de littérature. *Rev Chir Orthop* 2000; 86: 346-59.
- 28) Mc Kibbin B. The biology of fracture healing in long bones. *J Bone Joint Surg* 1978; 60B: 150-162.
- 29) Michel JL, Levai JP, Rivoal A et Viallet JF. Généralités sur les fractures. *Encycl Med Chir Paris, Radiodiagnostic II, 31010 A10, 6-1983*
- 30) Sessa S, Lascombes P, Prevot J, Gagneux E, Blanquart D. Embrochage centromédullaire dans les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus chez l'enfant et l'adolescent. *Chir Pediatr* 1990; 31: 43-6.
- 31) Goodship AE, Kenwright J. The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. *J Bone Joint Surg* 1985; 67B: 650-655.
- 32) Hunter SG. The closed treatment of fractures of the humeral shaft. *Clin Orthop* 1982; 164: 192-198.
- 33) Balfour GW, Mooney V, Ashby ME. Diaphyseal fractures of the humerus treated with a ready-made fracture brace. *J Bone Joint Surg* 1982; 64A: 11.
- 34) Stern PS, Mattingly DA, Pommeroy DI, Zenni EJ, Kreig JK. Intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg (Am)* 1984; 66: 639-646.
- 35) Robinson CM, Bell KM, Courtbrown CM, McQueen MM. Locked nailing of humeral shaft fracture, experience in Edinburgh over two years period. *J Bone Joint Surg (Br)* 1992; 74: 558-562.
- 36) Rogers JF, Bennett JB, Tullos HS. Managements of concomitant ipsi-lateral fractures of the humerus and forearm. *J Bone Joint Surg (Am)* 1984; 66: 552-557.
- 37) Dabezies EJ, Banta CH J, Murphy CH P, D'Ambrozia RD. Plate fixation of the humeral shaft for acute fractures with and without radial nerve injuries. *J Orthop Trauma* 1992; 6: 10-13.
- 38) Bell MJ, Beauchamp CG, Kellam JK, McMurtry RY. The results of plating humeral shaft fractures in patients with multiples injuries. The Sunnybrook experience. *J Bone Joint Surg* 1985; 67B: 293-296.
- 39) Van Der Griend R, Tomasin J, Frazier Ward E. Open reduction and internal fixation of humeral shaft fractures. Results using AO plating techniques. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 68: 430-433.
- 40) Brumback RJ, Bosse MJ, Attila Poka, Burgess AR. Intramedullary stabilization of humeral shaft fractures in patients with multiple traumas. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 68: 960-970.
- 41) Hall RF, Pankovich AM. Ender Nailing of Acute fractures of the humerus. A study of closed fixation by intramedullary nails without reaming. *J Bone Joint Surg* 1987; 69A:558-67.
- 42) Durbin RA, Gottesman MJ, Saunders KC. Hackethal Stacked nailing of humeral shaft fractures. Experience with 30 patients. *Clin Orthop* 1983; 179: 168-174.
- 43) Putz PH, Lust K, Beillon JM, Bermen J. Le traitement des fractures de la diaphyse humérale par embrochage fasciculé selon Hackethal. A propos de 194 cas. *Acta Orthop Belg* 1984; 50: 521-538.

