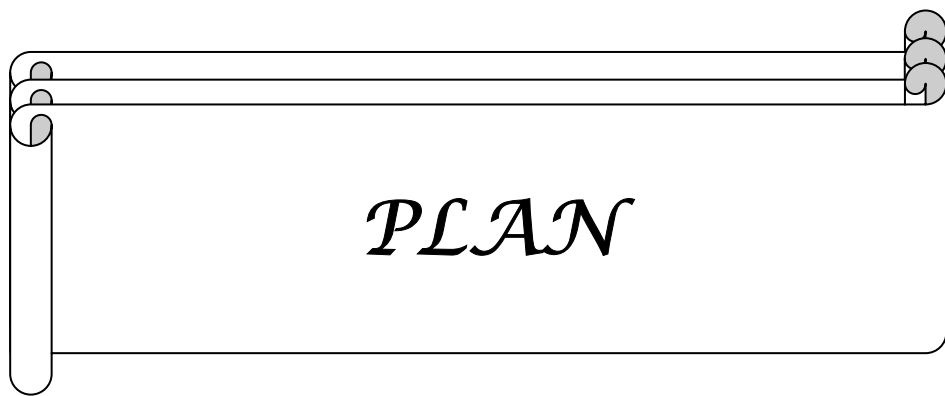


Veuillez croire, cher maître, à l'assurance de mon respect et de ma grande reconnaissance.



- **AG** : Anesthésie générale
 - **ALR** : Anesthésie locorégionale
 - **AVP** : Accident de la voie publique
 - **cm** : Centimètre
 - **F** : Féminin
 - **HTA** : Hypertension artérielle
 - **M** : Masculin
 - **mm** : Millimètre
 - **N** : Numéro
 - **TEMS** : Traumatisme étagé du membre supérieur
 - **SOFCOT** : Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique
-



INTRODUCTION.....	1
HISTORIQUE.....	3
RAPPEL ANATOMIQUE.....	5
I- Généralité.....	6
II- Architecture de l'humérus.....	6
1. Les surfaces corticales.....	6
2. Les bords.....	7
3. Le canal médullaire.....	7
III- Vascularisation.....	9
1. Le système périosté.....	9
2. Le système nourricier.....	9
IV- Le nerf radial.....	10
V- Anatomie chirurgicale.....	11
PATIENTS ET METHODES.....	13
I- Patients et méthodes.....	14
II- Fiche d'exploitation.....	15
RESULTATS ET ANALYSES.....	19
I- Etude épidémiologique.....	20
1. Répartition selon la méthode thérapeutique.....	20
2. Répartition selon l'âge.....	21
3. Répartition selon le sexe.....	22
4. Répartition selon la profession.....	23
5. Répartition selon le côté atteint.....	23
6. Répartition selon l'étiologie.....	24
7. Répartition selon le mécanisme.....	25
8. Tares associées.....	25
II- Etude diagnostic.....	25
1. Etude clinique.....	25
2. Etude paraclinique.....	27
III- Etude anatomo-pathologique.....	29
1. Siège de la fracture.....	29
2. Trait de la fracture.....	31
3. Les lésions associées.....	33

IV- Traitement.....	34
1. Délai d'intervention.....	34
2. Type d'anesthésie.....	35
3. Installation du malade.....	35
4. Réduction.....	35
5. Voie d'abord et technique opératoire.....	35
6. Immobilisation.....	38
7. Rééducation fonctionnelle.....	38
8. Durée d'hospitalisation.....	38
9. Ablation de broches.....	38
V- Evolution et complications.....	38
1. Complications postopératoires.....	38
2. Résultats thérapeutiques.....	39
2.1. Recul.....	39
2.2. Consolidation.....	40
2.3. Résultats fonctionnels.....	40
2.3.1. Critères d'appréciation.....	40
2.3.2. Résultats globaux.....	41
2.3.3. Mobilité active.....	42
2.4. Etude comparative des résultats.....	43
2.4.1. Résultats selon l'âge.....	43
2.4.2. Résultats en fonction du côté dominant.....	44
2.4.3. Résultats en fonction du délai d'intervention.....	44
3. Reprise de l'activité antérieure.....	45
DISCUSSION.....	46
I- Epidémiologie.....	47
1. Fréquence et incidence.....	47
2. Age.....	48
3. Sexe.....	48
4. Etiopathogenie.....	49
4.1. Etiologie.....	49
4.2. Mécanisme.....	49
4.3. Le côté atteint.....	50
II- Diagnostic.....	50
1. Clinique.....	50
2. Bilan radiologique.....	53
III- Anatomie pathologique.....	54
1. Le trait de la fracture.....	54
2. Le siège de la fracture.....	55

3. L'ouverture cutanée.....	55
4. Paralysie radiale post-traumatique.....	56
IV- Traitement.....	56
1. Buts.....	56
2. Moyens thérapeutiques.....	57
2.1. Traitement orthopédique.....	57
2.2. Traitement chirurgical.....	60
2.2.1. Ostéosynthèses à foyer fermé.....	61
a) Embrochages.....	61
❖ Embrochage fasciculé selon Hackethal.....	61
❖ Embrochages sus-tubérositaires.....	65
❖ Embrochage bipolaire ascendant.....	66
❖ Embrochage en palmier par voie sous deltoïdienne.....	67
b) Enclouage centromédullaire.....	68
c) Fixation externe.....	69
2.2.2. Ostéosynthèse à foyer ouvert.....	71
3. Considérations sur le choix thérapeutique.....	72
V- Complications postopératoires.....	73
1. Etude comparative avec les autres séries.....	73
1.1. Paralysie radiale iatrogène.....	73
1.2. Infection postopératoire.....	74
1.3. Migration des broches.....	74
1.4. Pseudarthrose.....	74
2. Etude des complications selon le mode de traitement.....	76
2.1. Paralysie radiale iatrogène.....	76
2.2. Infection postopératoire.....	76
2.3. Cals vicieux.....	76
2.4. Pseudarthrose.....	77
VI- Résultats thérapeutiques.....	77
1. Etude comparative avec les autres séries.....	77
1.1. La consolidation.....	77
1.2. Les résultats fonctionnels.....	77
2. Etude comparative des résultats selon le mode du traitement.....	78
2.1. La consolidation.....	78
2.2. Les résultats fonctionnels.....	78
CONCLUSION.....	81
RESUMES.....	83
BIBLIOGRAPHIE.....	87



INTRODUCTION

Les fractures de l'humérus sont assez fréquentes. Elles viennent, toute localisation confondue, au troisième rang des lésions du membre supérieur [1,2]. Elles ne posent habituellement pas de problème diagnostique.

Considéré comme un os assez indulgent offrant des résultats fonctionnels à terme corrects, certaines fractures de l'humérus ont des suites longues, émaillées de nombreuses complications parfois difficilement récupérables.

Les méthodes thérapeutiques proposées sont nombreuses et le débat principal autour de ces fractures se centre sur les indications thérapeutiques car tout type de stabilisation trouve des défenseurs parfois inconditionnels et véhéments.

Proposé par K .H.Hackethal [3] en 1961, l'embrochage fasciculé centromédullaire à foyer fermé apparaissait alors comme une solution de compromis entre les différentes méthodes orthopédiques et les ostéosynthèses rigides.

A propos d'une série de 40 cas de fractures de l'humérus colligées sur 6 ans au service de traumatologie orthopédie de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech, traitées par embrochage fasciculé selon Hackethal, nous proposons d'analyser nos résultats en fonction de plusieurs paramètres, de les comparer à ceux des autres séries, d'évaluer les résultats anatomiques et fonctionnels à long terme de ce type d'embrochage et d'en apprécier les indications, les avantages et les limites.



HISTORIQUE

Beaucoup d'auteurs ont proposé le traitement orthopédique en première intention pour les fractures humérales. Bézes [4] et Goudoté en 1958, De Mourgues [5] en 1975, Babin [6] en 1978, ont publié des séries de fractures traitées par plâtre pendant.

En 1989 Dufour à la suite de l'expérience de Sarmiento [7] publie les résultats de 50 fractures traitées par un brassard plâtré ou en plastique. Si la facilité de réalisation et le coût de cette technique constituent un avantage, son inconfort, sa pénibilité et la longueur de la rééducation la rendent difficilement acceptable par les blessés. D'autre part, le taux de cals vicieux et de raideurs articulaires ainsi que de pseudarthroses était assez important.

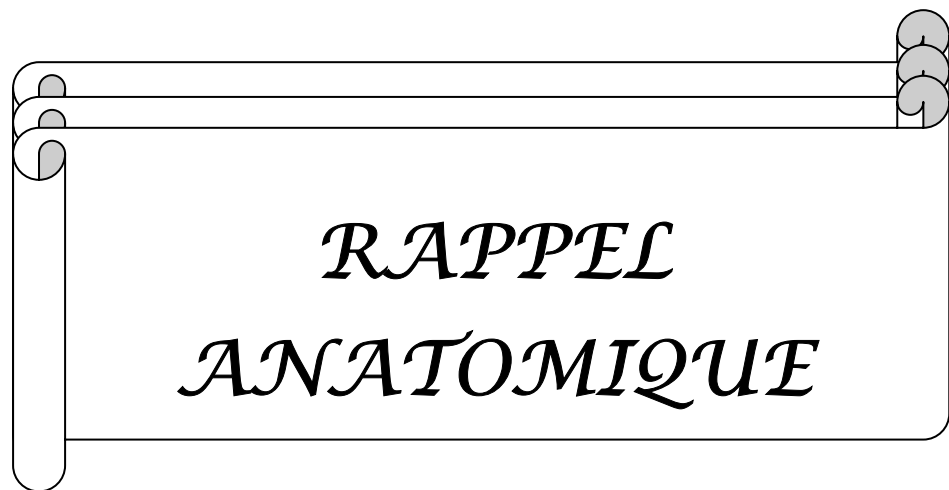
Les techniques d'ostéosynthèse juxta corticales classiques à foyer ouvert ont fait diminuer les taux de cal vicieux et raideur, mais sans faire disparaître les pseudarthroses et surtout un taux non négligeable de complications iatrogènes : atteintes neurologiques, suppurations et démontages du matériel d'ostéosynthèse.

L'enclouage centromédullaire à foyer fermé a été adapté à l'humérus assez tardivement, d'abord dans sa forme antérograde qui nécessite un passage à travers la coiffe des rotateurs pouvant altérer la fonction de l'épaule, et plus récemment l'enclouage centromédullaire rétrograde qui peut fragiliser la palette humérale au point d'introduction.

En 1961, K.H. Hackethal [3] à Berlin a proposé de stabiliser les fractures humérales à foyer fermé par un faisceau de broches de Kirschner introduites au dessus de la fossette olécrânienne. Le remplissage de la cavité médullaire par plusieurs broches, leur divergence intra-épiphysaire céphalique, et leur blocage distal au niveau de la fenêtre corticale assurent la stabilité du montage.

Par la suite d'autres techniques d'embrochage ont été proposées :

- Embrochage par voie postéroexterne sus-épicondylienne selon De La Caffinière [8] et Sessa [9] ;
- Embrochage par voie interne sus-épitrochléenne selon Rogez [10] décrit en 1978;
- Embrochage bipolaire ascendant selon Vichard [11] décrit en 1978.



I- GENERALITES

L'humérus, os du bras, présente un certain nombre de particularités.

C'est un os long, unique, interposé entre deux articulations très mobiles et présente un corps et deux extrémités. La diaphyse humérale s'identifie au corps de l'os. Le jeu mécanique lui impose une orientation telle que son extrémité inférieure est située dans un plan frontal, alors que l'extrémité supérieure est orientée selon le plan sagittal. Il en résulte une torsion des travées corticales diaphysaires, qui correspondent à la partie la plus rétrécie de l'os, d'où la présence d'une gouttière radiale. Cette torsion fait que l'humérus est un os particulièrement vulnérable, et le prédispose aux fractures spiroïdes, en particulier chez la femme.

II- ARCHITECTURE DE L'HUMERUS (figure n°1)

1. Les surfaces corticales :

- la face antéro-externe : elle est occupée dans sa partie proximale par la crête rugueuse du V d'insertion deltoïdienne, la partie distale s'élargit, devient convexe, donne insertion au brachialis (brachial antérieur).
 - La face postérieure : elle est lisse, légèrement convexe transversalement, barrée de haut en bas et dedans en dehors par la gouttière du nerf radial séparant les insertions du muscle vaste latéral en haut et en dehors, de celle du vaste médial en bas et en dedans.
 - La face antéro-interne : elle est parcourue en haut par la longue portion du biceps au fond de sa gouttière, donne l'insertion au muscle coracobrachialis à son tiers moyen, au brachialis à son tiers distal, elle est à ce niveau large et convexe.
-

Les deux faces antéro-externe et interne prolonge à la partie distale les deux arrêtes saillantes de la palette humérale.

2. Les bords :

2-1- Le bord latéral et le bord médial :

Ces deux bords sont d'autant plus marqués que l'os se rapproche de son extrémité inférieure. Ces bords donnent insertion aux deux cloisons aponévrotiques qui séparent les loges antérieures et postérieures du bras. Le bord externe est interrompu dans sa partie moyenne par la gouttière radiale qui passe de la face postérieure à la face externe.

2-2-Le bord antérieur

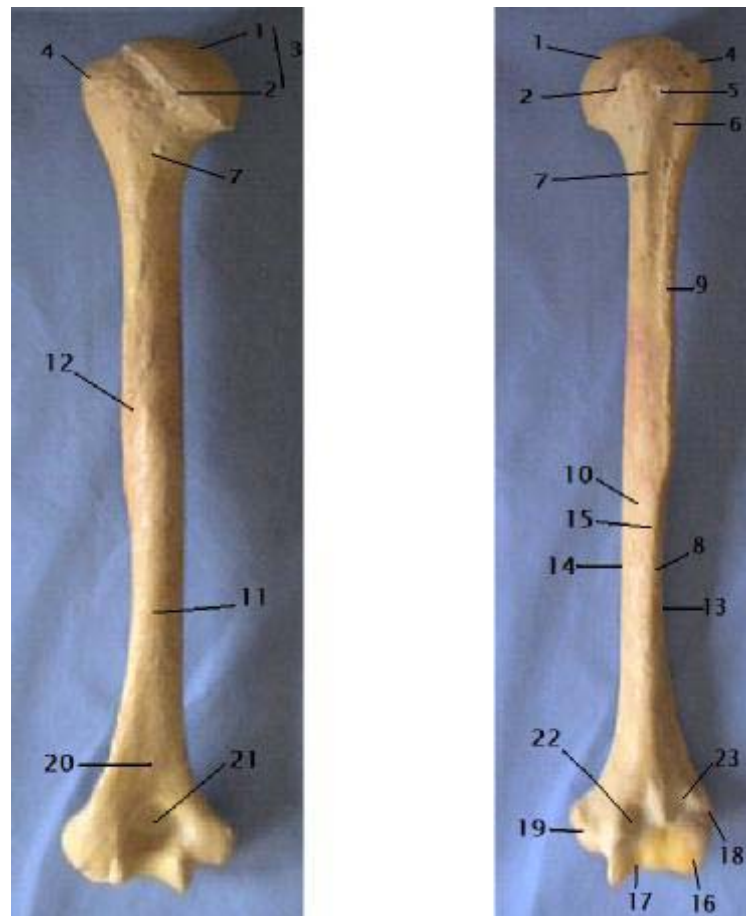
Parfois appelé ligne âpre, rugueux en haut, il se confond avec la lèvre externe de la coulisse bicipitale, puis il devient mousse et arrondi dans sa partie inférieure. En bas, il se bifurque en deux branches englobant la fossette coronoidienne.

3. Le canal médullaire :

En raison des implications chirurgicales, il faut rappeler que la diaphyse humérale est vrillée sur son axe. Elle comporte une section proximale cylindrique qui tend à s'effacer à la partie distale pour constituer les deux piliers de la palette humérale de structure compacte et triangulaire. Ainsi ses faces ne sont-elles planes que sur une courte distance.

Les données biométriques concernant la diaphyse humérale sont rares. De Mourgues [12] a mesuré chez l'adulte les diamètres endomédullaires transversal et sagittal : respectivement 18 et 17 mm au 1/3 proximal, 12 et 11 mm au 1/3 moyen et 8,5 et 9 mm au 1/3 distal.

La cavité médullaire présente donc un rétrécissement progressif proximo-distal parfois très marqué. Elle est globalement rectiligne dans le plan frontal mais présente une double courbure dans le plan sagittal ; la courbure distale dirigée vers l'avant est la plus marquée.



Vue postérieure

Vue antérieure

Figure n°1: vue antérieure et vue postérieure de l'humérus

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Surface articulaire | 14. Bord médial |
| 2. Col anatomique | 15. Bord antérieur |
| 3. Tête humérale | 16. Capitulum (condyle) |
| 4. Trochiter (tubercule majeur) | 17. Trochlée |
| 5. Trochin (tubercule mineur) | 18. Epicondyle latéral |
| 6. Coulisse bicipitale | 19. Epicondyle médial (épitrochlée) |
| 7. Col chirurgical | 20. Palette humérale |
| 8. Face latérale | 21. Fossette olécrânienne |
| 9. "V" deltoïdien ou tubérosité deltoïdienne | 22. Fossette coronoidienne |
| 10. Face médiale | 23. Fossette sus-condylienne |
| 11. Face postérieure | |
| 12. Sillon du nerf radial | |
| 13. Bord latéral | |

III– VASCULARISATION

Elle est assurée par un double système périosté et nourricier.

1 – Le système périosté

Il s'étend sur toute la hauteur de la diaphyse. Les artéριοles constituent les mailles d'un réseau artériel qui semble cependant moins dense dans une zone située environ entre la moitié supérieure de la diaphyse et son quart inférieur. Ce système est étroitement dépendant des insertions musculaires corticales, ce qui explique le rôle néfaste des abords directs de la diaphyse [5].

2 – Le système nourricier :

Il a plusieurs sources.

2.1 La source principale :

Elle est représentée par l'artère nourricière principale, branche de l'artère humérale, qui pénètre la corticale interne par le trou nourricier ; plus l'os est jeune, plus ce trou nourricier est bas situé (tiers inférieur chez le fœtus, tiers moyen chez l'adulte) [5].

Après avoir traversé obliquement de haut en bas la corticale, cette artère nourricière principale descend verticalement dans le canal médullaire sur une longueur de 1 à 2 cm. Elle se divise ensuite en deux branches : artères nourricières secondaires supérieure et inférieure de l'humérus.

–L'artère nourricière secondaire supérieure ascendante monte jusqu'à la partie supérieure de la diaphyse en donnant plusieurs collatérales. Elle rejoint les artères intra-osseuses nées des pédicules artériels de l'extrémité supérieure de l'humérus issus des circonflexes. Il existe ainsi des anastomoses entre les vaisseaux métaphyso-épiphysaires supérieures et les vaisseaux diaphysaires [13].

–L'artère nourricière secondaire inférieure est plus courte. Ses branches terminales s'étalent au niveau du tiers inférieur pour former ce que nous appelons l'éventail de la palette humérale. Ces artères diaphysaires, là encore, s'anastomosent avec celles du réseau métaphyso-épiphysaires inférieur [13].

2.2 . Les sources secondaires :

Elles sont représentées par des artères nourricières accessoires inconstantes mais fréquemment retrouvées. Elles sont issues de l'humérale profonde à la partie moyenne, des circonflexes ou de leurs branches à la partie supérieure, des branches inférieures de l'humérale ou de ses collatérales à la partie inférieure.

De ces artères naissent des artérioles qui réalisent par leurs anastomoses nombreuses un réseau vasculaire très dense dans les deux tiers supérieurs de la diaphyse. Dans le tiers inférieur, ce réseau est moins dense car existe peu d'anastomoses entre les artérioles qui ont tendance à prendre un trajet perpendiculaire à l'axe de la diaphyse. Lorsqu'il se crée une solution de continuité à ce niveau, la vascularisation périostée étant plus pauvre que sur le reste de la diaphyse, toutes les conditions favorables à une mauvaises consolidation sont réunies, ce fait pourrait expliquer la fréquence de pseudarthrose à ce niveau [13].

IV– LE NERF RADIAL

Les rapports étroits du nerf radial avec la face dorsale de la diaphyse humérale contre laquelle il glisse selon un angle de 10 à 15° font partie des données anatomiques classiques (figure n° 2). En fait, il est quelque peu protégé par des faisceaux musculaires du triceps sauf dans la région supracondylienne à la sortie de sa gouttière de torsion. La traversée de la cloison intermusculaire externe est un point de fixité pour le nerf : solidaire de la diaphyse, il subira une traction à partir de ce point à l'origine d'une élongation voire d'une section, lors d'un mouvement de grande amplitude de l'humérus fracturé [14].



Figure n° 2 [14] : Trajet du nerf radial

Bonnel [15] a étudié l'anatomie endoneurale du radial. Il existe une grande variabilité en nombre et en situation des fascicules (11 en moyenne dans la gouttière de torsion, et 13 en moyenne plus distalement). Toute cartographie est illusoire et il n'existe aucune aide au repérage chirurgical lors de suture. De plus, une perte de substance même greffée par plusieurs torons est vouée aux multiples erreurs d'orientation lors de la repousse axonale car elle fait des nombreux échanges fasciculaires étagés.

V- ANATOMIE CHIRURGICALE

La diaphyse humérale peut être divisée en trois zones [16]. Le 1/3 proximal comporte un os compact, triangulaire à la coupe, avec un canal médullaire large ; le deltoïde couvre sa surface antéro-latérale et le vaste latéral sa face postérieure. La face antéro-médiale reçoit les tendons du grand dorsal et du grand rond. L'accès aux surfaces corticales est ainsi barré par de larges insertions musculaires, ou par le paquet vasculo-nerveux brachial.

Le 1/3 moyen est celui du nerf radial, qui croise toute la face postérieure de la diaphyse en se glissant entre les insertions des muscles vastes latéral et médial. Sa face antéro-médiale,

plane, donne insertion au coracobrachialis et au brachialis ; son accès médial est situé sur le trajet du pédicule vasculo-nerveux.

Le 1/3 inférieur, l'humérus est constitué d'un os compact épais, autour d'une cavité médullaire étroite, avec des bords très marqués limitant des faces étroites sur lesquelles s'insèrent le vaste médial dans la loge postérieure, le brachialis dans la loge antérieure. Seule, la face postérieure est plane et lisse. Le nerf radial est antéro-latéral ; le pédicule vasculaire, le nerf médian, le nerf ulnaire sont internes.

*PATIENTS
ET METHODES*

I- PATIENTS ET METHODES

Ce travail a consisté en une étude rétrospective descriptive de 149 cas de fractures de l'humérus colligés au service de traumatologie orthopédique de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech durant une période de six ans s'étalant entre Janvier 2000 à janvier 2006, nous avons revu 40 patients traités initialement par embrochage fasciculé centromédullaire selon Hackethal avec un recul moyen de 30 mois.

Les critères d'inclusion de ce travail sont :

- Les fractures humérales récentes ;
- Survenant sur os sain non pathologique ;
- Prises en charge en première intention dans notre institution.

La durée d'inclusion était de 6 ans.

Les critères d'exclusion sont :

- Fractures pathologiques tumorales, primitives ou secondaires ;
- Déjà traitées et vues au stade de complication.

Nous avons exclu de cette étude les patients ayant été perdus de vue ou dont les dossiers médicaux sont inexploitables.

Notre étude a donc porté sur 130 cas de fractures humérales, dont 35 cas traitées par embrochage fasciculé selon Hackethal. Le recueil de toutes les données a été fait par un seul observateur, à partir de l'étude des dossiers médicaux des patients, registre d'hospitalisation au service, et l'analyse de variables d'ordre épidémiologiques, cliniques, paracliniques, thérapeutiques et évolutifs en se basant sur une fiche d'exploitation ainsi que la convocation des patients par courrier postal et par téléphone.

II– FICHE D'EXPLOITATION DES FRACTURES HUMERALES TRAITEES PAR EMBROCHAGE FASCICULE SELON HACKETHAL

- Date :.....
- N° d'entrée :.....
- N°d'ordre :.....
- Nom et prénom :.....
- Age :.....ans
- Sexe : F /H
- Profession : sédentaire/ travailleur manuel /sans profession
- Droitier / gaucher
- Côté atteint dominant : non /oui
- Circonstance de traumatisme : AVP/ accident de travail/ accident de sport /
Agression/accident domestique /autre
- Mécanisme : direct / indirect/ indéterminé

1– Lésions osseuses :

- Siège de la fracture : classification d'Hackethal modifié par de La Caffinière

Siège du trait de fracture	
D1	Fracture du col chirurgical
D2	Fracture métaphysaire haute
D3	Fracture de la jonction 1 /3 supérieur 1 /3 moyen
D4	Fracture du 1 /3 moyen
D5	Fracture de la jonction 1 /3 moyen 1 /3 inférieur
D6	Fracture métaphysaire basse

- Type de fracture : classification de l'AO des fractures de l'humérus

Type de trait de fracture	
A1	Fracture spiroïde
A2	Fracture oblique
A3	Fracture transversale
B1	Fracture spiroïde avec un 3ème fragment
B2	Fracture oblique avec un 3ème fragment
B3	Fracture à quatre fragments
C1	Fracture spiroïde à plusieurs fragments
C2	Fracture bifocale
C3	Fracture comminutive complexe

2- Lésions associées :

- Traumatisme étagé du membre supérieur : oui /non
- Fracture du membre contre latéral : oui/non
- Polyfracturé : oui/non
- Polytraumatisé : oui /non
- Cutanée :
- Vasculaire :
- Nerveuse :

3-Traitement :

- Délai entre traumatisme et traitement :
 - Anesthésie : AG /ALR
 - Position du malade : décubitus dorsal /ventral/latéral
 - Nombre de broche :
 - Diamètre de broche :mm
 - Vérification de la réduction per opératoire : oui/non
-

- Ecart inter fragmentaire : 0–5mm/6–10mm/>10mm
- Type d'immobilisation :
- Durée d'immobilisation :jours
- Rééducation : à commencer.....j postopératoire, pendant....semaines
- Durée d'hospitalisation :jours
- A revoir :

4–Résultats :

- Complication postopératoire :
 - Paralysie radiale postopératoire
 - Défaut de réduction
 - Migration de broches : vers le haut / vers le bas
 - Désaxation
 - Infection : superficielle/profonde
 - Trouble neuroalgodystrophique
 - Gêne de matériel
 - Autre :
- Consolidation :
 - Délai de consolidation :semaines
 - Complications : retard de consolidation / cals vicieux/ pseudarthrose/ autre
- Résultats fonctionnels :
 - Mobilité du coude :
 - Mobilité de l'épaule :
- Classification de Stewart et Hundley modifiée :

Place de l'embrochage fasciculé d'Hackethal dans le traitement des fractures de l'humérus

Très bon	Absence de douleur Mobilité normale d l'épaule et du coude Bon alignement radiologique
Bon	Pas de douleur ou douleur climatique Raideur de l'épaule et du coude inférieur à 20° Cal vicieux inférieur 20°
Assez bon	Douleur peu importante Raideur de l'épaule et du coude entre 20 et 40° Cal vicieux supérieur à 20°
Mauvais	Douleur persistante Raideur de l'épaule et du coude supérieure à 40° pseudarthrose

- Ablation de broche :
- Reprise d'activité antérieure : oui /non
- Recul :mois.

Les patients ont été revus soit à la consultation soit au service pour un examen clinique de révision. Le bilan radiologique a été demandé d'une façon systématique comportant au minimum une radiographie de l'humérus face et profil incluant les articulations sus et sous jacentes.

*RESULTATS ET
ANALYSES*

I- ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE

1. Répartition selon la méthode thérapeutique

Durant la période d'étude entre janvier 2000 et janvier 2006, 149 nouveaux cas de fractures de l'humérus ont été colligées au service de chirurgie traumatologie-orthopédique de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech, seuls 130 dossiers ont été retrouvés et exploités, représentant les différentes modalités de stabilisations orthopédiques et chirurgicales. 21 patients (16,1%) ont été traités orthopédiquement avec 9 immobilisation coude au corps (par bandage type Mayo ou Dujarier), 6 attelle directionnelle, 5 plâtre pendant et un patient a bénéficié d'un plâtre de Sarmiento (figure n°3). Parmi les 130 fractures, 38 (29,2%) ont été ostéosynthésées par plaque, 40 (30,8%) ont été traitées par embrochage fasciculé selon Hackethal, 20 (15,4%) traitées par embrochage selon Kapandji, 9 (6,9%) par enclouage centromédullaire et 2 fractures (1,6%) ont été traitées par fixateur externe.

Ce collectif se caractérise par son type de recrutement « hospitalier » se traduisant par un fort pourcentage de polytraumatisés et ou de polyfracturés. Il en résulte une grande fréquence du traitement opératoire.

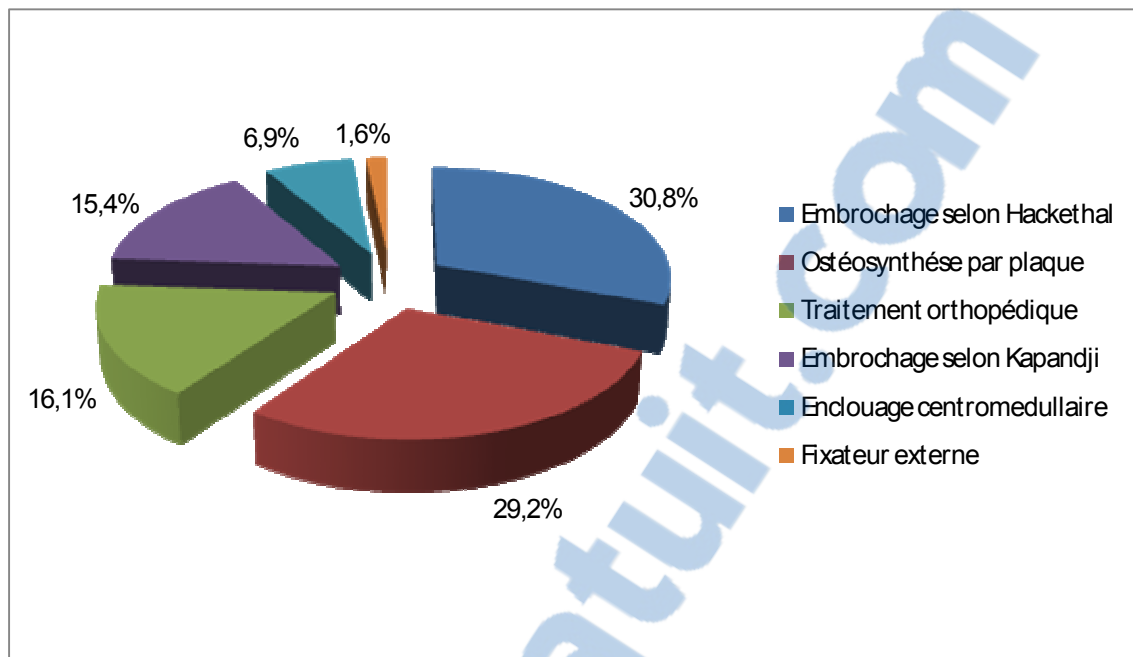


Figure n° 3 : Répartition des cas selon le traitement adopté

Parmi les 40 patients traités par embrochage fasciculé selon Hackethal inclus dans cette série, cinq ont été exclu car ayant été perdus de vue. Les résultats ont été évalués chez 35 patients (87,5%).

2. Répartition selon l'âge

L'âge de nos patients s'échelonnait entre 18 et 65ans avec un pic de fréquence entre 21–30 ans (tableau n°I, figure n°4), l'âge moyen étant de 35 ans.

Tableau n°I : Incidence selon l'âge

Tranche d'âge	Effectif	Pourcentage
10 - 20 ans	3	8,5%
21 – 30 ans	14	40%
31 – 40 ans	8	22,9%
>40 ans	10	28,6%

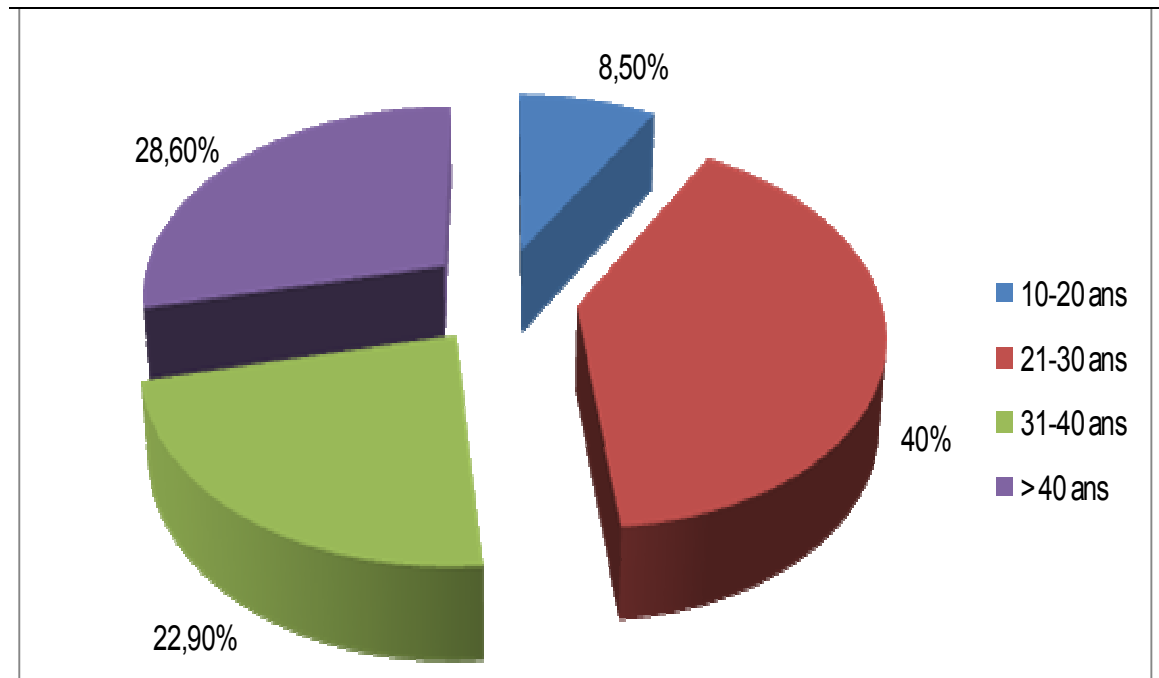


Figure n°4 : Répartition selon l'âge

3. Répartition selon le sexe

Sur les 35 observations, on note une nette prédominance du sexe masculin : 30 hommes soit 85,7%, contre 5 femmes soit 14,3% (figure n°5).

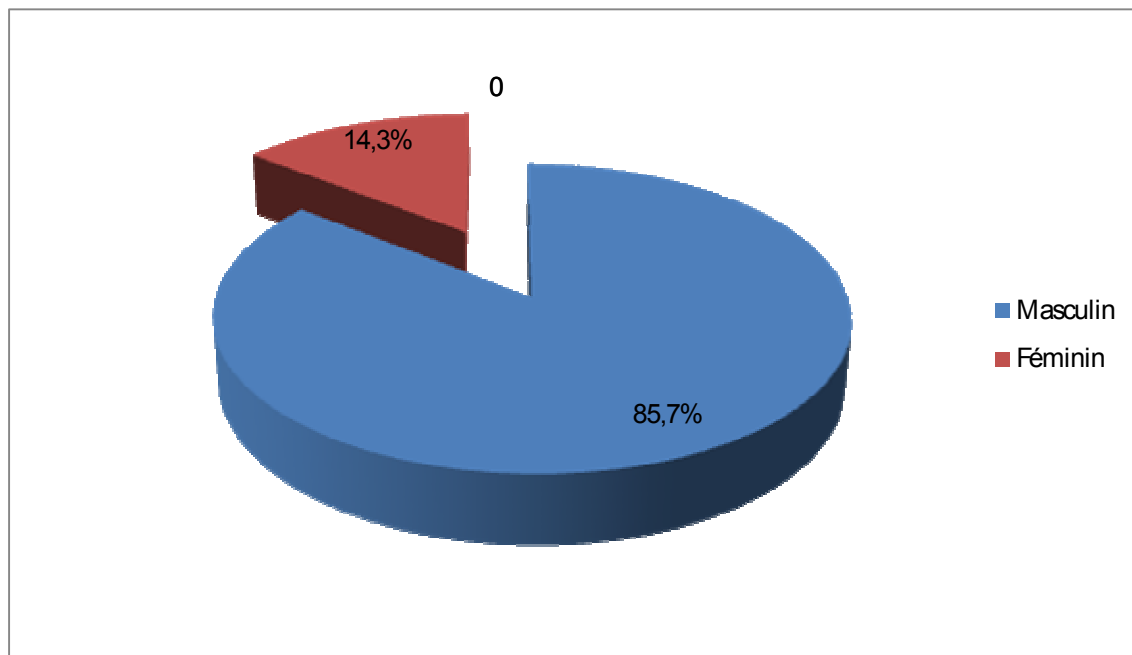


Figure n°5 : Répartition selon le sexe des patients

4. Répartition selon la profession

Dans notre série, 22 patients étaient des travailleurs actifs, 8 étaient des étudiants et 5 patients étaient sans profession.

5. Répartition selon le côté atteint

Les fractures siégeaient à gauche dans vingt et un cas soit 60%, à droite dans quatorze cas soit 40% (figure n°6). Il n'y avait aucun cas d'atteinte bilatérale.

Le côté dominant était atteint chez quinze patient soit 42,8%.



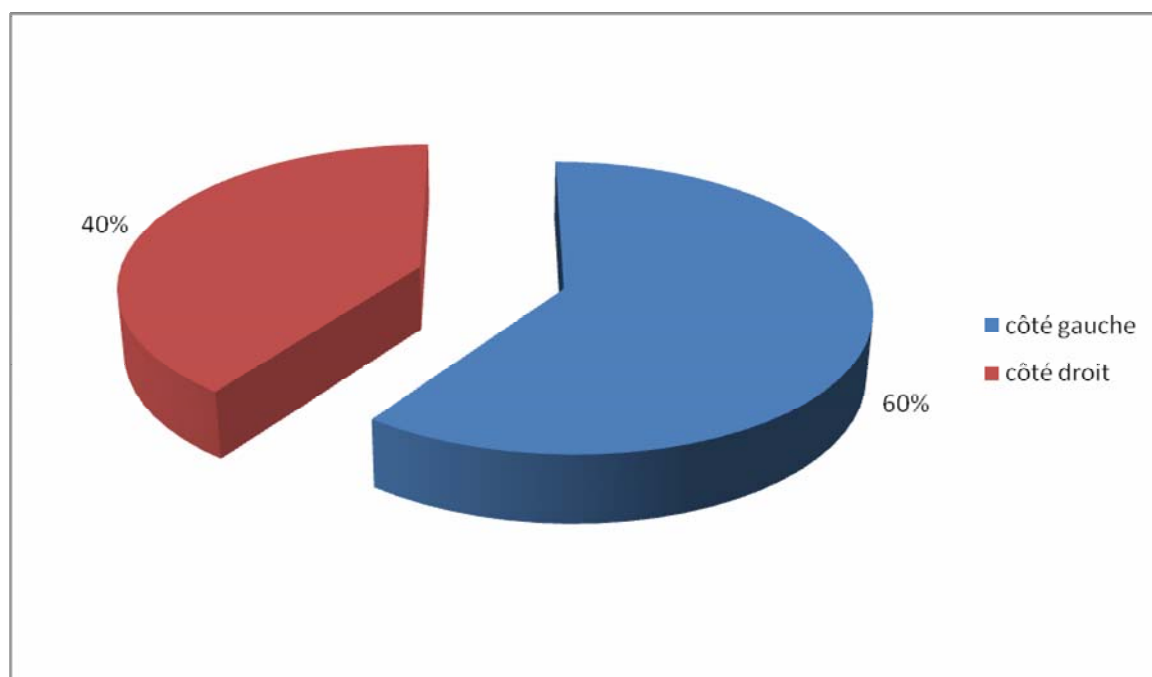


Figure n°6 : Répartition selon le côté atteint

6. Répartition selon l'étiologie

La survenue de fracture humérale relève d'étiologies diverses, dans notre série les accidents de la voie publique étaient la cause la plus fréquente avec 26 cas soit 74,5%. Les accidents de travaux étaient incriminés dans 5 cas (chute d'un parachute et une autre d'une échelle d'une hauteur de deux mètres). Nous avons retrouvé deux cas d'accident de sport, un cas d'accident domestique et un cas d'agression par coup de bâton (tableau n°II).

Tableau n°II : Répartition des fractures selon l'étiologie

Etiologie	Effectif	Pourcentage
AVP	26 cas	74,5%
Accident de travail	5 cas	14,3%
Accident de sport	2 cas	5,6%
Accident domestique	1 cas	2,8%
Aggression	1 cas	2,8%

7. Répartition selon le mécanisme

Ces fractures étaient dues à :

- Un choc direct 15 fois
- Un choc indirect dans 3 cas

Dans 17 cas le mécanisme n'a pu être déterminé.

8. Tares associées

Elles concernaient trois patients parmi nos 35 malades soit 8,57%, sans aucune incidence thérapeutique ou fonctionnelle :

- Un cas d'hypertension artérielle (HTA) bien suivi chez un patient âgé de 58 ans.
- Deux cas de diabète insulino-dépendant chez des patients âgés de 60 et 45 ans.

II- ETUDE DIAGNOSTIC

1. Etude clinique

Dans tous les cas, le diagnostic a été fait lors de la première consultation aux urgences.

1.1. Signes fonctionnels

La douleur représentait le signe fonctionnel majeur ainsi que l'impotence fonctionnelle du membre concerné.

1.2. Signes physiques

1.2.1. Inspection :

- ❖ Une attitude classique du traumatisé du membre supérieur de Desault :
 - ✓ Tête inclinée du côté lésé.
 - ✓ Bras en rotation interne.

- ✓ Avant-bras fléchi, soutenu par l'autre main.
- ❖ Déformation et raccourcissement du bras.
- ❖ Un bras augmenté de volume.
- ❖ L'ecchymose brachio-thoracique de Hennequin était perçue pour les fractures de l'extrémité supérieure et était d'apparition tardive.

1.2.2. Palpation

La douleur était exquise généralement diffuse, provoquée par le moindre essai de mobilisation du bras.

1.3. Examen locorégional

- ❖ Les articulations de l'épaule et du coude : indolence et mobilité.
- ❖ le reste du membre supérieur détectant un traumatisme étagé du membre supérieur (TEMS).
- ❖ L'examen vasculaire : par l'étude de la chaleur, coloration et des pouls distaux radial et cubital.
- ❖ L'examen nerveux était d'intérêt médico-légal : surtout le nerf radial dont il importe d'informer le patient dès la constatation de sa lésion.

1.4. Examen général

Cet examen recherchait d'une part :

- Des polyfracturés.
- Des polytraumatisés.

Et d'autre part permettait d'apprécier le terrain (état général, décompensation d'une tare préexistante).

2. Etude paraclinique

L'étude radiologique était basée sur la demande systématique d'un cliché standard de l'humérus face et profil, avec épiphyses distale et proximale comprises afin d'objectiver d'éventuelle lésion bifocale et / ou une irradiation articulaire (figure n°7, n°8).

L'interprétation correcte de ses deux incidences permettait de préciser le siège et le type de trait de la fracture.

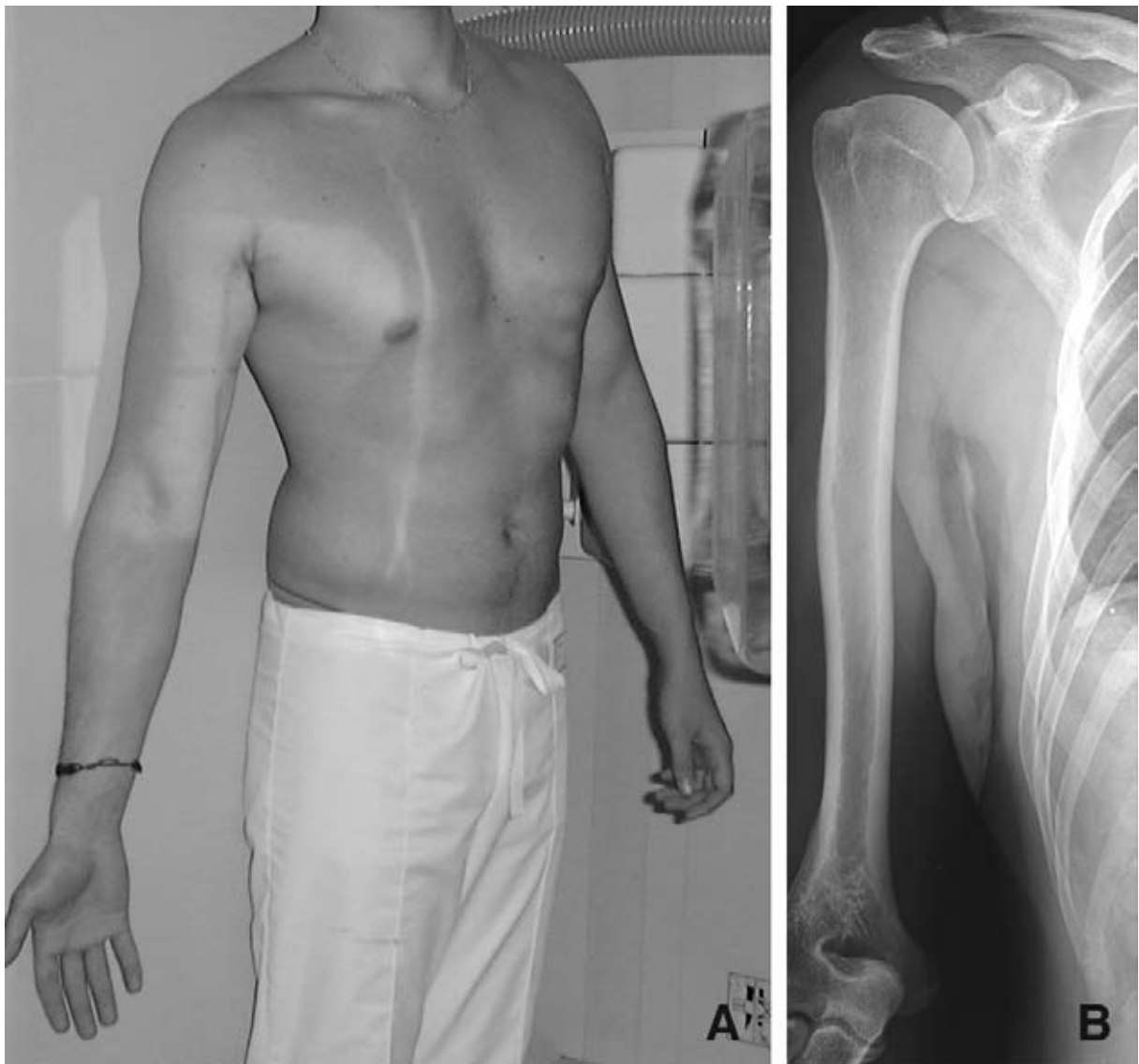


Figure n°7[17] : Radiographie standard, incidence de face. A. Position. B.Résultat

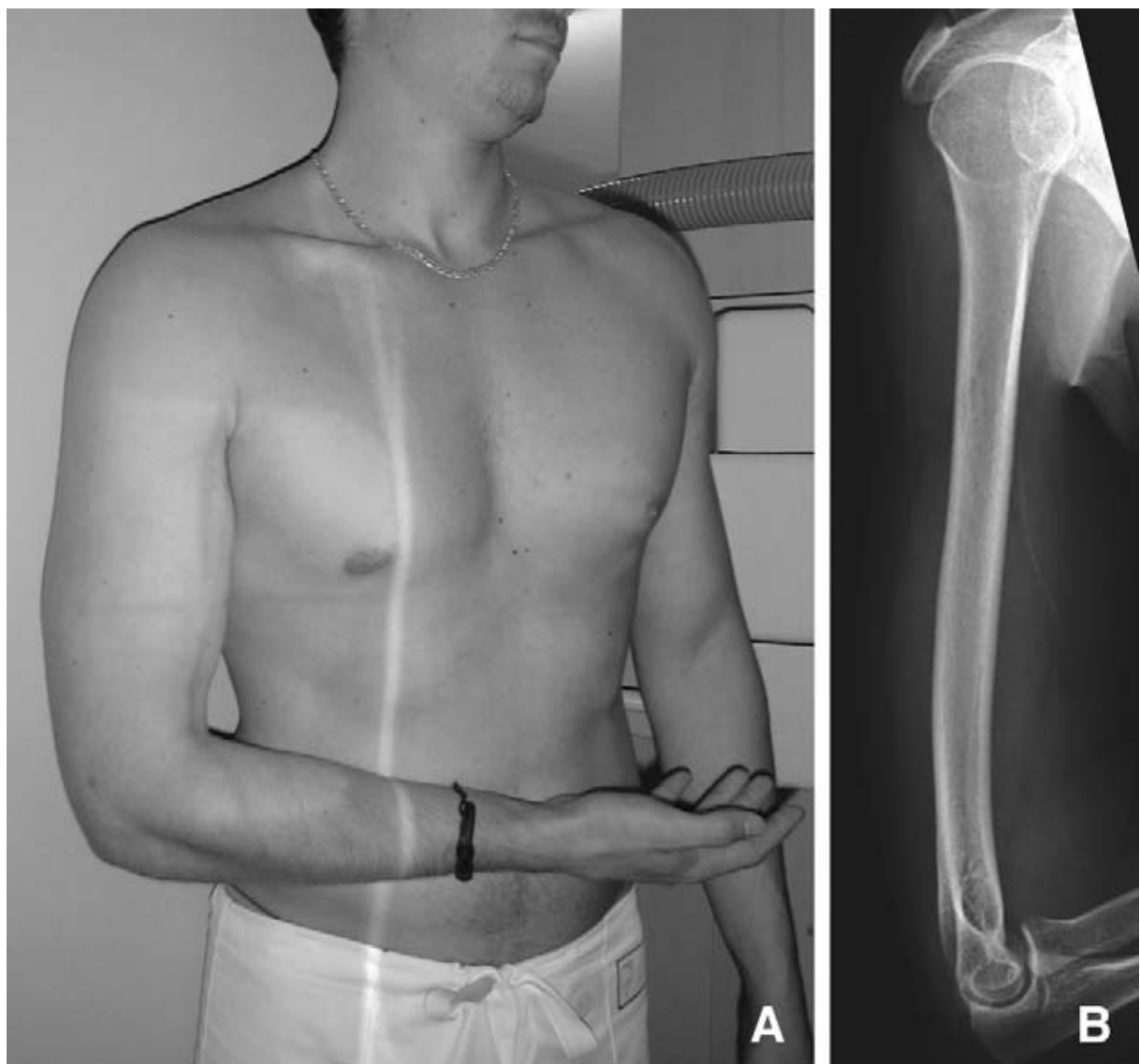


Figure n°8 [17] : Radiographie standard, incidence de profil. A. Position. B. Résultat.

III– ETUDE ANATOMO – PATHOLOGIQUE

1. Siège de la fracture

Nous avons adopté la classification d'Hackethal modifiée par De La Caffinière [8] pour déterminer le siège de la fracture (tableau n°III, figure n°9). Ainsi, nous avons retrouvé :

- D1 : 5 cas soit 14,3%
- D2 : 1 cas soit 2,9%
- D3 : 4 cas soit 11,4%
- D4 : 21 cas soit 60%
- D5 : 4 cas soit 11,4%

Nous avons constaté une large prédominance des localisations des fractures au niveau du tiers moyen de la diaphyse humérale (figure n°10).

Tableau n°III : Localisation des fractures selon la classification d'Hackethal modifié par De La Caffinière [8]

	Siège du trait de fracture
D1	Fracture du col chirurgical
D2	Fracture métaphysaire haute
D3	Fracture de la jonction 1/3 supérieur 1/3 moyen
D4	Fracture du 1/3 moyen
D5	Fracture de la jonction 1/3 moyen 1/3 inférieur
D6	Fracture métaphysaire basse

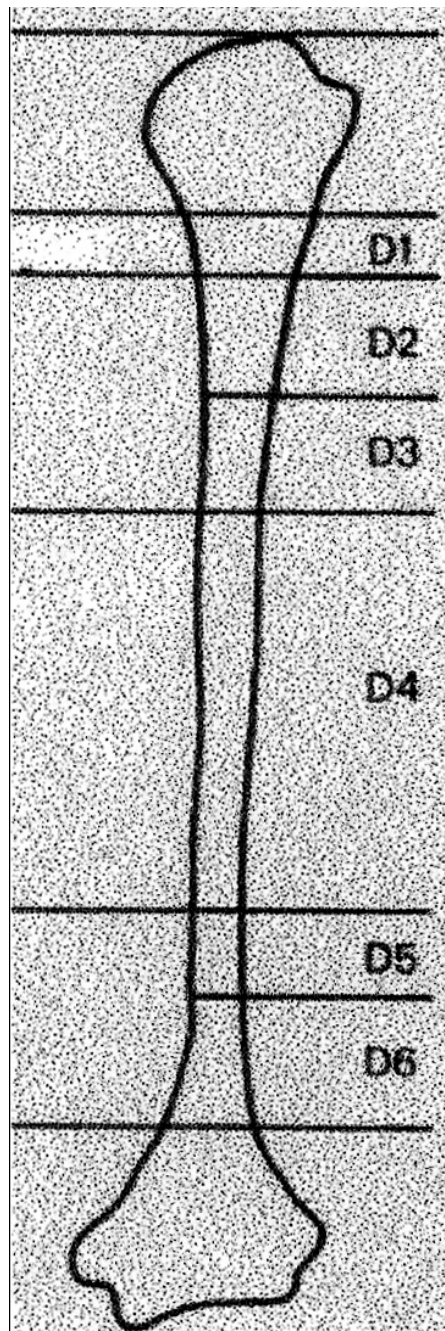


Figure n°9 [18] : Localisation des fractures selon la classification, de Hackethal modifié par De La Caffinière

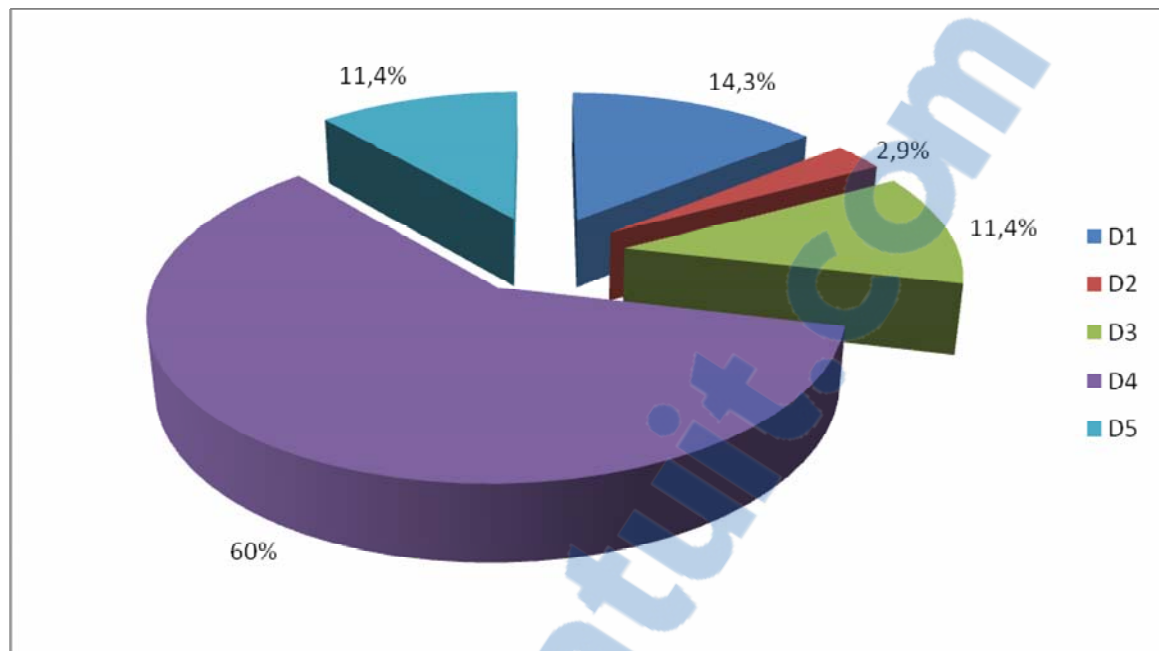


Figure n°10 : Répartition des patients selon le siège du trait de fracture

2. Trait de la fracture

Le type de trait de fracture a été déterminé selon la classification de l'AO [19] (tableau n°IV, figure n°11). Elle divise l'humérus en tiers dans lesquels se situent des fractures simples (type A) à trois fragments ou fractures à coin (type B) et complexes (type C). Chaque groupe lésionnel A, B et C est ensuite subdivisé en trois sous groupe.

Tableau n°IV : Classification AO [19] des fractures de l'humérus

	Type de trait de fracture
A1	Fracture spiroïde
A2	Fracture oblique
A3	Fracture transversale
B1	Fracture spiroïde avec un 3ème fragment
B2	Fracture oblique avec un 3ème fragment
B3	Fracture à quatre fragments
C1	Fracture spiroïde à plusieurs fragments
C2	Fracture bifocale
C3	Fracture communitive complexe

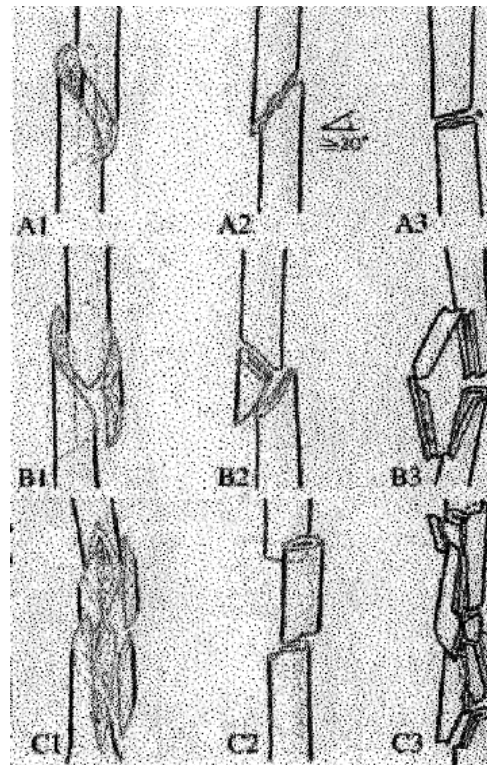


Figure n°11 [18] : classification AO des fractures de l'humérus

Pour notre série, les résultats étaient les suivants :

- A1 : 3 cas (8,5%)
- A2 : 9 cas (25,8%)
- A3 : 17 cas (48,6%)
- B1 : 2 cas (5,7%)
- B2 : 3 cas (8,5%)
- C2 : 1 cas (2,9%)

Les fractures les plus fréquentes dans notre série étaient de type A3 en zone moyenne D4 (tableau n°V)

Tableau n°V : Répartition des patients selon la classification AO [19] et selon la classification d'Hackethal modifiée par De La Caffinière [8]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Total
A1	0	1	0	2	0	0	3
A2	4	0	1	2	2	0	9
A3	1	0	3	12	1	0	17
B1	0	0	0	2	0	0	2
B2	0	0	0	2	1	0	3
B3	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	1	0	0	1
C3	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	1	4	21	4	0	35

3. Les lésions associées

Dans 15 cas (42,85%) il y avait une ou plusieurs lésions associées (tableau n°VI) dont, cinq traumatismes étagés du membre supérieur, six fractures de membre controlatéral et quatre polytraumatisés

La fracture était ouverte chez deux patients soit 5,7% : une punctiforme (stade I de la classification de Cauchoux et Duparc) et l'autre contuse et décollée (stade II).

Une paralysie radiale sensitivomotrice totale post-traumatique a été constatée chez trois patients. Par ailleurs, nous n'avons eu aucun cas de lésions vasculaires associées.

2. Type d'anesthésie

L'anesthésie générale a été effectuée chez 25 patients et le bloc plexique chez 10 patients.

3. Installation du malade

Dans notre série, 30 patients étaient installés en décubitus dorsal et 5 patients en décubitus latéral.

Dans les deux installations, l'épaule du côté opéré était latéralisée et décollée du plan de la table d'opération, ceci facilitait le passage de l'amplificateur de brillance, qui était parallèle à la table et mobile autorisant ainsi les deux incidences orthogonales pour premièrement, objectiver la qualité de la réduction obtenue par manœuvres externes et, deuxièmement, contrôler la bonne qualité du remplissage diaphysaire ainsi que la divergence des broches dans la tête humérale.

4. Réduction

Avant l'installation de champs stériles, nous nous assurons que nous pouvons par manœuvre externe obtenir la réduction de la fracture sur deux incidences à 90° grâce à l'amplificateur de brillance.

5. Voie d'abord et technique opératoire

L'abord se faisait par une incision longitudinale, médiane et postérieure, débutant à 2 cm au dessus de l'extrémité palpée de l'olécrâne et se poursuivant vers la diaphyse sur 5 à 6 cm. La fossette susolécrânienne était abordée en incisant longitudinalement le tendon tricipital, la face postérieure de l'humérus abordée et exposée par un écarteur autostatique. L'emplacement de l'orifice de pénétration devait être bien choisi (figure n°12) :

- Exactement médian ou très légèrement interne pour ne pas fragiliser les deux piliers.
- 20 mm au dessus du bord supérieur de la fossette olécrânienne, la cortical postérieure était trépanée pour réaliser une fenêtre osseuse « en timbre-poste » de un centimètre sur deux centimètres au-dessus de la fossette.
- L'orifice était pratiqué à la pointe carré puis à la mèche, il pouvait être agrandi à la pince- gouge fine afin de passer le plus grand nombre possible de broches, de sorte que le fût diaphysaire soit rempli entièrement, bloquant ainsi toute possibilité de rotation au niveau du foyer de fracture et tout risque de migration.

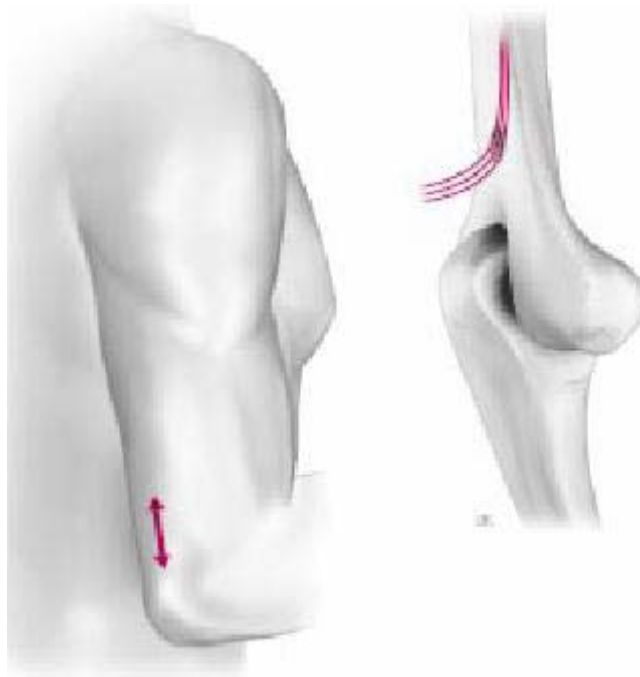


Figure n°12 : Abord susolécrânien

On utilisait des broches de 1,8 à 3mm dont le bout pointu aurait été auparavant épointé et légèrement béquillé (bout de pénétration). Le passage de la première broche présentait

l'étape la plus cruciale, elle était poussée à la pince (type Facom) ou par une poignée de Jacob jusqu'au foyer de fracture, en ce moment la réduction se pratiquait, consistant en une traction dans l'axe du membre supérieur pour corriger le chevauchement, une mise en flexion abduction pour corriger l'angulation à sinus. Le passage de la broche par le foyer de fracture était contrôlé par l'amplificateur de même que sa position dont l'extrémité devait être placée à 10 mm du cartilage céphalique, tout excès de traction ayant été alors supprimé.

La broche était alors coupée à 10 mm de la corticale puis recourbée pour ne pas traumatiser le tendon du triceps et tout en conservant un effet « console » au niveau de la fenêtre osseuse, qui ici aussi garantissait l'absence de migration de broches.

En fonction de leurs diamètres, 2 à 5 autres broches coupées à la même longueur pouvaient être alors enfoncées au marteau puis à la pince après avoir coudé leur extrémité distale à angle droit afin de faciliter leur orientation dans la tête humérale puis ultérieurement leur ablation.

Les broches étaient ainsi placées, les plus divergentes possible, et leur position dans la tête suffisamment loin du cartilage devait être une dernière fois contrôlée.

Le foyer de fracture était ensuite impacté avec le plat de la main sur l'olécrâne, en cas de communication importante.

Le tendon tricipital était enfin soigneusement réparé.

Un drainage était mis en place, étant donné l'existence d'une communication avec la cavité médullaire.

Le foyer de fracture a été abordé dans 6 cas (17%) après plusieurs tentatives infructueuses de réduction et de passage à foyer fermé.

Face au trois cas de paralysies radiales post-traumatique, notre attitude était une abstention thérapeutique et surveillance clinique et électrique avec une rééducation fonctionnelle des muscles extenseurs.

6. Immobilisation

Le montage était ensuite complété par une immobilisation type Mayo clinic pour 15 à 21 jours.

7. Rééducation fonctionnelle

Elle est capitale et conditionne en grande partie le résultat final. La rééducation était commencée dès que l'indolence était obtenue : mobilisation passive puis active de l'épaule, du coude, du poignet et des doigts, en excluant toute manœuvre douloureuse ou forcée.

8. Durée d'hospitalisation

La durée moyenne d'hospitalisation est de 7 jours avec des extrêmes de 2 et 22 jours.

9. Ablation des broches

L'ablation était faite en hôpital de jour avec un délai moyen de 8 mois.

V- EVOLUTION ET COMPLICATIONS

1. Complications postopératoires

Nous avons retenu le délai de quatre mois pour parler de retard de consolidation et de six mois pour parler de pseudarthrose.

Dans notre série, les complications post opératoires ont été noté chez cinq patients parmi 35 soit 14,9%.

Nous avons déploré dans les suites postopératoires (tableau n°VII) :

- Deux cas (5,7%) de trouble neuroalgodystrophique, qui avaient régressé en 10 mois sous traitement médical.
- Deux cas (5,7%) de retard de consolidation.
- Un cas (2,8%) de pseudarthrose aseptique, il s'agissait d'une fracture de type A3 en zone D5 ostéosynthésée par deux broches de 2,5mm. On notait une mauvaise impaction du foyer et à un nombre de broches insuffisant. Elle fut reprise chirurgicalement par décortication, greffe et plaque vissée.

Nous n'avons pas eu de fractures iatrogènes, ni de paralysie radiale postopératoire, ni d'infection au niveau de l'orifice d'entrée des broches, ni de gêne de matériel, ni de démontage, ni de défaut de réduction. Aucune migration de broches à l'épaule ou au coude n'a été relevée.

Tableau n°VII : Complications postopératoires dans notre série

Complications	Effectif	Pourcentage
Trouble neuroalgodystrophique	2 cas	5,7%
Retard de consolidation	2 cas	5,7%
Pseudarthrose aseptique	1 cas	2,8%

2. Résultats thérapeutiques

2.1. Recul

Dans notre série, Le recul moyen était de 30 mois avec des extrêmes de 6 mois à 48 mois

2.2.Consolidation

La consolidation de la fracture était évaluée sur :

- La disparition de la douleur provoquée au niveau du foyer de fracture

- L'apparition d'un cal visible sur les incidences radiographiques de face et de profil.

Cette consolidation a été obtenue dans 34 cas (97%). Le délai moyen de consolidation été de neuf semaines six jours avec des extrêmes de sept semaines à 20 semaines.

2.3. Résultats fonctionnels

Les patients étaient revus tous les mois jusqu'à trois mois postopératoire ; puis tous les trois mois jusqu'à ablation des broches.

L'état fonctionnel du membre supérieur constitue l'un des plus importants critères de jugement des résultats thérapeutiques d'une fracture de l'humérus. La consolidation à elle seule ne constitue pas un bon résultat.

En fait, l'obtention d'un membre à la fois solide et fonctionnel reste le but désiré de tout traitement en pathologie traumatique et orthopédique.

De manière générale, les résultats fonctionnels dépendent non seulement des méthodes thérapeutiques antérieurement envisagées, mais aussi :

- Du siège de la fracture
- De l'existence ou non d'une complication supplémentaire septique ou neurologique telle une paralysie radiale.
- De la valeur de la rééducation.
- Et de la coopération du malade.

2.3.1. Critères d'appréciation :

Pour évaluer les résultats, nous nous sommes inspirés de la classification de Stewart et Hundley modifiée [20] (tableau n°VIII), qui est un score composite, anatomique et fonctionnel, qui nous a paru le plus adapté à la pratique clinique.

En se basant sur :

- L'existence d'une douleur résiduelle.
 - La mobilité.
-

- L'alignement.

La limitation des activités quotidiennes étant le plus souvent due à une limitation des amplitudes ou une douleur résiduelle.

Tableau n°VIII : Evaluation fonctionnelle suivant la classification de Stewart et Hundley modifiée [20]

Très bon	Absence de douleur Mobilité normale de l'épaule et du coude Bon alignement radiologique
Bon	Pas de douleur ou douleur climatique Raideur de l'épaule et du coude inférieure à 20° Cal vicieux inférieur à 20°
Assez bon	Douleur peu importante Raideur de l'épaule et du coude entre 20 et 40° Cal vicieux supérieur 20°
Mauvais	Douleur persistante Raideur de l'épaule et du coude supérieure à 40° Pseudarthrose

2.3.2. Résultats globaux

Dans notre étude, les résultats fonctionnels ont été appréciés chez 35 patients parmi 40 soit 87,5%. Cinq patients ont été perdus de vue.

Les résultats au cours de notre examen de révision selon la classification de Stewart et Hundley modifiée étaient comme suit (figure n°13) :

- Très bon résultat : 30 cas soit (85,9%)
- Bon résultat : 3 cas soit (8,5%)
- Assez bon résultat : 1 cas (2,8%) il s'agissait d'une raideur de l'épaule entre 20 et 40°.
- Mauvais résultat : 1 cas (2,8%) présentant une pseudarthrose aseptique

Nous avons retenu comme résultats utiles, ceux qui ont eu de très bon et bon résultat.

Ainsi les résultats globaux fonctionnels et anatomiques dans notre série étaient utiles dans 33 cas, soit 94,2%.

Les trois cas de paralysie radiale post-traumatique ont récupéré totalement, ils ont eu de bon résultat.

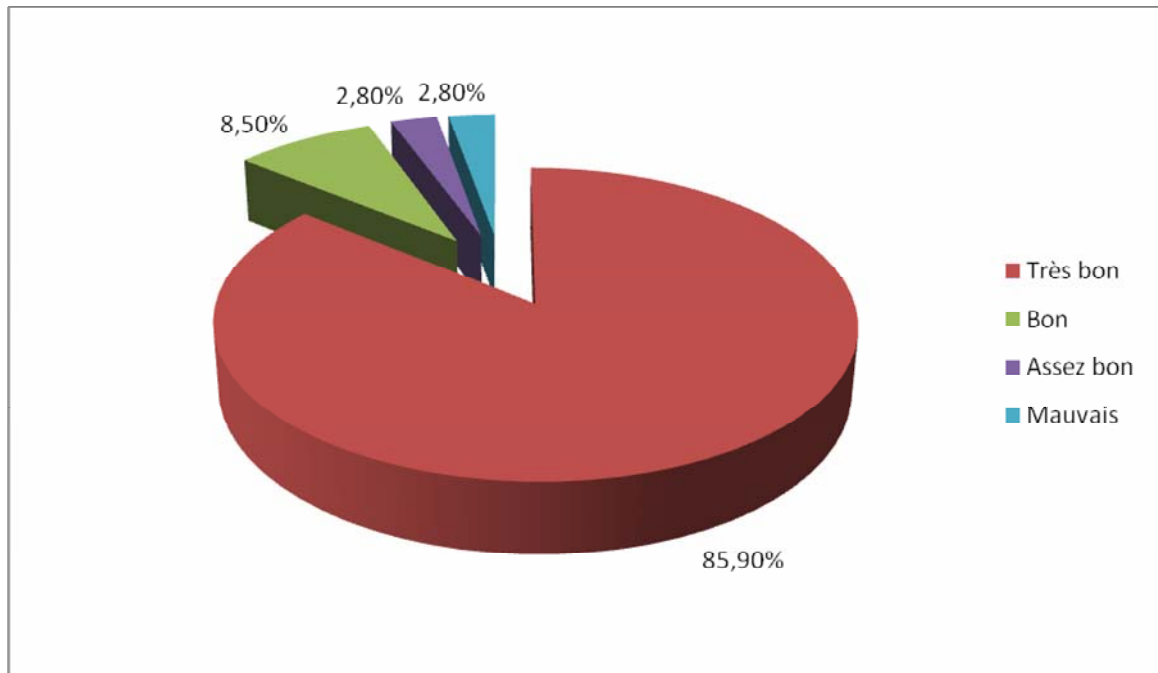


Figure n°13 : Répartition des résultats fonctionnels selon la classification de Stewart et Hundley modifiée [20]

2.3.3. Mobilité active

L'évaluation était appliquée sur le coude et l'épaule de façon comparative avec le côté controlatéral. L'amplitude fonctionnelle du mouvement était celle qui était active et indolore.

a) Au niveau du coude

Deux amplitudes ont été recherchées : la flexion et l'extension autour de l'axe transversal.

Nous avons eu une mobilité du coude normale dans 33 cas soit 94,3%, déficitaire de 20° d'extension dans deux cas soit 5,7%.

b) Au niveau de l'épaule :

Quatre amplitudes ont été évaluées : la flexion, l'abduction, la rotation externe, et la rotation interne.

On avait toujours contrôlé pour la flexion et l'abduction, que le patient effectuait ces deux mouvements uniquement avec l'épaule (et pas avec le dos).

L'évaluation de la rotation externe se basait sur la capacité du patient à placer sa main derrière ou sur sa tête et la position de son coude lors de ces mouvements.

L'évaluation fonctionnelle de la rotation interne représentait la capacité du patient à placer sa main derrière son torse.

Ainsi les résultats ont été les suivants :

- L'utilisation du membre supérieur atteint était possible au-dessus de la tête pour 90% des opérés
- La mobilité de l'épaule était normale dans 31 cas soit 88,6%
- déficitaire de 20° en flexion et abduction dans 3 cas soit 8,57%
- déficitaire de 60° en flexion et abduction dans un cas soit 2,83%

2.4. Etude comparative des résultats

2.4.1. Résultats selon l'âge (tableau n°IX)

- Pour les trois patients âgés entre 10 et 20 ans, nous avons eu 100% de résultats utiles.
- Pour les 22 patients âgés entre 21 et 40 ans, nous avons retrouvé 100% de résultats utiles.
- Enfin pour les 10 patients âgés de plus de 40 ans, nous avons obtenu 80% de résultats utiles.

Tableau n°IX : Résultats fonctionnels selon l'âge

10 – 20 ans	21 – 30 ans	31 – 40 ans	>40ans
-------------	-------------	-------------	--------

Très bon	3	6	2	1
Bon	0	8	6	7
Assez bon	0	0	0	1
Mauvais	0	0	0	1

2.4.2. Résultats en fonction du côté dominant

- Dans les 15 cas d'atteinte du côté dominant, nous avons retrouvé 14 cas de résultats utiles soit 93,33%.
- Dans les 20 cas d'atteinte du côté non dominant, les résultats utiles ont été obtenus chez 19 cas soit 95%.

Donc, nous n'avons pas retrouvé de différence significative entre les résultats utiles lors de l'atteinte du côté dominant ou non dominant.

2.4.3. Résultats en fonction du délai d'intervention

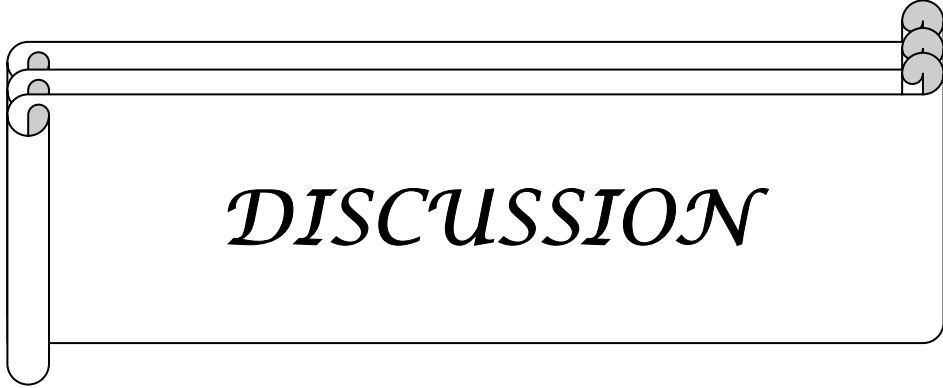
- Sur les 19 malades traités le même jour, les résultats utiles ont été retrouvés à 100%.
- Pour les 16 malades traités après 24 heures, les résultats utiles ont été obtenus dans 14 cas, soit 87,5%.

Les résultats fonctionnels des patients traités le même jour sont nettement meilleurs que ceux traités après 24 heures.

3. Reprise de l'activité antérieure

Au dernier recul, chez les actifs qui représentaient 94,3% de nos patients on a signalé :

- L'activité antérieure a pu être reprise dans des conditions normales chez 29 malades soit 87,8%.
- Un poste adapté a été nécessaire pour trois patients.
- Enfin il n'y a pas eu de reprise chez un malade.



DISCUSSION

À travers cette étude rétrospective concernant cent trente cas de fractures humérales colligées dans le service de traumatologie orthopédie de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech nous avons revu quarante patients traités initialement par embrochage fasciculé centromédullaire selon Hackethal entre janvier 2000 et janvier 2006.

Ce travail a volontairement exclu les méthodes opératoires dérivées de l'embrochage fasciculé selon Hackethal mais utilisant un matériel d'ostéosynthèse spécifique (De La Caffinière [21]), ou différent tels les clous de Ender initialement destinés aux fractures trochantériennes (Brumback [22], Hall et Pankovich [23]) ou dans la voie d'abord de la cavité médullaire.

Nous comparerons d'abord nos résultats à ceux des séries de patients opérés selon cette même technique. Nous les comparerons ensuite aux séries concernant d'autres types de stabilisation tout en discutant les différentes méthodes thérapeutiques devant une fracture humérale.

I- EPIDEMIOLOGIE

1. Fréquence et incidence

Notre travail, qui se limite aux seules fractures traitées par embrochage fasciculé selon Hackethal, ne nous permet pas de préciser la fréquence de ces fractures.

Ainsi,

- Pour Garraway [1,24] les fractures de l'humérus, toute localisation confondue, viennent au troisième rang des lésions du membre supérieur, soit une incidence de 116 cas par an pour 100 000 hommes et 127 pour 100 000 femmes. Elles se situent loin derrière les fractures des deux os de l'avant-bras (425 par an/100 000) mais proches des fractures du fémur toute localisation confondue (126 à 150).
- Pour Rose [2] précise la répartition topographique des fractures humérales, soit 47% de lésions proximales, 33% distales et 20% diaphysaires.

2. AGE

L'étude de la répartition des fractures l'humérus selon l'âge, montre que la majorité de nos patients sont des sujets jeunes en période d'âge active entre 20 et 40 ans, dont l'âge moyen est de 35 ans. J.Dayez [25] rapporte la même fréquence avec un âge moyen de 34,3 ans. Les constatations des autres auteurs sont les suivantes :

Tableau n°X : Variation de l'âge selon les séries

Auteur	Age moyen (ans)
E.Lenoble [26]	38,2
De La Caffinière [8]	56
J.Dayez [25]	34,3
C.B.Diémé [27]	37
P.Bonnevialle [16]	37,1
Notre série	35

La prédominance de sujets jeunes semble être liée aux circonstances de l'accident : les AVP étant la cause la plus fréquente de ces fractures.

L'âge jeune de notre population et notre durée de vie moyenne inférieure à celle des pays occidentaux restent l'une des explications de la différence de notre épidémiologie avec les autres séries. Comme d'ailleurs le cas de la série de De La Caffinière [8] avec un âge moyen de 56 ans.

3. Sexe

Le sexe masculin représente 85,7% dans notre série. Cette prédominance masculine est également rapportée par J.Dayez [25] avec un pourcentage de 72,27%.(tableau n°XI)

Tableau n°XI : variation du sexe masculin selon les séries

Auteur	Sexe masculin (%)
E.Lenoble [26]	69,23
De La Caffinière [8]	48,78
J.Dayez [25]	72,27
C.B.Diémé [27]	63,8

P.Bonnevialle [16]	63
Notre série	85,7

4. Etiopathogénie

4.1. Etiologie

Les accidents de la voie publique sont la principale cause génératrice de ces fractures en occupant 74,5% de l'ensemble des circonstances de survenue (41% pour J.Dayez [25]) contre 11,5% de chutes (19,4% pour J.Dayez [25]); les taux des différentes séries sont variables comme le montre le tableau suivant :

Tableau n°XII : Répartition selon l'étiologie de la fracture dans la littérature

Auteur	AVP (%)	Chute domestique(%)	Accident de sport(%)
E.Lenoble [26]	69,23	–	–
De La Caffinière [8]	30	–	–
J.Dayez [25]	41	19,4	–
C.B.Diémé [27]	67,24	15,5	3,5
P.Bonnevialle [16]	56	20,6	3,8
Notre série	74,5	2,8	5,6

4.2. Mécanisme

Nous individualisons deux mécanismes dans la survenue des fractures de l'humérus :

- Direct : chute sur le bras ou coup direct porté sur le bras (coup de bâton par exemple)
- Indirect : chute sur le poignet ou le coude, bras étant plus ou moins en abduction ou en extension.

Il est en fait bien souvent difficile à faire préciser par le blessé, et à un même mécanisme peuvent correspondre plusieurs formes anatomiques de fractures. Le mécanisme n'a pas été précisé dans les autres séries.

Dans notre série, le mécanisme direct représentait 42,86% des cas et dans 48,54% il était difficile de le faire préciser par le blessé.

4.3. Le côté atteint

Dans notre série on a recensé 14 fractures droites soit 40%, contre 21 fractures gauche soit 60%, alors que pour les autres séries (De La Caffinière [8], J.Dayez [25], O.Gaullier [28]) le côté droit était le plus fréquemment touché (tableau n°XII).

Tableau n°XIII : Répartition selon le côté atteint dans la littérature

Auteur	Côté droit	Côté gauche
De La Caffinière [8]	42 cas	40 cas
J.Dayez [25]	21 cas	15 cas
O.Gaullier [28]	13 cas	10 cas
C.B.Diémé [27]	25 cas	33 cas
Notre série	14 cas	21 cas

II- DIAGNOSTIC

1. Clinique

1.1. Interrogatoire

Il va nous permettre de recueillir des informations concernant :

a) Le traumatisme :

- Heure
- Lieu
- Circonstances de survenue
- Mécanisme : direct ou indirect

b) Le traumatisé :

- Age
 - Tares
 - Antécédents personnels et familiaux
-

- Signes fonctionnels : douleur et impotence fonctionnel total du membre supérieur
- Soins reçus sur le lieu du traumatisme

1.2. Examen physique

a) Inspection

- ❖ Une attitude classique du traumatisé du membre supérieur de Desault :
 - ✓ Tête inclinée du côté lésé
 - ✓ Bras en rotation interne
 - ✓ Avant-bras fléchi, soutenu par l'autre main
- ❖ Déformation et raccourcissement du bras, ils sont liés au chevauchement et au déplacement qui se fait en adduction du fragment proximal lorsque le foyer de fracture est situé au-dessus du V deltoïdien, et en abduction du fragment proximal lorsque le trait est localisé au-dessous de cette puissante insertion musculaire.
- ❖ Une augmentation plus ou moins importante de volume.
- ❖ L'ecchymose brachio-thoracique de Hennequin est perçue pour les fractures de l'extrémité supérieure et est d'apparition tardive.

b) Palpation

La douleur est exquise généralement diffuse, provoquée par le moindre essai de mobilisation du bras.

c) Examen locorégional

- ❖ Les articulations de l'épaule et du coude : indolence et mobilité.
- ❖ le reste du membre supérieur détectant un traumatisme étagé du membre supérieur (TEMS).

- ❖ L'examen vasculaire : par l'étude de la chaleur, coloration et des pouls distaux radial et cubital.
- ❖ L'examen nerveux est d'intérêt médico-légal : surtout le nerf radial dont il importe d'informer le patient dès la constatation de sa lésion.

Deux démarches diagnostiques sont systématiques devant une fracture de l'humérus : la recherche d'une atteinte vasculaire et l'évaluation de la fonction nerveuse. L'interruption du pédicule vasculaire huméral est exceptionnelle dans les fractures humérales en dehors des lésions balistiques. L'abolition des pouls et un syndrome ischémique distal feront poser l'indication d'une artériographie qui localisera la lésion. La paralysie radiale n'échappe pas à un examen clinique simple : anesthésie de la première commissure et paralysie de la flexion dorsale du poignet des métacarpo-phalangiennes et de l'extension-abduction de toute la colonne du pouce : c'est la classique « main tombante » (figure n°14). Ce diagnostic a en outre une grande valeur médico-légale et ce d'autant qu'une ostéosynthèse est décidée. Il peut être pris en défaut chez le comateux ou en cas d'atteinte concomitante du plexus brachial.

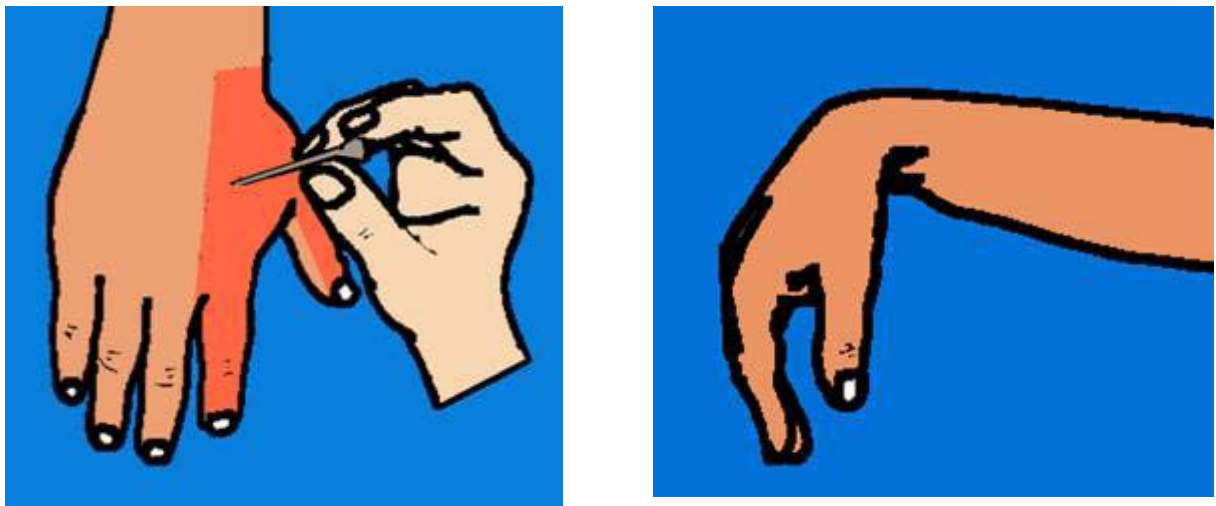


Figure 14 : Anesthésie de la première commissure et aspect de « main tombante »

d) Examen général

Cet examen recherchait d'une part :

- Des polyfracturés.
- Des polytraumatisés.

Et d'autre part permettait d'apprécier le terrain (état général, décompensation d'une tare préexistante).

Les fractures de l'humérus sont fréquentes chez le polytraumatisé ou le blessé polyfracturé puisqu'elles représentent 15 à 30 % des séries publiées, pour Bonnevalle [16] 35% des cas étaient des polytraumatisés dont 10% d'association contusion thoracique et/ou fractures costales et fractures humérales homolatérales, dans 18% la fracture rentrait dans le cadre d'une lésion étagée de type « coude flottant ». Dans notre série, 15 cas (42,85%) avaient une ou plusieurs lésions associées dont cinq traumatismes étagés du membre supérieur, six fractures de membre controlatéral et quatre polytraumatisés. Ces chiffres justifient la fréquence des indications opératoires dans notre expérience. Tous les auteurs s'accordent pour proposer une fixation chirurgicale de la fracture chez ces blessés [29,30].

D'autres formes ont été rapportées dans la littérature : fracture de l'humérus associée à une luxation homolatérale de la tête humérale et les fractures bilatérales de l'humérus.

2. Bilan radiologique

Le bilan radiologique indispensable comporte une vision sous double incidence de l'humérus dans sa totalité, épiphyses proximale et distale comprises, afin d'objectiver une éventuelle lésion bifocale et/ou un trait de refend articulaire :

- L'incidence de face est toujours possible même chez un sujet algique qui peut coopérer à sa réalisation en maintenant lui-même son membre traumatisé.

- Pour le profil, il est préférable de glisser la cassette entre thorax et face médiale du bras, pour éviter d'aggraver le déplacement ; mais le quart proximal de l'humérus n'est plus alors bien exploré. Il ne faut pas hésiter à réaliser d'autres clichés chez un patient endormi ou fortement analgésié afin d'obtenir une évaluation précise du foyer fracturaire.

Il importe de rappeler l'importance d'une interprétation fine des clichés pour déceler certaines formes de fractures pathologiques, volontairement exclues de cette étude, l'humérus est en fait un des sites privilégiés de localisations métastatiques des néoplasies « ostéophiles »

mais exceptionnellement révélatrices. D'autre part on connaît le tropisme des kystes essentiels pour la métaphyse proximale humérale chez l'adolescent et leur extension diaphysaire en fin de croissance.

Au terme de ce bilan on pourra apprécier :

- Le trait de fracture.
- Le siège du trait de fracture.
- Et l'importance du déplacement.

D'autres examens radiologiques seront demandés en fonction des lésions osseuses associées.

III– ANATOMIE PATHOLOGIQUE

1. Le trait de la fracture

Nous avons adopté pour la classification du type de trait de fracture la classification de l'AO [19] pour les fractures de l'humérus (figure n°11), ainsi par nos 35 malades, 17 cas présentaient un trait simple transversal (A3) soit un pourcentage de 48,6%. Ce taux avoisine celui de J.Dayez [25] avec 55,55% de trait type A3 et de 41,4% pour C.B.Diémé [27], par contre ce taux est relativement plus élevé chez Moyikoua [31] avec 63%.

2. Le siège de la fracture

Dans notre série, la localisation du trait de fracture la plus fréquente était en zone médiodiaphysaire D4 selon la classification d'Hackethal modifié par De La Caffinière [8] (tableau n°III) avec un pourcentage de 60%. Ce résultat rejoint celui des différentes séries de la littérature avec comme localisation préférentielle le 1/3 moyen de l'humérus [32] (tableau n°XIV).

Tableau n°XIV : Données de la littérature sur le siège des fractures de l'humérus

Auteur	Tiers moyen (%)
E.Lenoble [26]	48,7
O.Gaullier [28]	60,68
Sarmiento [33]	50
I.Kharbaoui [34]	43,1
C.B.Diémé [27]	58,6
Notre série	60

On constate donc que l'association trait transversal – tiers moyen est la plus fréquente dans notre série, en accord avec la littérature.

3. L'ouverture cutanée

Deux cas d'ouverture cutanée ont été notés, dont un au stade I de Cauchoix Duparc et un au stade II, soit un pourcentage de 5,7%. Ces résultats coïncident avec les données de la littérature (tableau n°XV), l'ouverture cutanée est secondaire à des traumatismes violents et se voit volontiers chez les patients polyfracturés ou polytraumatisés ou victimes de plaies par balles [29].

Tableau n°XV : Données de la littérature sur l'ouverture cutanée

Auteur	Ouverture cutanée (%)
C.B.Diémé [27]	5,1
J.Dayez [25]	5,5
O.Gaullier [28]	8,69
P.Bonnevialle [16]	15

Notre série	5,7
-------------	-----

4. Paralysie radiale post-traumatique

Elle est l'apanage des fractures dont le trait se situe à l'union du tiers moyen et du tiers inférieur [35]. Elle a été retrouvée chez trois de nos patients soit 8,57%. Ce taux est comparable à la moyenne de la littérature : 8,6% pour Diémé [27], 7,73% pour Putz [36], 10% pour Coudane [29]. De Mourgues [5] préconise l'abstention en urgence et la surveillance avec une exploration vers le 4 mois en cas de non récupération.

Sur le plan lésionnel, il s'agit le plus souvent d'une neuropraxie. Lorsque l'exploration chirurgicale du nerf est effectuée, les auteurs rapportent des lésions en continuité type contusion avec parfois un hématome intraneural. La classique section du nerf par un fragment osseux est exceptionnelle [29]. Déburge et Delisle [37] et Holstein et Lewist [38] adoptent une exploration systématique face à ces paralysies radiales. Aucune interruption du nerf radial n'a été retrouvée. Bèzes [4] sur 17 paralysies radiales explorées n'avaient noté qu'une seule rupture.

La récupération était de règle chez nos patients, corroborant les autres séries publiées qui signalent plus de 80% de récupération nerveuse.

IV– TRAITEMENT

1. Buts

- Aboutir à la consolidation le plus tôt possible
- Récupérer un coude et une épaule mobiles et indolores
- Eviter les complications

En matière de fracture la meilleure méthode thérapeutique est celle qui est la mieux adaptée à l'état local et général du patient. Et qui aboutit à une restitution intégrale de la

fonction en un temps minimum et par le procédé le plus anodin et le plus commode pour le malade.

2. Moyens thérapeutiques

2.1. Traitement orthopédique

Son Principe consiste à obtenir une réduction de l'éventuel déplacement avec ou sans anesthésie générale, grâce à une contention qui est instituée jusqu'à la consolidation du foyer fracturaire soit en général 6 à 8 semaines.

Les méthodes orthopédiques se divisent entre celles qui imposent une immobilisation stricte et celles qui permettent une mobilisation segmentaire. Les premières regroupent la traction transolécrânienne, le plâtre thoraco-brachial, l'attelle directionnelle et les techniques dites « de coude au corps » comprenant les bandages Mayo Clinic et de Dujarier. Les secondes sont représentées par la technique du plâtre pendant et celle dite de Sarmiento.

a) Le plâtre thoraco-brachial :

Il permet une immobilisation stricte du membre supérieur maintenu en abduction de 60°, flexion de 30°, rotation externe de 20° (figure n°15) ; Il peut être réalisé sous anesthésie générale avec traction transolécrânienne provisoire.

Il permet d'assurer une excellente contention mais on lui reproche :

- la gêne quotidienne imposée au blessé ;
- il n'empêche pas la survenue de complications précoces (paralysie radiale, pseudarthrose) et surtout tardives au premier rang desquelles la raideur de l'épaule et du coude.

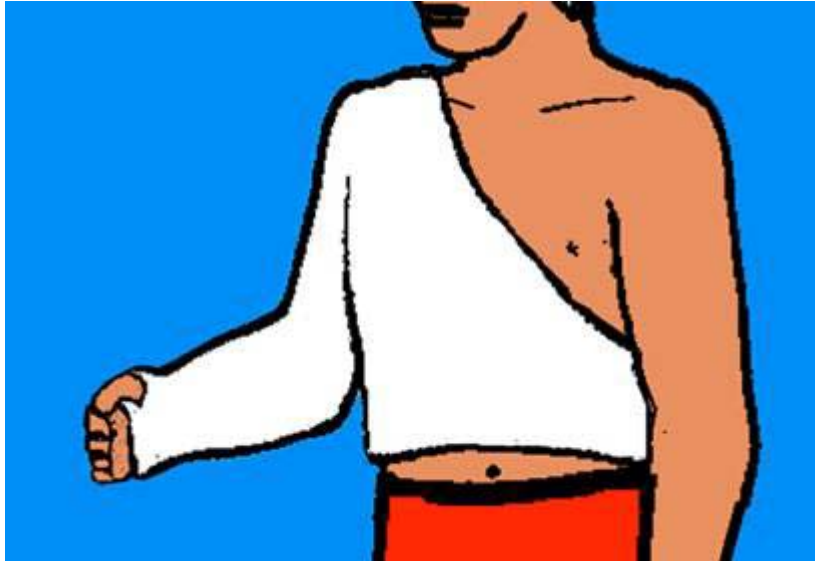


Figure n°15 : plâtre thoraco-brachial

b) L'attelle directionnelle :

Elle est réalisée sous simple neurolept-analgésie permettant au sujet de tenir assis en conservant un certain degré de tonus musculaire indispensable à la bonne réduction. L'attelle est faite à l'aide d'une quinzaine d'épaisseurs de bandes plâtrées de 20 cm de large et va de l'épaule contre-latérale au poignet, immobilisant l'humérus dans la meilleure position de réduction contrôlée par scopie pendant la mise en place. Un appui de l'avant-bras sur coussin permet un certain degré d'abduction, flexion, rotation externe. Le tout est consolidé à la manière d'un Dujarier par des bandes Velpeau et de l'élastoplast. Les avantages en sont la simplicité relative, la consolidation en huit semaines sans paralysie secondaire. Les inconvénients se résument essentiellement à la plus ou moins bonne tolérance, à la possibilité de déplacement secondaire, de pseudarthrose et de raideur.

Cette méthode représente 28,5 % de nos traitements orthopédiques.

c) La technique du « coude au corps » :

Le «Mayo Clinic» constitué d'un simple jersey tubulé ne permet ni réduction suffisante ni contention fiable. Le «Dujarier» représente la même technique que précédemment décrite, mais sans l'attelle directionnelle.

d) L'extension au zénith par broche transolécrânienne :

Coude à 90°, avant-bras reposant sur une attelle (de Merle) n'est pratiquement plus utilisée comme méthode compte tenu de l'alitement prolongé qu'elle impose. Elle est parfois utilisée comme première étape d'une autre méthode thérapeutique. Elle n'a pas été utilisée dans notre série.

e) Le plâtre pendant (figure n°16) :

Le principe est de confier à la pesanteur la réduction ainsi que la contention. En conséquence, il s'agit de réaliser un plâtre brachio-antébrachio-palmaire lourd (1,5 kg) dont l'effet sera mis en œuvre par la réalisation de mouvements pendulaires du bras. Les fractures par flexion du tiers moyen représentent la meilleure indication de cette méthode. Les avantages en sont la consolidation précoce en 7,4 semaines avec un taux faible de pseudarthrose. Les inconvénients sont la nécessité de coopération du patient qui doit impérativement tenir assis ou debout et réaliser pluri-quotidiennement des mouvements pendulaires de l'épaule et le risque d'ouverture cutanée secondaire. 23,8% des traitements orthopédiques étaient de cette nature.



Figure n°16 : Plâtre pendant

f) **La technique de Sarmiento** : Le principe s'appuie sur une mobilisation active précoce dans une contention inextensible réalisant un système de pression hydraulique permettant à la fois alignement fracturaire et stimulation du cal osseux. Sur le plan technique, il s'agit de réaliser un appareil parfaitement moulé sur le moignon de l'épaule ainsi que sur épicondyle et épitrochlée, plâtré ou mieux thermo-formé avec resserrage possible rendant l'appareil plus modulable. Il ne s'agit pas du traitement initial de la fracture de la diaphyse humérale mais le relais avisé de la traction transolécrânienne, du plâtre pendant, du Dujarier avec ou sans attelle directionnelle. Le délai de mise en place est de l'ordre de dix jours. Les avantages en sont la consolidation en huit semaines avec taux faible de pseudarthrose et une moindre raideur de l'épaule par la mobilisation précoce autorisée. Les inconvénients se résument aux contre-indications que sont l'obésité, l'absence de coopération, le polytraumatisé ou polyfracturé, la fracture ouverte de stade III. Cette technique était réalisée dans 4,8 % de nos traitements orthopédiques.

Si l'on respecte le dogme dicté par nos aînés : « le traitement chirurgical ne vit que des échecs du traitement orthopédique », ce traitement orthopédique garde de larges indications pour les fractures de l'humérus. Or, dans notre série 21 cas seulement de patients traités orthopédiquement ont pu être colligés, ils représentaient 16,1% de nos patients. Ce faible pourcentage peut être mis sur le compte d'un biais de recrutement par insuffisance de codage des dossiers traités orthopédiquement aux urgences.

2.2. Traitement chirurgical

Le traitement chirurgical comporte 2 temps cardinaux qui sont la réduction du foyer de fracture et la fixation par un matériel d'ostéosynthèse. Cette ostéosynthèse peut être selon les cas mise en juxta focal, en intra focal ou en extra focal. L'avantage indéniable des deux derniers procédés étant la possibilité du foyer fermé.

2.2.1. Ostéosynthèses à foyer fermé

Plusieurs modalités ont été décrites, mais les techniques varient en fonction de l'abord de la cavité médullaire et du principe de fixation. Ainsi, on décrit :

a) Embrochages

❖ **Embrochage fasciculé selon Hackethal**

L'embrochage fasciculé, décrit par Hackethal [3] en 1961, s'applique parfaitement aux fractures humérales.

- **Principe** : cette technique stabilise l'humérus grâce à un contact interfragmentaire étroit, l'autoblocage mutuel d'un nombre maximal de broches endomédullaires, leur divergence métaphysoépiphysaire proximale dans l'os spongieux céphalique et l'obstruction de la fenêtre d'entrée corticale distale.
- **Avantages** : c'est une solution simple et peu coûteuse, se singularise par sa rapidité de mise en œuvre, son coût modeste, sa fiabilité et son innocuité lors de l'ablation. De plus, Le foyer fermé respecte l'hématome fracturaire.
- **Inconvénients** : les performances biomécaniques de l'embrochage apparaissent modestes selon certains auteurs [39]. Le mode d'ostéogénèse serait proche de celui après traitement orthopédique caractérisé par un cal périosté important.
- **Technique opératoire** : L'installation peut se faire en décubitus dorsal bras en traction verticale par broche transolécrânienne, épaule en antépulsion et coude fléchi [40] ; en décubitus latéral bras reposant sur une table radiotransparente, amplificateur placé à la tête du patient ; décubitus latéral, mais avec son faisceau horizontal [8] ; enfin, décubitus ventral, bras pendant hors d'une courte tablette.

L'abord de la cavité médullaire se fait au-dessus de la fossette olécrânienne

Il est mené par une incision médiane postérieure, 2 cm au-dessus de la pointe de l'olécrâne, sur 4 à 5 cm en incisant longitudinalement le tendon du triceps. Une pointe carrée dirigée vers le haut et le plus tangentiellement possible pénètre dans la cavité médullaire. Cet orifice d'entrée (figure n°17) est ovalaire et mesure 2 cm sur 1 cm, son extrémité inférieure reste

à 2 cm au-dessus de la fossette olécrânienne, en gardant à l'esprit que le nerf radial est à plusieurs centimètres en haut et en dehors et que le nerf cubital est interne et plus proche.



Figure n°17 [14]: Orifice d'entrée distal dans la cavité médullaire utilisable pour l'embrochage de Hackethal.

La condition obligatoire du déroulement de cette intervention reste la réductibilité à foyer fermé de la fracture. Une fois celle-ci obtenue et maintenue par l'aide opératoire et la fenêtre d'entrée réalisée, l'embrochage se fait de distal à proximal. Le contrôle par l'amplificateur de brillance permet de vérifier le passage du foyer de fracture et la divergence céphalique des broches (figure n°18,19,20). Des broches de Kirschner de gros diamètre peuvent être utilisées ou bien un matériel spécifique [8]. Le remplissage endomédullaire doit être complet, au besoin par des broches qui ne franchissent pas le foyer de fracture mais qui auraient un rôle de blocage distal. Les broches doivent être coupées 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.



Figure n°18 : embrochage correct : remplissage diaphysaire, divergence des broches



Figure n°19 : Fracture B2 en zone D4 embrochage avec 3 broches



Figure n° 20 : TEMS : Ostéosynthèse radiale et cubitale par plaque ; embrochage humérale par 5 broches

❖ **Embrochages sus-tubérositaires**

Il s'agit de l'embrochage par voie postéroexterne sus-épicondylienne décrit par De La Caffinière [8] et l'embrochage par voie interne sus-épitrochléenne proposé par Rogez [10].

- **Principe** : cathétériser l'humérus par un nombre maximal de broches (18 ou 20 dixièmes) introduites par une trépanation corticale, juste au-dessus de l'épicondyle ou de l'épitrochlée (figure n°21, n°22). Le repérage du nerf cubital en dedans est indispensable.



Figure n°21 : Voie d'abord sus-épicondylienne distale décrite par De La Caffinière [8].

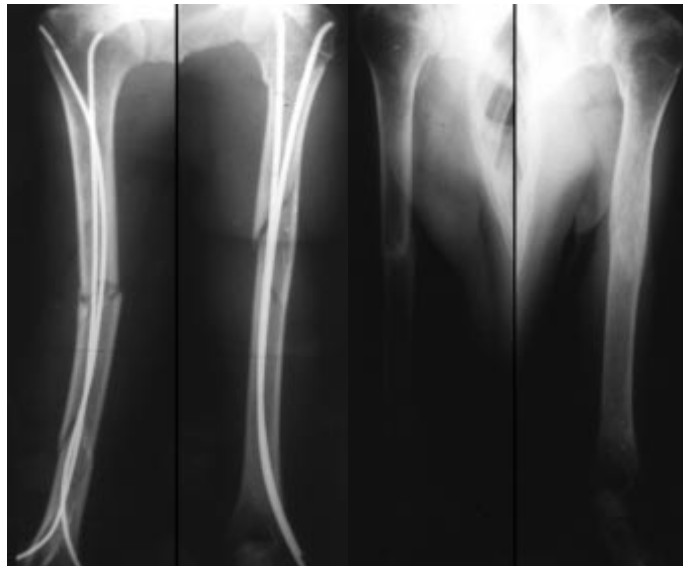


Figure n°22 : Embrochage par voie sus-épicondylienne pour une fracture humérale bilatérale chez un polytraumatisé. Consolidation en 3mois.

- **Avantage :**
 - ✓ simplicité et rapidité habituelle de l'intervention.
 - ✓ absence de dévascularisation du foyer.
 - ✓ technique économique.
- **Inconvénients :**
 - ✓ un nombre de broches plus limité que dans la technique d'Hackethal du fait de l'étroitesse des piliers et donc un risque de moins bonne stabilité.
 - ✓ un enraidissement possible du coude.
 - ✓ un risque d'ulcération au point d'introduction des broches du fait de la relative minceur des téguments.
 - ✓ la proximité du nerf radial à la voie d'abord.

❖ **embrochage bipolaire ascendant**

Décrit initialement par Vichard [11], le principe est celui de l'embrochage élastique stable à appui tricortical. La voie d'abord peut être minime en dehors mais nécessite le repérage du nerf cubital en dedans. Deux broches de gros calibre (20 ou 30 dixièmes) qui peuvent être spatulés comme le matériel de Métaizeau sont introduites dans la cavité médullaire, juste au-dessus des tubérosités (figure n°23). Le franchissement du foyer de fracture est facilité si les deux broches sont introduites simultanément.

Cette technique a pour avantage la validité biomécanique. Par ailleurs, elle présente les mêmes inconvénients des deux méthodes décrites ci-dessus.



Figure n°23 : Embrochage bipolaire ascendant

❖ **Embrochage en palmier par voie sous deltoïdienne**

Il a été décrit par Kapandji [41] en 1974. Les broches ont un trajet court et direct, grâce à leur introduction au niveau du V deltoïdien, permettant une mise en place plus facile (figure n°24).

Il n'y a aucune traversée tendineuse, aucun voisinage articulaire, aucun voisinage vasculaire ni nerveux.

Cependant cette technique demeure difficile à exécuter parfaitement car elle ne permet pas une bonne divergence des broches dans la tête, ni un bon contrôle de la réduction.

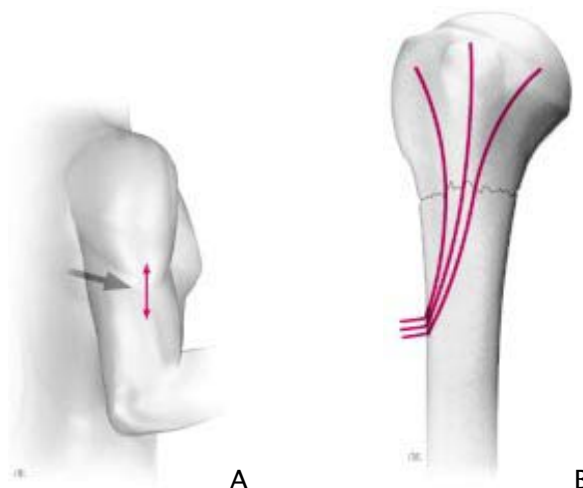


Figure n°24: A. Abord par le V deltoïdien. B. Disposition des broches

b) Enclouage centromédullaire

L'enclouage centromédullaire a vu ces dernières années augmenter ses applications depuis l'apport du verrouillage, et grâce à un matériel spécifique [42], adapté à l'anatomie brachiale. Ils se distinguent par leur système de verrouillage et leur technique de mise en place, antéro ou rétrograde. Le clou de Seidel [43,44] creux, sans fente, se verrouille en proximal par deux vis et distalement par un système spécifique de palette s'ouvrant dans la cavité médullaire à partir d'un vissage longitudinal effectué au point d'introduction trochitérien (figure n°25). D'autres clous comportent un verrouillage proximal et distal uniquement par vis : clou de Grosse et Kempf modifié [45], clou de Russel-Taylor [46,47]. Ce matériel peut être aussi introduit en distoproximal (figure n°26). Le clou de Marchetti comporte une courte portion distale verrouillable surmontée d'un faisceau de broches, remplissant la cavité médullaire et divergeant dans le spongieux métaphysoépiphysaire proximal.

Il ne faut pas négliger le risque iatrogène sur le nerf radial : manipulations laborieuses du foyer pour obtenir la réduction, les fausses routes, augmentation de la comminution ou du déplacement de fragments intermédiaires. En cas de paralysie contemporaine de la fracture, beaucoup contre-indiquent le clou, car la position précise du nerf radial ne peut être établie [20]. Il en est de même pour le verrouillage proximal pour lequel Riemer [48] a souligné les

risques neurovasculaires. Enfin, pour l'enclouage antérograde, le risque de raideur de l'épaule et/ou de lésions de la coiffe est souligné par beaucoup d'utilisateurs [45, 49].

L'enclouage centromédullaire verrouillé doit encore trouver sa place au sein des méthodes d'ostéosynthèses.



Figure n°25 : Consolidation par clou de Seidel d'une fracture spiroïde à coin de torsion du quart distal de l'humérus



Figure n°26 : Enclouage de Russel-Taylor par voie antérograde d'une fracture du tiers moyen tiers supérieur.

c) Fixation externe

Classiquement réservée aux lésions largement ouvertes, la fixation externe a été aussi appliquée aux fractures fermées humérales [50] (figure n°27). Les nouveaux fixateurs externes à fiches volumineuses non transfixiantes possèdent une fiabilité de prise proximale et distale, une

rapidité de pose. Les indications correspondent à des cas bien particuliers : polytraumatisé, fracture largement ouverte.

La zone d'insertion idéale des fiches à l'humérus est sa face latérale au niveau de la cloison intermusculaire. La face postérieure décrite par certains auteurs sacrifie la fonction du triceps [50].

À la partie proximale, la zone d'insertion est latérale, par des fiches perpendiculaires à l'axe diaphysaire. Un risque faible de transfixion vasculaire ou nerveuse quand on respecte les zones de sécurité, à savoir 5 cm au dessous de l'acromion pour éviter le nerf circonflexe.

À la distalité, les fiches sont latérales, parallèles au groupe proximal, sus-épicondyliennes, fixées dans le bord latéral du pilier de la palette et 8 cm au dessous de l'épicondyle pour respecter le nerf radial.

Chaque fiche nécessite un très court abord cutané. Divers montages sont possibles, liés en fait au type de fixateur posé. De Bastiani [50] recommande un montage strictement latéral, parallèle à la diaphyse grâce à deux groupes de fiches ; Lenoble [26] préconise un montage avec barres obliques appuyées sur un groupe proximal de fiches frontales latéromédiales et distal de fiches sagittales antéropostérieures.



Figure n°27 : fracture diaphysaire basse humérale et antébrachiale avec luxation de la tête radiale réalisant un coude flottant. Fixateur externe diaphysaire huméral, ostéosynthèse par plaque du radius et de l'ulna.

2.2.2. Ostéosynthèse à foyer ouvert

- **Principe :**

Après la réduction du foyer, la fixation est assurée par une plaque vissée épaisse la compression interfragmentaire est obtenue soit par le tendeur de plaque ou par autocompression, et maintenue par un minimum de six prises corticales (soit trois vis) de part et d'autre du foyer de fracture (figure n°28). Les vis de diamètre 4,5 doivent être utilisées, de même que les plaques dites plaques « à tibia » ou plus larges pour fémur à orifice en quinconce.

Ces ostéosynthèses directes par plaque vissée ont été codifiées par l'AO [51]. La technique doit être rigoureuse, ne souffrant pas d'improvisation et impose une expérience certaine pour ne pas s'exposer au démontage et à la pseudarthrose.

- **Avantage :**

La mise sous compression du foyer aboutit à un cal « per priman », sous la seule dépendance de l'ostéogenèse corticale permettant un montage très solide et une reprise fonctionnelle précoce.

- **Inconvénients :**

Quels que soient le siège et l'abord de la fracture, l'ostéosynthèse à foyer ouvert de la diaphyse humérale comporte trois inconvénients : souvent l'impossibilité d'une hémostase préventive par garrot, le risque de paralysie radiale et la dévascularisation osseuse lors de la désinsertion musculaire et du déperiostage exposent à la pseudarthrose.

En fait, il faut tenir compte de plusieurs paramètres : le type de foyer, sa situation sur la diaphyse, l'aspect anatomique de la face diaphysaire où doit s'appliquer l'ostéosynthèse.

En pratique, les conditions locales (surface corticale disponible, rapport avec le nerf radial) et la comminution fracturaire ne permettent pas toujours d'obtenir ces montages idéaux. La situation de la plaque et donc la voie d'abord sont plus discutées, aboutissant à une attitude éclectique recommandée par les principales séries de la littérature [4].



Figure n°28 : Fracture du tiers moyen traitée par plaque droite antéro-médiale.

3. Considérations sur le choix thérapeutique

Le chirurgien placé devant ce type de fractures doit savoir choisir l'une des techniques disponibles en vue d'obtenir le résultat le plus rapide avec le minimum de moyens.

Dans ce choix, il doit garder à l'esprit un certain nombre de considérations :

- les problèmes d'ostéosynthèse du membre supérieur sont fondamentalement différents de ceux du membre inférieur. En effet, le membre supérieur n'est pas porteur, mais suspendu à la ceinture scapulaire. Il ne subit donc pas des efforts en compression, mais bien plutôt en élongation, ce qui a tendance à aligner les fragments. La contention n'a donc pas besoin d'être d'une stabilité absolue, d'autant qu'on sait que ces fractures sont capables de consolider malgré une certaine mobilité à condition de rester fermées ;
- le membre supérieur « travaille » isolément, en solo, ce qui veut dire que le résultat fonctionnel ne dépend pas, comme au membre inférieur, de la comparaison, de la juxtaposition avec son homologue : pas de problème d'inégalité de longueur. Par ailleurs, les cals vicieux de l'humérus sont plus facilement tolérés qu'au niveau du fémur ;

➤ au membre supérieur, la mobilité prime la stabilité : il faut donc privilégier les solutions chirurgicales offrant les plus grandes possibilités de rééducation fonctionnelle rapide [52,53].

V- COMPLICATIONS POSTOPERATOIRES

1. Etude comparative avec les autres séries

1.1. Paralyse radiale iatrogène

Dans la littérature comme dans notre série, l'embrochage fasciculé selon Hackethal se caractérise par un faible pourcentage de complications neurologiques (tableau n°XVI). Nous n'avons pas noté aucun cas de paralysie radiale postopératoire, elles étaient de 1,5% pour Putz [36] et de 3,4% pour André [54]. Elles sont le plus souvent transitoires et réversible. La paralysie radiale iatrogène serait due aux fausses routes et aux manœuvres de réduction de la fracture. Les trois cas rapportés par Putz [36] ont tous récupéré.

Tableau n°XVI : Comparaison des principales séries d'embrochages fasciculé selon Hackethal publiées dans la littérature avec notre série.

Auteurs	Nombre de cas exploités	Délai moyen de consolidation (semaines)	Nombre de pseudarthrose	Nombre d'infection	Paralysie radiale post traumatique	Paralysie radiale postopératoire	Raideur de l'épaule et du coude
Durbin [55]	30	9,4	2	0	8	0	4
André [54]	29	9,7	8	0	–	1	3
Putz [36]	194	8,5	4	1	15	3	5
Gayet [40]	129	9,2	6	0	6	1	3
Symposium Sofcot [56]	417	8,5	100	4	43	5	54
Notre série	35	9,6	1	0	3	0	3

1.2. Infection postopératoire

Le taux d'infection postopératoire est moindre dans l'embrochage fasciculé selon Hackethal. Aucun cas n'a été rapporté dans notre série, ainsi que pour Durbin [55] et André [54].

1.3. Migration des broches

Contrairement aux séries de la littérature, nous n'avons pas noté de migration de broches, elle représentait 7% pour le symposium SOFCOT 2003 [56] et de 3% pour Gayet [40], elle était tantôt vers le bas à travers la fenêtre corticale, tantôt vers le haut exposant à la perforation de la coiffe des rotateurs. Le plus souvent en rapport avec une erreur technique, en particulier des défauts de remplissage de la cavité médullaire, ou de blocage au niveau de la fenêtre corticale ou de divergence épiphysaire proximale. Cette complication relativement bénigne impose cependant une ablation précoce du matériel.

1.4. Pseudarthrose

Nous avons noté un cas de pseudarthrose soit 2,8%, en dehors de la série d'André [54], les autres séries rapportent des taux de pseudarthrose qui sont comparables au notre, 2% pour Putz [36] et 4,6% pour Gayet [40]. Cependant il est de 27,6% pour André [54] et de 24% pour le symposium SOFCOT 2003 [56] (tableau n°XVI). La principale explication est l'erreur technique, soit une mauvaise impaction du foyer, soit un nombre broches insuffisant, soit l'association de ces deux défauts (figure n°29). Ainsi un écart interfragmentaire postopératoire supérieur à 3 mm a paru de manière statistiquement significative le facteur le plus péjoratif [56]. Il est possible que la confiance excessive des opérateurs ou l'indiscipline des patients aient conduit à une mobilisation trop précoce ; exerçant ainsi des contraintes en torsion prématurées sur le foyer de fracture [57,58].



Figure n°29 : Pseudarthrose sur embrochage fasciculé d'une fracture A3 en zone D5

Ses séries [59, 60,61] sont basées sur des collectifs quantitativement inégaux : seuls Putz [36] et Gayet [40] et le symposium SOFCOT 2003 [56] rassemblent plus de cents patients. Le grand nombre de polytraumatisés et le nombre élevé de traumatisme à haute énergie que caractérise ce genre de série reste l'une des explications pour leur taux élevé de pseudarthrose.

Des travaux biomécaniques ont expérimentalement démontré la relative instabilité d'un embrochage huméral qui ne contrôle en fait que particulièrement les contraintes rotatoires (Henley [39]). L'absence de contact interfragmentaire associée à une mobilisation précoce du membre imposent au foyer de fracture des contraintes mécaniques au delà du seuil de tolérance nécessaire au déroulement d'une ostéogenèse efficace. La simplicité technique de l'embrochage

n'est donc qu'apparente : les opérateurs « seniors » doivent enseigner au plus jeunes les astuces incontournables de succès d'une telle technique à foyer fermé.

2. Etude des complications selon le mode de traitement

2.1. Paralysie radiale iatrogène

Elles compliquent 6,5 % des ostéosynthèses par plaque [62,63]. Tous les 14 cas rapportés par Bèzes [4] ont récupéré, de même que les deux cas de Heim [64,65]. Mais bien que transitoires, elles constituent un handicap certain pour cette méthode.

Les autres méthodes thérapeutiques diminuent nettement leur incidence. Pour les traitements orthopédiques le risque de paralysie radiale iatrogène est certes faible mais réel, André [54] a apporté deux cas. De Mourgues [12] avec le plâtre pendant a rapporté cinq cas. Comme la série de Sarmiento [7]; et celle d'Ingman [45], nous n'avons pas observé de paralysie radiale iatrogène. Dans les techniques d'ostéosynthèse à foyer fermé, la paralysie radiale serait due aux manœuvres de réduction de la fracture ou aux fausses routes du guide ou du matériel d'ostéosynthèse. Ce risque est moindre dans les techniques d'embrochage centromédullaire par l'absence d'alésage du foyer.

2.2. Infection postopératoire

Le taux d'infection postopératoire est moindre dans les techniques d'ostéosynthèse à foyer fermé. Aucun cas n'a été rapporté dans la série de Gayet [40] avec les embrochages ; dans la série de Kempf [20] avec l'enclouage verrouillé ; et la série de Butin [66] avec le clou élastique de Marchetti. Ce taux est de 2,5 % après ostéosynthèse par plaque [62] et de 4 % dans la série de fixateur externe de Lenoble [26]. Dans notre série, nous n'avons noté aucun cas d'infection postopératoire.

2.3. Cal vicieux

Les traitements non chirurgicaux donnent le plus de cals vicieux. Son taux est de 19 % pour Klenerman [67], et 14 % pour Sarmiento [7]. Seules les ostéosynthèses par plaque

permettent de les éviter [65]. Les cals vicieux de l'humérus sont souvent bien tolérés. Pour Klenerman [67] 30 à 35° de varus ou 20° de flessum n'ont pas de traduction clinique. Pour Bôlher [68], une translation de toute la largeur de la diaphyse ou un raccourcissement restent acceptables.

2.4. Pseudarthrose

Le taux de pseudarthrose est faible dans les séries d'ostéosynthèses rigides. L'ostéosynthèse par plaque montre un taux de pseudarthrose de 1,2 % dans la série de Bèzes [4].

L'enclouage de Seidel n'a pas donné de pseudarthrose dans la série de Kempf [20]. Butin [66] avec l'enclouage élastique de Marchetti a retrouvé un taux de pseudarthrose de 4%. La série de Sarmiento [7] a rapporté un taux de pseudarthrose de 4,7 %. Ce taux est de 6,3 % pour le traitement orthopédique dans la série d'André [54]. Dans notre étude, nous avons noté 2,8% de pseudarthrose. C'était un cas de fracture transversale en zone D5 ostéosynthésée par des broches de petit diamètre et en nombre insuffisant.

VI- RESULTATS THERAPEUTIQUES

1. Etude comparative avec les autres séries

1.1. La consolidation

Les délais de consolidation sont conformes à ceux de la littérature : 9,6 semaines pour notre série (pour toutes les consolidations acquises, retards de consolidation y compris), 9,4 semaines pour Durbin [55] et de 8,5 semaines pour Putz [36] ainsi que pour la série du symposium SOFCOT 2003 [56] (tableau n°XVI).

1.2. Résultats fonctionnels

La comparaison des résultats de notre série avec ceux de la littérature est difficile. L'unanimité n'est pas faite sur les critères d'évaluation des résultats.

Dans notre étude, nous avons retrouvé 94,2% de résultats utiles selon la classification de Stewart et Hundley modifiée [20].

La mobilité du coude et de l'épaule était normale dans notre série avec des pourcentages respectifs de 94,3% et 88,6% des cas, ce qui est proche des valeurs du symposium de SOFCOT 2003 [56], avec 98,5% et 87% de cas de mobilité normale du coude et de l'épaule.

2. Etude comparative des résultats selon le mode du traitement

2.1. La consolidation

Dans la revue de littérature de Paris [62], le taux de consolidation tout traitement confondu dépasse les 90%. Il varie de 91 à 100 % pour les ostéosynthèses par plaque ; 90 à 100% pour les méthodes orthopédiques ; 76 à 100 % pour les ostéosynthèses par enclouage verrouillé ; 91 à 100 % pour les ostéosynthèses par enclouage non-verrouillé ; 95 à 97 % pour les ostéosynthèses par fixateur externe. Ce taux est de 97 % dans notre série.

Notre délai moyen de consolidation de 9,6 semaines est identique à celui Sarmiento [7] avec la méthode fonctionnelle et comparable à celui obtenu par Bèzes [69] avec le traitement orthopédique qui est de 8,7 semaines. Il est revanche inférieur à celui de Butin [66] avec les clous de Marchetti. Les délais de consolidation après ostéosynthèse par plaque vissée varient entre 11 et 19 semaines et ils atteignent les 15 semaines après une fixation externe [62].

2.2. Résultats fonctionnels

Dans sa revue de littérature des traitements orthopédiques, Dufour [70] a rapporté 12 à 25 % de raideur de l'épaule et du coude. Dans les séries portant sur les enclouages, André [54] a rejeté la voie distale trop enraidissante pour le coude. Mais avec la voie proximale, il a noté 29 % de raideur de l'épaule.

Dans une revue de littérature portant sur l'enclouage de Siedel, Gaullier [28] a rapporté 15,3 % de conflits sous-acromiaux. Avec les clous de Marchetti, Butin [66] a noté deux cas de

raideur de l'épaule et du coude. Les ostéosynthèses par plaque donnent le moins de raideur avec 70 à 97 % de fonction normale de l'épaule et du coude dans la revue de littérature de Paris [62].

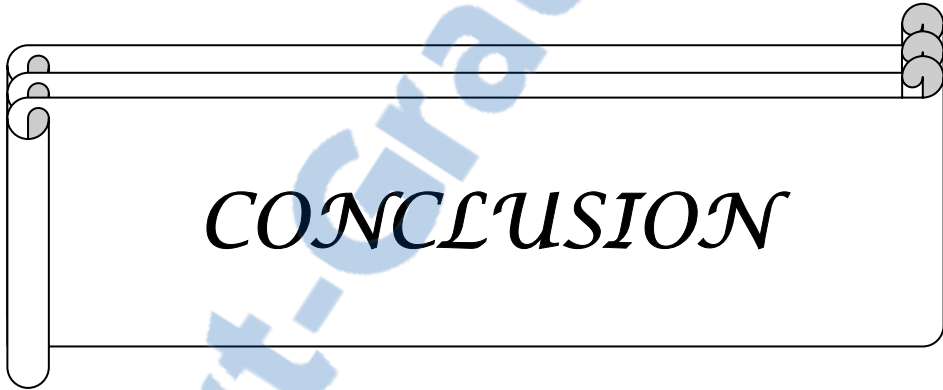
Dans notre série, La mobilité de l'épaule était déficitaire de 20° en flexion et abduction dans 3 cas soit 8,57% déficitaire de 60° en flexion et abduction dans un cas soit 2,83%. Nous avons eu une mobilité du coude normale dans 33 cas soit 94,3%, déficitaire de 20° d'extension dans deux cas soit 5,7%.

Au terme de ce travail, l'embrochage centromédullaire fasciculé selon Hackethal semble apporter une solution simple et peu coûteuse à la fixation des fractures humérales sous réserve que certains points techniques soient scrupuleusement respectés : La stabilisation fracturaire repose sur un remplissage médullaire complet et un contact interfragmentaire étroit obtenu par impaction une divergence épiphysaire proximale des broches et leur autoblocage dans la fenêtre corticale distale. Le positionnement précis des broches proximales évitera tout risque de migration proximale intracéphalique ou à l'orifice distal. Elles doivent être coupées ras pour éviter un conflit tendineux ou cutané source de raideur. Lorsque ces règles sont respectées et que l'opérateur possède une bonne expérience personnelle, l'embrochage devient une technique fiable, rapide et sûre (Gayet [40]).

L'embrochage fasciculé selon Hackethal a en exclusivité sur les autres ostéosynthèses sa simplicité et sa rapidité de mise en œuvre, son coût modeste sa fiabilité dans les fractures bifocales et son innocuité lors de l'ablation. Les séries ont démontré sa fiabilité dans la consolidation, le respect de mobilité de l'épaule, l'absence d'iatrogénicité sur le radial et la sécurité infectieuse. Ses inconvénients mineurs car accessibles à une rigueur technique sont la tolérance des broches au point d'introduction source de raideur du coude et la difficulté de positionner dans le volume désiré les broches placées en dernier.

Certaines indications apparaissent comme préférentielles du fait de sa simplicité et sa rapidité : le polytraumatisé, les fractures simultanées des deux humérus, le grand traumatisé thoracique. De même en raison de ses insuffisances biomécaniques, l'embrochage doit être évité dans les fractures du quart distal et lorsque le trait est à composante rotatoire (spiroïde long, fracture à coin de torsion). En revanche, certaines fractures sont des indications préférentielles : les transversales, les obliques courtes et les bifocales.

Ainsi certains auteurs [36, 40,55, 56, 59,61] considèrent que par sa simplicité son faible taux de complications son efficacité son faible coût la technique d'embrochage concurrence directement le traitement orthopédique.



CONCLUSION

L'embrochage fasciculé selon Hackethal se veut avant tout être une solution de compromis entre le traitement chirurgical et le traitement orthopédique dont il garde les avantages du foyer fermé. Par rapport aux autres ostéosynthèses, c'est une technique rapide à mettre en œuvre, son coût reste modeste, et son innocuité est importante même lors de l'ablation du matériel. De plus, en comparaison avec le traitement orthopédique, il apporte du confort au patient. Il permet une hospitalisation courte et une reprise fonctionnelle rapide.

Le taux de pseudarthroses doit être diminué par une réalisation rigoureuse : nombre de broches maximum pour un autoblocage endomédullaire et bonne impaction de foyer de fracture. Le montage doit être ensuite complété par une immobilisation type Mayo Clinic pour 21 jours. En effet, il n'est pas fait pour résister aux contraintes majeures en torsion tant que la continuité osseuse n'est pas acquise. La paralysie radiale n'en est pas une contre-indication.



RESUMES

RESUME

Le débat principal autour des fractures de l'humérus se centre sur les indications thérapeutiques car tout type de stabilisation orthopédique et chirurgicale trouve des défenseurs parfois inconditionnels et véhéments.

À travers cette étude rétrospective concernant cent trente cas de fractures humérales colligées dans le service de traumatologie orthopédie de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech nous avons revu quarante patients traités initialement par embrochage fasciculé centromédullaire selon Hackethal entre janvier 2000 et janvier 2006.

Cinq patients ont été perdus de vue. L'âge moyen de nos malades était de 35 ans, 85,7% d'entre eux étaient de sexe masculin. Les accidents de la voie publique représentaient la cause la plus fréquente de ces fractures avec 74,5% des cas. 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 avec un recul moyen de 30 mois. Nous avons obtenu trente très bons résultats, trois bons résultats, un assez bon résultat, et un mauvais résultat. Le mauvais résultat a été un cas de pseudarthrose. Nous n'avons pas noté de paralysie radiale iatrogène, ni d'infection, ni de migration des broches. Le délai moyen de consolidation a été de neuf semaines six jours.

C'est une méthode fiable, de réalisation facile et à faible cout économique, qui fournit une bonne stabilisation du foyer de fracture permettant ainsi la mobilisation précoce avec des résultats fonctionnels excellents.

SUMMARY

The main debate around the fractures of the humerus centres on the therapeutic indications because every type of conservative and surgical stabilization finds defenders.

Though this retrospective study about hundred and thirty humerals fractures at the department of traumatology and orthopedics in Avicenne military hospital in Marrakech, forty patients were treated initially by Hackethal intramedullary pinning between January 2000 and January 2006.

Five patients were lost to follow-up. The mean age of our patients was 35 years old, 85,7% of them were males. Accidents of the public highway was the major cause of fractures. 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 with a mean follow up period of 30 months. We had thirty very good results, three good results, one passable result and one bad result which were a case of non-union. There were no cases of iatrogenic radial nerve palsy or infection or pin migration. Mean delay to union was nine weeks six days.

Hackethal's pinning is a reliable method, easy to perform and of low economic cost that provides a good stabilization of fracture allowing precocious mobilization, with an excellent functional results.

ملخص

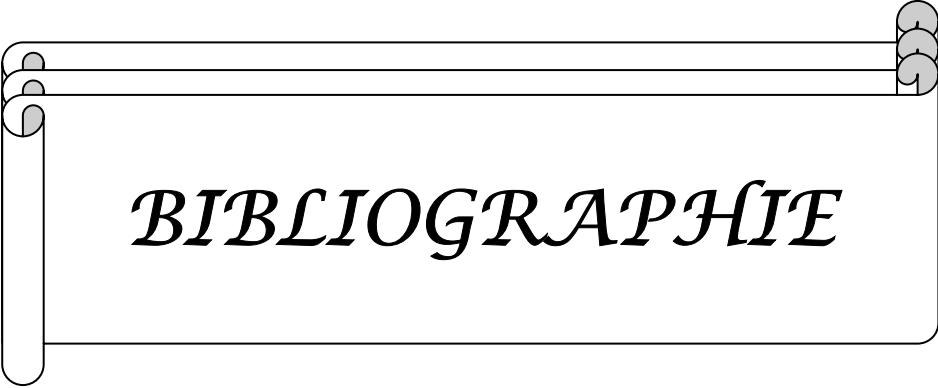
2006 2000

85,7 % 35

74,5 %

30

:



BIBLIOGRAPHIE

1 – Garraway M, Stfuffer RN, Kurland LT, O'Fallon WM.

Limb fractures in a defined population. Frequency and distribution.

Mayo Clinic Proceedings 1979 ; 54, 701–707.

2 – Rose SH, Melton LJ, Morrey BF, Ilstrup D, Riggs L.

Epidemiologic features of humeral fractures.

Clin Orthop 1982; 168: 24–30.

3– Hackethal KH.

In: Die bundel-nagelund.

Berlin: Springer-verlag 1961; p. 90–1, 103–110, 141–145.

4– Bèzes H, Massart P, Fourquet JP, Finet P, Tazi F, Tourne Y, Faigt B, et al.

De l'intérêt du traitement par plaque vissée bon nombre de fractures de la diaphyse humérale. A propos de 246 cas.

Int Orthop 1995; 19: 16.

5 – De Mourgues G, Fisher LP, Gillet JP, Carret JP.

Fractures récentes de la diaphyse humérale. A propos d'une série continue de 200 observations dont 107 uniquement traités par plâtre pendant.

Rev Chir Orthop 1975; 61: 191–207.

6 – Babin SR.

Les fractures de la diaphyse humérale de l'adulte. In : conférences d'enseignement 1978. (Cahiers enseignement de la SOFCOT, n° 8, PP.91_1114).

Paris, expansion scientifique française, 1978.

7 – Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RA, Phillip JG.

Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus.

J Bone Joint Surg (Am), 1977; 59: 596–601.

8– De La Caffinière JY, Kassab G, OuldOuali A.

Traitement des fractures de la diaphyse humérale de l'adulte par embrochage centromédullaire. Technique opératoire et indication.

Rev Chir Orthop 1988; 74: 771–7.

9 – 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.

10 – Rogez JM, Triclot PH, Letenneur J.

Embrochage de l'humérus par voie interne sus-épicondyléenne. À propos de 20 cas.
J Chir (Paris) 1978; 115: 605-8.

11 – Vichard P, Vergnat C, Bellanger P.

L'enclouage bipolaire ascendant aux clous élastiques des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus.

Ann Orthop Trauma Est 1978; 1: 73-7.

12 – DE Mourgues G, Fischer LP, Gillet JP, Carret JP.

Fractures récentes de la diaphyse humérale. À propos d'une série continue de 200 observations. Etude de la vascularisation artérielle intra-osseuse de l'humérus.

Rev Chir Orthop 1975; 61: 191-207.

13 – Cady J, Kron B.

Anatomie descriptive, fonctionnelle et topographique du membre sup.
Anatomie du corps humain 1975; 1: 17-93.

14 – Bonnevalle P.

Chirurgie de la diaphyse humérale : voies d'abord, techniques opératoires.

Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie-Traumatologie, 44-300, 1998, 12 p.

15 – Bonnel F, Mansat M, Villa MA, Rabichong P, Allieu Y.

Anatomical and histological basis of surgery to the radial nerve.
Anat Clin 1982; 3 : 229-238.

16 – Bonnevalle P.

Fractures récentes et anciennes de la diaphyse humérale.
Conférences d'enseignement de la Sofcot 1996 ; 55, 79-96.
Expansion Scientifique 1996.

17 – Cyteval C, Bléry M, Sarraillère-Barou MP.

Imagerie normale du membre supérieur : bras, coude, avant-bras.
EMC-Radiologie 1 (2004) 377-392.

18– Riassunto, Spina N, Tonnarelli M, Caraffa G, Marucci N, Gianceschi F.

L'infibulamento endomidollare a fascio nelle fratture diafisarie di omero
G.I.O.T. 2001; 27: 24-36.

19 – Muller ME, Nazarian S, Koch P.

Classification AO des fractures.

Berlin: Springer Verlag ; 1987.

20 – Kempf I, Heckel TH, Pidhorz LE, Taglang G, Grosse A.

L'enclouage verrouillé selon Seidel des fractures diaphysaires humérales récentes.

Rev Chir Orthop 1994; 80: 5-13.

21– De La Caffinière JY, Benzimra R, Lacaze F, Chain A.

Embrochage centromédullaire des fractures de la diaphyse humérale. Une ostéosynthèse à risque minimum.

Rev Chir Orthop 1999; 85: 125-135.

22– Brumback RJ, Bosse M, Poka A, Burgess AR.

Intramedullary stabilization of humeral shaft fractures in patients with multiple trauma.

J Bone Joint Surg (Am) 1986; 68: 960-970.

23– 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 (Am) 1987 ; 69 : 558-567.

24– Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen M M.

The epidemiology of humeral shaft fractures.

J Bone Jt Surg(Br) 1998; 80(B): 249-253.

25 – Dayez J.

Plaque vissée interne dans les fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte.

Rev Chir orthop 1999 ; 85 : 238-244.

26– Lenoble E, Terracher R, Kessi H, Goutallie D.

Traitement des fractures diaphysaires de l'humérus par fixateur externe.

Rev Chir Orthop 1993; 79: 606-616.

27 – Diémé CB, Abalo A, Sané AD, Fall D, Dakouré PW, Ndiaye A et al.

Embrochage centromédullaire ascendant des fractures diaphysaires de l'humérus de l'adulte.

Evaluation des résultats anatomiques et fonctionnels à propos de 63 cas.

Chirurgie de la main 2005; 24: 92-98.

28 – Gaullier O, Rebai L, Dunaud JL, Mougharghab M, Benaissa S.

Traitement des fractures récentes de la diaphyse humérale par enclouage centro-médullaire verrouillé selon Seidel. Révision des 23 premiers cas à 2,5 ans avec étude de la coiffe des rotateurs.

Rev Chir Orthop 1999; 85: 349–361.

29 – Coudane H, Hardy PH, Huttin P, Benoit J.

Fracture de la diaphyse humérale.

Encycl Med Chir Appareil locomoteur. Paris 1995;14-039-A-10:6.

30 – Zerrouk J.

Traitement des fractures de la diaphyse humérale.

Thèse Doctorat Médecine, Casablanca ; 2006, n°152, 134 pages.

31 – Moyikoua A, Ebenga N, Pene-Pitra B.

Fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Place du traitement chirurgical par plaque vissée. A propos de 35 cas opérés.

Rev Chir Orthop 1992; 78: 23–27.

32– Mast JW, Spiegel PG, Harvey JP.

Fractures of the humeral shaft.

Clin Orthop 1975; 112: 254–9.

33 – El Hourch S.

Traitement chirurgical des fractures diaphysaires humérales, à propos de 70 cas à l'hôpital Ibn Sina de Rabat.

Thèse Doctorat Médecine, Rabat ; 2000, n°151, 134 pages.

34 – Kharbaoui I.

Fracture de la diaphyse humérale traitée par plaque vissée, à propos de 44 cas à l'hôpital Ibn Sina de Rabat.

Thèse Doctorat Médecine, Rabat ; 2005, n°205, 107 pages.

35– Alno JY, Le Reun D.

Les lésions traumatiques du tronc du nerf radial du bras.

Rev Chir Orthop 1989; 75: 433_442.

36 – Putz P, Lusi k, Baillon JM, Bremen J.

Le traitement des fractures de la diaphyse humérale par embrochage fasciculé selon Hackethal. A propos de 194 cas.

Acta Orthopédica Belgica 1984; 50: 521–38.

37– Deburge A, Delisle JJ.

Faut-il opérer les fractures de la diaphyse humérale associée à une paralysie radiale ?

Rev Chir Orthop 1971; 57(Suppl. 1):247–51.

38 – Holstein A, Lewis GB.

Fracture of humeral shaft with radial palsy.

J Bone Joint Surg Am 1963; 45: 1382–8.

39– Henley MB, Monroe M, TencerE AF.

Biomechanical comparison of methods of fixation of a midshaft osteotomy of the humerus.

J Orthop Trauma 1991; 5: 14–20.

40 – Gayet LE, Muller A, Pries P, Merienne JF, Brax P, Soyer J et al.

Fractures de la diaphyse humérale : place de l'embrochage fasciculé selon Hackethal. À propos de 129 cas.

Rev Chir Orthop 1992 ; 78 : 13–22.

41– Kapandji A.

L'ostéosynthèse par la technique des broches « en palmier » des fractures du col chirurgical de l'humérus.

Ann Chir Main 1989; 8 : 39–52.

42 – Brumback RJ.

The rationales of interlocking nailing of the femur, tibia, and humerus.

Clin Orthop 1996; 324: 292–320.

43– Seidel H.

Traitement des fractures de l'humérus à l'aide du clou verrouillé. In: Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT Paris.

Expansion Scientifique Française 1990; 39: 55–59.

44 – Asencio G, Buscayret F, Trabelsi A, Bertin R, Hammani R, Megy B, et al.

Enclouage verrouillé des fractures diaphysaires récentes de l'humérus : à propos de 38 cas traités par clou de Russell–Taylor.

Rev Chir Orthop 2001; 87: 749–57.

45 – Ingman AM, Wateres DA.

Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Implant desing, surgical technique and clinical results.

J Bone Joint Surg Br 1994; 76: 23–29.

46 – Rommens PP, Berbruggen J, Broos PL.

locked nailing of humeral shaft fractures.

J Bone Joint Surg Br 1995; 77: 84–89.

47 – Mazirt N, Tobenas AC, Roussignol X, Duparc F, Dujardin FH.

Étude expérimentale de la stabilité primaire des enclouages centromédullaires verrouillés de la diaphyse humérale.

Rev Chir Orthop 2000; 86: 781–6.

48 – Riemer BL, Dambrosio R.

The risk of injury to the axillary nerve, artery, and vein from proximal locking screws of humeral intramedullary nails.

Orthopedics 1992; 15: 697–699.

49 – Robinson CM, Belle KM, Court-Brown CM, Mac Queen MM.

Locked nailing of humeral shaft fractures. Experience in Edinburg over a two-year period.

J Bone Joint Surg Br 1992; 74: 558–562.

50 – De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi Brivio L.

The treatment of fractures with a dynamic axial fixator.

J Bone Joint Surg Br 1984; 66: 538–545.

51 – Muller ME, Allgower M, Schreider H, Willenegger H.

Manuel d'ostéosynthèse. Technique AO.

Berlin : Springer Verlag, 1980.

52– Meyrueis JP.

La fixation d'une fracture doit-elle être stable ou instable, statique ou dynamique?

In: *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Paris: Expansion Scientifique

Française; 2002. p. 113–24.

53 – Chao EYS, Inoue NI, Koo TKK, et al.

Biomechanical considerations of fracture treatment and bone quality maintenance in elderly patients and patients with osteoporosis.

Clin Orthop 2004; 425:12–25.

54 – André S, Feuilhade De Chauvin P, Camilleri A, Bombart M, Tiberi F, Asselineau A.

Les fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Comparaison du traitement orthopédique et des traitements chirurgicaux. A propos de 252 cas.

Rev Chir Orthop 1984; 70: 49–61.

55 – Durbin RA, Gossesman MJ, Saunders KC.

Hackethal stacked nailing of humeral fractures. Experience with 30 patients.
Clin Orthop 1983; 179: 168–74.

56 – Gayet LE, Freslon M, Nebout J.

Traitement chirurgical : l'embrochage fasciculé. Symposium S.O.F.C.O.T. 2003.
Rev Chi Orthop 2004; 90: 24–44.

57– Benayada B.

Embrochage fasciculé d'Hackethal pour le traitement des fractures de l'extrémité supérieur de l'humérus.

Thèse Doctorat Médecine, Rabat ; 2005, n° 158, 111 pages.

58 – Ouhajjou J.

Fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus .traitement chirurgical par embrochage.

Thèse Doctorat Médecine, Rabat ; 2009, n°110, 98.

59 – Jaafar A, Rachid K, Galuia F, Boussemane N, Lazrak K et al.

Place de l'embrochage fasciculé de Hackethal dans le traitement des fractures diaphysaires de l'humérus.

Méd arm 2002; 30: 385–389.

60 – Pospula w, Abu Noor T.

Hackethal bundle nailing with intremedullary elastic nails.

Med Princp Pract 2009; 18(4): 284–8.

61 – Nottebaert M., Bertrand P., Amiri–Lamraski M. H., Delince Ph.

L'embrochage multifasciculé selon Hackethal dans les fractures cervico–diaphysaires complexes de l'humérus chez le patient âgé.

Acta Orthop Belg 1986 ; 52: 743–752.

62 – Paris H, Tropiano P, Clouet, D'Orval B, Chaudet H, Poitout DG.

Fractures diaphysaires de l'humérus. Ostéosynthèse systématique par plaque. Résultats anatomiques et fonctionnels d'une série de 156 cas et revue de la littérature.

Rev Chir Orthop 2000; 86: 346–59.

63 – Segonds JM, Alnot JY, Masmajeun E.

Pseudarthroses et retards de consolidation aseptiques de la diaphyse humérale : à propos de 30 cas traités par plaque et autogreffe osseuse.

Rev Chir Orthop 2003; 89: 107–14.

64– Heim D, Herkerf F, Hess P, Regazzoni P.

Surgical treatment of humeral shaft fractures. The basal experience.

J Trauma 1993; 35: 226.

65 – Livani B, Belangero WD.

Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures.

Injury 2004; 35: 587-95.

66 – Butin E, Herent S, Delehay P.

Traitements des fractures de la diaphyse humérale par enclouage élastique de Marchetti. À propos de 50 cas.

Rev Chir Orthop 2000; 87: 758-64.

67 – Klenerman L.

Fractures of the shaft of the humerus.

J Bone Joint Surg 1966; 48B:105.

68– Böhler L.

Conservative treatment of fresh fractures of the shaft of the humerus.

J Trauma 1965; 5: 464.

69 – Bèzes H, Goudoté E.

Le traitement orthopédique des fractures de la diaphyse humérale par la méthode de plâtre pendant.

Lyon Chir 1958; 54: 381.

70 – Dufour O, Beaufils PH, 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.

71 – Sarmiento A, Zagorski JB, Zuch GA, Latta LL, Capps CA.

Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis.

J Bone Joint Surg Am 2000; 82: 478-80.