

PLAN

INTRODUCTION	7
MATERIELS ET METHODES	11
I. MATERIELS D'ETUDES	12
II. METHODES D'ETUDES	12
III. Fiche d'exploitation	13
IV. Tableau récapitulatif	13
RESULTATS	14
I. Données épidémiologiques	15
A. La fréquence	15
B. La répartition des malades selon le sexe	17
C. La répartition des malades selon l'âge	18
D. La répartition des malades selon le coté atteint	19
E. La répartition des malades selon la profession	20
II. Données Etiologiques	21
A. Les causes générales	21
B. Les causes locales	22
III. Rôle du traitement initial de la fracture dans les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale	26
A. Le lieu du traitement initial	26
B. Le type d'immobilisation initiale	26
1. Le traitement orthopédique	26
2. Le traitement chirurgical	26
IV. Le temps d'évolution vers la pseudarthrose aseptique	29
V. Diagnostic positif de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale	30
A. La clinique	30
B. La radiologie	31
VI. Données anatomopathologiques	33
VII. Le traitement de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale	35

A. La voie d'abord -----	35
B. Les moyens de contention du foyer de pseudarthrose -----	37
C. Les moyens de stimulation de l'ostéogenèse -----	38
D. La description du déroulement de la technique chirurgicale de la pseudarthrose de la diaphyse humérale -----	41
E. Méthode de révision -----	51
VIII. La conduite vis-à-vis du nerf radial lors de l'ostéosynthèse -----	53
IX. Evolution et résultats -----	54
A. Evolution -----	54
B. Résultats thérapeutiques -----	55
C. Résultats fonctionnels -----	59
D. Les résultats post-opératoires -----	62
X. Iconographie -----	63
DISCUSSION : PARTIE THEORIQUE-----	70
I. Rappel anatomique -----	71
1. Ostéologie -----	71
A. Les faces -----	72
B. Les bords -----	72
2. Les muscles du bras (Myologie) -----	78
A. Groupe musculaire antérieur du bras -----	78
B. Groupe musculaire postérieur du bras -----	84
3. La vascularisation du bras -----	89
4. Innervation -----	93
5. Particularités anatomiques -----	99
II. Processus de réparation osseuse -----	110
III. Anatomopathologie -----	124
IV. Diagnostic positif de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale -----	127
A. La clinique -----	127

B. La radiologie -----	130
V. Thérapeutique -----	132
1. Buts du traitement-----	132
2. Principes du traitement -----	132
3. La Conduite du traitement -----	133
A. Les moyens de contention du foyer de pseudarthrose -----	133
B. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse -----	155
1. Les greffes osseuses -----	155
2. Les Autogreffes Osseuses-----	159
3. La décortication ostéo-musculaire (D.O.M) -----	169
4. Les allogreffes -----	177
5. Autres -----	178
C. LES INDICATIONS THERAPEUTIQUES DANS LES PSEUDARTHROSES DE L'HUMERUS -----	180
a. Pseudarthroses aseptiques hypertrophiques -----	181
b. Pseudarthroses aseptiques atrophiques-----	182
PARTIE PRATIQUE-----	184
I. Données épidémiologiques -----	185
A. La fréquence -----	185
B. La répartition des malades selon l'âge -----	187
C. La répartition des malades selon le sexe -----	188
II. Données étiologiques -----	189
A. La répartition selon les circonstances de survenue du traumatisme initial -----	189
B. La répartition selon le type de fracture -----	189
C. La répartition selon le type anatomopathologique de la pseudarthrose -----	191
III. Rôle du traitement initial de la fracture dans les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale -----	192
A. Le type d'immobilisation initiale -----	192
1. Le traitement orthopédique -----	192

2. Le traitement chirurgical-----	193
IV. Traitement -----	196
A. Anesthésie -----	196
B. Voie d'abord -----	196
C. L'ablation du matériel d'ostéosynthèse -----	198
D. Matériels d'ostéosynthèses -----	198
1. Ostéosynthèse interne par plaque vissée -----	198
2. Ostéosynthèse interne par enclouage centromédullaire verrouillé -----	200
3. Ostéosynthèse par fixateur externe -----	202
E. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse -----	204
V. CONDUITE VIS-A-VIS DU NERF RADIAL LORS DE L'OSTEOSYNTHESE-----	205
VI. Les résultats post opératoires -----	207
CONCLUSION -----	208
RESUMES-----	210
ANNEXES -----	214
BIBLIOGRAPHIE-----	223

Abréviations

ATCD	: antécédent
HTA	: hypertension artérielle
AVP	: accident de la voie publique
INF	: inférieur
MOY	: moyen
SUP	: supérieur
PV	: plaque vissée
GO	: greffe osseuse
AMO	: ablation du matériel d'ostéosynthèse
DOM	: décortication ostéo musculaire
ECMV	: enclouage Centro médullaire verrouillé
GCS	: greffe cortico spongieuse

INTRODUCTION

Les fractures de la diaphyse humérale représentent 2 % des fractures diaphysaires des os longs, leur prise en charge doit être spécifique et bien adaptée aux caractéristiques de cet os soumis à des contraintes biomécaniques en distraction et en rotation, qui diffèrent de celles des membres en charge. Mais quel que soit le traitement institué, il reste un taux important d'évolution vers la pseudarthrose qui dépasse parfois les 10 %. [1,2]

La pseudarthrose de la diaphyse humérale est actuellement la moins fréquente des pseudarthroses diaphysaires et vient en quatrième position après celles de la jambe, du fémur et des deux os de l'avant-bras. Malgré cette faible incidence, Elle reste une pathologie particulièrement handicapante essentiellement par les séquelles fonctionnelles et esthétiques qu'elle peut engendrer. [3]

Le taux de pseudarthrose aseptique des fractures de la diaphyse humérale s'échelonne de 1 à 10 % selon les traitements.

L'objectif de ce travail est d'évaluer les résultats du traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale par plaque vissée associée à une greffe osseuse principalement et par les autres techniques. L'étude rétrospective comporte 21 patients, d'âge moyen de 51 ans au service de traumatologie orthopédique au CHU Hassan II entre 2009 et 2017.

Les localisations de la fracture sont le plus souvent au niveau du tiers moyen. Nous avons utilisé le score de Stewart et Hundley pour évaluer les résultats. Le traitement plus précoce des pseudarthroses d'humérus paraît justifié, cependant le meilleur traitement des pseudarthroses de l'humérus reste une prise en charge optimale de la fracture initiale.

I. DEFINITION :

La pseudarthrose ; terme issu du grec pseudos : faux, et arthron : articulation

La pseudarthrose est une complication évolutive de la fracture de la diaphyse humérale. Elle se traduit par une absence absolue de consolidation de deux fragments osseux survenant après une fracture négligée ou traitée de manière chirurgicale ou orthopédique et caractérisée par une anomalie de l'ossification, avec incapacité de former le cal osseux habituel, et menant à l'existence d'un "faux joint" (d'où son nom). On voit alors apparaître à ce niveau des mouvements anormaux dont l'amplitude est plus ou moins importante.

De limite assez floue avec les retards de consolidation, Merle D'Aubigne et Tubiana ont essayé de définir ces deux états de l'os en disant:

«Lorsqu'une fracture reste mobile au-delà d'un délai considéré comme normal pour la formation du cal, on dit qu'il y a retard de consolidation. On dit qu'il y a pseudarthrose si l'on pense que la consolidation spontanée est impossible».

La consolidation va nécessiter un temps variable en fonction de la localisation de la fracture, de l'état général, de l'âge du blessé et de la méthode du traitement employée. On s'accorde à dire que la durée "normale" de consolidation est de un mois au minimum à quatre voire cinq mois en général. Au-delà on peut parler de retard de consolidation, et on parle de pseudarthrose après 6 à 7 mois

Elle est l'une des trois complications évolutives des fractures de la diaphyse humérale, à savoir : la raideur de l'épaule et du coude, la pseudarthrose et la paralysie radiale. [3]

Le diagnostic est parfois difficile et impose la confrontation d'arguments cliniques, radiologiques et surtout évolutifs. [4]

Quant au caractère aseptique de la pseudarthrose, il se définit par l'absence d'accident septique patent ou latent au cours de l'évolution. [4]

En effet, en dehors de l'infection, Plusieurs facteurs locaux ou généraux peuvent être à l'origine de l'altération du processus de l'ostéogénèse.

Parmi ces facteurs : l'ouverture cutanée, l'acte chirurgical (par déperiostage excessif),

l'insuffisance d'immobilisation et/ou la défaillance du moyen de contention, l'ostéosynthèse défectueuse, une dévascularisation locale, une correction tardive. [5]

Mais la pseudarthrose reste mystérieuse dans certains cas de fractures parfaitement réduites et correctement immobilisées ; ce sont les pseudarthroses idiopathiques ou imméritées. [6]

MATERIELS ET METHODES

I. MATERIELS D'ETUDES :

Notre travail concerne l'analyse rétrospective continue et descriptive sur une période de 9 ans entre janvier 2009 et décembre 2017 de 21 cas de pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale traitées chirurgicalement et suivies au service de traumatologie-orthopédie B4 du CHU HASSAN II de Fès.

L'exploitation a été suivie par une étude casuistique qui a permis le recueil de données sociodémographiques, cliniques, para cliniques, thérapeutiques, et évolutives.

L'objectif ainsi de l'étude est d'évaluer par une étude rétrospective continue les résultats cliniques et radiologiques du traitement chirurgical des pseudarthroses de la diaphyse humérale par plaque visée et greffe osseuse comme technique de référence ainsi que les autres techniques utilisées au service, les comparer aux données de la littérature, discuter le profil épidémiologique de cette affection, détailler les modalités du traitement chirurgical et montrer l'intérêt de ces techniques chirurgicales dans la prise en charge thérapeutique de cette pathologie, des complications et des facteurs pronostic.

II. METHODES D'ETUDES :

Les patients inclus ont bénéficié d'une cure de pseudarthrose, leurs dossiers ont été exploitables selon les critères suivants :

- Les critères d'inclusion :

Nous avons inclus dans notre série, tous les patients ayant une pseudarthrose aseptique après une fracture diaphysaire de l'humérus.

- Les critères d'exclusion :

Nous avons exclus de notre série :

Les pseudarthroses métaphyso-épiphysaires.

Les pseudarthroses septiques.

Les pseudarthroses sur fracture pathologique.

Ainsi selon ces méthodes d'études nous avons pu repérer tous les cas de pseudarthrose de la diaphyse humérale traités et suivis dans notre formation, distinguer les différentes étiologies et facteurs de risques incriminés dans l'évolution de notre série vers cette complication, décrire et analyser les différentes techniques chirurgicales ce qui va nous permettre d'évaluer les résultats thérapeutiques sur le plan radiologique et fonctionnel selon les critères adoptés par D.CHAIX et A.RAY et le score de STEWART et HUNDLEY et enfin décrire le suivi évolutif de ces pseudarthroses.

Pour faciliter cette étude nous avons établi une fiche d'exploitation où tous les paramètres et renseignements concernant les patients ont été notés.

III. Fiche d'exploitation :

Annexe 1.

IV. Tableau récapitulatif :

Annexe 2.

RESULTATS

I. Données épidémiologiques :

A. La fréquence : (Graphique 1)

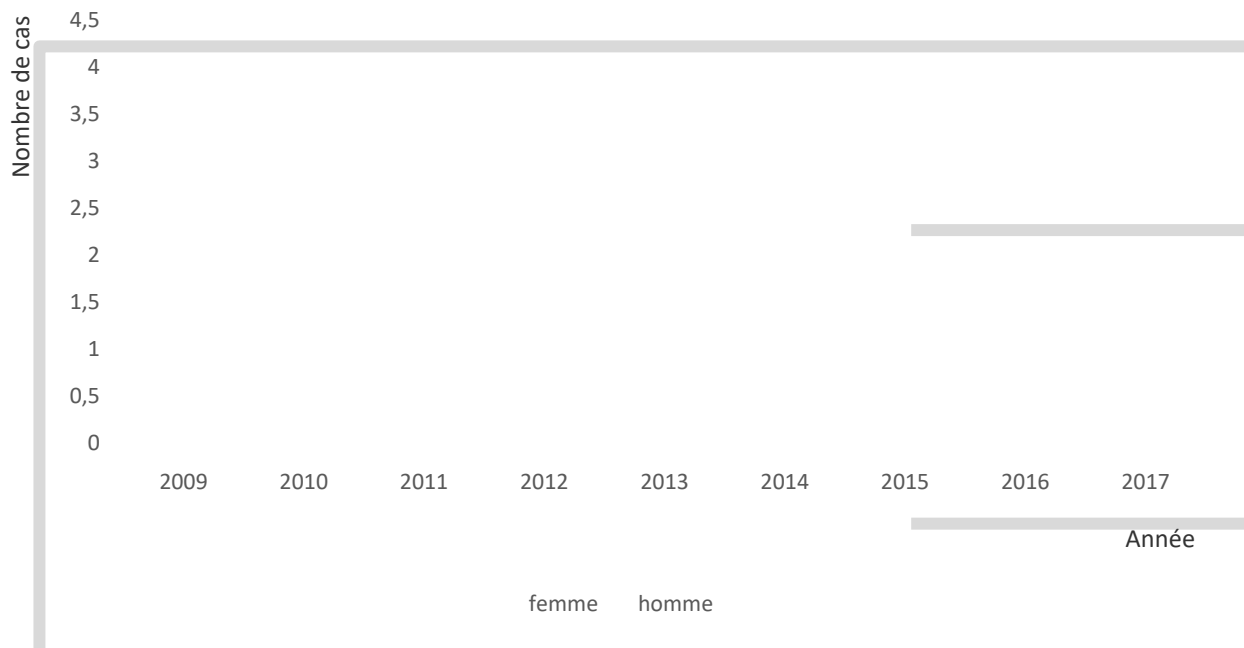
Durant cette période nous avons pu comptabiliser 198 fractures de la diaphyse humérale traitées dans le service.

Nous avons colligé 21 patients ayant une pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale, soit 10.6 % des fractures et la moyenne de fréquence était de 2 à 3 cas par an.

Parmi les 21 cas de pseudarthrose étudiés :

- Seulement 12 cas ont été traités initialement pour leurs fractures dans le service.
- 4 cas traités en dehors du service.
- 2 cas non traités initialement : fractures négligées.
- 1 cas traité traditionnellement : JBIRA
- Pour 2 cas, le lieu du traitement n'a pas pu être précisé.

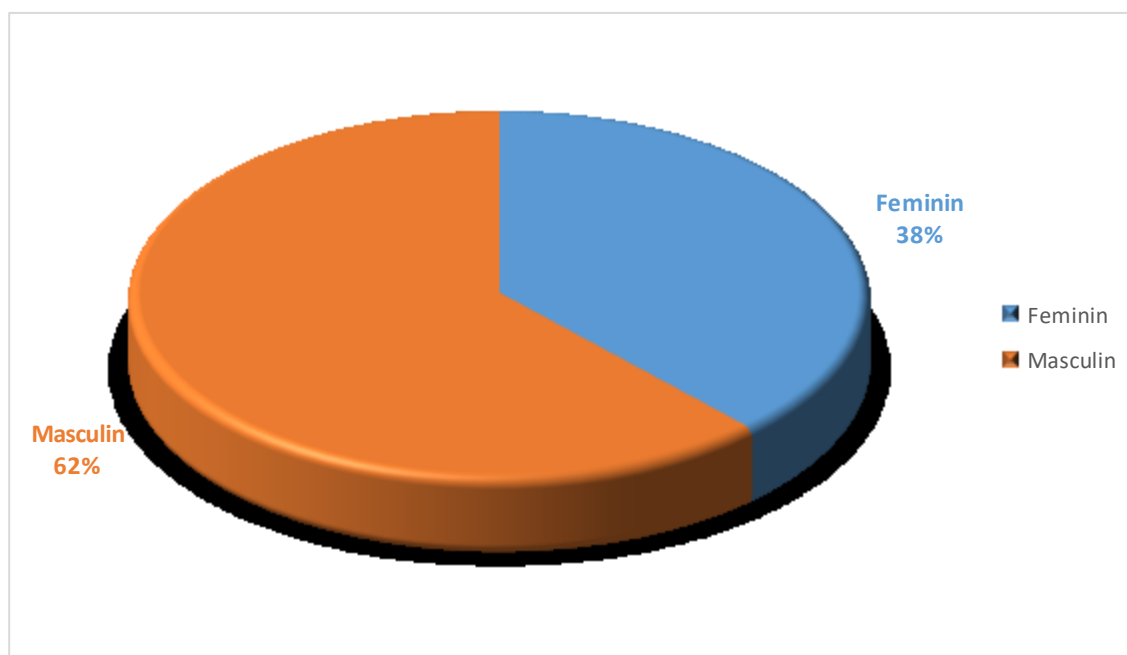
Si on admet que même ces 2 cas sont traités dans le service, le total des fractures de la diaphyse humérale qui sont traités dans le service et ayant évolué vers une pseudarthrose aseptique est de 14 cas donnant ainsi une fréquence de 9.3 %.



Graphique 1 : la répartition des malades selon les années

B. La répartition des malades selon le sexe : (Graphique 2)

Le nombre d'hommes opérés était de 13 (61.9%), et le nombre de femmes de 8 (38.1%), qui est en rapport avec une hyperactivité de l'homme et donc une exposition plus importante aux accidents de la circulation et du travail.

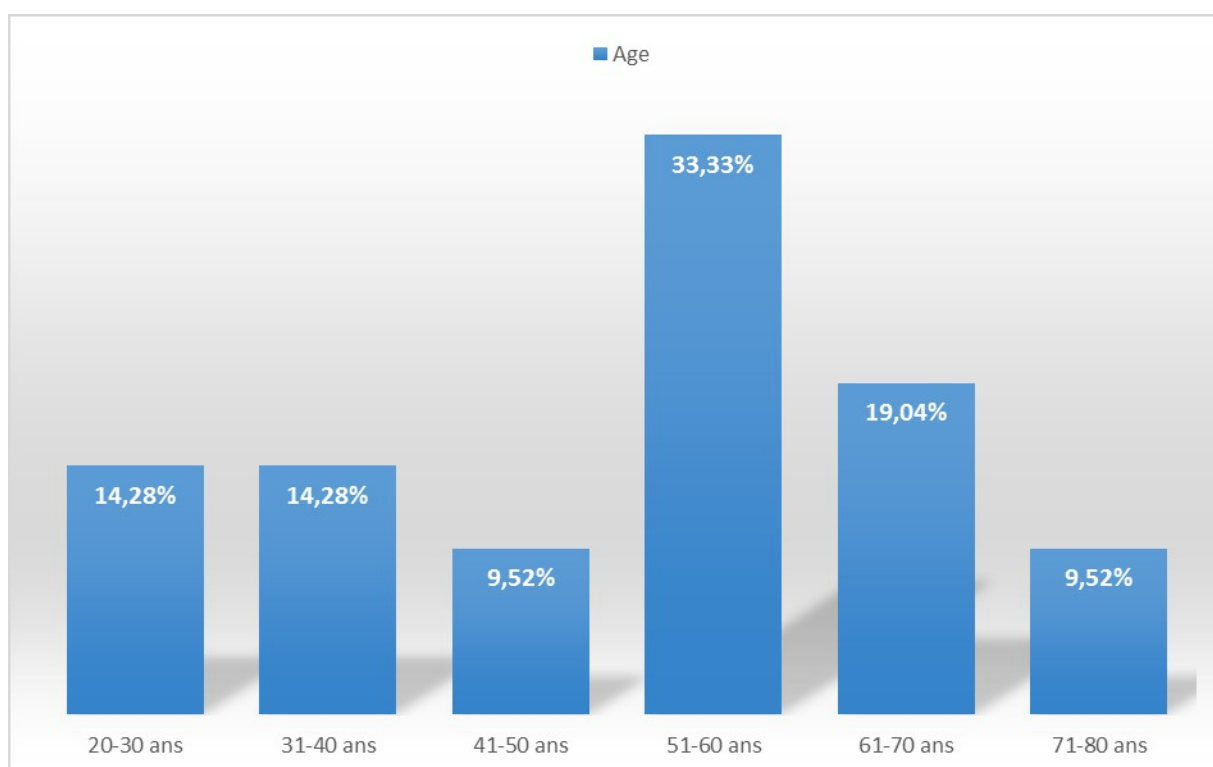


Graphique 2 : la répartition des malades selon le sexe

C. La répartition des malades selon l'âge : (Graphique 3)

L'âge de nos patients variait entre 26 et 74 ans, et la moyenne des âges était de 51 ans.

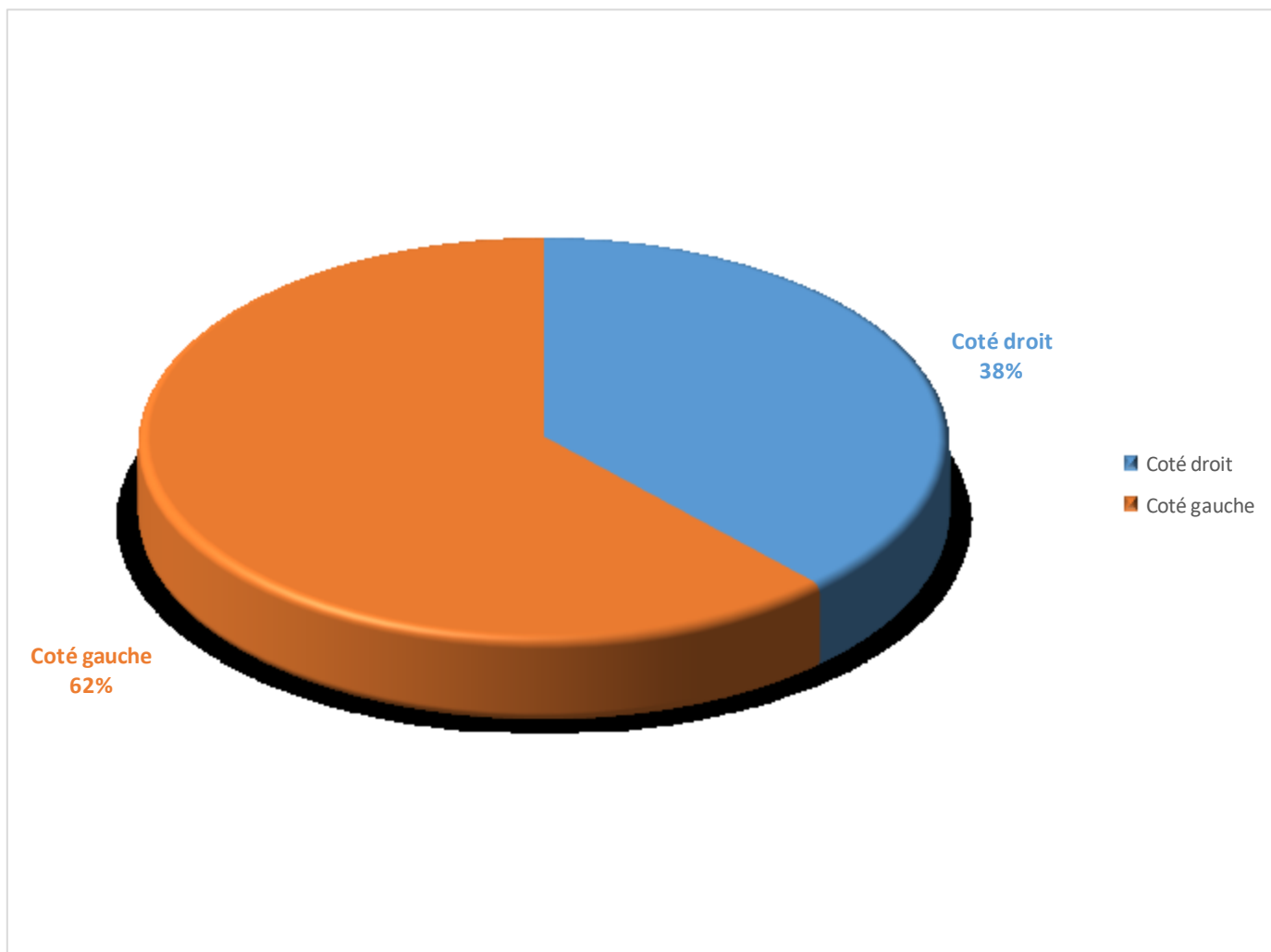
Le plus grand nombre de pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale, comme le montre la figure n°3 est observé entre 51 et 60 (7 cas soit 33 %).



Graphique 3 : la répartition des malades selon l'âge

D. La répartition des malades selon le côté atteint : (Graphique4)

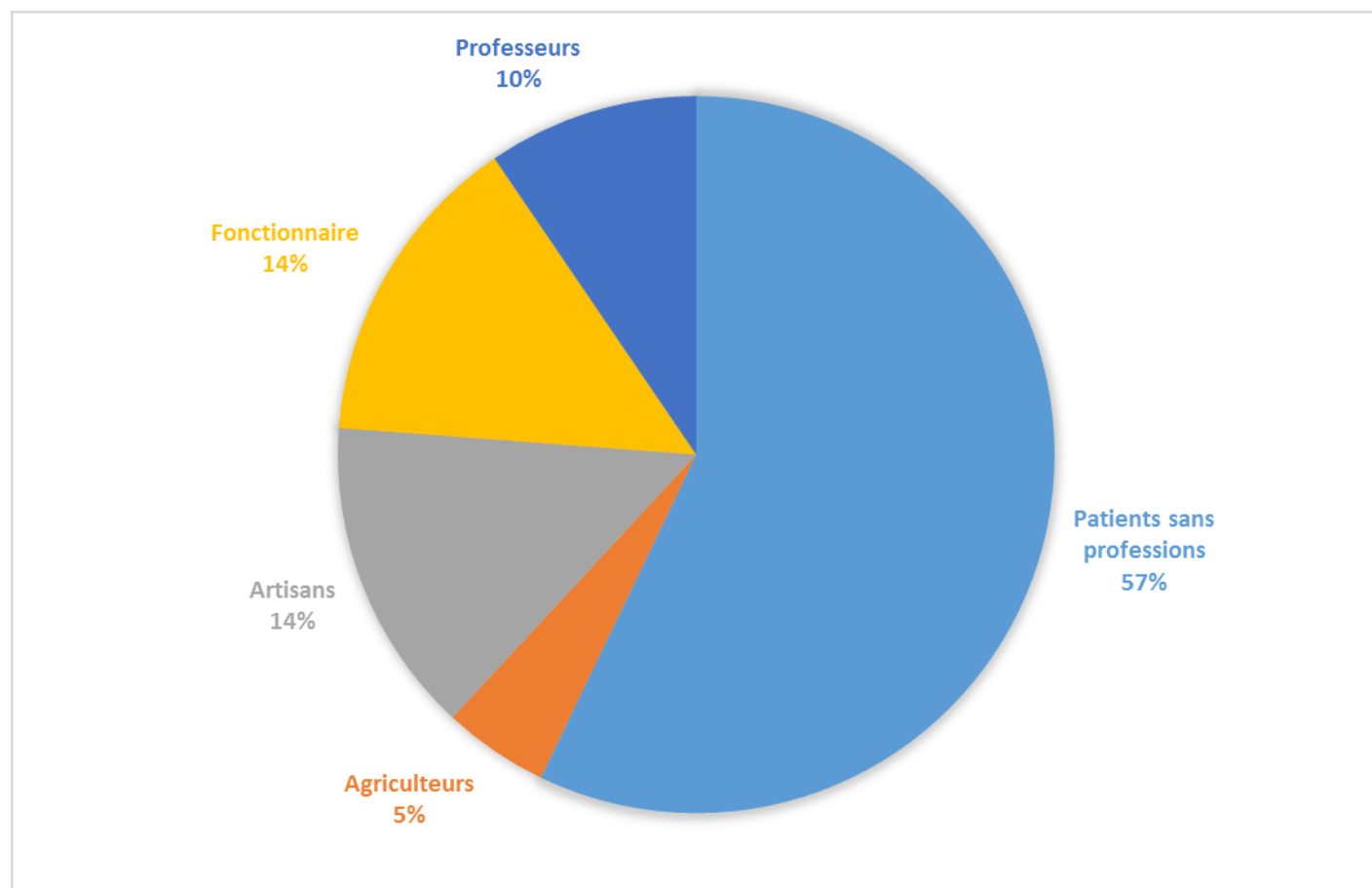
Chez les patients étudiés le côté gauche était touché dans 13 cas, soit 62 % et le côté droit était touché dans 8 cas, soit 38 %.



Graphique 4 : la répartition selon le côté atteint

E. La répartition des malades selon la profession : (Graphique 5)

Dans notre série, 9 patients sur 21 avaient une profession soit 43 % alors que 5 patients sans profession et 7 patientes des femmes aux foyers donc 57 % de patients sans profession.



Graphique 5 : la répartition selon la profession

II. Données Etiologiques :

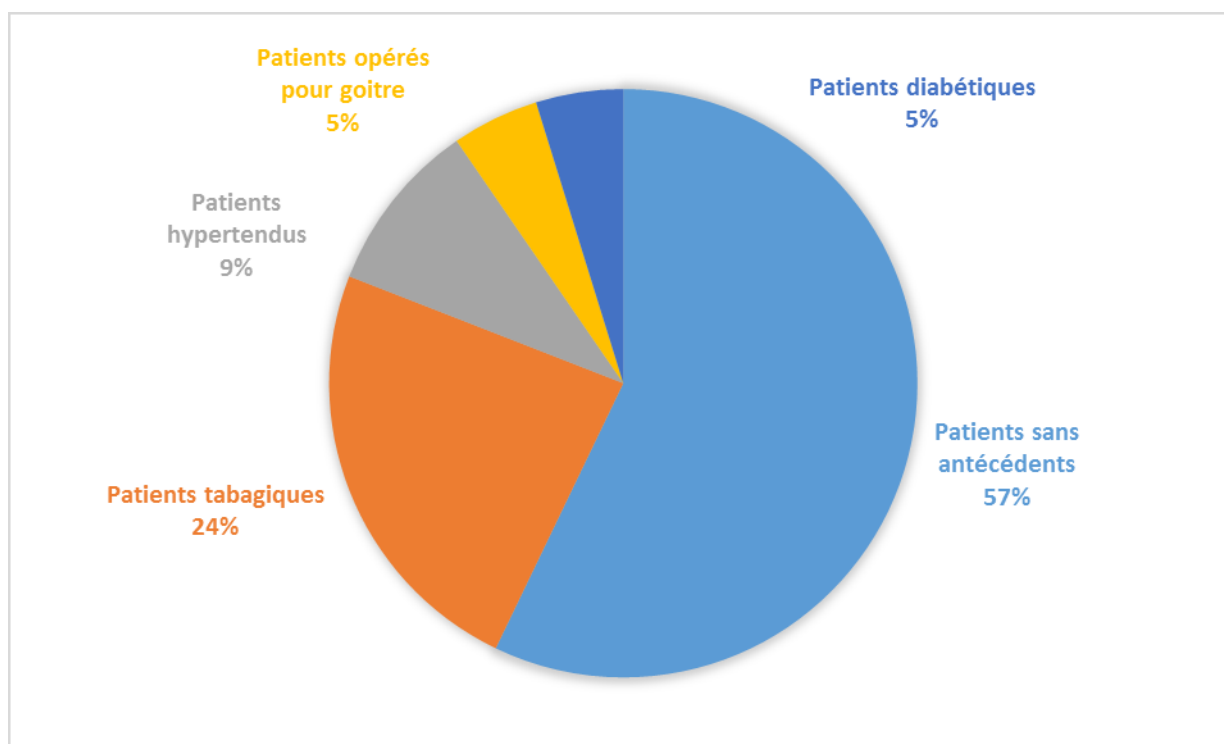
Les causes des pseudarthroses aseptiques, en général, sont multiples et on distingue ainsi des causes locales, générales et autres iatrogènes.

A. Les causes générales : (Graphique 6)

Les facteurs retrouvés dans notre étude :

9 parmi nos 21 malades, soit 42.8 % des cas présentent les antécédents suivants :

- ❖ 5 patients tabagiques chroniques à raison de 1 paquet par jour.
- ❖ 2 patients hypertendus sous traitement.
- ❖ Une patiente opérée pour goitre.
- ❖ Un patient diabétique sous ADO.



Graphique 6 : la répartition selon les facteurs généraux

B. Les causes locales :

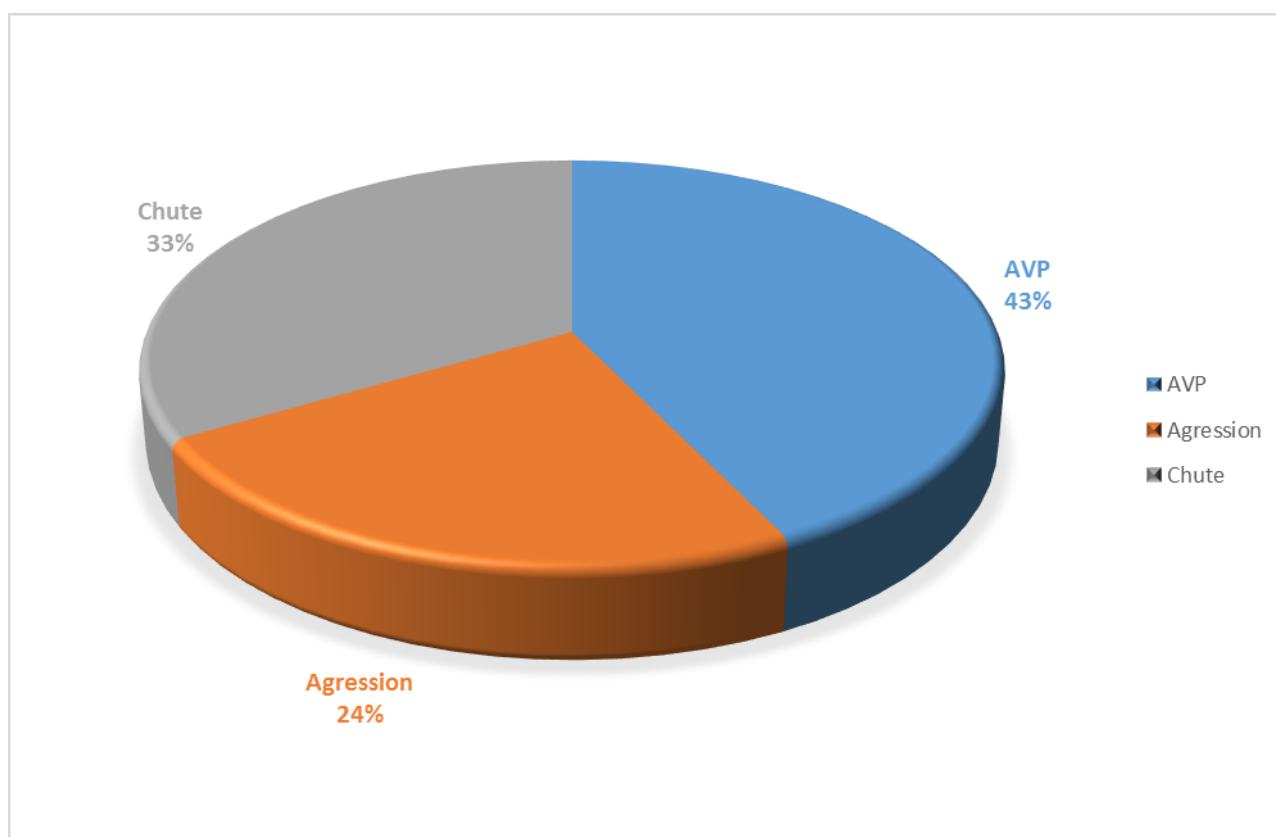
- **Qualité de l'os :**

Dans notre série, on n'a relevé aucun cas de pseudarthrose aseptique développée sur os pathologique.

- **Les circonstances de survenue du traumatisme initial : (Graphique 7)**

Dans notre étude, la survenue de la fracture de la diaphyse humérale élève de 3 étiologies :

- ❖ Les accidents de la voie publique (AVP) : 9 soit 42.8 %.
- ❖ Les chutes : 7 cas soit 33.4 %.
- ❖ Les agressions : 5 cas soit 23.8 %.



Graphique 7 : la répartition selon les circonstances du traumatisme initial

- **L'abord du foyer de fracture :**

Comporte lui-même le risque de destruction des facteurs biologiques de la consolidation osseuse : évacuation d'un hématome fracturaire et du blastème, le déperiostage intempestif.

- **La thrombose ou rupture vasculaire :**

Est en général de mauvais pronostic en raison de la dévascularisation possible d'un ou plusieurs fragments.

- **La lésion initiale :**

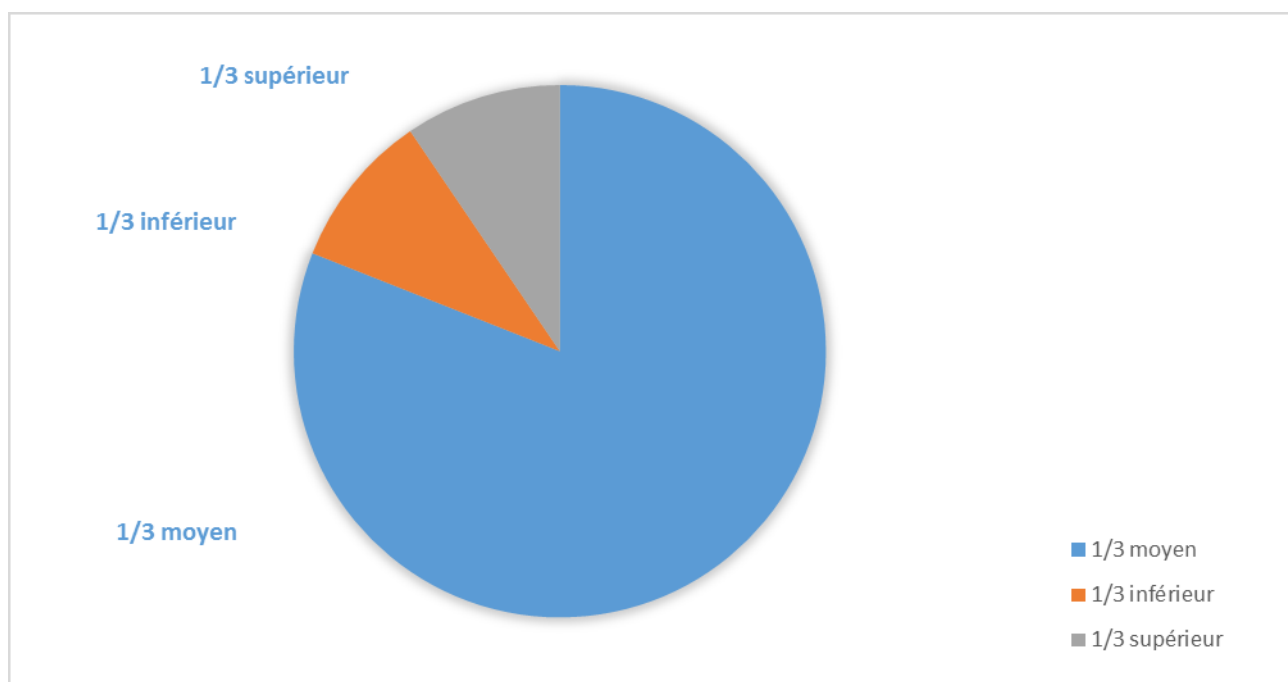
- ❖ Le coté de la fracture :

Parmi les cas étudiés, on a recensé 13 fractures diaphysaires gauches soit 61.9%, contre 9 fractures diaphysaires droites soit 38.1 %.

- ❖ Le siège de la fracture : (Graphique 8)

Nous avons essayé d'établir les rapports pouvant exister entre la localisation de la fracture sur la diaphyse humérale et le développement ultérieur de la pseudarthrose aseptique, ainsi nous avons relevé :

- 1/3 moyen : 17 cas soit 81 %
- 1/3 supérieur : 2 cas soit 9.5 %
- 1/3 inférieur : 2 cas soit 9.5 %



Graphique 8 : la répartition selon le siège de la fracture

Nous constatons que le tiers moyen de la diaphyse humérale était le siège de prédilection des pseudarthroses aseptiques.

- **Type de la fracture initiale :**

- ❖ **Ouverture cutanée et lésions des parties molles :**

Ces lésions sont moins évidentes car radiologiquement invisibles mais conditionnent l'évolution du foyer de fracture.

En effet, l'ouverture du foyer en dehors de toute évolution infectieuse, doit faire envisager une consolidation plus lente, due soit au traumatisme des parties molles en cas d'ouverture de dehors en dedans, soit à un déplacement important si l'ouverture est de dedans en dehors.

Les fractures initiales de nos 21 cas de pseudarthrose aseptiques sont faites dans leur totalité de 100 % de fractures fermées.

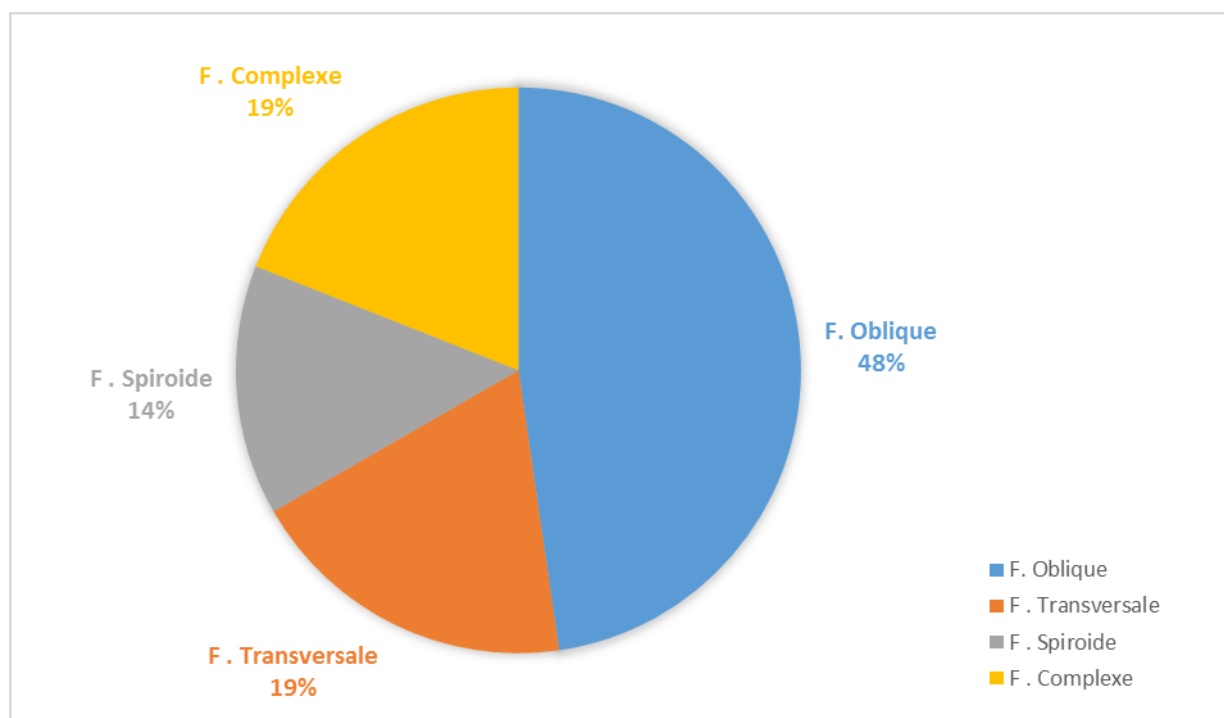
La nette prédominance des fractures fermées peut s'expliquer en partie par la fréquence au bras des traumatismes indirects.

❖ Le trait de fracture : (Graphique 9)

Dans notre série, 80.95 % des fractures initiales sont des fractures simples (17 cas) dont le trait de fracture est :

- Oblique : 10 cas soit 47.6 %.
- Transversal : 4 cas soit 19 %.
- Spiroïde : 3 cas soit 14.4 %

Les 19 % des fractures (4 cas) sont des fractures complexes multi fragmentaires.



Graphique 9 : la répartition selon le type de la fracture initiale

III. Rôle du traitement initial de la fracture dans les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale :

« En cas de pseudarthrose, il faut incriminer plus le chirurgien que les ostéoblastes » (WATSON JONES) [7].

A. Le lieu du traitement initial :

Pour le lieu du traitement, il était :

- Fès CHU Hassan II de Fès : 13 cas.
- Meknès : 1 cas.
- Non précisé : 4 cas.
- 2 cas de fractures négligées.
- 1 cas traité traditionnellement par JBIRA.

B. Le type d'immobilisation initiale :

1. Le traitement orthopédique :

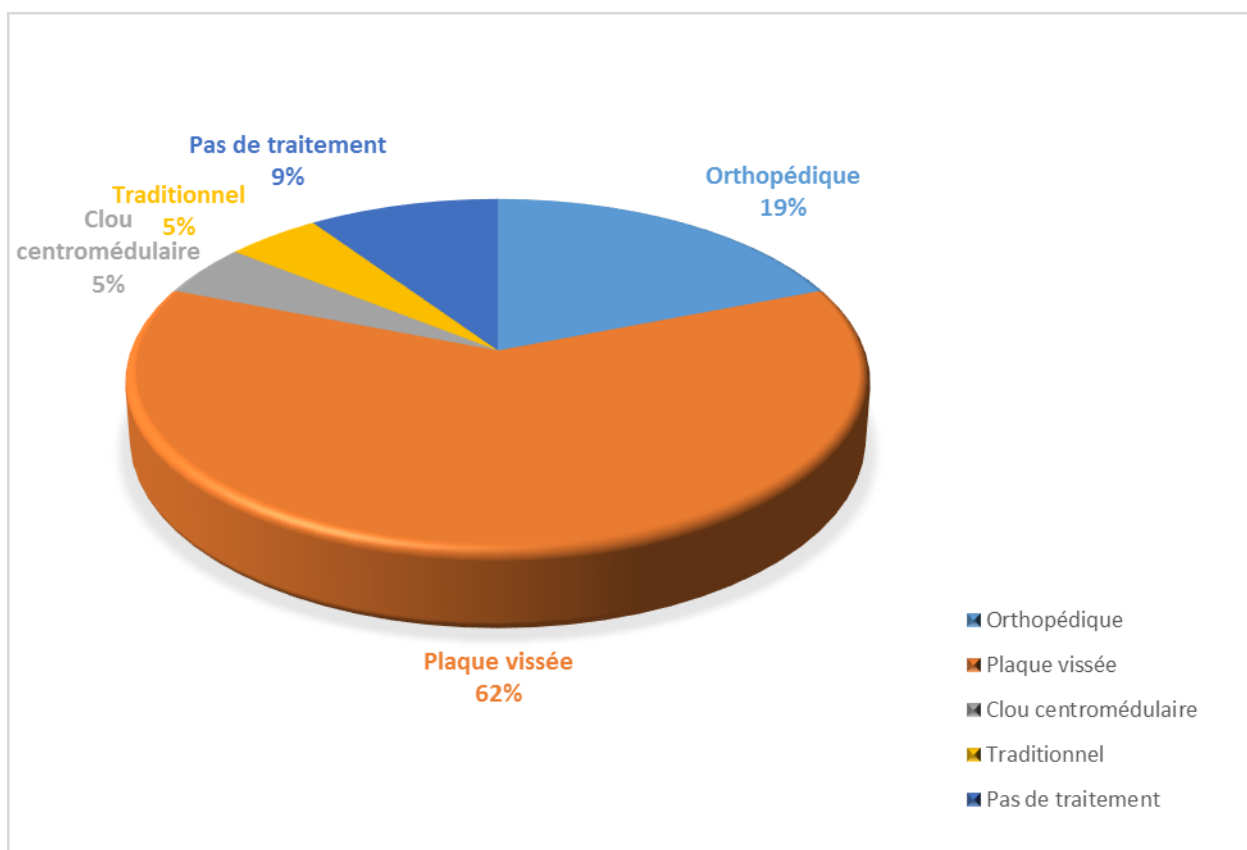
Dans notre série, 4 patients ont bénéficié d'un traitement orthopédique soit 19 % des cas. Il se basait sur une immobilisation par plâtre brachio-anté-brachio palmaire pendant 2 mois.

2. Le traitement chirurgical : (Graphique 10)

14 de nos malades ont subi un traitement initial chirurgical soit 66.6 % des cas.

Les méthodes utilisées ont été :

- Plaque vissée : indiquée chez 13 patients soit 61.9 %.
- L'enclouage centromédullaire indiqué chez 1 patient soit 4.8 %.



Graphique 10 : la répartition des malades selon le traitement initial de la fracture

Sur ces 14 ostéosynthèses, nous avons trouvé :

- 2 mauvaises ostéosynthèses par plaque vissée fixant le foyer de fracture avec un écart inter fragmentaire manifeste. (Figure 1)
- 2 montages insuffisamment contentifs réalisés sur des plaques vissées. (Figure2)

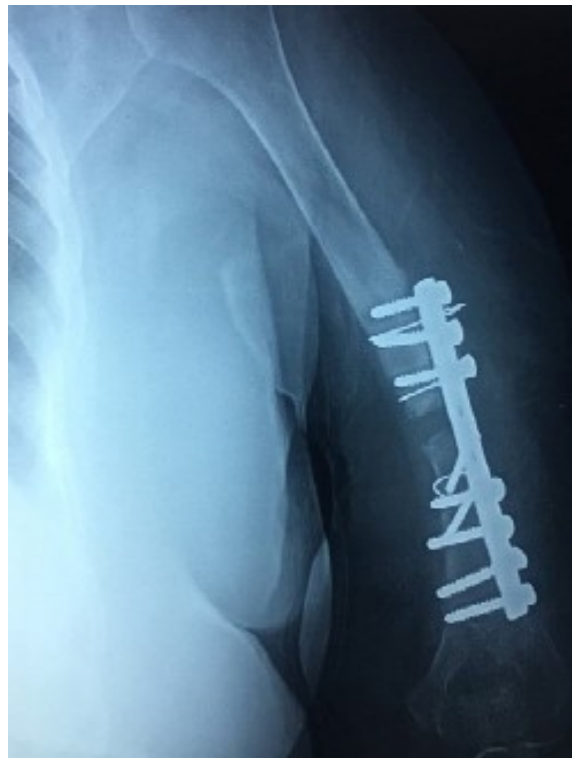


Figure 1 : une ostéosynthèse par plaque vissée fixant le foyer de fracture avec un écart inter fragmentaire [9]

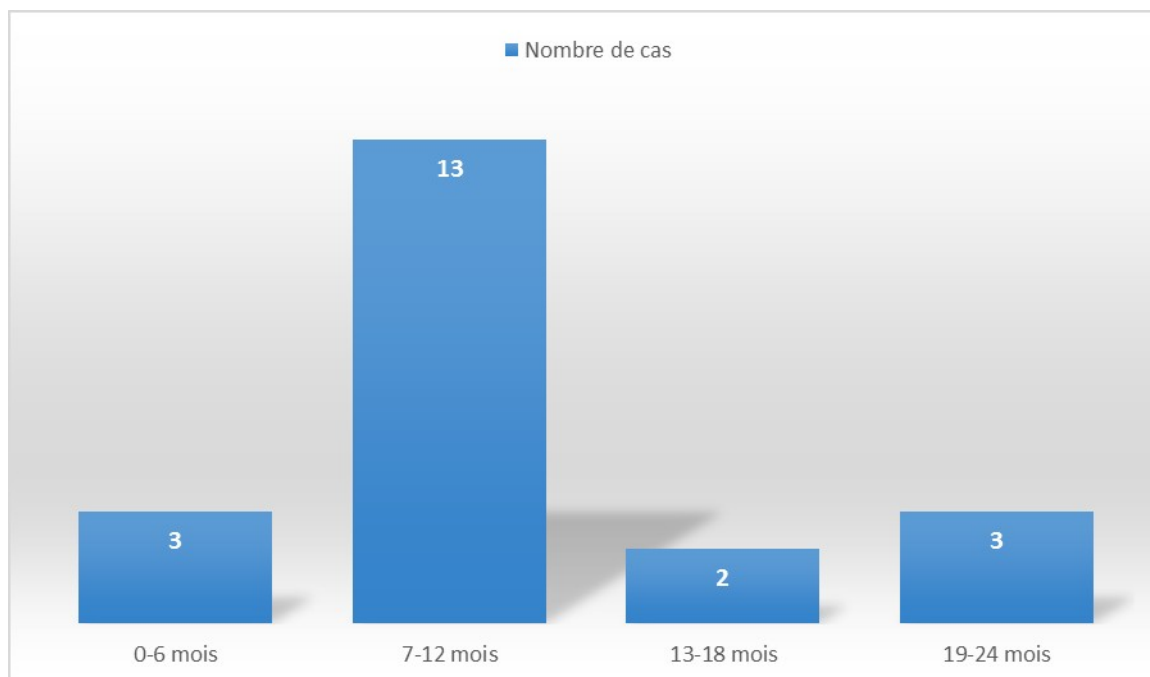


Figure 2 : un montage insuffisamment contensif réalisés sur plaques vissées [9]

IV. Le temps d'évolution vers la pseudarthrose aseptique :

(Graphique 11) (Tableau 1)

C'est le temps écoulé depuis le traitement initial de la fracture jusqu'à la réintervention pour la cure de la pseudarthrose aseptique.



Graphique 11 : la répartition des malades selon le temps d'évolution vers la pseudarthrose aseptique

Tableau n°1 la répartition des malades selon la durée d'évolution

Durée en mois :	Nombre de cas :
0 - 6 mois	3
7 - 12 mois	13
13 - 18 mois	2
19 - 24 mois	3

Dans notre série, le délai d'évolution vers la pseudarthrose aseptique de la diaphyse le plus fréquent est entre 7 et 12 mois. (Tableau1)

V. Diagnostic positif de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale :

A. La clinique :

Dans notre série l'analyse clinique a mis en évidence :

21 patients avec une douleur à la palpation des téguments en regards du foyer de pseudarthrose soit 100% des cas : tous les patients se plaignaient de douleur avec sur une échelle analogique une moyenne de 8/10 (5 à 10)

2 patients avec une mobilité anormale du foyer de pseudarthrose en raison du traitement orthopédique de la fracture initiale soit 9.5% des cas.

21 patients présentaient une diminution de la force musculaire soit 100 %.

Aucun patient ne présentait une paralysie du nerf radial à l'examen régional au moment du diagnostic de la pseudarthrose.

Les mobilités moyennes du coude étaient de 100° (60 à 140°) en flexion avec un déficit d'extension de 10° et 60° en pronation et de 50° en supination, l'élévation active de l'épaule était de 110° en moyenne (80à 150°).

L'examen clinique du bras cherchait une douleur évaluée sur une échelle analogique (de l'absence de douleurs à des douleurs permanentes) et/ou une mobilité du foyer de fracture ; l'examen régional cherchait une paralysie du nerf radial et mesurait des amplitudes articulaires de l'épaule et du coude des deux membres supérieurs (l'évaluation de la mobilité a été faite sur le déficit angulaire dans chaque secteur de mobilité comparée à celle du côté opposé).

B. La radiologie : [13]

Dans notre série nous avons utilisé, sur les radiographies initiales, la classification de l'AO (Figure 3) pour classer les fractures de l'humérus. Les radiographies des retards de consolidation de l'humérus montraient une absence de consolidation osseuse entre trois et six mois du début du traitement de la fracture de l'humérus, alors que les radiographies des pseudarthroses de l'humérus montraient une absence de consolidation après un délai de six mois. Sur ces radiographies, nous avons analysé le niveau de la pseudarthrose, le type de la pseudarthrose et le traitement initial de la fracture de l'humérus. Elles ont permis également de rechercher des erreurs techniques ou des facteurs favorisant de la pseudarthrose.

La classification de l'AO est la plus utilisée et comporte 3 groupes : (Figure 3)

- Groupe A : Trait simple :
 - ♦ A1 : spiroïde.
 - ♦ A2 : transversale.
 - ♦ A3 : oblique.
- Groupe B : fractures à trois fragments :
 - ♦ B1 : avec un 3ème fragment spiralé.
 - ♦ B2 : avec un 3ème fragment enfoncé.
 - ♦ B3 : avec un 3ème fragment fragmenté.
- Groupe C : fractures complexes :
 - ♦ C1 : a trait spiroïde.
 - ♦ C2 : segmentaire.
 - ♦ C3 : irrégulière.










Type	Group		
	1	2	3
A Simple	 Spiral	 Oblique	 Transverse
B Wedge	 Spiral	 Bending	 Multifragmentary
C Complex	 Spiral	 Segmental	 Irregular

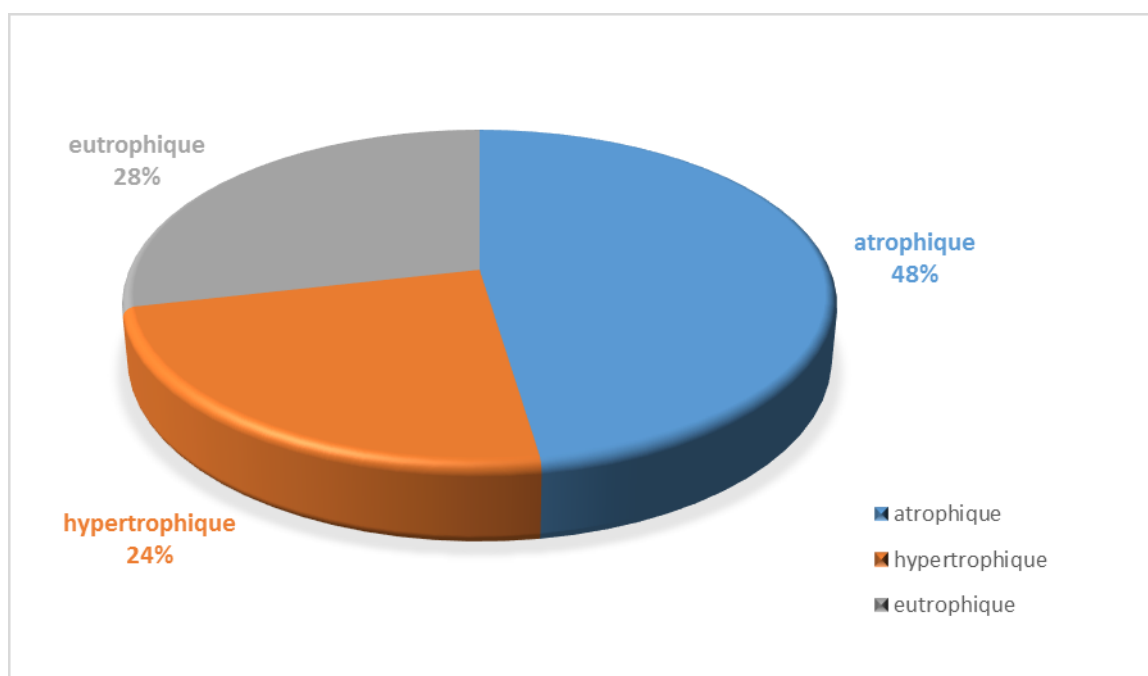
Figure 3 : la classification de l'AO [121]

VI. Données anatomopathologiques : (Graphique 12) (Figure5)

La détermination du type de pseudarthrose aseptique est généralement facile, grâce aux indices cliniques, mais surtout radiologiques.

Chez nos patients, l'analyse radiologique a montré qu'il s'agit de pseudarthrose aseptique :

- Atrophique : dans 10 cas soit 48 %
- Hypertrophique : dans 5 cas soit 24 %
- Eutrophique : dans 6 cas soit 28 %



Graphique 12 : la répartition des malades selon le type anatomopathologique de la pseudarthrose aseptique

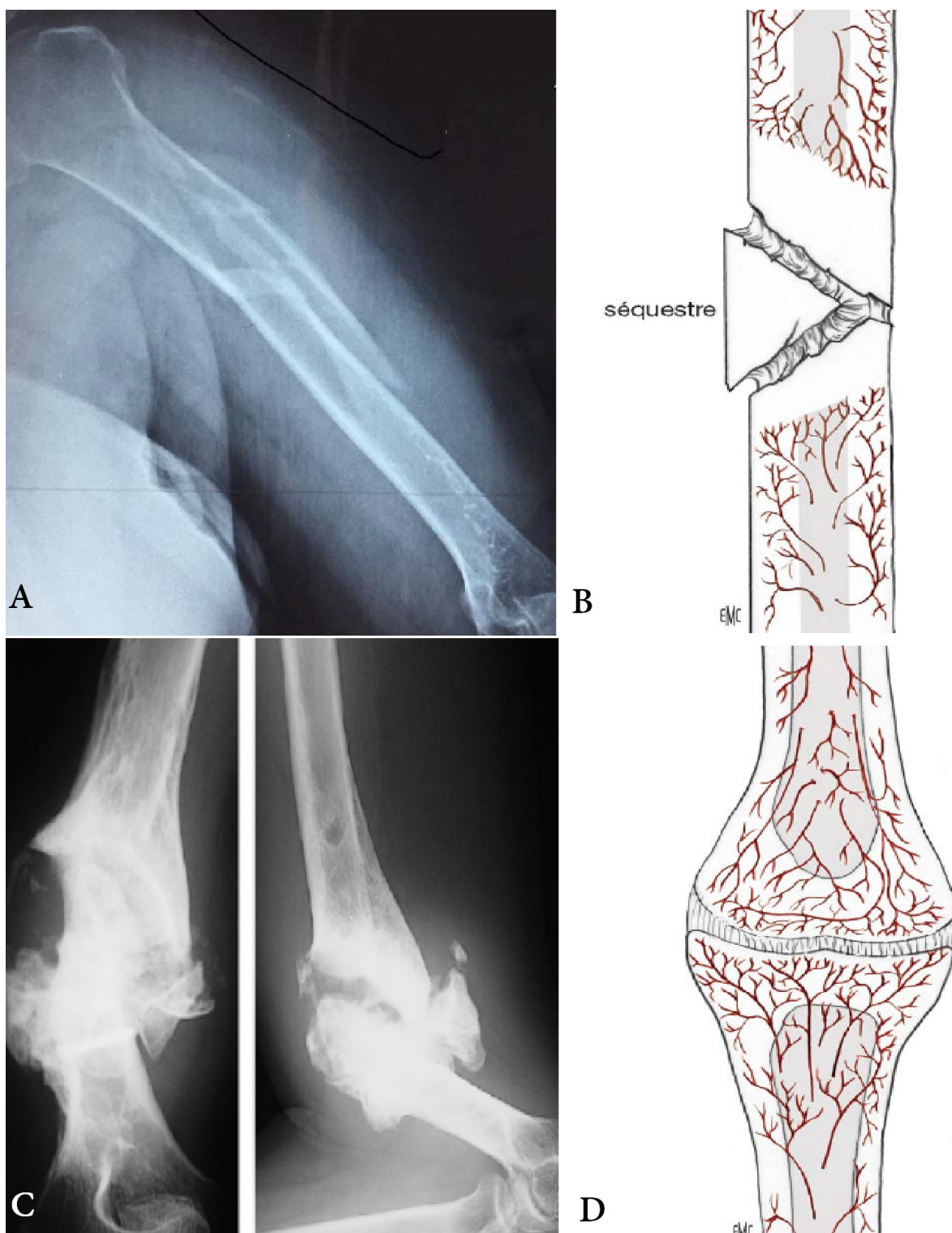


Figure 4 : A : Radiographie d'une pseudarthrose atrophique. B: pseudarthrose atrophique avec séquestre. C : Radiographie d'une pseudarthrose hypertrophique en patte d'éléphant. D: Pseudarthrose hypertrophique.[9] [66]

VII. Le traitement de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale :

A. La voie d'abord : (Figure 5-6-7)

Dans notre série, 21 de nos malades soit 100 % ont bénéficié d'une voie d'abord externe.



Image A



Image B



Image C

La voie d'abord externe du bras [21]

A : Abord externe de l'humérus : incision cutanée côté droit.

B : Voie antéro-latérale (1) et voie latérale (2)

C : Voie latérale : exposition de la diaphyse humérale, croisée par le nerf radial.

Figure 5: voie d'abord externe du bras[14]



Figure 6 : voie d'abord externe du bras [9]

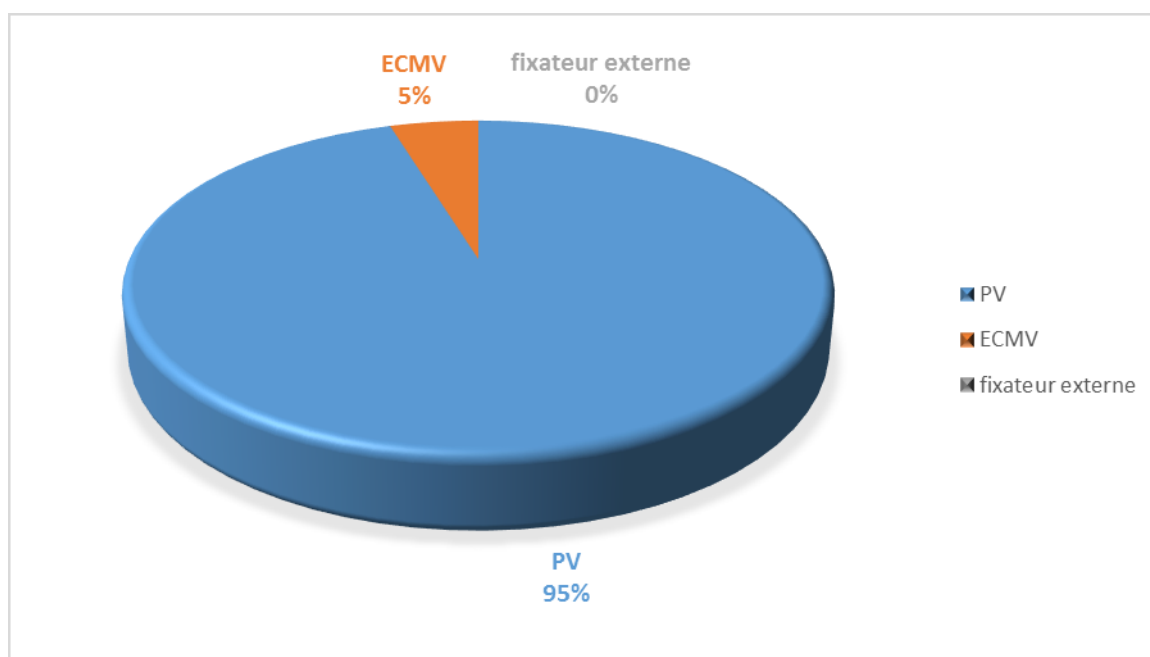


Figure 7 : le plan musculaire [9]

B. Les moyens de contention du foyer de pseudarthrose : (Graphique 13) (

Figure 8)

Dans notre série, 20 de nos malades soit 95.2 % ont bénéficié d'une ostéosynthèse interne par plaque vissée dont la voie d'abord a été brachiale externe. Un seul patient soit 4.8 % a été traité par un enclouage centromédullaire verrouillé, aucun cas n'as était traité par fixateur externe.



Graphique 13 : la répartition des malades selon les moyens de contention du foyer de pseudarthrose

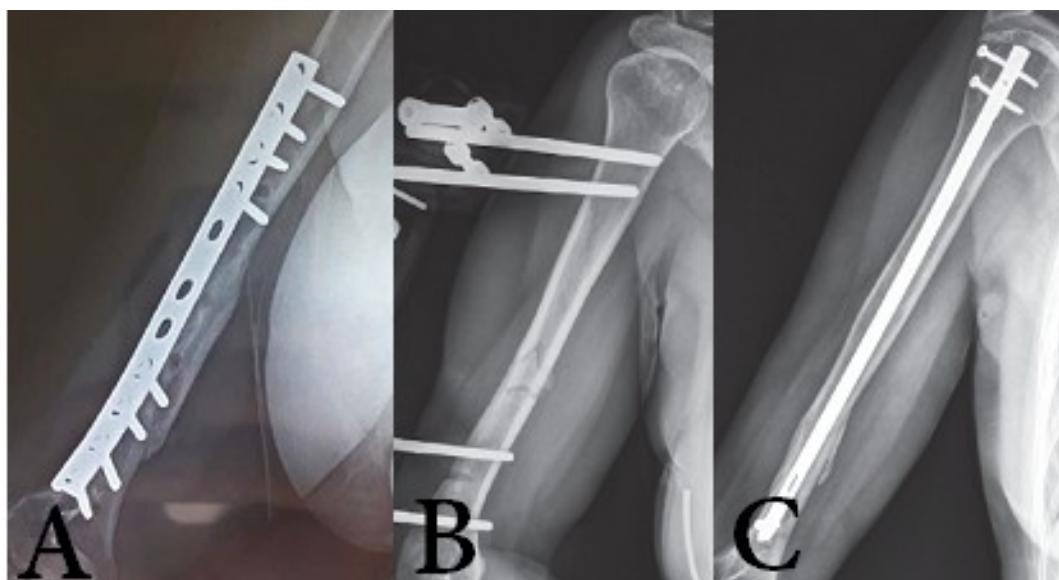


Figure 8 : Radiographies des moyens de contention du foyer de pseudarthrose : A : Plaque vissée, B : fixateur externe, C : Embrochage centro-médullaire [9]

C. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse : (Graphique 14)

La stimulation de l'ostéogénèse et le comblement des pertes de substance osseuse constituent un geste thérapeutique inséparable de la contention dans le traitement des pseudarthroses diaphysaire. Elles font appel à différentes techniques parmi lesquelles :

- La greffe osseuse à partir de la crête iliaque homolatérale.
- La décortication ostéo-musculaire.
- Le transfert libre du péroné vascularisé.
- L'apport de progéniteurs cellulaires de la moelle osseuse.

Le choix entre ces différentes méthodes peut être une question de préférence personnelle, mais peut aussi répondre à des cas particuliers.

L'apport de progéniteurs cellulaires de la moelle osseuse reste la technique d'avenir.

a. La décortication ostéo-musculaire :

13 de nos patients soit 61.9 % ont bénéficié d'une décortication ostéo-musculaire. Celle-ci a été aidée par une greffe osseuse chez 12 patients et simple chez un seul de ces patients.

Cette décortication ostéo-musculaire faisait souvent partie de la voie d'abord autant qu'un moyen susceptible de procurer une reviviscence de l'ostéogénèse.

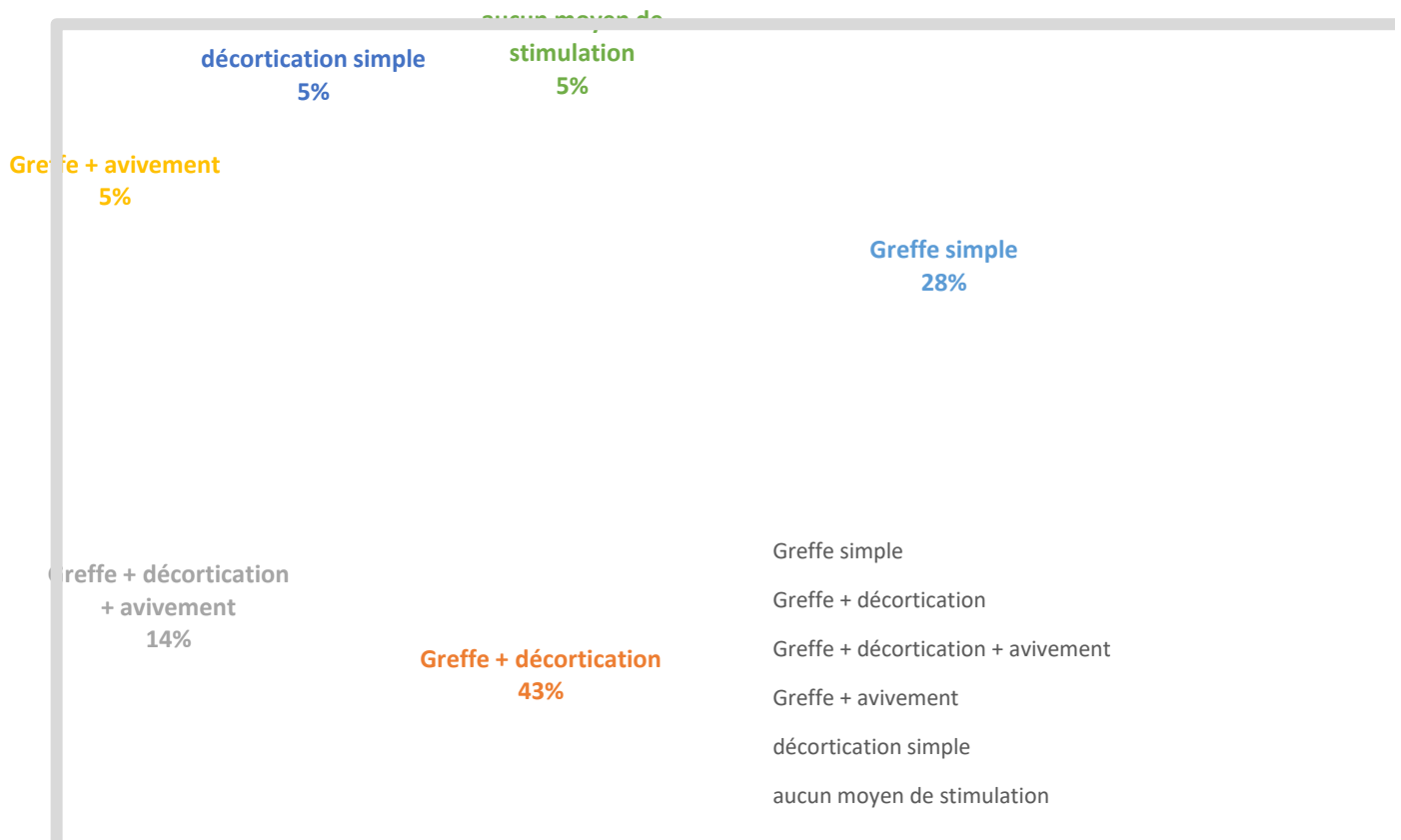
b. La greffe osseuse :

Les greffes osseuses sont largement utilisées dans le traitement des pseudarthroses diaphysaires.

C'est le moyen de stimulation de l'ostéogénèse le plus adopté dans notre série, il a été utilisé chez 19 patients soit 90.5 %, sous forme de greffe simple chez 7 patients, associée à la décortication ostéo-musculaire chez 12.

Cette greffe osseuse a été autogène dans tous les cas et cortico-spongieuse dans la majorité des cas.

Les 2 patients restants soit 9.5 % n'ont pas bénéficié de greffe osseuse.



Graphique 14 : la répartition des malades selon les moyens de stimulation de l'ostéogénèse utilisés

D. La description du déroulement de la technique chirurgicale de la pseudarthrose de la diaphyse humérale : [8]

Les indications opératoires reposaient sur l'existence de signes cliniques de pseudarthrose (douleur et/ou mobilité du foyer de fracture) et de signes radiologiques (absence de consolidation osseuse) à trois mois du début du traitement de la fracture de l'humérus.

Le traitement chirurgical a consisté en une ostéosynthèse par plaque vissée associée à une greffe osseuse.

Le patient était installé en décubitus dorsal, le membre supérieur concerné dans le champ opératoire, ainsi que la crête iliaque ipsilatérale : (figure 9)



Figure 9 : installation du malade [9]

La voie d'abord utilisée était la voie externe : (Figure 10)



Figure 10 : voie d'abord externe [9]

Le premier temps chirurgical consistait en un repérage du nerf radial. En cas de paralysie radiale préopératoire, une neurolyse était réalisée à la recherche d'une solution de continuité.

Après ablation du matériel préalablement mis en place, on pratiquait une décortication osseuse (greffons pédiculés aux parties molles) selon la technique de Judet et Patel, 5 cm de part et d'autre de la fracture, sur la face humérale ne recevant pas la plaque : (Figure 11)



Figure 11 : la décortication osseuse [9]

Le plus souvent, le tissu mésenchymateux d'interposition du foyer de non consolidation (capable de transformation osseuse dans un environnement mécanique et biologique adéquat) était respecté pour ne pas compromettre la vascularisation locale et ne pas prolonger le délai de consolidation.

Ce tissu d'interposition était exceptionnellement excisé jusqu'en zone saine et saignante pour perméabiliser les canaux médullaires en présence d'une pseudarthrose synoviale ou d'une angulation excessive. (Figure 12)

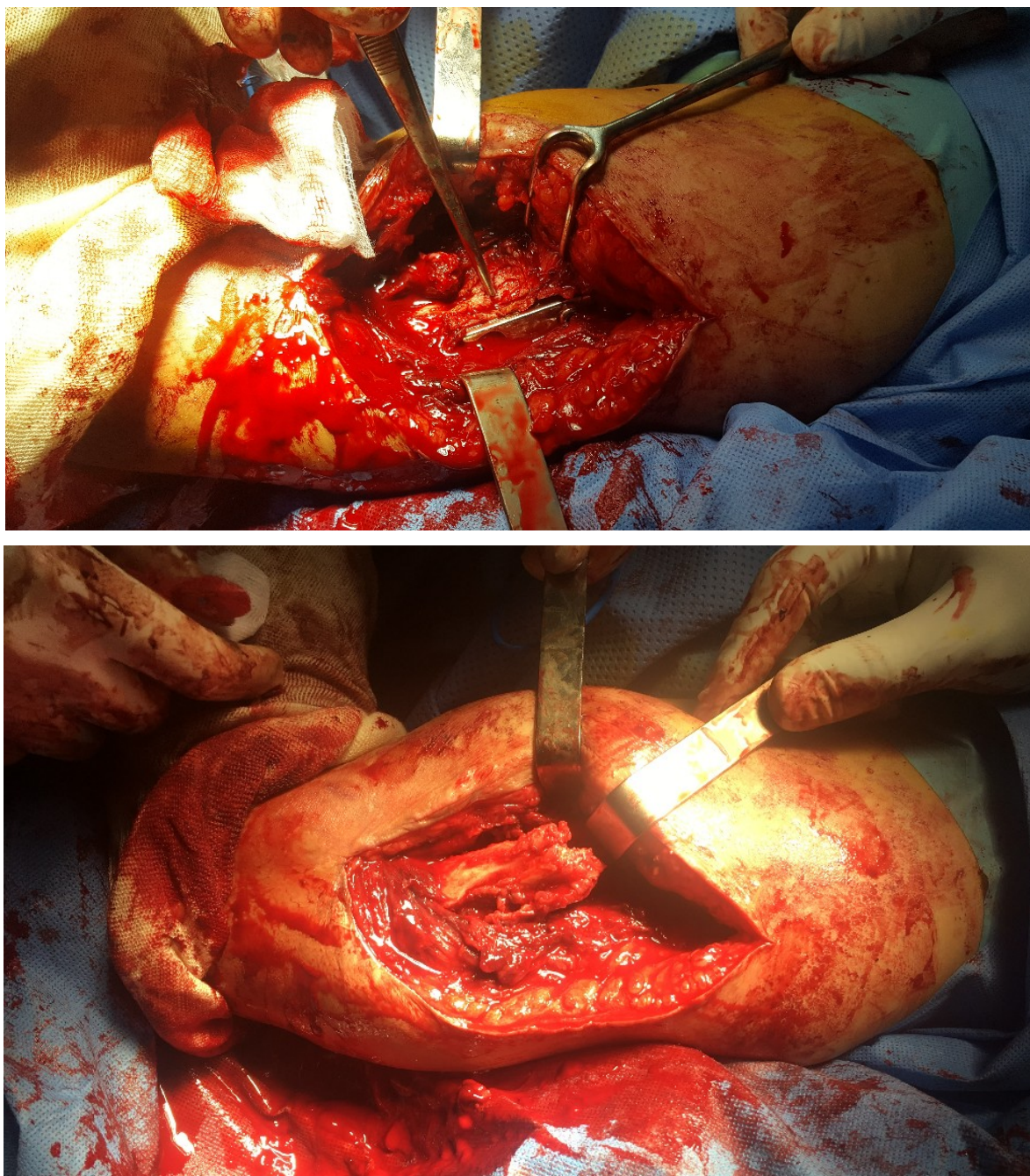


Figure 12 : Mise en évidence de la pseudarthrose après ablation du matériel d'ostéosynthèse.[9]

Une auto greffe osseuse au dépend de la crête iliaque était systématiquement associée : (Figure 13)

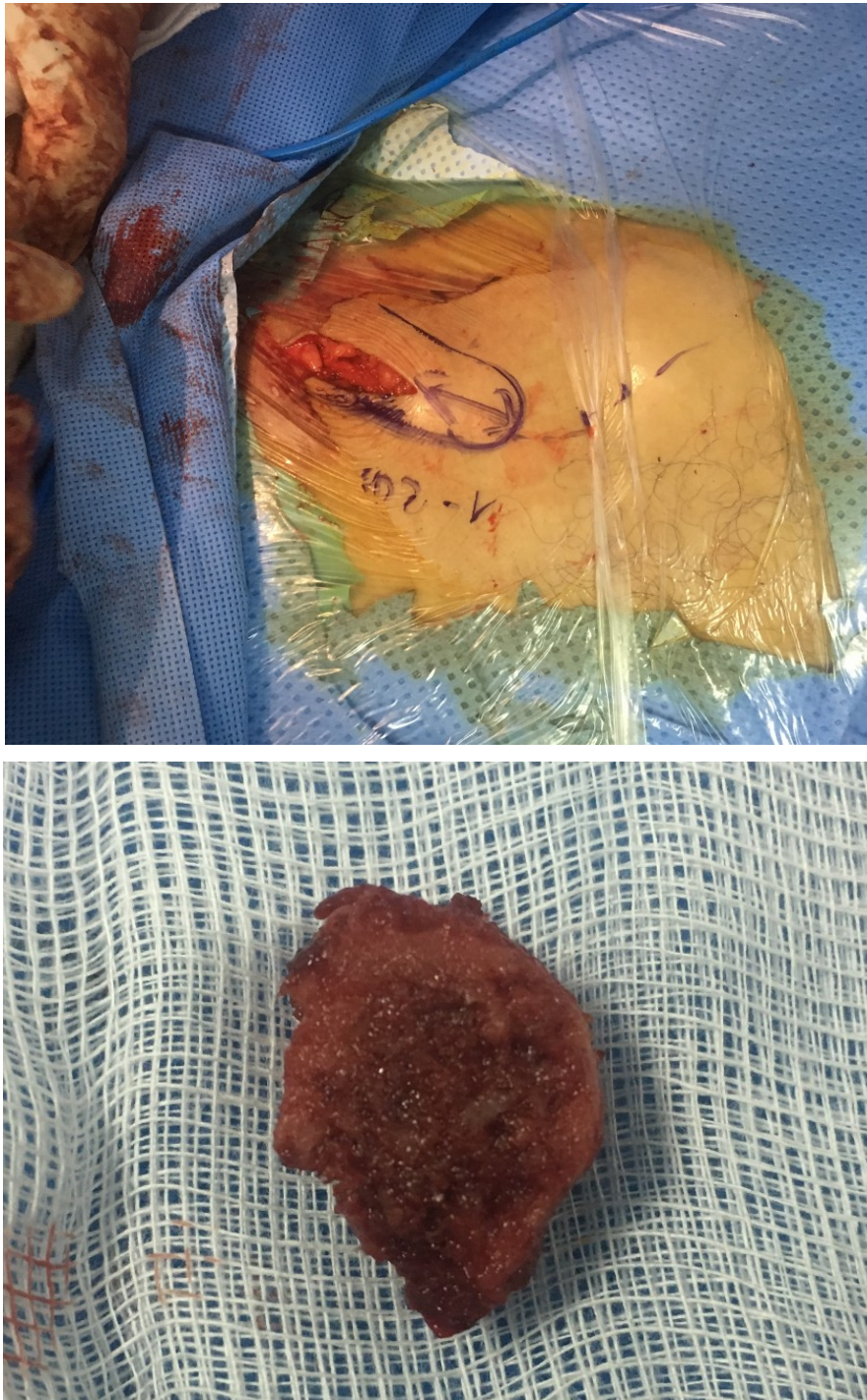


Figure13 : greffe cortico spongieuse de la crête iliaque [9]

L'ostéosynthèse utilisait soit des plaques low contact-Dynamic Compression Plate (LC-LCP) 4.5 soit Locking Compression Plate (LCP) 4.5/5.0, étroite ou large de préférence selon la morphologie humérale. (Figure 14)



Figure 14 : Matériels d'ostéosynthèse. [9]

La plaque était cintrée au préalable en son milieu et appliquée sur la face convexe de l'humérus pour exercer une compression dynamique et absorber des forces de tension (plaque en hauban). (Figure 15)

Dans la mesure du possible, une compression inter fragmentaire était recherchée soit par l'unité de compression dynamique de la plaque DCP, soit par une vis de traction isolée ou de préférence à travers la plaque :

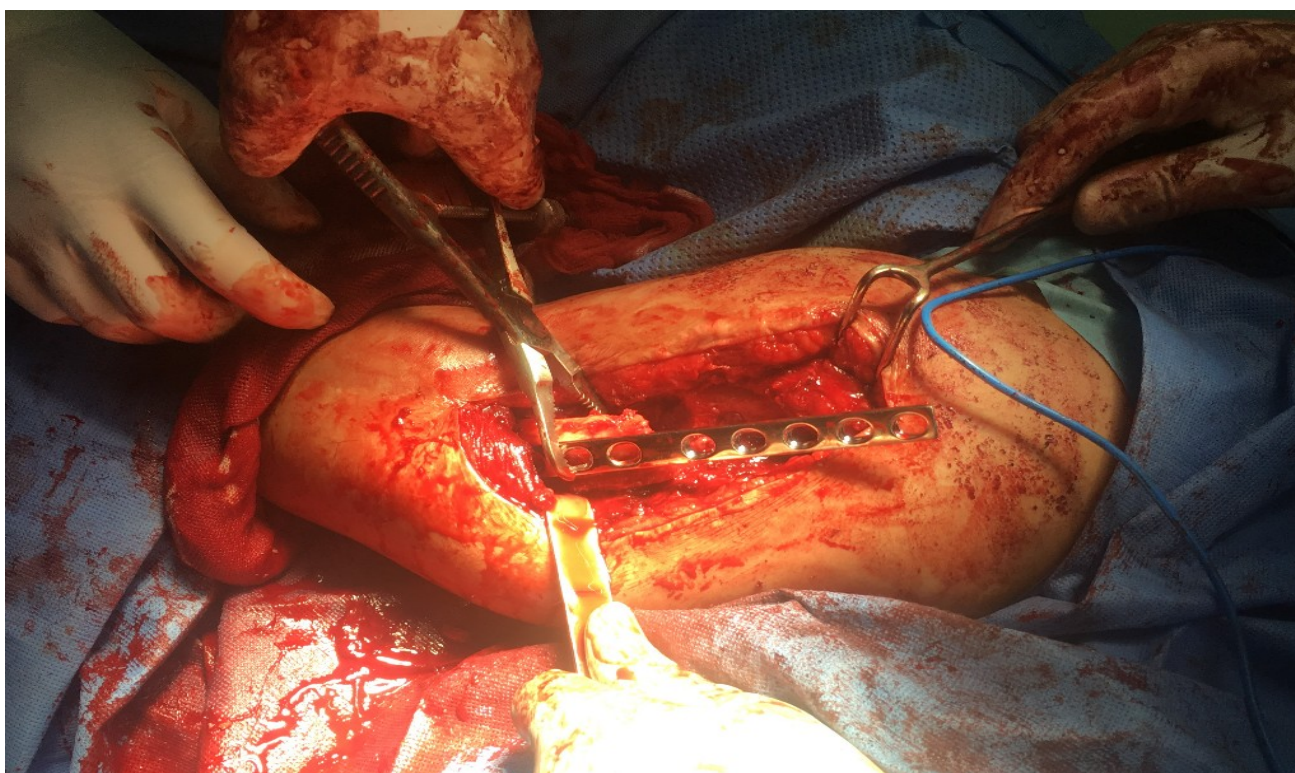


Figure 15 : la mise en place de la plaque vissée [9]

De l'os spongieux était ensuite prélevé sur la partie antérieure de la crête iliaque ipsilatérale et disposé en regard du foyer de pseudarthrose. (Figure 16)

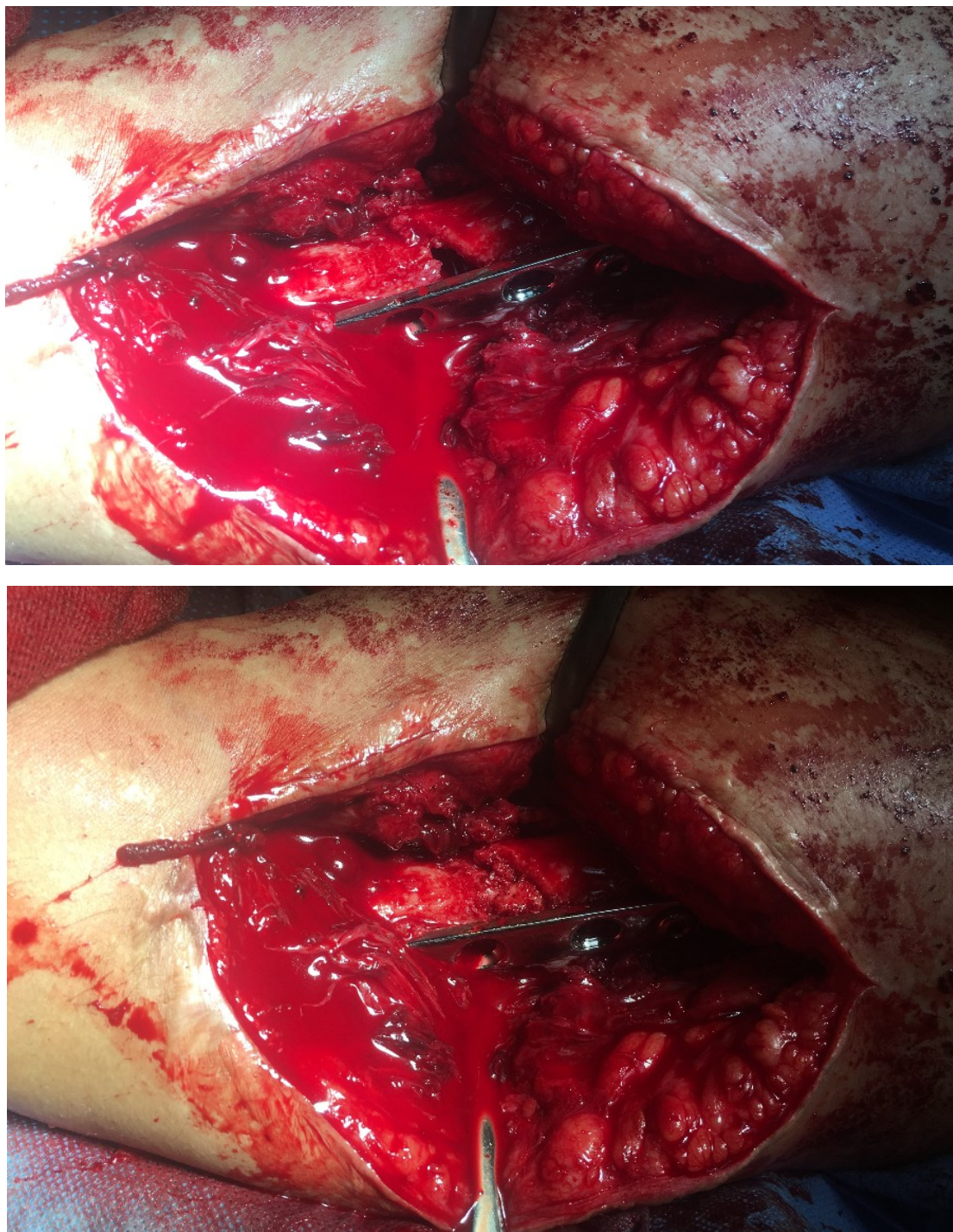


Figure 16 : La mise en place de la greffe osseuse en regard du foyer de pseudarthrose.

[9]

Le montage optimal comportait quatre vis de part et d'autre du foyer :

(Figure 17)

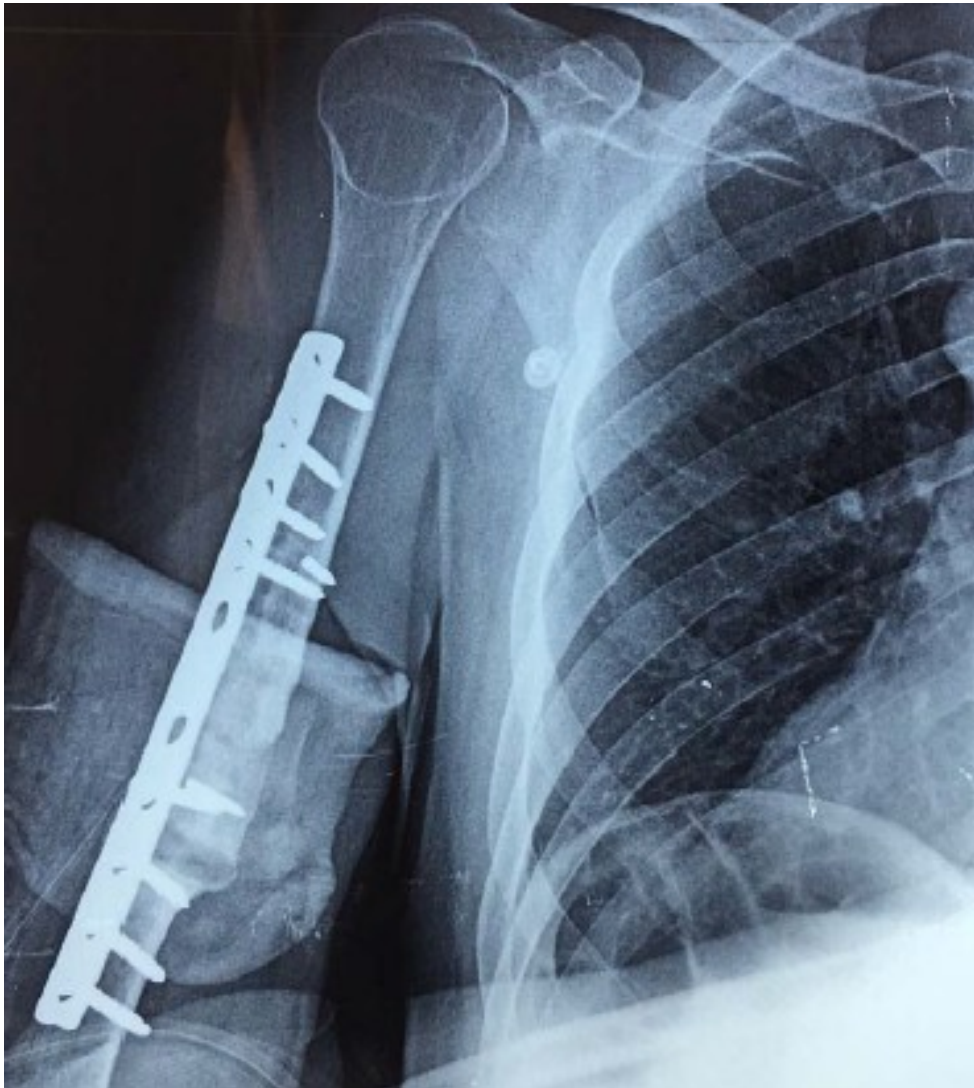


Figure 17 : Radiographie post opératoire montrant le montage final [9]

Le membre supérieur était immobilisé dans un bandage, coude au corps, pour 45 jours et une antibioprophylaxie était réalisée pendant 48 heures. La rééducation fonctionnelle a été systématique.

E. Méthode de révision : [8]

Tous les patients ont été convoqués pour bilans clinique et radiologique.

Le bilan clinique comportait une évaluation de la douleur, des mobilités de l'épaule et du coude, et un examen sensitivomoteur du membre à la recherche d'un déficit.

Trois scores fonctionnels ont été recueillis lors de cette visite : le premier est plutôt subjectif et évalue globalement le membre supérieur Quick DASH (figure 18) et les deux autres sont plutôt objectifs et évaluent spécifiquement les résultats fonctionnels de l'épaule Constant–Murley et du coude Mayo.

Un bilan radiologique comportait une incidence de face et de profil de l'humérus. La consolidation était considérée comme acquise devant l'existence sur les deux incidences orthogonales de trois ou quatre ponts osseux entre les deux extrémités du foyer de pseudarthrose. L'étude radiologique permet également de chercher la présence ou non d'un cal vicieux et de mesurer son angulation dans les plans frontal et sagittal.

Les résultats thérapeutiques ont été appréciés suivant les critères de Stewart et Hundley (Tableau 2) cités par Martinez et al. [10], qui tiennent compte de l'existence de douleur, du degré de mobilité du coude et de la consolidation osseuse. Ces critères ont été appliqués initialement aux fractures de la diaphyse humérale et extrapolés aux pseudarthroses de l'humérus.

Tableau 2 : le Score de Stewart et Hundley [125]

Score de Stewart et Hundley.

Score	Douleur	Limitation de la mobilité de l'épaule ou du coude	Angulation
Très bon ou excellent	Douleur nulle	Mobilité normale	Bon alignement
Bon	Douleur nulle ou lors des changements de temps	Raideur < 20°	< 10°
Moyen ou passable	Douleur à l'effort ou à la fatigue	Raideur entre 20 et 40°	> 10°
Mauvais	Douleur permanente	Raideur > 40°	Pseudarthrose

Quick DASH						
Veuillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffre placé sous la réponse appropriée						
	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible	
1.	Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
2.	Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
3.	Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
4.	Se laver le dos	1	2	3	4	5
5.	Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
6.	Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule du bras ou de la main. (bricolage, tennis, golf, etc..)	1	2	3	4	5
		Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
7.	Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
		Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
8.	Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ?	1	2	3	4	5
		Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
9.	Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
10.	Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
		Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
11.	Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
Le score QuickDASH n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante.						
Calcul du score du QuickDASH = ([somme des n réponses] - 1) X 25, où n est égal au nombre de réponses.						

Figure 18 : le score de Quick Dash

VIII. La conduite vis-à-vis du nerf radial lors de l'ostéosynthèse :

L'intimité du nerf radial à la diaphyse humérale, rend indispensable son repérage avant tout abord du foyer de pseudarthrose aseptique. Ceci est certes pour le protéger au cours de l'intervention, mais aussi parfois pour une éventuelle transposition.

Pour cela dans notre série, la voie d'abord est externe et l'incision doit être dessinée en parenthèse car rectiligne au milieu parallèle à la face externe, elle s'incurve en avant vers la distalité du sillon délto-pectoral et la partie haute du sillon bicipital externe. La cloison intermusculaire externe est le premier élément à repérer. Le nerf radial la perfore d'avant en arrière avant de cheminer entre le biceps et le long supinateur. Il est recherché en premier et mis sur le lac. Sa découverte n'est pas toujours facile. Il ne faut pas hésiter à palper les fibres musculaires pour le sentir se « rouler » ou le chercher plus distale dans le sillon bicipital.

Parmi nos 21 malades opérés avec repérage simple du nerf radial un patient a présenté une paralysie radiale transitoire.

IX. Evolution et résultats :

Seuls seront analysés dans ce chapitre, les résultats thérapeutiques et fonctionnels définitifs. Parmi nos 21 malades traités, 17 ont été revus après leur traitement.

Les résultats thérapeutiques n'ont pas pu être précisés que chez 17 patients revus et suivis.

Nous n'avons déploré aucun décès, et aucune amputation n'a été relevée.

A. Evolution :

Les complications propres au geste de cure de pseudarthrose comportaient deux hématomes, qui se sont résorbés avec les soins locaux, une parésie transitoire du nerf radial avec récupération spontanée en six semaines, et aucun cas d'algoneurodystrophie. Enfin, il n'existait aucun sepsis sur plaque et aucune atrophie du bras et du deltoïde. La morbidité au site de prise de greffe était minime, avec deux douleurs légères ne nécessitant pas la prise d'antalgique et une cicatrice inesthétique.

Au dernier recul, les mobilités moyennes du coude étaient de 120° (80 à 140°) en flexion (amélioration post-opératoire par rapport à l'état préopératoire) avec un déficit moyen d'extension de 10° et 60° en pronation et de 50° en supination. L'élévation moyenne de l'épaule était de 120° (80 à 170°). Ainsi, nous avons noté une amélioration des mobilités postopératoires par rapport à la situation préopératoire.

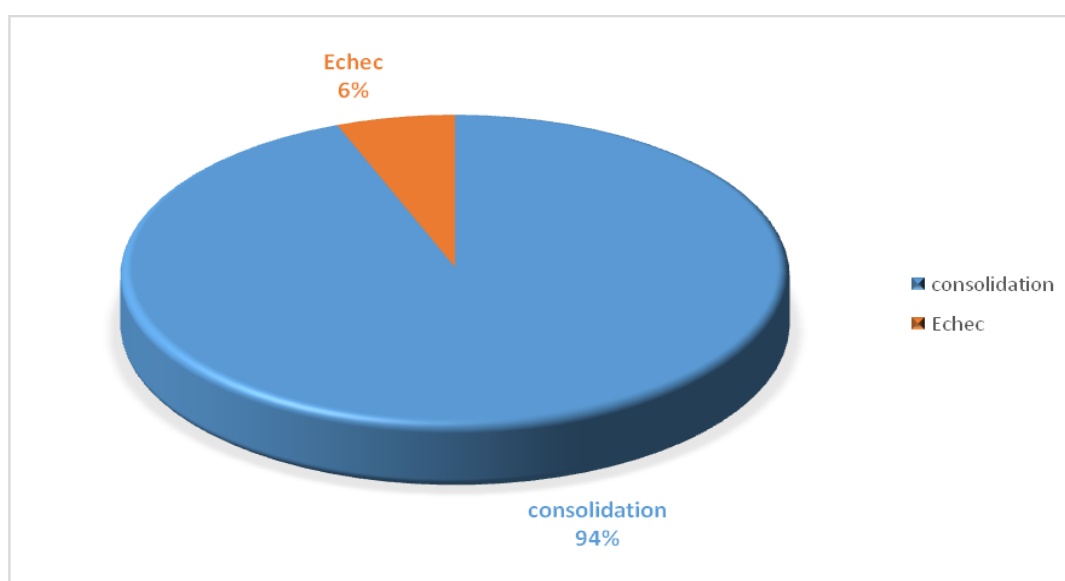
B. Résultats thérapeutiques :

1. Résultats globaux : (Graphique 15)

- 4 patients sont perdus de vue après les cures de leurs pseudarthroses soit 19 %
- Sur les 17 patients revus : 16 pseudarthroses aseptiques ont consolidé soit 94%, dont 1 patient a présenté une paralysie radiale transitoire soit 6 %.
- 1 pseudarthrose a évolué vers l'échec soit 5.88 %.

C'est une pseudarthrose atrophique localisé au tiers moyen de la diaphyse humérale et traitée par plaque vissée sans greffe osseuse, Celle-ci n'a pas consolidé et a été reprise 8 mois plus tard par :

- ✓ Ablation de l'ancienne plaque vissée.
- ✓ Décortication ostéo-musculaire.
- ✓ Ostéosynthèse par une nouvelle plaque vissée à 10 trous dont 9 vissés.
- ✓ Greffe cortico-spongieuse.
- ✓ Attelle plâtrée.
- ✓ La consolidation a été obtenue en 5 mois avec un résultat fonctionnel moyen.



Graphique 15 : la répartition des malades selon les résultats thérapeutiques

2. Délai de consolidation :

Le délai de consolidation a été calculé en fonction du premier cliché visualisant la consolidation, il n'a pas pu être précisé pour 4 patients qui ont été perdus de vue dès leur sortie.

Pour les 16 pseudarthroses aseptiques qui ont consolidé après une seule intervention, ce délai varie entre 3 mois et 7 mois.

3. Résultats selon l'ancienneté de la pseudarthrose aseptique :

Tableau n°3 les résultats selon l'ancienneté de la pseudarthrose aseptique

Ancienneté de la pseudarthrose	Nombre de cas suivis	Consolidation	Echecs	Délai de consolidation en mois
6 mois	4	4	0	3.5 mois
Entre 7 et 12 mois	11	11	0	4.45 mois
>12 mois	2	1	1	5.5 mois

Parmi nos 21 malades : (Tableau 3)

- 4 perdues de vue soit 19 %.
- 4 (19 %) ont été vus 6 mois après la fracture initiale, traités et suivis : ont consolidé après une seule intervention en un délai moyen de 3.5 mois.
- 11 (52.4%) ont été vus entre 7 et 12 mois après les fractures initiales, traités et suivis : ont consolidé après une seule intervention en un délai moyen de 4.45 mois.
- Et 2 malades 9.6 % ont été vus au-delà d'un an d'évolution après la fracture initiale, traités et suivis un patient a consolidé en 5 mois, le deuxième cas a nécessité une deuxième intervention.
- La consolidation parait donc plus rapide dans les cas vu précocement.

4. Résultats selon le siège de la pseudarthrose aseptique :

Tableau n°4 Résultats selon le siège de la pseudarthrose aseptique

Siege de la pseudarthrose	Nombre de cas suivis	Consolidation	Echecs	Délai de consolidation en mois
1/3 moyen	11	11 (100%)	0	4.63 mois
1/3 inférieur	3	2 (67%)	1 (33%)	4.5 mois
1/3 supérieur	2	2 (100%)	0	4 mois

Parmi nos 21 malades : (Tableau 4)

- 16 cas ont été vus pour pseudarthrose aseptique du tiers moyen de la diaphyse humérale, 11 cas traités et suivis ont consolidé dans un délai moyen de 4.63 mois.
- 3 cas ont été vus pour pseudarthrose aseptique du tiers inférieur de la diaphyse humérale : 2 cas traités et suivis ont consolidé dans un délai moyen de 4.5 mois, 1 cas traités et suivis a évolué vers l'échec.
- 2 cas ont été vus pour pseudarthrose aseptique du tiers supérieur de la diaphyse humérale, les 2 cas ont consolidé dans un délai de 4 mois.

5. Résultats selon le type anatomopathologique de la pseudarthrose aseptique :**Tableau n° 5 Résultats selon le type anatomopathologique de la pseudarthrose aseptique**

Type de pseudarthrose	Nombre de cas suivis	Consolidation	Echecs	Délai de consolidation en mois
Atrophique	9(52.94%)	9(100%)	0	4.1 mois
Hypertrophique	4(23.53%)	3(75%)	1	4.75mois
Eutrophique	4(23.53%)	4(100%)	0	4.5mois

Parmi nos 21 malades : (Tableau 5)

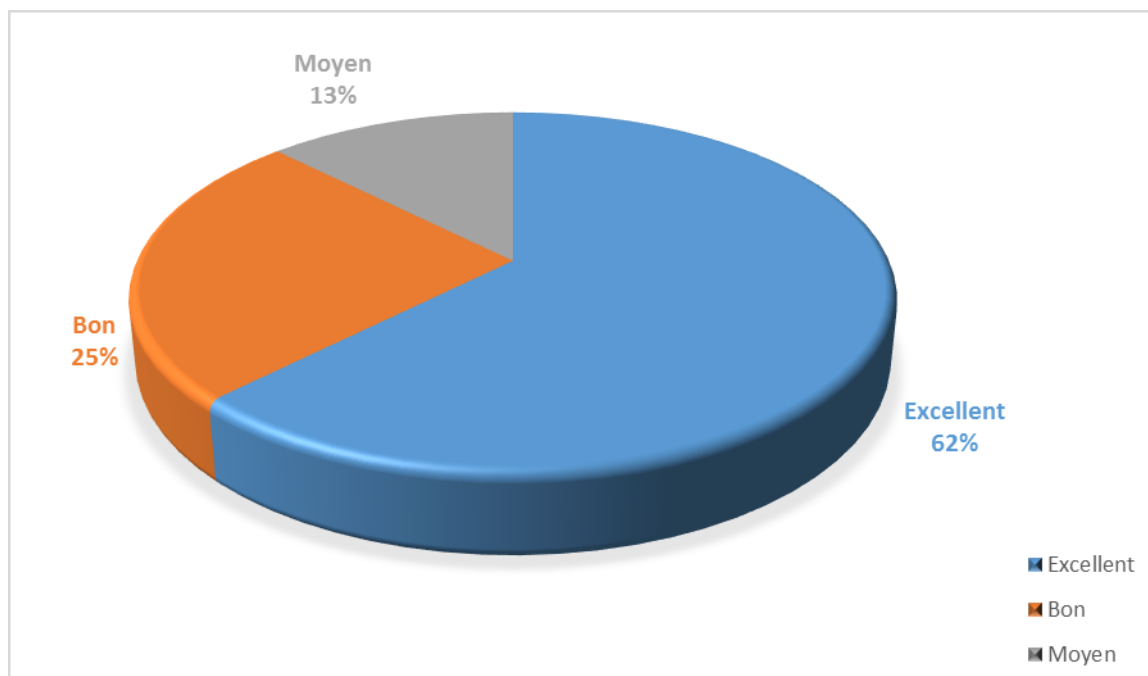
- 10 cas était atrophiques, 9 cas traités et suivis, ces 9 cas ont consolidé après une seule intervention dans un délai moyen de 4.1 mois.
- 5 cas était hypertrophiques, 4 cas traités et suivis : 3 ont consolidé dans un délai moyen de 4.75 mois alors qu'un cas a évolué vers l'échec et a nécessité une deuxième intervention.
- 6 cas était eutrophique, 4 cas traités et suivis, ces 4 cas ont consolidé après une seule intervention dans un délai moyen de 4.5 mois.

C. Résultats fonctionnels : (Graphique 16) (Figure 19)

Pour évaluer ces résultats fonctionnels, nous nous sommes inspirés des critères adoptés par D.CHAIX et A. RAY [11] et également la classification de Stewart et Hundley.

Ainsi, nous avons schématisé les résultats fonctionnels de nos 21 malades comme suivent:

- Pour les 16 malades (traités et suivis) (76.19%) ayant consolidé après une seule intervention :
 - **Excellent**: 10 cas soit 62%.
 - **Bon**: 4 cas soit 25%.
 - **Moyen**: 2 cas soit 13%.
- Quant au malade (21.05%) ayant bénéficié d'une 2ème intervention pour consolider, nous avons noté des résultats fonctionnels moyens.



Graphique 16 : la répartition des malades selon les résultats fonctionnels



Figure 19 : a : résultats fonctionnels : élévation de l'épaule. b : résultat fonctionnel: flexion du coude. c : résultats fonctionnel : extension du coude [9]

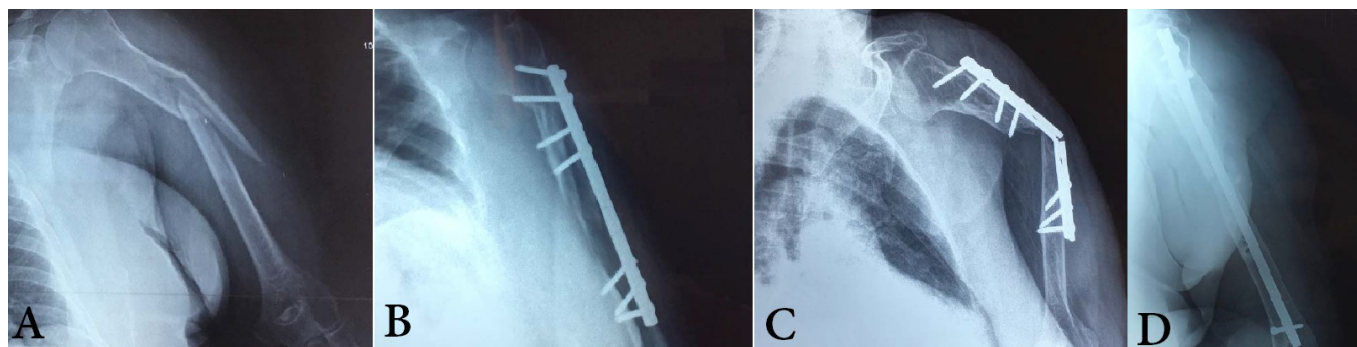


Figure 20 : Résultats thérapeutiques et fonctionnels. A : Radiographie de la fracture initiale. B : Radiographie du traitement de la fracture initiale par plaque vissée. C : Radiographie de la pseudarthrose sur plaque vissée cassée. D : Radiographie du traitement de la pseudarthrose par Enclouage Centro médullaire verrouillé après 2 mois d'évolution. [9]

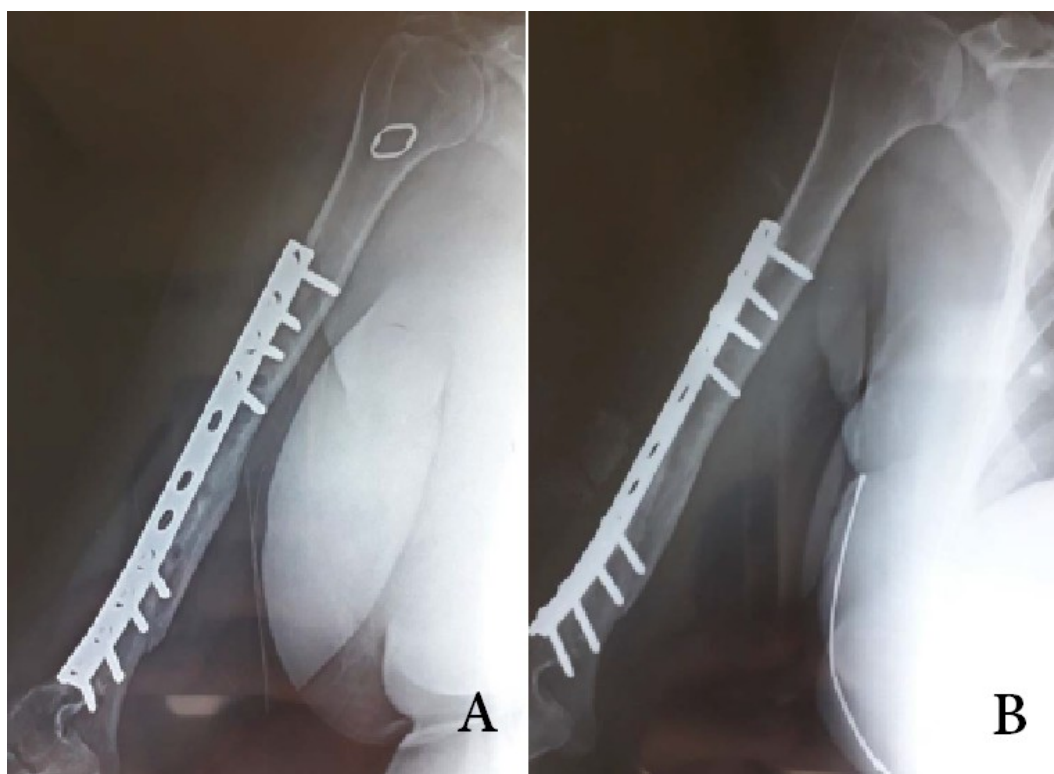


Figure 21 : Résultats thérapeutiques et fonctionnels. A : Radiographie après traitement de la pseudarthrose par plaque vissé après 2 mois d'évolution. B : Radiographie après traitement de la pseudarthrose par plaque vissée après 6 mois d'évolution. [9]

D. Les résultats post-opératoires :

Les complications propres au geste de cure de pseudarthrose comportaient deux hématomes, qui se sont résorbés avec les soins locaux, une parésie transitoire du nerf radial avec récupération spontanée en six semaines, et un seul cas d'algoneurodystrophie. Enfin il n'existait aucun sepsis sur plaque et aucune atrophie du bras et du deltoïde. La morbidité au site de prise de greffe était minime, avec deux douleurs légères ne nécessitant pas la prise d'antalgique et une cicatrice inesthétique.

Au dernier recul, les mobilités moyennes du coude était de 120° (80° à 140°) en flexion (amélioration post-opératoire par rapport à l'état préopératoire) avec un déficit moyen d'extension de 10° et 60° en pronation et de 50° en supination. L'élévation moyenne de l'épaule était de 120° (80° à 170°). Ainsi, nous avons noté une amélioration des mobilités postopératoires par rapport à la situation préopératoire.

L'analyse des clichés radiologiques de face et de profil ont permis de mettre en évidence des cals vicieux qui n'entraînaient aucune gêne fonctionnelle. On trouvait ainsi un cal en varus de 10° et un cal en recurvatum de 12°. Il existait également trois déformations de moins de 5° (un varus, un valgus, et un flessum).

Tous les patients ont consolidé dans un délai moyen de 3.8 mois (deux à six mois) (les critères de guérison étaient l'absence de douleur et la consolidation radiologique du foyer de pseudarthrose).

X. Iconographie :

Dans cette partie nous allons exposer les résultats radiologiques des patients traités au service de traumatologie orthopédique B4 du CHU Hassan II de Fès. [9]

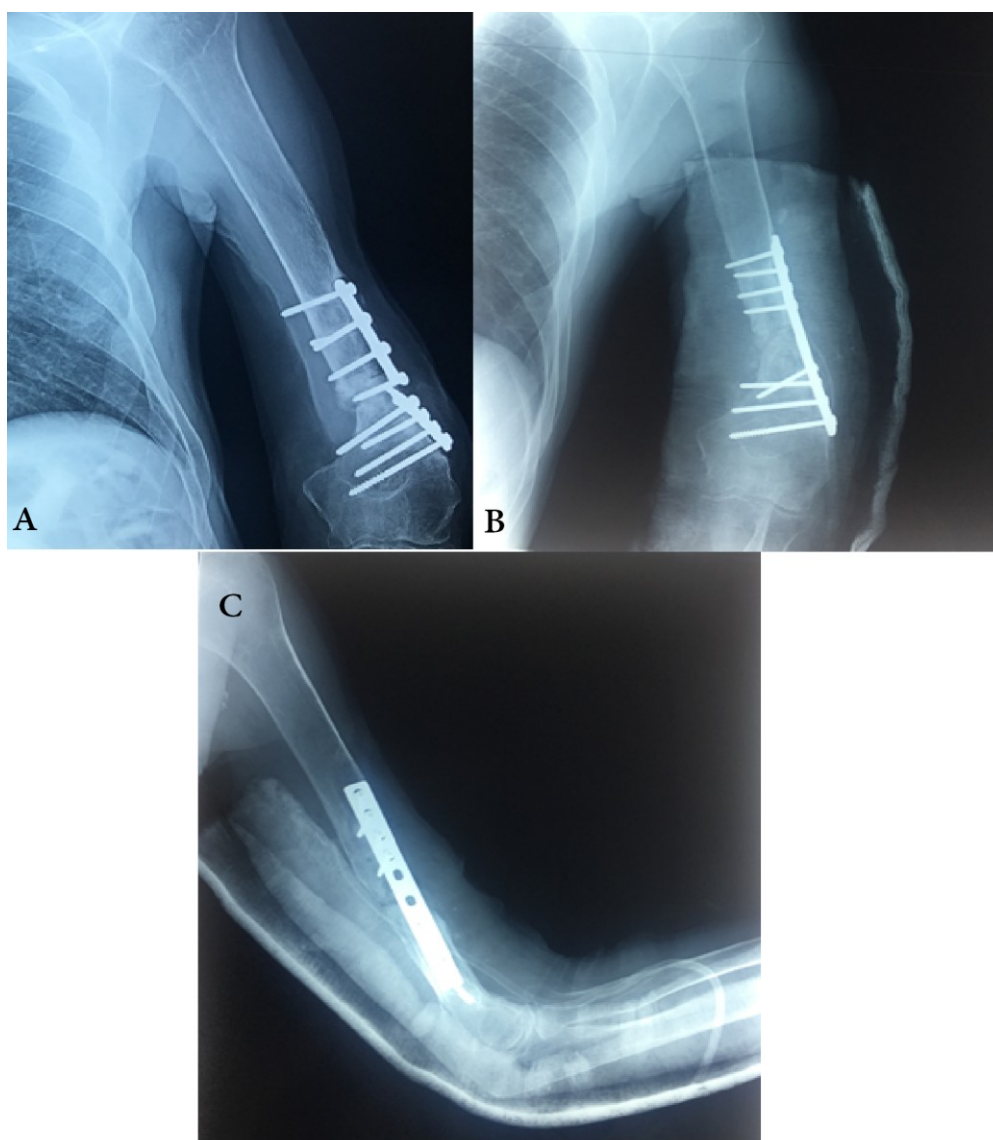


Figure 22 : A : pseudarthrose de l'humérus sur plaque vissée à 20 mois de recul. B: aspect antérieur postopératoire lors de la reprise (traitement par plaque et greffe) .C : aspect postopératoire de profil.[9]

Cas 1 : il s'agit d'un patient âgé de 62 ans sans profession, droitier, victime d'une chute, traité initialement par plaque vissée pour fracture du 1/3 inférieur de la diaphyse humérale, ayant consulté 20 mois après pour pseudarthrose hypertrophique de la diaphyse humérale.

Le patient a bénéficié d'une cure de pseudarthrose : ablation du matériel d'ostéosynthèse avec décortication et greffe cortico-spongieuse et stabilisation par une plaque vissée 10 trous par voie d'abord externe, ayant consolidée 4 mois après.

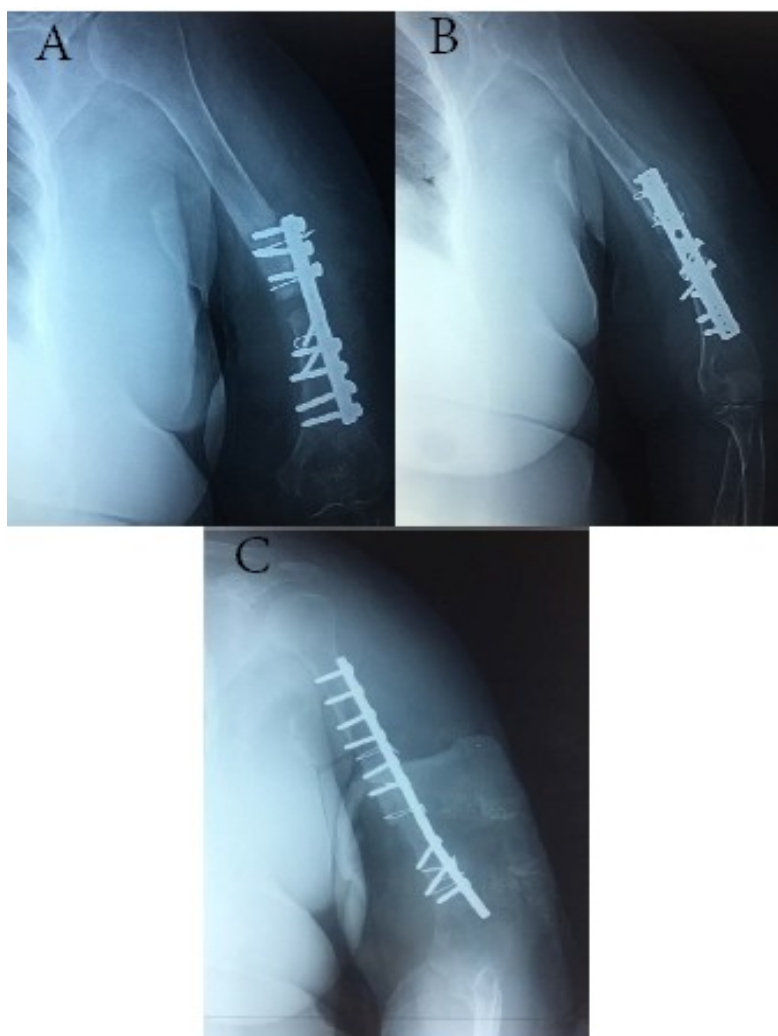


Figure 23 : A et B:pseudarthrose de l'humérus sur plaque vissée a 8 mois de recul .C: aspect post opératoire de la reprise (traitement par plaque et greffe) [9]

Cas 2 : il s'agit d'une patiente âgée de 63 ans femme au foyer, droitrière, victime d'une chute, traitée initialement par plaque vissée pour fracture du 1/3 moyen de la diaphyse humérale, ayant consultée 8 mois après pour pseudarthrose atrophique de la diaphyse humérale.

La patiente a bénéficié d'une cure de pseudarthrose : 1^{er} temps : préparation du greffon 2^{ème} temps :

Ablation du matériel d'ostéosynthèse, décortication osteo-musculaire et greffe cortico-spongieuse et stabilisation par plaque vissée 10 trous par voie d'abord externe + un avivement des berges ayant consolidée 4 mois après.

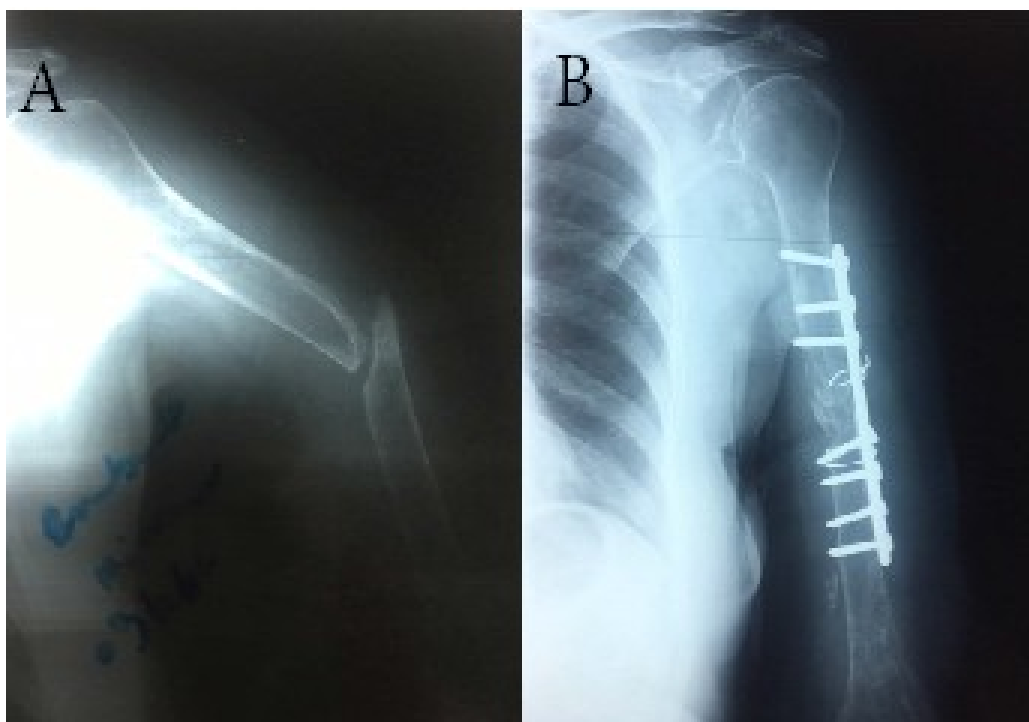


Figure 24 : A : pseudarthrose de l'humérus après traitement traditionnel (JBIRA). B: aspect post opératoire lors de la reprise (traitement par plaque et greffe) [9]

Cas 3 : il s'agit d'une patiente âgée de 74 ans femme au foyer , droitère , victime d'une chute, traitée initialement par traitement traditionnel JBIRA pour fracture du 1/3 moyen de la diaphyse humérale, ayant consulté 12 mois après pour pseudarthrose atrophique de la diaphyse humérale.

La patiente a bénéficié d'une cure de pseudarthrose :

Décortication ostéo-musculaire et greffe osseuse et stabilisation par plaque vissée DCP 8 trous par voie d'abord externe ayant consolidé 4 mois après.

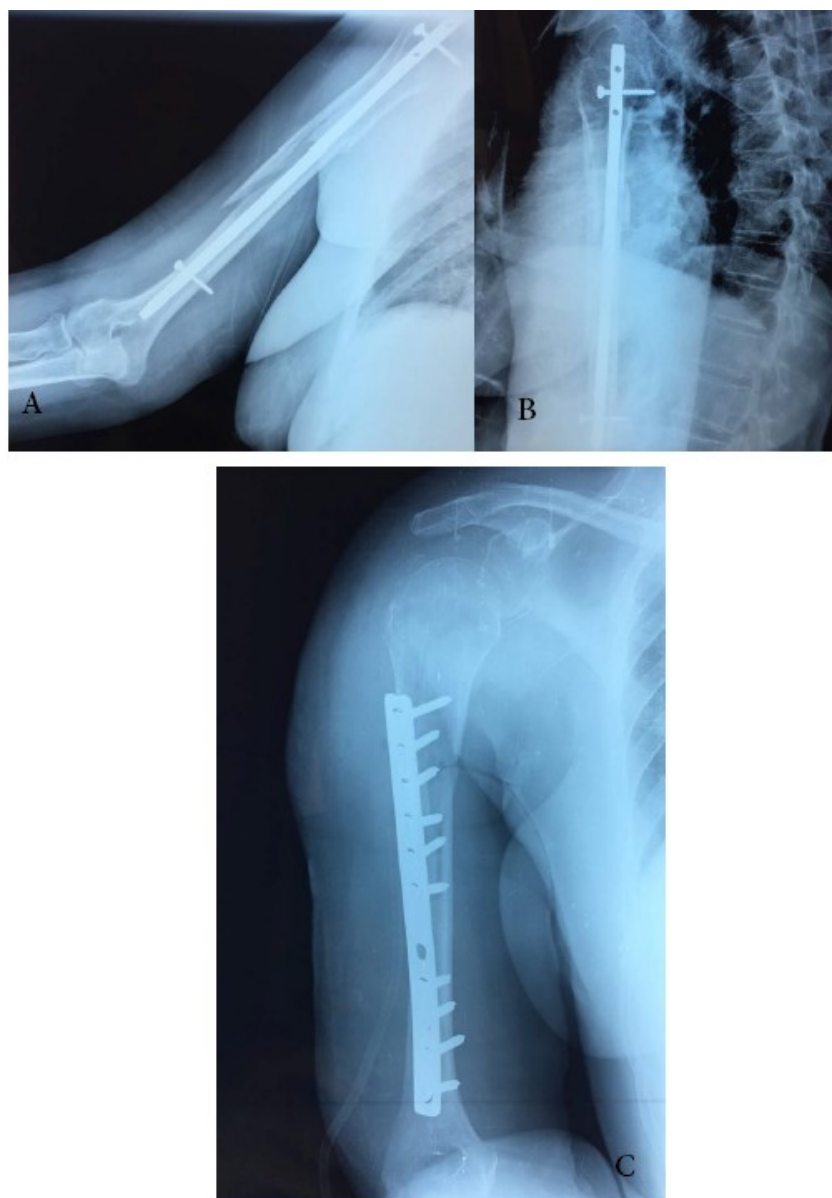


Figure 25 : A et B: pseudarthrose de l'humérus sur clou centromédullaire à 8 mois de recul. C: aspect post opératoire lors de la reprise (traitement par plaque et greffe) [9]

Cas 5 : il s'agit d'une patiente âgée de 64 ans femme au foyer, droitère, victime d'un AVP, traité initialement par ECMV pour fracture du 1/3 moyen de la diaphyse humérale, ayant consulté 8 mois après pour pseudarthrose atrophique de la diaphyse humérale.

La patiente a bénéficié d'une cure de pseudarthrose : 1 er temps : ablation du matériel d'ostéosynthèse 2eme temps : Stabilisation par plaque vissée DCP 11 Trous + avivement des berges ayant consolidé 3 mois après.

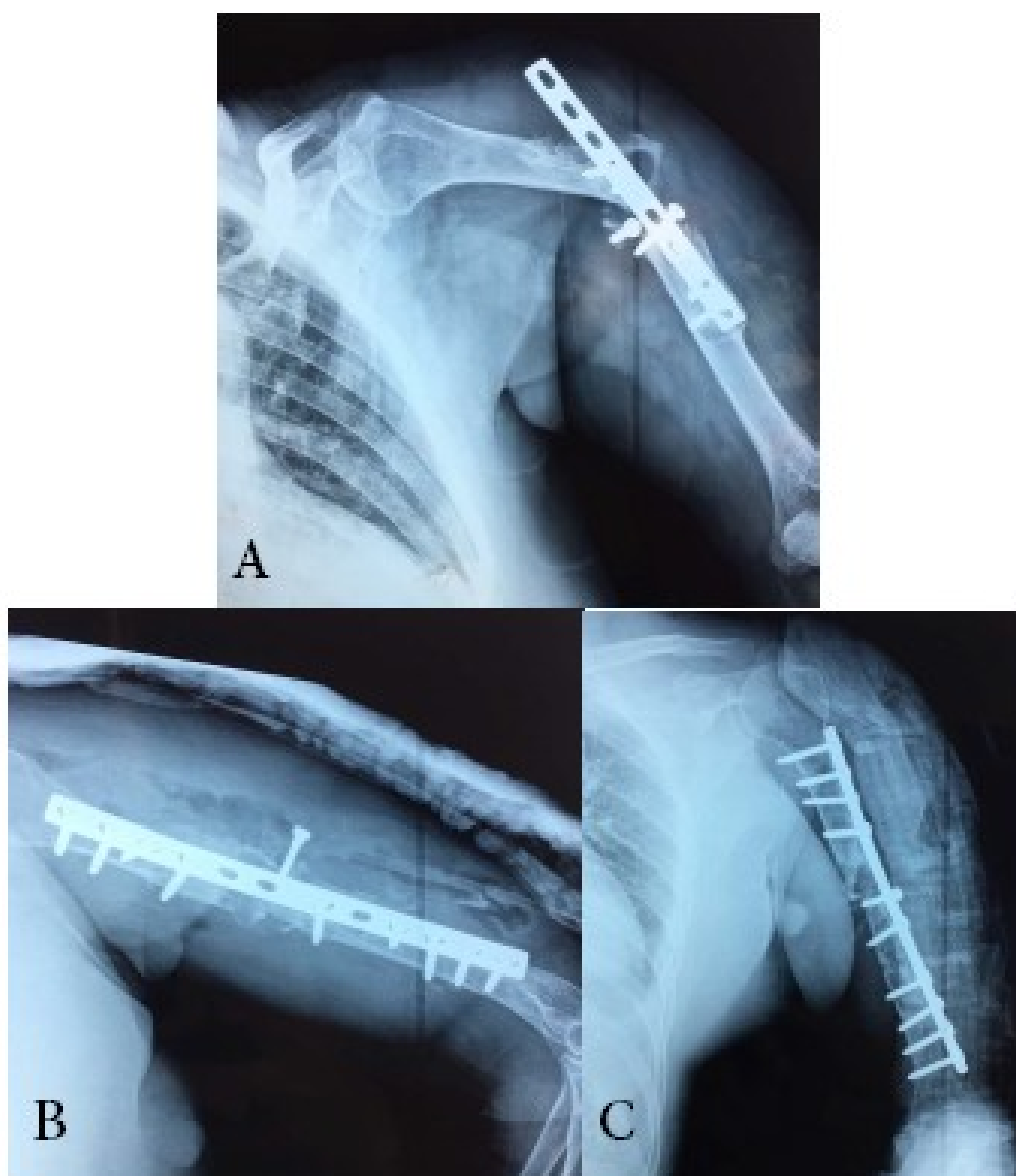


Figure 26 : A: pseudarthrose de l'humérus sur plaque vissée à 6 mois de recul. B et C : aspect post opératoire lors de la reprise (traitement par plaque et greffe) [9]

Cas 6 : il s'agit d'une patiente âgée de 57 ans femme au foyer, droitère, victime d'un AVP , traité initialement par plaque vissée pour fracture du 1/3 moyen de la diaphyse humérale, ayant consultée 6 mois après pour pseudarthrose hypertrophique de la diaphyse humérale.

La patiente a bénéficiée d'une cure de pseudarthrose : Ablation du matériel d'ostéosynthèse avec une décortication ostéo-musculaire et greffe osseuse et stabilisation par plaque vissée DCP 12 trous ayant consolidé 3 mois après.

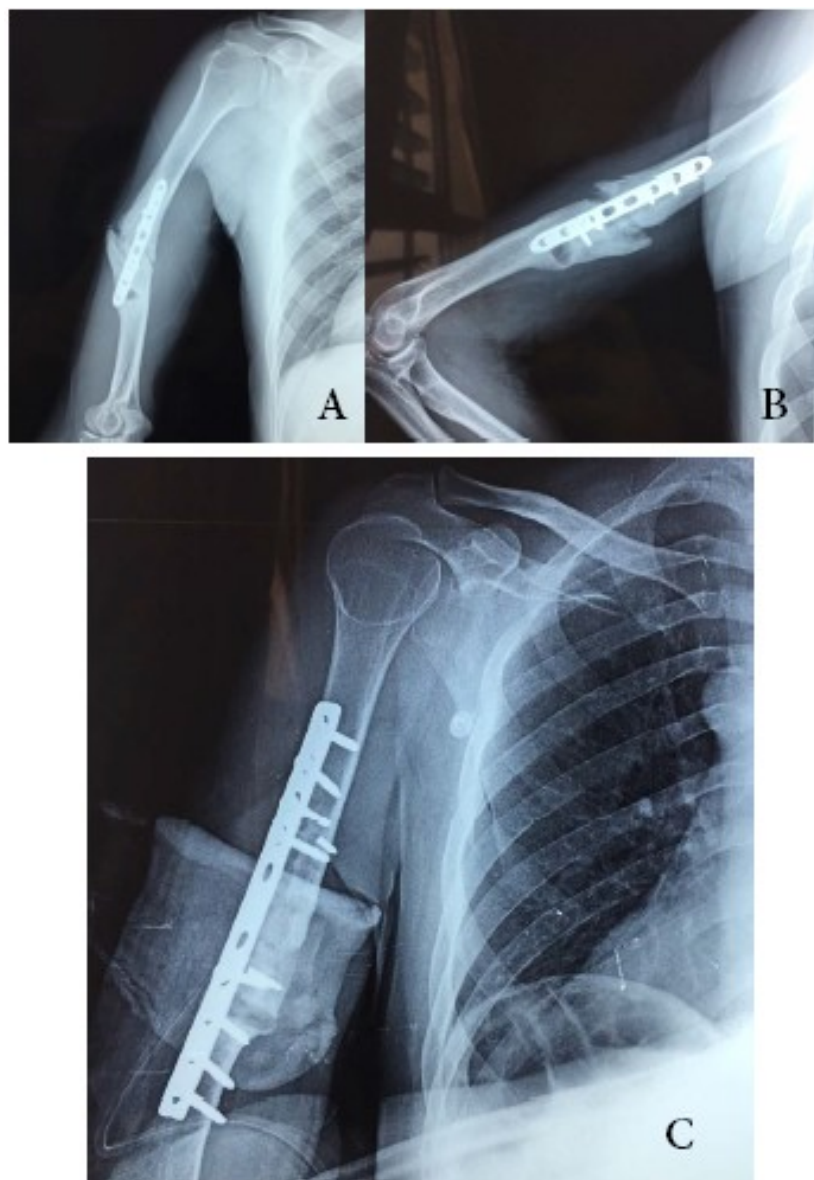


Figure 27 : A et B : pseudarthrose de l'humérus sur plaque vissée à 12 mois de recul.

C: aspect post opératoire lors de la reprise (traitement par plaque et greffe) [9]

Cas 7 : il s'agit d'un patient âgé de 53 ans professeur, droitier, victime d'un AVP, traité initialement par plaque vissée pour fracture du 1/3 moyen de la diaphyse humérale, ayant consulté 12 mois après pour pseudarthrose hypertrophique de la diaphyse humérale.

Le patient a bénéficié d'une cure de pseudarthrose : Ablation du matériel d'ostéosynthèse avec greffe osseuse et stabilisation par plaque vissée DCP 8 trous +avivement des berges ayant consolidé 5 mois après.

DISCUSSION

PARTIE THEORIQUE

I. Rappel anatomique :

1. Ostéologie :

L'humérus, os du bras, présente un certain nombre de particularités. C'est un os long, unique, interposé entre deux articulations très mobiles l'omoplate en haut, le cubitus et le radius en bas.

Il présente comme tous les os longs un corps ou diaphyse (qui nous intéresse dans cette étude), et deux extrémités réunies au corps par deux segments : le col chirurgical en haut, la palette humérale en bas.

Le corps ou diaphyse, est à peu près rectiligne. Il paraît cependant légèrement tordu sur son axe vers sa partie moyenne. Il est irrégulièrement cylindrique en haut et prismatique triangulaire en bas, ce qui permet de lui décrire trois faces et trois bords.

[13] (Figure 28–29–30–31)

- a. L'extrémité supérieure comprend : la tête, le col anatomique, le trochiter, le trochin, la coulisse bicipitale, la crête du trochiter, la crête du trochin.
- b. L'extrémité inférieure. : Qui comprend :
 - Les processus articulaires dont la trochlée, le capitulum de l'humérus, la gouttière capitulo-trochléenne, la fossette radiale, la fossette coronoïdienne et la fossette olécranienne.
 - Et les processus latéraux dont l'épicondyle latéral, et l'épicondyle médial.
- c. La diaphyse humérale :

A peu près rectiligne, elle paraît cependant légèrement tordue sur son axe vers sa partie moyenne, elle est irrégulièrement cylindrique en haut et prismatique triangulaire en bas. Ce qui permet de lui décrire trois faces et trois bords :

A. Les faces :

On les distingue une face externe, interne et postérieure.

❖ 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 et 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 faces antéro-externe et interne prolongent à la partie distale les deux arrêtes saillantes de la palette humérale : l'épicondyle et l'épitrochlée.

B. Les bords :

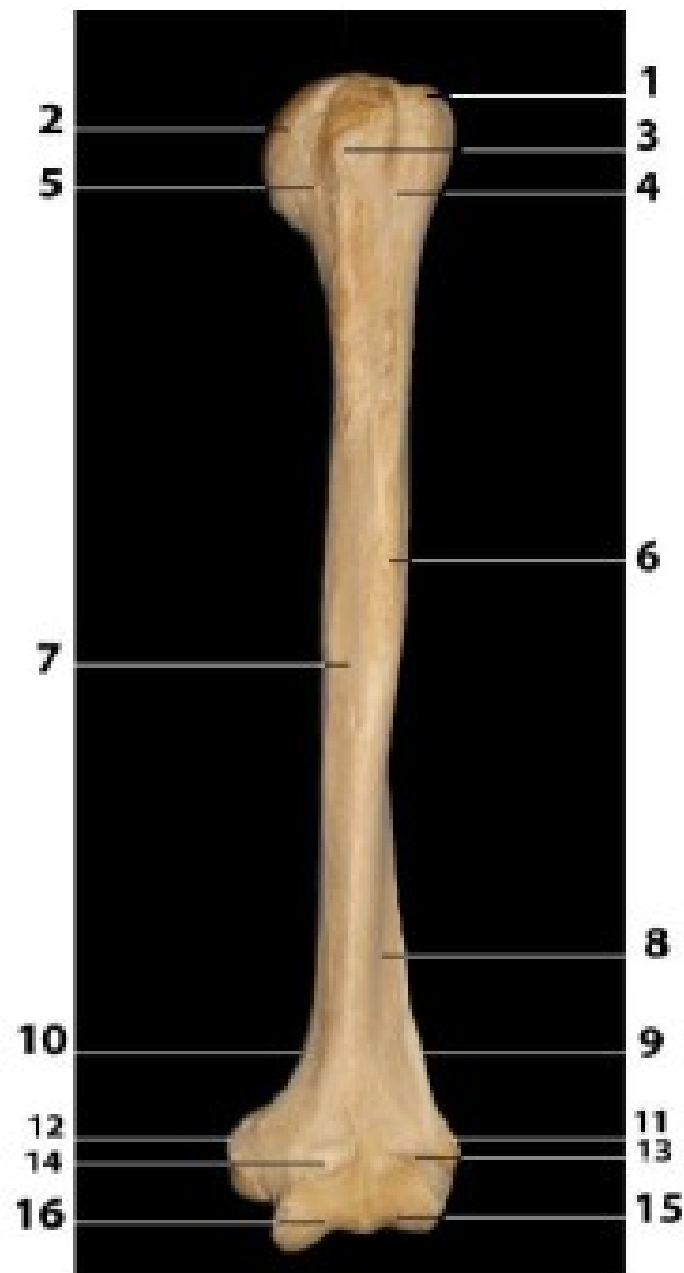
Il y a trois bords ; l'un est antérieur, un autre externe et le troisième interne :

❖ **Le bord antérieur** : il est rugueux dans sa partie supérieure. Il se confond en haut avec la ligne antérieure de la coulisse bicipitale et plus bas avec la branche antérieure du V deltoïdien, dans sa moitié inférieure. Ce bord est mousse, donne attache au brachial antérieure et se divise au voisinage de l'extrémité inférieure en deux branches qui limitent la fossette coracoïdienne.

❖ **Le bord externe** : il est distinct en haut et interrompu à sa partie moyenne par la

gouttière radiale et saillant en bas au-dessous de cette gouttière ; sur ce bord s'attachent en bas la cloison inter-musculaire externe, le long supinateur et le premier radial.

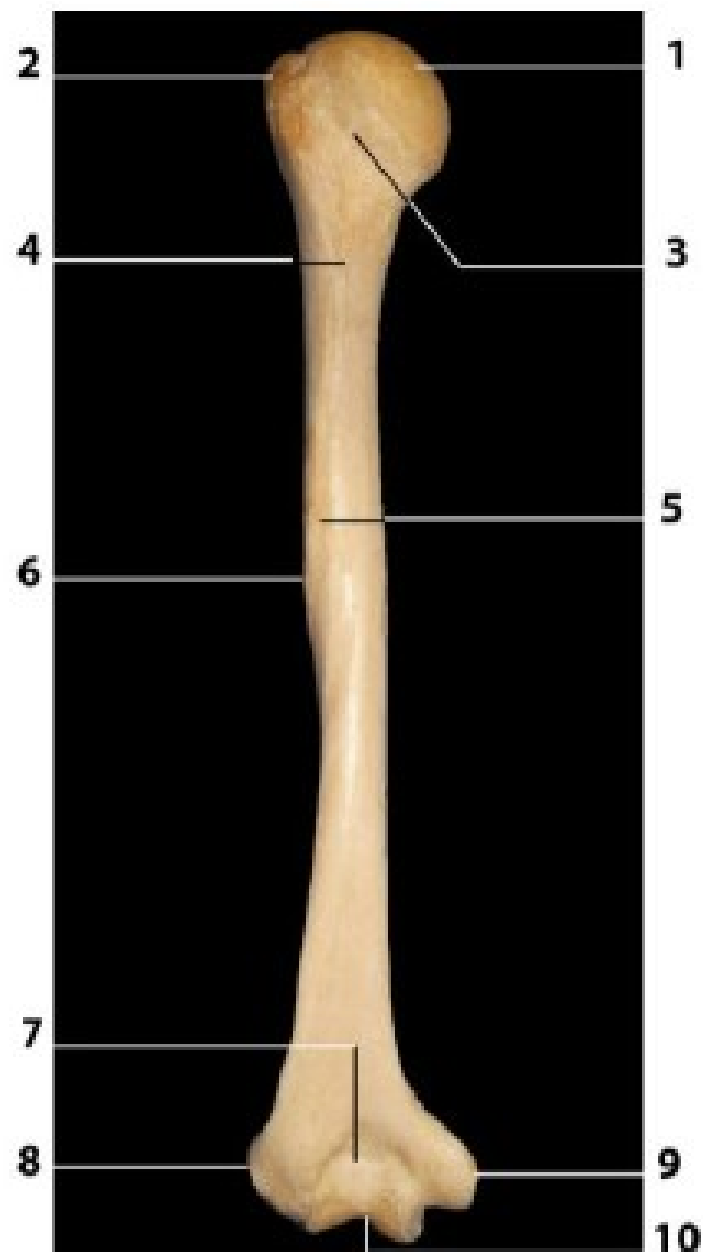
- ❖ **Le bord interne** : De même que le bord externe, ce bord est effacé en haut, saillant à sa partie inférieure, il donne insertion à la cloison intermusculaire interne.



- 2-Le col anatomique
- 3-La grande tubérosité
- 4-La petite tubérosité
- 5-La gouttière inter-tubérositaire
- 6-La tubérosité deltoïdienne
- 7-La face antéro-médiale
- 8-La face antéro-latérale

- 10-Le bord latéral
- 11-L'épicondyle
- 12-L'épitrôchlé
- 13-La fossette cubitale
- 14-La fossette radiale
- 15-Le capitulum
- 16-La trochlée

Figure 28 : ostéologie de l'humérus : vue antérieure [14]



- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1- Tête humérale | 6- Tubérosité deltoïdienne |
| 2- Grande tubérosité | 7- Fossette olécranienne |
| 3- Col anatomique | 8- Epicondyle latéral |
| 4- Col chirurgical | 9- Epicondyle médial |
| 5- Gouttière du nerf radial | 10- Trochlée |

Figure 29 : Ostéologie de l'humérus : vue postérieure [14]

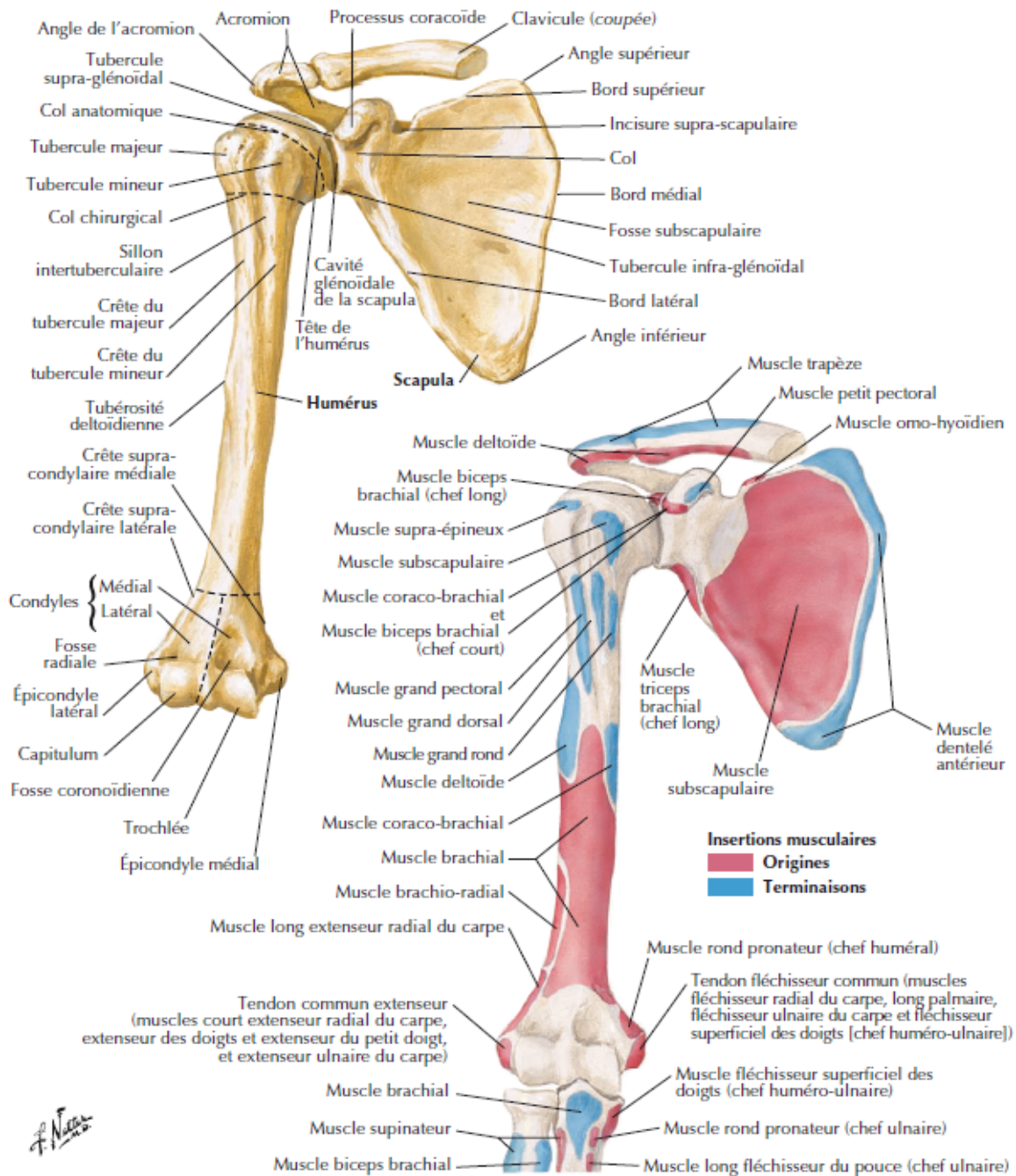


Figure 30 : vue antérieure de l'humérus: ostéologie et insertions musculaires [15]

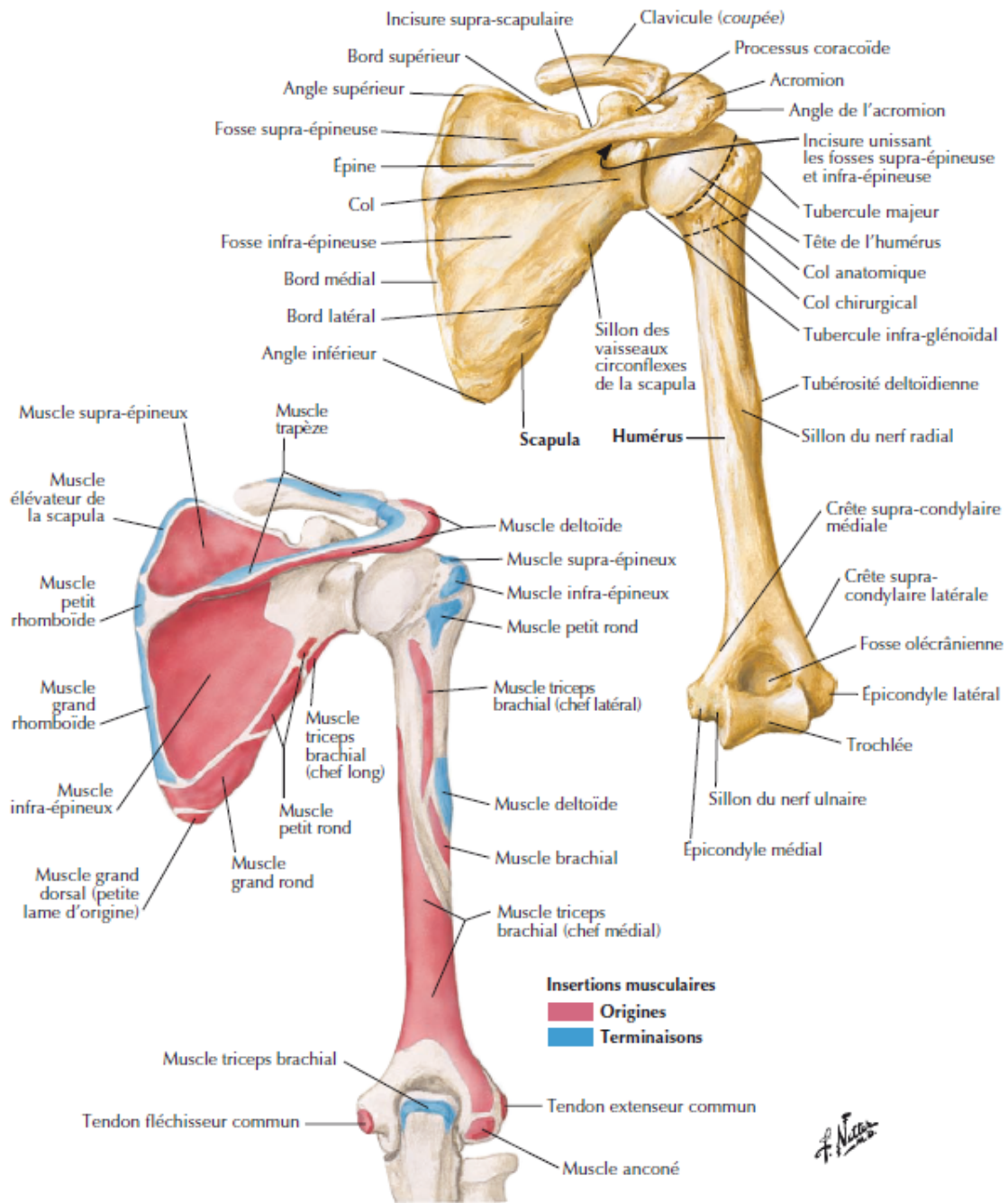


Figure 31 : vue antérieure de l'humérus : ostéologie et insertions musculaires [15]

2. Les muscles du bras (Myologie) :

Les muscles du bras sont répartis en deux groupes : l'un antérieur, constitué par les fléchisseurs, l'autre postérieur constitué par les extenseurs. Ces deux groupes musculaires sont séparés par une cloison ostéo-aponévrotique formée au milieu par l'humérus et de chaque côté par des lames fibreuses transversales, les cloisons intermusculaires interne et externe, qui s'étendent des bords interne et externe de l'humérus aux parties correspondantes de la face profonde de l'aponévrose brachiale [12] (Figure 32-33).

A. Groupe musculaire antérieur du bras :

Le groupe antérieur comprend trois muscles : le biceps, le brachial antérieur et le coraco-brachial. Ces trois muscles sont disposés sur deux plans, l'un superficiel, l'autre profond.

- Plan profond :

Il est formé par le coraco-brachial et le brachial antérieur.

➤ Le coraco-brachial

• Forme - Situation - Trajet :

Le coraco-brachial est un muscle allongé et aplati d'avant en arrière situé à la partie supérieure et interne du bras. Il s'étend de l'apophyse coracoïde à la face interne de l'humérus

• Insertion et description :

Il s'attache en haut sur le côté interne du sommet de l'apophyse coracoïde par un tendon qui lui est commun avec la courte portion du biceps.

Le muscle se dirige en bas et un peu en dehors. Il traverse l'aisselle en arrière du grand pectoral en avant du tendon du sous-scapulaire dont le sépare une bourse séreuse, en avant aussi des tendons du grand dorsal et du grand rond. Il pénètre

dans le bras et se termine par un tendon court et aplati sur une surface rugueuse que présente la face interne de l'humérus un peu au-dessus de sa partie moyenne et en avant du bord interne de l'os.

Le coraco-brachial est très souvent divisé, vers le milieu de son trajet en deux faisceaux par un interstice que traverse le nerf musculo cutané d'où le nom de muscle perforé qui lui a été donné par Casserius.

- Action :

Le coraco-brachial porte le bras en dedans et en avant.

- Brachial antérieur

- **Forme - Situation - Trajet**

Large, aplati et épais, le muscle brachial antérieur est situé au-dessous du coraco-brachial et en avant de la partie intérieure de l'humérus et de l'articulation du coude. Il s'étend de l'humérus à l'extrémité supérieure du cubitus.

- **Insertions et description :**

Ce muscle naît premièrement par des fibres charnues du bord antérieur et des faces interne et externe de l'humérus, au-dessous des insertions du deltoïde et du coraco-brachial, l'insertion se prolonge un peu vers le haut en s'effilant, entre les attaches du deltoïde en dehors et du coraco-brachial en dedans, deuxièmement de la face antérieure des cloisons intermusculaires interne et externe. Le brachial antérieur ne s'insère pas sur toute l'étendue des cloisons intermusculaires. L'insertion sur la cloison intermusculaire externe se fait seulement le long du deltoïde, en bas, le muscle est séparé de cette cloison par le long supinateur. Sur la cloison intermusculaire interne, la surface d'insertion ne remonte pas tout à fait jusqu'à l'extrémité supérieure de cette cloison, de plus, elle ne s'étend pas jusqu'à la ligne d'union de cette lame aponévrotique à l'aponévrose superficielle, elle en reste séparée par une zone étroite, plus large en bas qu'en haut, où la face

antérieure de la cloison reste lisse et libre de toute attache musculaire. Les faisceaux du brachial antérieur descendent en convergeant et passent en avant de la capsule et de l'articulation du coude. Il se termine par un large tendon aplati d'avant en arrière, sur la partie inféro-interne de la face inférieure de l'apophyse coronoïde. La limite inférieure de cette surface d'insertion est allongée et dirigée obliquement en bas et en dehors.

Le brachial antérieur donne, au coude une expansion tendineuse parfois mélangée de fibres musculaires qui croisent la gouttière bicipitale externe et se termine dans l'aponévrose anté brachiale qui recouvre les muscles épicondyliens. Cette expansion est normale (BOLTE et MATIN).

- Action :

Il est fléchisseur de l'avant-bras sur le bras.

- Plan superficiel

Ce plan est constitué par un seul muscle, le biceps brachial.

➤ Biceps brachial :

- Forme – Situation – Trajet :

Le biceps est un muscle allongé, fusiforme, placé en avant des muscles coraco-brachial et brachial antérieur qu'il recouvre. En haut, il est divisé en deux parties distinctes appelées courte portion et longue portion du biceps. Il s'étend de l'omoplate à l'extrémité supérieure du radius.

- Insertion et description :

La courte portion, ou portion interne : S'attache au côté externe du sommet de l'apophyse coracoïde par un tendon uni à celui du coraco-brachial.

La longue portion ou portion externe : Naît de la partie la plus élevée du bourrelet glénoïdien et du rebord de la cavité glénoïde de l'omoplate. L'insertion du long biceps se fait par un tendon cylindrique, ce tendon semble se diviser, à

l'extrémité supérieure de la cavité glénoïde en deux branches qui se continuent avec les parties antérieures et postérieures du bourrelet glénoïdien. Au tendon du court biceps fait suite un corps musculaire situé d'abord en dehors puis en avant du coraco-brachial. De même que ce muscle, le court biceps est placé en haut dans l'aisselle, en avant des tendons du sous-scapulaire, du grand dorsal et du grand rond et en arrière du grand pectoral.

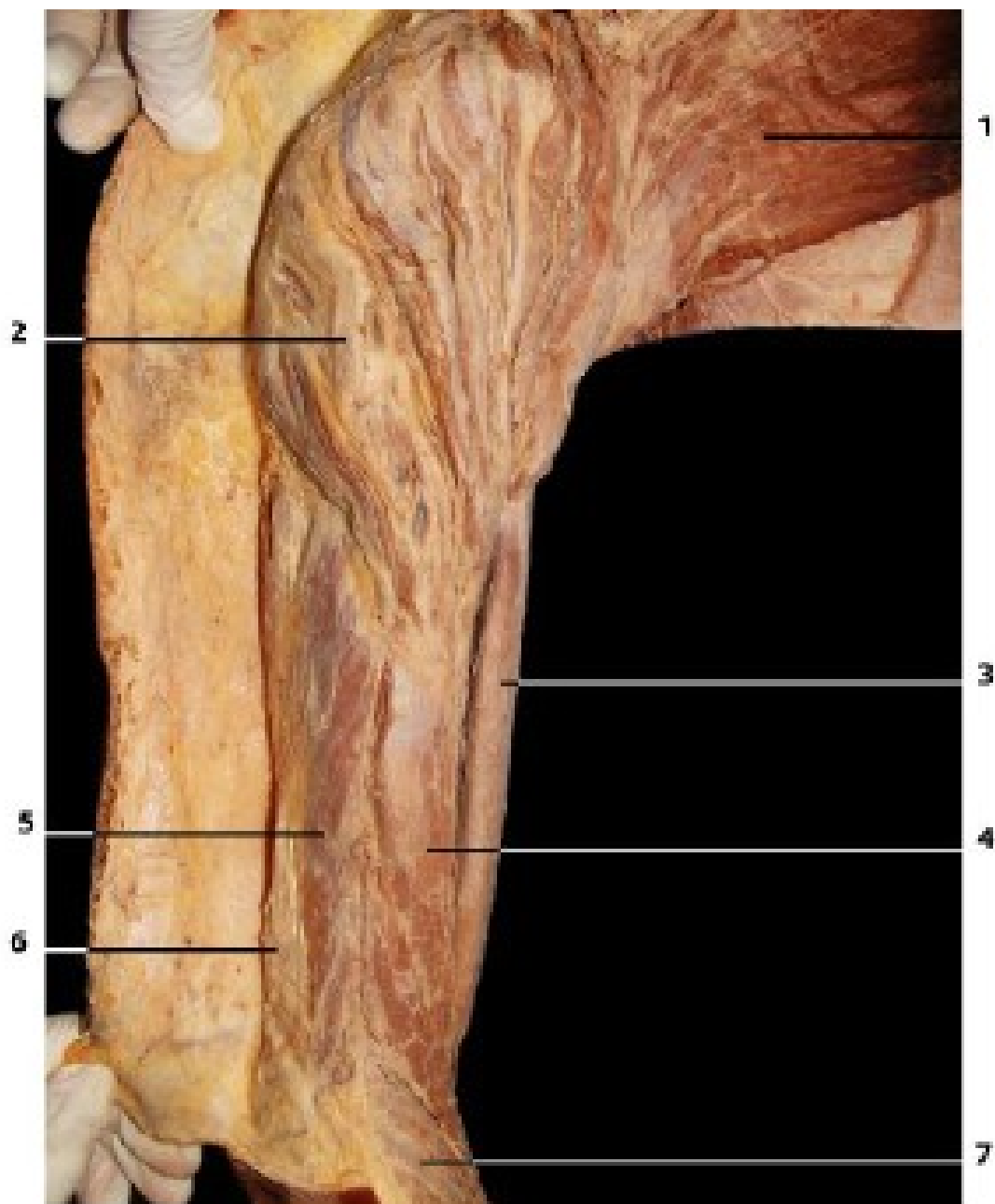
Le tendon du long biceps traverse d'abord l'articulation scapulo-humérale, et parcourt la coulisse bicipitale, où il est recouvert par le ligament huméral traversé en haut et par le tendon du grand pectoral en bas. Un peu au-dessous de la coulisse bicipitale le tendon de la longue portion du biceps se continue par un corps charnu fusiforme.

Les deux chefs musculaires se réunissent vers le coude en avant du brachial antérieur.

Le biceps se termine au pli du coude : 1^{ère} par un fort tendon aplati qui s'enfonce dans le pli du coude, les fibres tendineuses qui le constituent subissent une torsion telle que la face antérieure du tendon devient externe et postérieure, ce tendon se fixe sur la moitié postérieure de la tubérosité bicipitale du radius, il est séparé par une bourse séreuse de la moitié antérieure de cette tubérosité. 2^{ème} par une lame tendineuse, l'expansion aponévrotique du biceps qui se sépare du bord interne et de la face antérieure du tendon et se confond avec l'aponévrose des muscles épitrochléens.

▪ Action :

Le biceps est fléchisseur de l'avant-bras sur le bras quand il agit sur l'avant-bras en pronation, il place d'abord l'avant-bras en supination puis il le fléchit.



- 1- Muscle grand pectoral
- 2- Muscle deltoïde
- 3- Muscle biceps brachial
- 4- Muscle brachial antérieur
- 5- Muscle triceps brachial
- 6- Tendon du muscle triceps brachial
- 7- Muscle brachio-radial

Figure 32 : Bras disséqué, vue latérale [14]

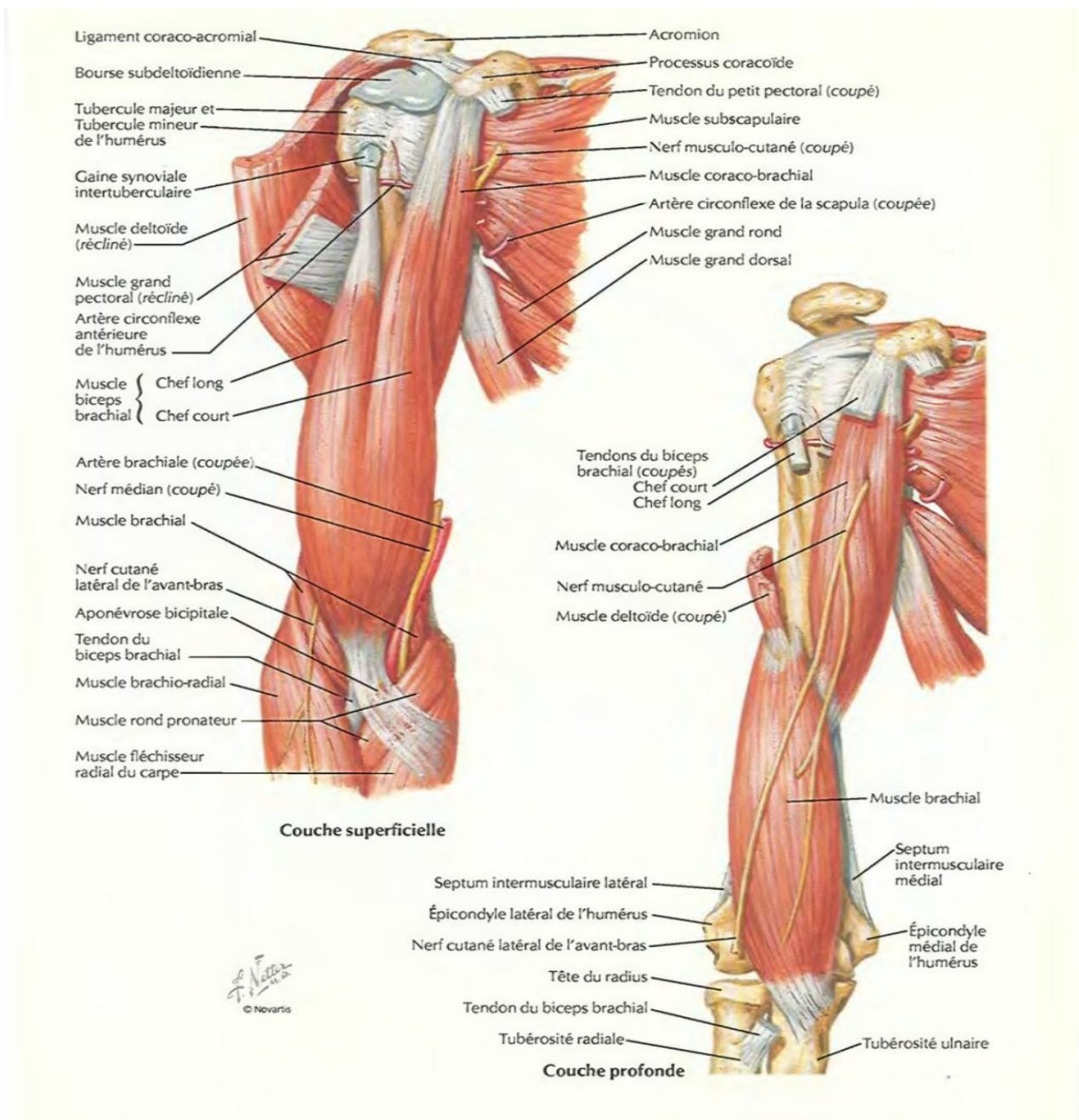


Figure 33 : vue antérieure des muscles du bras [15]

B. Groupe musculaire postérieur du bras :

Le groupe musculaire postérieur est représenté par le triceps brachial :

➤ Le triceps brachial :

▪ **Forme – Situation – Trajet :**

Ce muscle occupe la région postérieure du bras et s'étend de l'omoplate et de l'humérus à l'olécrane (**Figure 34–35**).

Il est divisé en haut en trois portions distinctes. L'une d'elles la plus longue, s'étend jusqu'à l'omoplate ; c'est la longue portion du triceps, les autres, appelée vaste interne et vaste externe s'insèrent sur l'humérus.

▪ **Insertions et description :**

La longue portion du triceps : la longue portion s'attache à la tubérosité sous glénoïde de l'omoplate et à l'extrémité supérieure du bord axillaire de cet os. Elle s'attache également à la partie voisine du bourrelet glénoïdien cette insertion se fait par un tendon aplati qui se dédouble bientôt en deux lames superficielles : l'une, postérieure, courte, l'autre antérieure, longue. Le corps musculaire qui fait suite au tendon de la longue portion descend vers la face postérieure du bras en se contournant sur lui-même de telle manière que les faisceaux antérieurs deviennent postérieurs et inversement la lame tendineuse antérieure suit ce mouvement de torsion, contourne le bord interne du muscle et se perd sur sa face postérieure. La longue portion du triceps traverse l'espace Omo-huméral, compris entre les muscles petit rond et grand rond et passe ensuite en arrière des vastes.

Les fibres charnues se terminent sur la face postérieure d'un tendon aplati d'avant en arrière qui se dégage vers le milieu de la face postérieure du triceps et se fixe sur la partie postérieure de la face supérieure de l'olécrane.

➤ Le vaste externe :

▪ Insertions et description :

1^{ère} par des fibres tendineuses sur toute la hauteur du segment de la face postérieure de l'humérus située au-dessus et en dehors de la gouttière radiale, l'attache se fait sur une surface étroite allongée plus en moins rugueuse et dont la partie supérieure s'incline légèrement en dedans.

2^{ème} par un petit faisceau sur la face postérieure de l'humérus immédiatement au-dessous de l'extrémité inférieure et externe de la gouttière radiale cette deuxième insertion est inconstante.

Les faisceaux musculaires du vaste externe descendent obliquement en bas et en dedans passent en arrière de la gouttière radiale et la convertissent en un canal ostéo-musculaire dans lequel cheminent le nerf radial et l'artère humérale profonde. Il se fixe à la face profonde d'une lame tendineuse confondue en dedans avec celle de la longue portion par ce tendon. Le vaste externe se termine comme la longue portion, sur la partie postérieure de la face supérieure de l'olécrane.

➤ Vaste interne :

▪ Insertion et description :

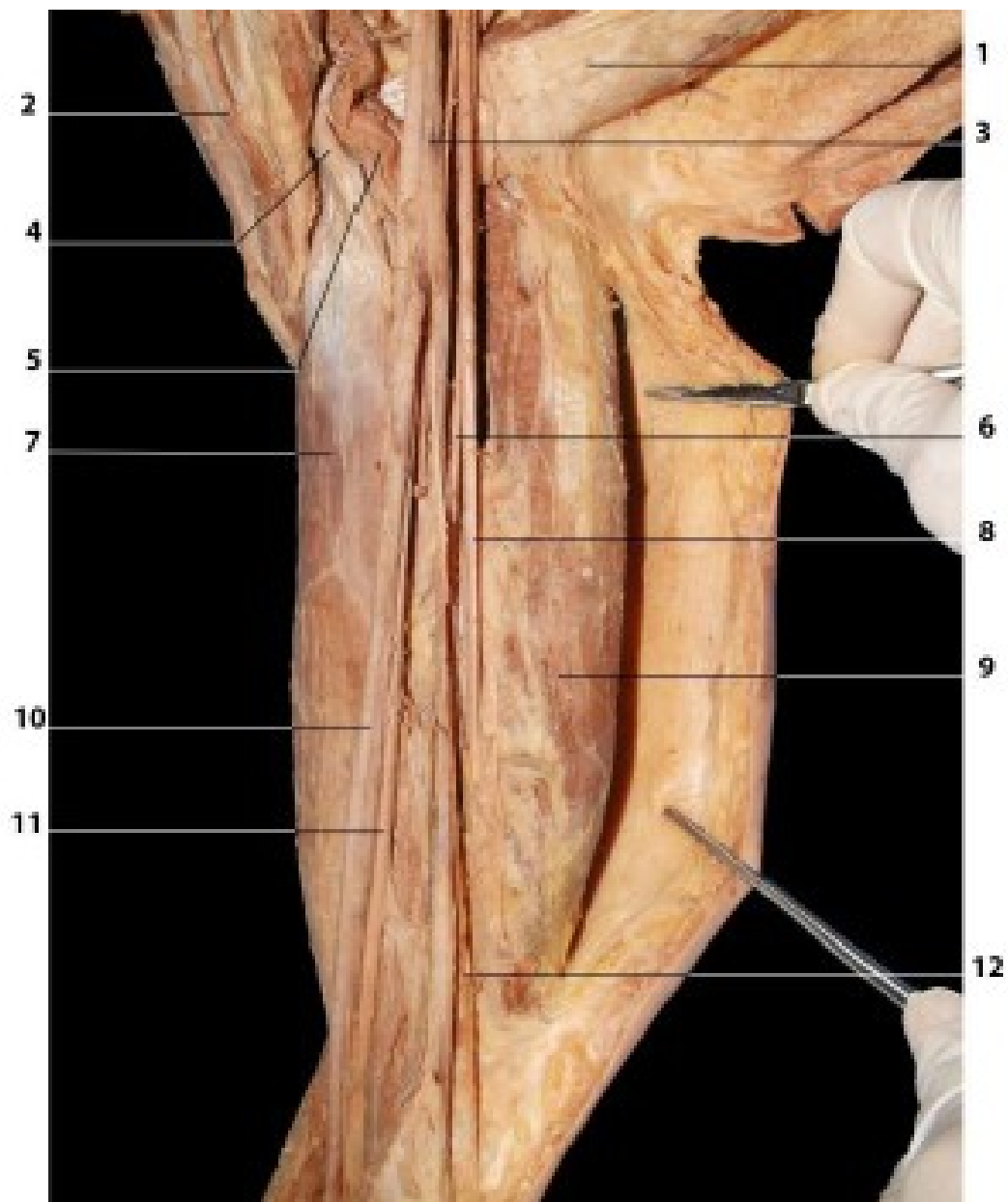
Il naît par les fibres charnues et de courtes fibres tendineuses :

1^{ère} de toute la partie de la face postérieure de l'humérus située au-dessous et en dedans de la gouttière radiale, 2^{ème} de la cloison intermusculaire interne, sauf sur cette partie de la cloison contre laquelle sont appliqués le nerf cubital et l'artère collatérale interne supérieure, 3^{ème} de la cloison intermusculaire externe il s'attache au bord externe de l'humérus depuis l'extrémité inférieure de ce bord jusqu'à l'extrémité supérieure de l'insertion du deltoïde sur la branche antérieure du V deltoïdien les fibres charnues recouvertes par la longue portion et par le vaste

externe descendent, les moyennes verticalement, les externes obliquement en bas et en dedans, les internes obliquement en bas et en dehors certains d'entre elles les plus inférieures se terminent directement sur les faces latérales externe et interne de l'olécrane. Toutes les autres fibres vont à la face profonde du tendon qui provient de la réunion des lames tendineuses de la longue portion et du vaste externe par ce tendon elle se fixe à l'olécrane.

- Action :

Le triceps étend l'avant-bras sur le bras.



- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1- Muscle grand pectoral | 7- Muscle biceps brachial |
| 2- Muscle deltoïde | 8- Nerf cubital |
| 3- Artère axillaire | 9- Muscle triceps brachial |
| 4- Chef court du muscle biceps brachial | 10- Artère brachiale |
| 5- Muscle coraco-brachial | 11- Nerf médian |
| 6- Nerf radial | 12- Nerf cutané médial de l'avant |

Figure 34 : Bras disséqué, vue médiale [14]

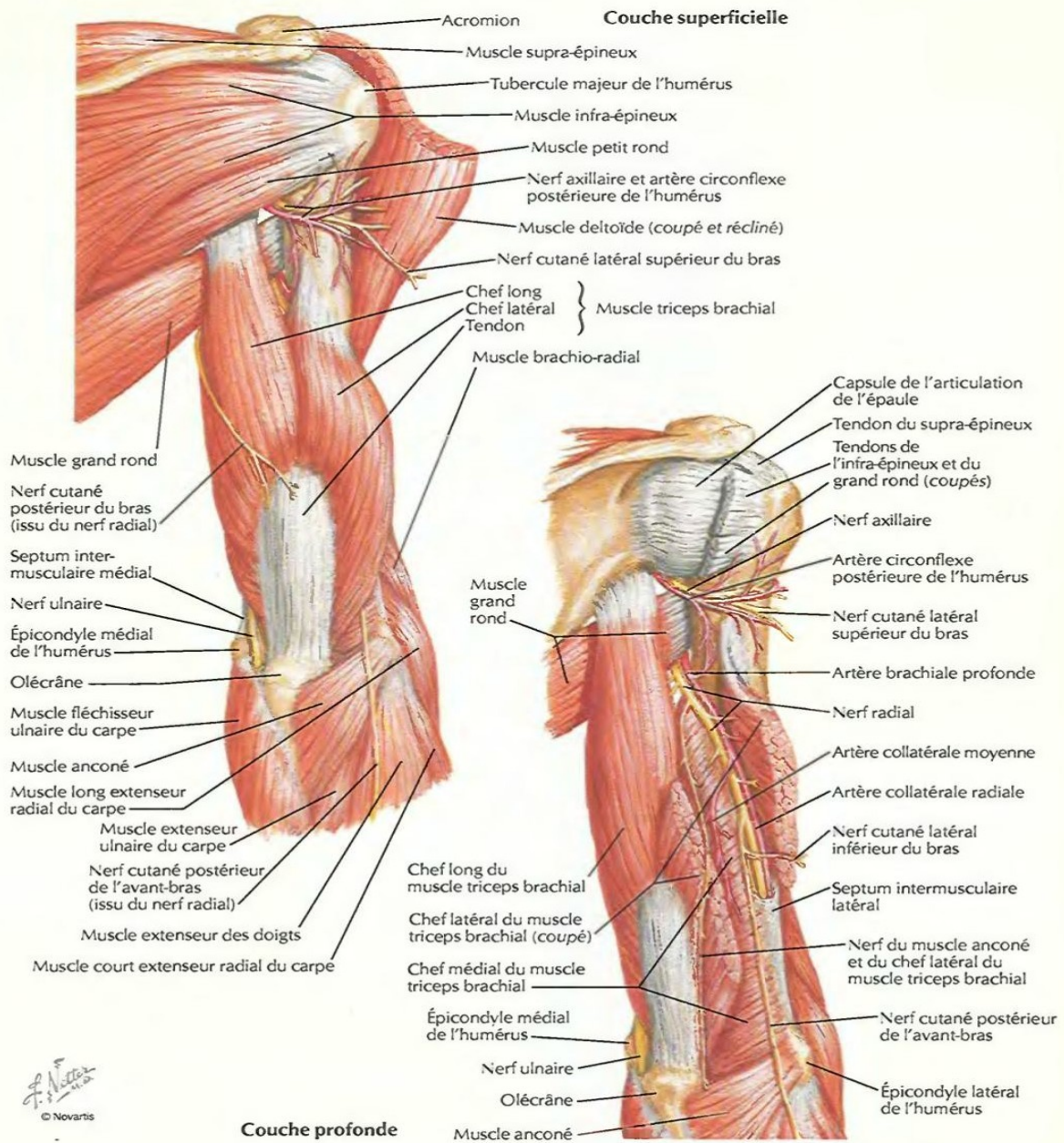


Figure 35 : vue postérieure des muscles du bras [15]

3. La vascularisation du bras : [16] (Figure 36–37)

Elle est assurée par deux systèmes :

- Le système périosté.
- Le système nourricier.

A. Le système périosté:

Il s'étend sur toute la hauteur de la diaphyse. Les artéioles constituent les mailles d'un important réseau artériel qui semble moins dense dans une zone située environ entre la moitié supérieure de la diaphyse et son quart inférieur.

B. Le système nourricier :

Avec une artère principale qui provient de l'artère humérale profonde et qui aborde l'os à la partie moyenne de sa corticale interne puis se divise en une branche ascendante et une branche descendante.

➤ Les Artères :

L'artère humérale et les branches collatérales qu'elle émet assurent la vascularisation artérielle du bras.

- **L'artère humérale** : elle est située dans la région antérieure du bras et du coude.

Elle s'étend du bord inférieur du grand pectoral où elle fait suite à l'axillaire au pli du coude où elle se divise en deux branches terminales, la radiale et la cubitale. L'artère humérale est à peu près rectiligne et légèrement oblique en bas et en dehors. Son trajet est représenté par une ligne menée du sommet du creux de l'aisselle au milieu du pli du coude. (Figure 36–37)

- **Branches collatérales** : l'artère humérale émet de nombreuses petites collatérales musculaires et cinq branches principales qui sont :
 - la branche deltoïdienne

- l'artère nourricière de l'humérus
- la collatérale externe en humérale profonde
- la collatérale interne supérieure
- la collatérale interne inférieure

➤ **Les veines :**

Il s'agit :

- Des veines profondes, satellites des artères. elles ont la même direction, le même trajet, les mêmes rapports musculaires et aponévrotiques que les artères correspondantes. Elles sont au nombre de deux par artère et portent le même nom que l'artère correspondante. Il existe donc 2 veines radiales, 2 veines ulnaires. Seule l'artère axillaire n'est accompagnée que par un tronc veineux : la veine axillaire.
- Des veines superficielles du bras.
- La face antérieure du bras est parcourue par les veines basilique et céphalique.

➤ **Les lymphatiques :**

Se distinguent en vaisseaux superficiels et profonds. Tous les troncs lymphatiques superficiels gagnent la face antérieure du bras et les lymphatiques sont satellites des gros vaisseaux sanguins.

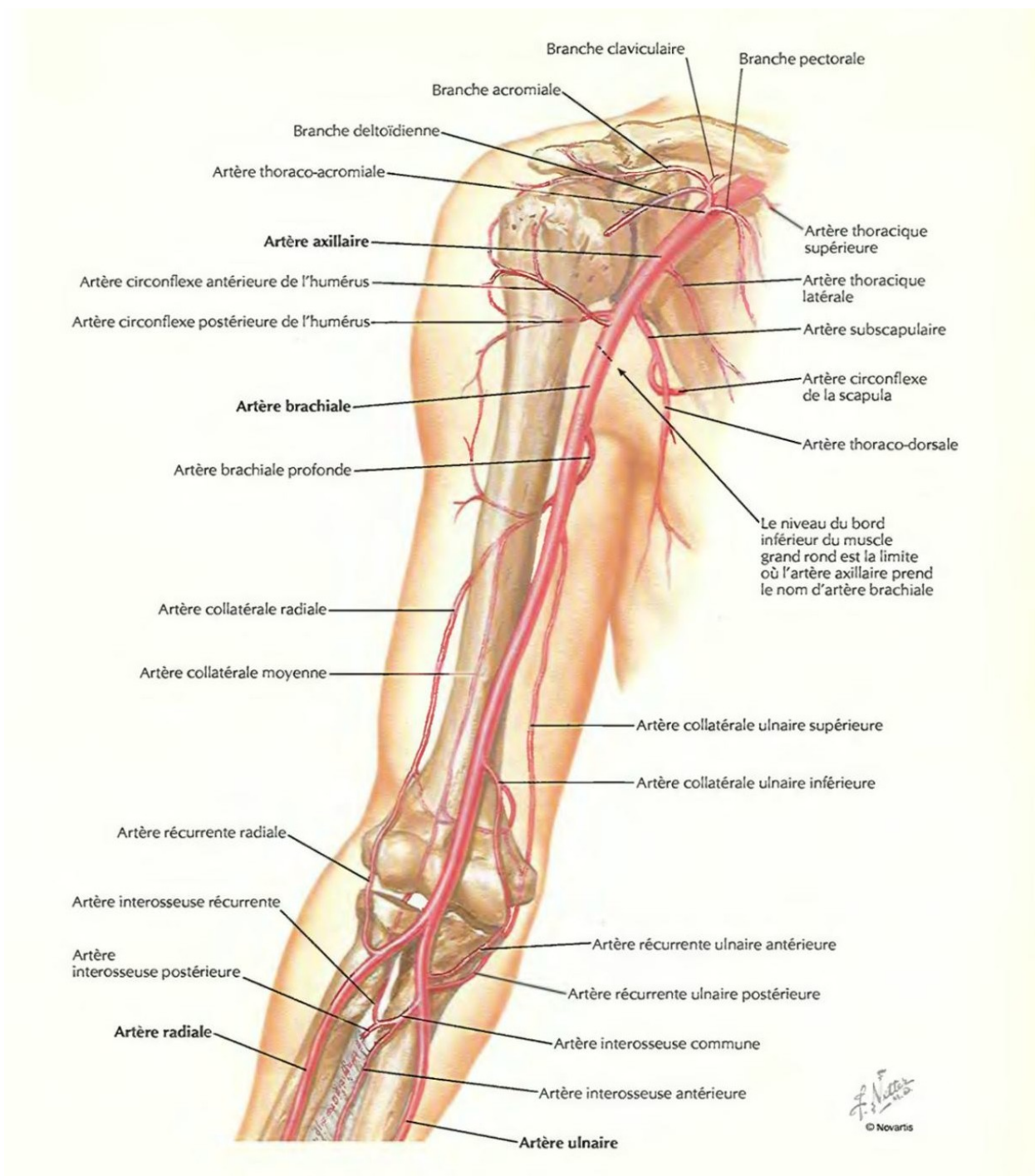


Figure 36 : Branches collatérales de l'artère brachiale [15]

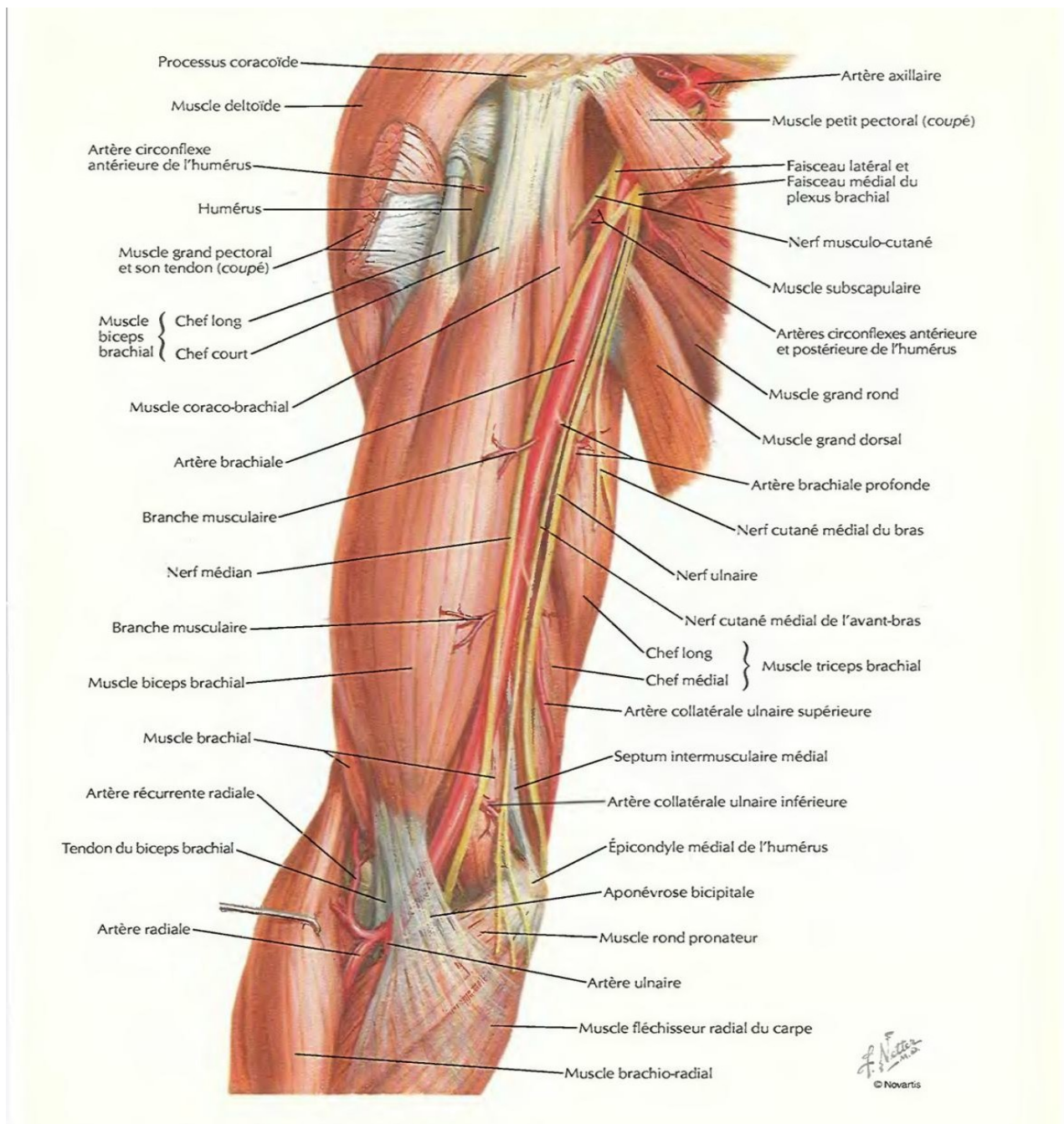


Figure 37 : Artère brachiale dans la région brachiale antérieure [15]

4. Innervation:

Le membre supérieur est entièrement innervé par les branches du plexus brachial en général et le bras en particulier.

Il se termine en sept branches qui vont traverser le bras (Figure 38).

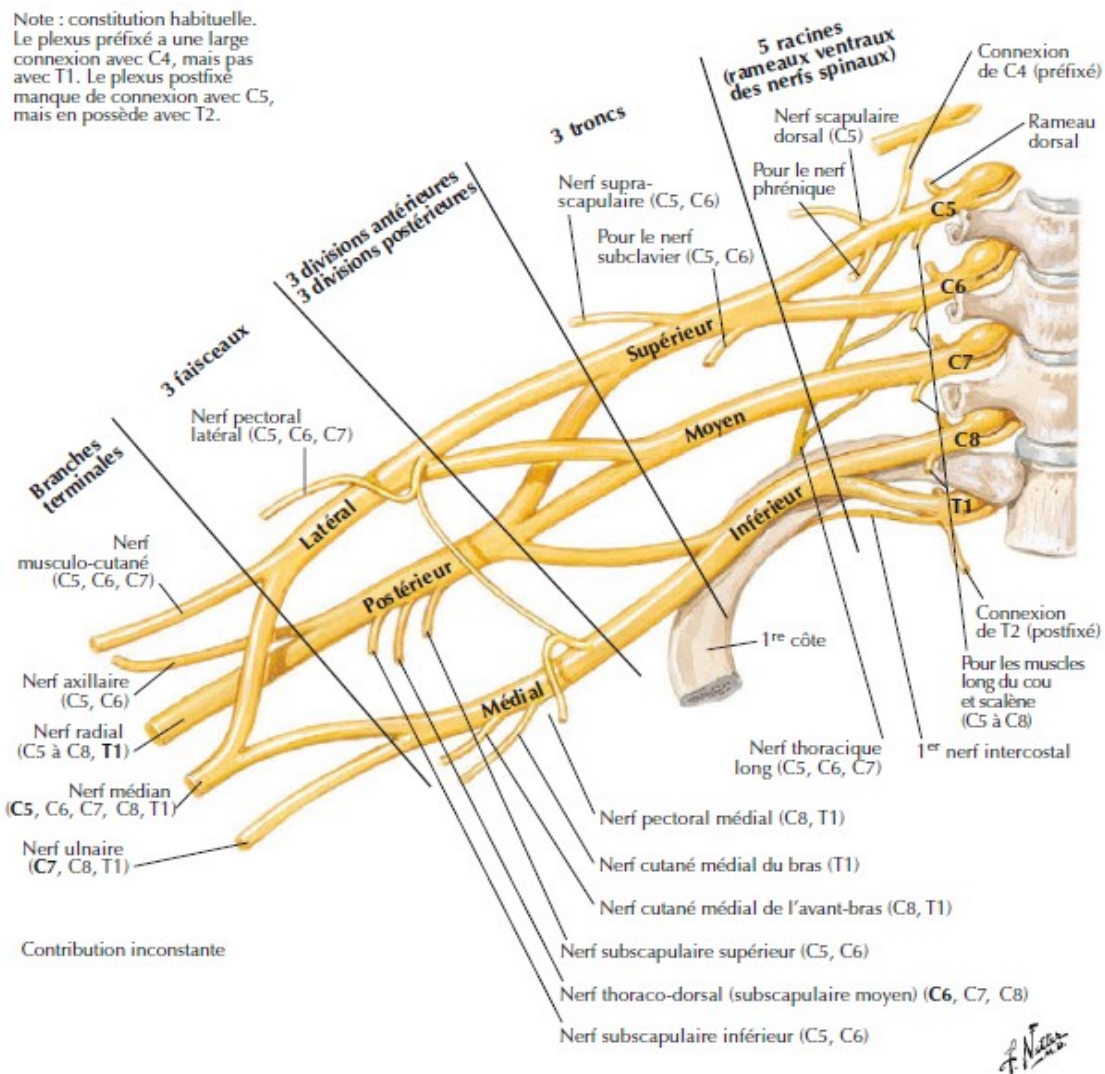


Figure 38 : le plexus brachial [15]

a. Le nerf circonflexe : se dirige obliquement en bas, en dehors et en arrière, décrivant un trajet semi hélicoïdal autour du col chirurgical de l'humérus.

❖ A la loge antérieure : (Figure 39-40)

b. le nerf médian : satellite de l'artère humérale, il la pré-croise en « X » allongé, externe en haut, il devient interne en bas.

c. Le nerf radial :

✓ Le trajet :

Le tronc secondaire postérieur du plexus brachial, après avoir donné le nerf circonflexe, se poursuit au niveau du bras en donnant le nerf radial, lequel constitue la branche la plus volumineuse du plexus brachial. Ses fibres nerveuses naissent des 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} racines cervicales et parfois de la 1^{ère} racine dorsale (10%).

Le nerf radial traverse verticalement la partie inférieure de la cavité axillaire, arrivé au bas, il se dirige en bas en arrière et en dehors, et contourne dans la gouttière radiale de l'humérus la face postérieure de cet os. Le nerf radial chemine ensuite dans le fond de la gouttière bicipitale externe du pli du coude, jusqu'au voisinage de l'interligne articulaire où il se divise en ses branches terminales.

✓ Les rapports :

Dans le creux axillaire, le nerf radial est placé en arrière de l'artère axillaire, et croise de haut en bas d'abord, le sous scapulaire, puis le grand dorsal et le grand rond pour atteindre la fente huméro-tricipitale. A ce niveau, le bord inférieur du tendon du grand dorsal et la face postérieure du tendon du long triceps sont réunis par des tissus fibro-tendineux résistants sur lesquels repose le nerf radial. Celui-ci se dirige en bas et en dehors entre le long biceps et le vaste interne, pour atteindre la gouttière de torsion de l'humérus entre les insertions du vaste externe et du vaste interne. Il est ici profondément situé sous le vaste externe. Il s'enroule autour de l'humérus dans la gouttière de torsion en contact de l'os, accompagné de l'artère humérale profonde

pour atteindre son bord externe, Puis se dirige vers l'avant pour perforer la cloison intermusculaire externe du bras à 10cm environ au-dessus de l'épicondyle.

Le nerf radial sort de la gouttière radiale et descend le long de la récurrente radiale antérieure, dans le fond de la gouttière bicipitale externe. Cette gouttière est limitée par le biceps et le brachial antérieur en dedans, le long supinateur et le premier radial en dehors. Au niveau de la tête du radius ou un peu plus haut, le nerf radial se divise en deux branches terminales.

Les rapports du nerf radial avec la diaphyse humérale le rendent très vulnérable dans les fractures du tiers moyen et inférieur.

✓ Les branches collatérales du nerf radial :

- *Le rameau cutané interne* : Il se sépare du nerf radial dans l'aisselle, traverse l'aponévrose et se distribue à la peau de la région postéro-interne du bras.
- Le nerf de la longue portion du triceps : Il naît comme le précédent un peu au-dessus de la base de l'aisselle, descend en avant et en dedans de la longue portion du triceps et se divise en plusieurs rameaux qui s'enfoncent dans la partie moyenne du muscle.
- Le nerf supérieur du vaste interne : En nerf collatéral cubital qui naît dans l'aisselle.
- Le nerf du vaste interne et de l'anconé : A son origine vers l'extrémité supérieure de la gouttière radiale.
- Le nerf du vaste externe : Naît lui aussi vers la partie supérieure de la gouttière radiale.
- Le rameau cutané externe : Naît dans la gouttière de torsion ou au niveau de la fente huméro-tricipitale. Il se distribue aux téguments postéro externes du bras.
- Le nerf du brachial antérieur : naît du nerf radial quand celui-ci pénètre dans

la gouttière bicipitale externe.

- Le nerf du long supinateur : Il se détache du nerf radial sur une distance de 6cm au-dessus de l'épicondyle.
- Le nerf du premier radial : Naît au-dessus du nerf du long supinateur.

d. Le nerf cubital :

Interne à l'artère à l'entrée du canal, il lui devient postérieur. Il quitte la loge antérieure à l'union du tiers supérieur/deux tiers inférieur du bras et passe dans la loge postérieure.

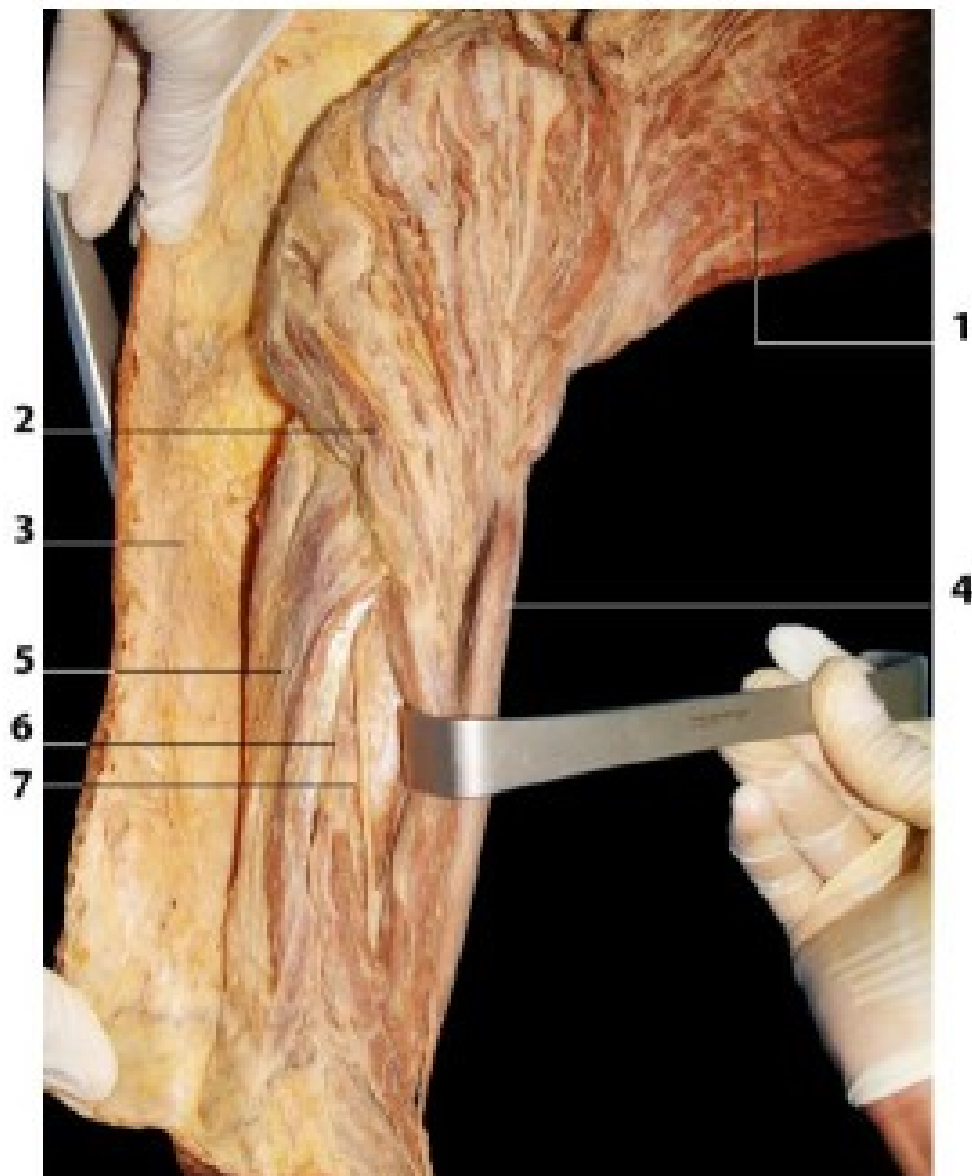
e. Le nerf musculo-cutané :

Descend après avoir perforé le coraco-brachial entre biceps et brachial antérieur, en dehors de l'artère.

f. Le nerf brachial cutané interne et son accessoire : Internes à l'artère, ils deviennent vite superficiels.

❖ A la loge postérieure :

La partie supérieure, après avoir donné ses branches destinées à la région, le nerf radial avec l'artère humérale passent dans la gouttière bicipitale en perforant la cloison intermusculaire externe.



- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1- Muscle grand pectoral | 5- Muscle triceps brachial |
| 2- Muscle deltoïde | 6- Artère humérale profonde |
| 3- Peau (disséquée) | 7- Nerf radial |
| 4- Muscle biceps brachial | |

Figure 39 : Bras disséqué, vue latérale [14]

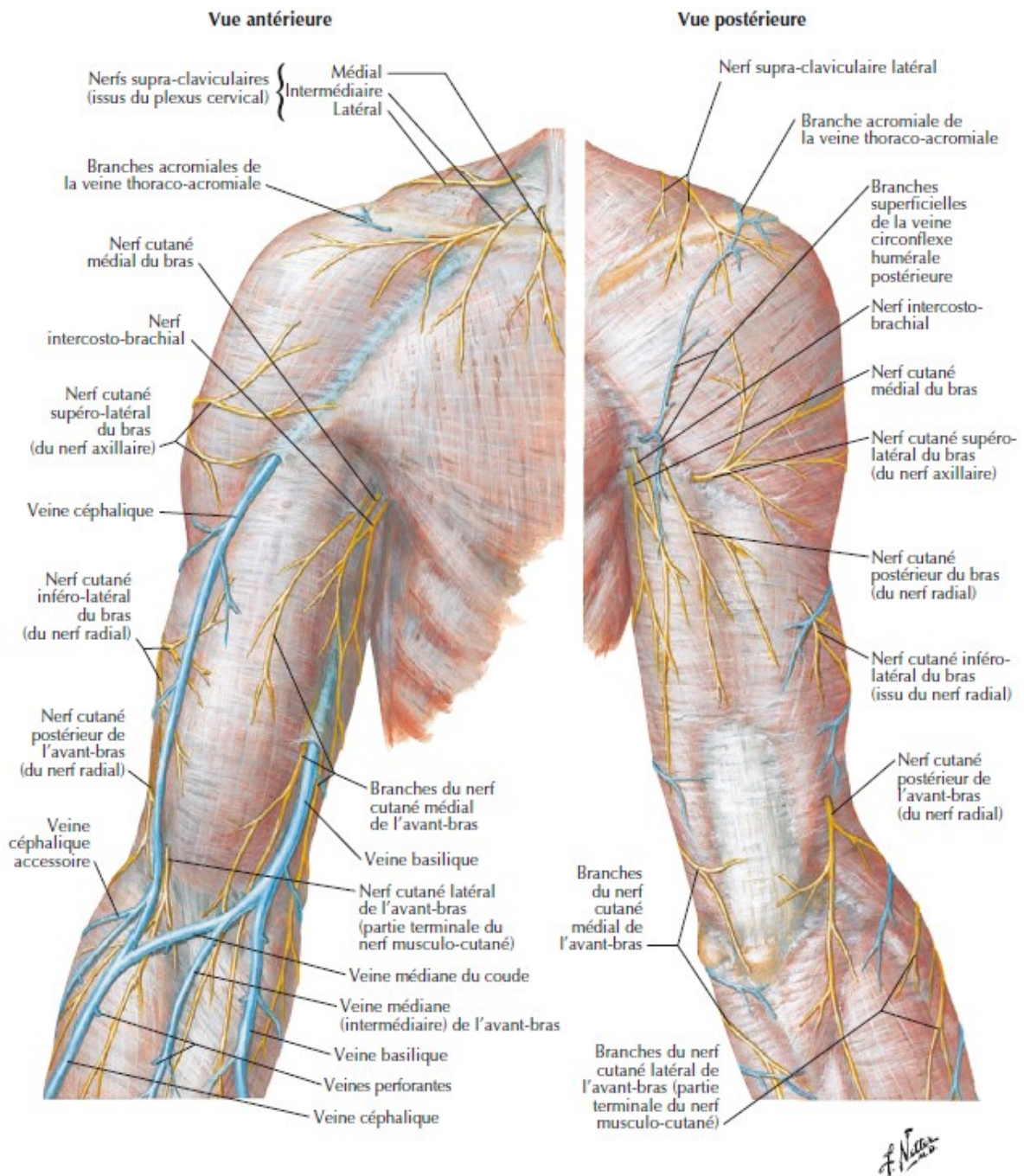


Figure 40 : nerfs cutanés et veines superficielles de l'épaule et du bras [15]

5. Particularités anatomiques :

a. Le canal médullaire [17-18-19] :

En raison des implications chirurgicales, il faut rappeler que la diaphyse humérale est vrillée sur son axe, de section cylindrique dans sa partie proximale, elle devient prismatique est triangulaire à sa partie distale.

La cavité médullaire voit son diamètre augmenter de bas en haut de 17 à 18 mm au tiers supérieur, de 11 à 12 mm au tiers moyen et de 8 à 9 mm au tiers inférieur chez l'homme adulte. (17)

L'aspect de la cavité médullaire de l'humérus permet donc de montrer que celle-ci ne revêt pas la forme classique en sablier symétrique des diaphyses fémorale et tibiale, mais bien celle d'un entonnoir dont le grand diamètre proximal contraste avec l'étroitesse de sa portion distale (Figure 41). Le profil moyen de la cavité médullaire revêt la forme d'un S très allongé avec une concavité distale antérieure assez marquée. Ce S n'est pas frontal, mais inscrit dans un plan oblique en arrière et en dedans, correspondant en fait à l'axe de la rétroversion de la tête humérale (18).

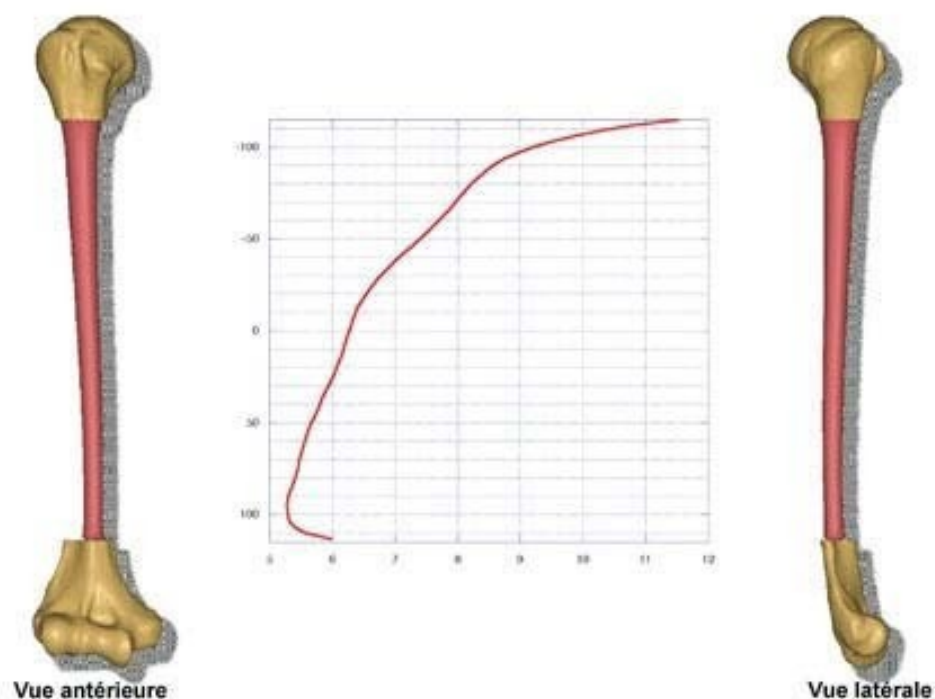


Figure 41 : Aspect du canal médullaire : aspect en entonnoir

b. Le nerf Radial : [19.20.21]

Les rapports du nerf radial avec la diaphyse humérale le rendent très vulnérable dans les fractures du tiers moyen et Inférieur. (19)

Il ne faut pas négliger le risque iatrogène sur le nerf radial : les manipulations laborieuses du foyer pour obtenir la réduction, les fausses routes, l'augmentation de la comminution ou le 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).

Le verrouillage distal percutané peut s'avérer dangereux menaçant le nerf radial dans la moitié distale par une vis frontale, on peut se protéger par une pince dissociant les masses musculaires pour placer puis bloquer contre la

corticale externe la douille de visée qui protégera ainsi le nerf de la mèche. Un abord à minima contrôlant le nerf reste la méthode pourrait être la plus sûre. Ce risque latéral justifie pour certains (27) une visée plutôt antéropostérieure au travers du biceps et du brachial, le paquet vasculo-nerveux étant plus en dedans de cet axe dans le sillon bicipital médial (Figure 42).

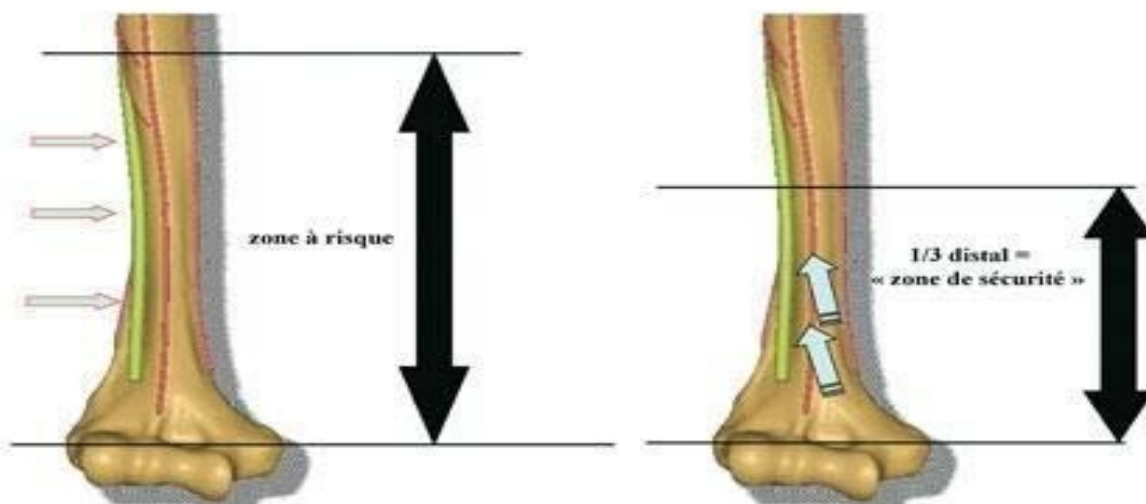


Figure 42 : Vissée distale: danger d'une vissée latérale, intérêt d'une vissée sagittale

c. Anatomie chirurgicale : [22]

La diaphyse humérale peut être divisée en trois zones. Le 1/3 proximal comporte un os compact triangulaire à la coupe avec un canal médullaire large; de 17mm à 18mm de diamètre environ. Le deltoïde couvre sa surface antérolatérale 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 ainsi que le paquet vasculo-nerveux brachial en dedans, et seule la face antéro-médiale et le bord antérieur restent accessibles à une ostéosynthèse directe au prix d'une désinsertion du tendon du muscle grand pectoral, sans désinsérer le muscle deltoïde de son attache distale.

Les dangers neurologiques sont faibles et ne concernent que le nerf axillaire en cas de mise en place de vis proximales d'un clou intra médullaire antérograde.

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.

La cavité médullaire mesure 11 à 12 mm circonscrite par une corticale postérieure légèrement convexe, la face antéro-externe donnant insertions aux muscles brachial et brachioradial, or la face antéro-médiale plane donne insertion au coracobrachial et au brachial ; son accès médial est situé sur le trajet du pédicule vasculo-nerveux.

Au 1/3 inférieur l'humérus est constitué d'un os compact épais autour d'une cavité médullaire étroite (8.5mm à 9mm), avec des bords très marqués limitant des faces étroites sur lesquelles s'insèrent le vaste médial dans la loge postérieure le brachial dans la loge antérieure. Seule la face postérieure est plane et lisse. Le nerf radial est antéro-latéral ; le pédicule vasculaire, le nerf médian et le nerf ulnaire sont internes.

Au total, si les trois faces sont accessibles à une ostéosynthèse directe, en réalité seule la face postérieure ne présente pas de danger neurologique. L'étroitesse du canal médullaire distal rend difficile l'enclouage disto proximal et la descente d'un clou antérograde.

d. L'insertion humérale de la coiffe des rotateurs : [20.23]

La coiffe des rotateurs est composée par la convergence des tendons des muscles profonds de l'articulation de l'épaule.

Tout enclouage antérograde de l'humérus comporte le risque de lésions de cette coiffe souligné par beaucoup d'utilisateurs (20, 23) car oblige de la traverser. Dans le cas où l'on utilise un clou droit, l'implant traverse la portion médiale charnue de la coiffe et le pôle supérieur de la tête cartilagineuse. Si l'on utilise un implant béquillé, l'abord osseux devient plus latéral et traverse la portion tendineuse de la coiffe, dans le col anatomique. Il paraît préférable en terme de séquelles fonctionnelles potentielles de passer en pleine coiffe musculaire plutôt que dans sa portion tendineuse d'insertion. Dans tous les cas l'enfouissement du clou évite un matériel proéminent dépassant le plan ostéocartilagineux, à l'origine de douleurs, d'usure voire de rupture de la coiffe des rotateurs.

Le risque de développement d'ossifications de cette coiffe des rotateurs, source de raideur pourrait être favorisé par la présence de produits d'alésage pouvant réaliser une véritable autogreffe in situ. Il est donc conseillé de réaliser avant la fermeture des lavages répétés de l'orifice osseux.

Le verrouillage proximal n'est pas dénué de risques et la vis doit toujours rester strictement intra céphalique, toute longueur excessive la rend intra articulaire, agressive et arthrogène pour le cartilage glénoïdien (19).

Notons que toute vis de verrouillage sagittale exige des précautions lors de sa mise en place en raison d'un double risque anatomique :

- en avant, la traversée et lésion du tendon du long biceps lors du forage et du vissage et donc une dissection à la pince écartant les parties molles permettaient d'appliquer la douille de visée

directement au contact de l'os (Figure 43).

- en arrière, un forage intempestif ou une vis trop longue peuvent léser en arrière le nerf axillaire, plaqué contre la face postérieure du col chirurgical de l'humérus (Figure 44).



Figure 43 : Traversé de la coiffe selon le type du clou

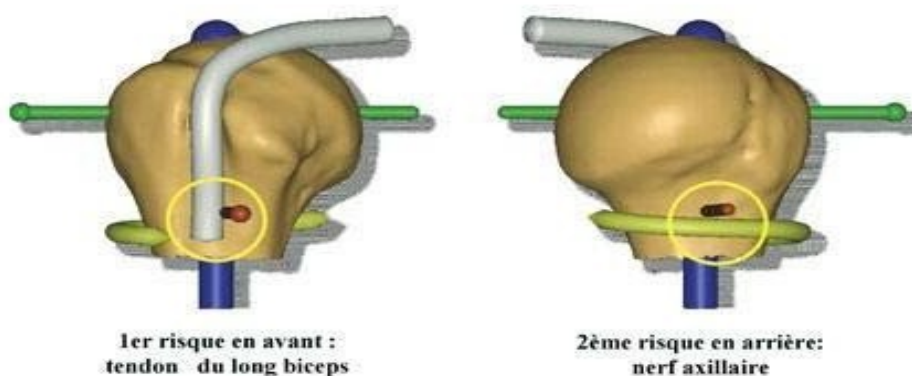


Figure 44 : Risques de la vis sagittale de verrouillage

e. **Les voies d'abord de la diaphyse humérale : [24–25]**

Les voies d'abord habituellement utilisées sont : (Figure 45)

- les voies latérales.
- les voies postérieures.
- la voie médiale.

❖ **Les voies latérales** : (Figure 45–46)

Ce sont les voies les plus utilisées : l'humérus est habituellement abordé par voie antéro– latérale pour le tiers moyen et par voie latérale pour le tiers distal.

Le patient est couché sur le dos sans garrot, le bras le long du corps, le coude reposant sur un appui latéral, ou bien le bras en abduction reposant sur une tablette, l'opérateur et son aide se faisant face. L'incision débute à la partie basse du deltoïde et se prolonge en bas jusqu'à l'épicondyle latéral, en longeant le bord latéral du biceps.

- ✓ **La voie brachiale antérolatérale** passe en avant de la cloison intermusculaire latérale, entre les muscles brachiaux antérieurs et triceps brachial au tiers moyen, puis entre les muscles longs supinateurs et brachiaux antérieur au tiers distal. Le nerf radial croise la face latérale de l'humérus entre 10 et 12cm de l'épicondyle latéral : ce dernier est systématiquement recherché dans l'interstice entre les muscles brachial antérieur et long supinateur, puis éventuellement mis en lacs.
- ✓ **La voie brachiale latérale** passe entre les muscles brachiaux antérieurs et triceps brachial au-dessus du nerf radial, puis entre les muscles long supinateur et triceps brachial au-dessous du nerf.

Le risque de lésion nerveuse iatrogène est réel, et augmente en cas de pseudarthrose nécessitant une révision du site opératoire.

❖ Les voies postérieures : (Figure 47)

La voie postérieure est réalisée sur un patient installé en décubitus ventral, coude étendu sur table à bras, ou coude fléchi sur un court appui latéral, avant-bras pendant dans le vide. L'abord est médian et postérieur. L'aponévrose brachiale est ouverte à la partie basse du muscle deltoïde entre le chef latéral du muscle triceps et la longue portion, plus médiale.

Ces deux chefs musculaires sont séparés sur la ligne médiane jusqu'à l'olécrane, au doigt et au bistouri. Le paquet vasculo-nerveux huméro-radial est alors repéré au niveau de l'interstice formé : il croise la partie haute du champ opératoire de dedans en dehors. Après avoir isolé le nerf, la face postérieure de l'humérus n'est plus recouverte que par le chef médial du muscle triceps brachial (vaste interne). Ce dernier est fendu verticalement du croisement du paquet vasculo-nerveux à l'olécrâne si nécessaire.

Cette voie d'abord est trans-musculaire ; elle provoque une dévascularisation périostée étendue.

Il existe deux variantes à cette voie :

- ✓ **La voie postéro médiale** qui passe entre le chef médial du muscle triceps brachial et le tendon de terminaison du triceps.
- ✓ **La voie postéro latérale** qui passe en dehors du chef latéral du muscle triceps brachial et du tendon de terminaison de triceps.

❖ La voie médiale : (Figure 47)

Décrite par CADENAT (24) pour aborder les vaisseaux huméraux (Voie dite des vaisseaux), elle fut mise en valeur par JUDET (23) pour éviter une

lésion opératoire du nerf radial et un décollement musculaire extensif.

La face médiale de la diaphyse est abordée chez un patient installé sur le dos, bras en abduction, sans garrot. L'incision débute au creux axillaire, longe la gouttière humérale et se termine à l'épicondyle médial. Après avoir incisé l'aponévrose brachiale, la diaphyse est exposée en passant en avant de la cloison intermusculaire médiale et en arrière du paquet vasculaire huméral. Le nerf cubital reste en arrière de la cloison. La berge supérieure de l'incision et le muscle biceps brachial ont tendance à masquer la diaphyse. Il faut alors employer des écarteurs à bec placés à la face antérieure de l'humérus, au risque d'étirer le nerf médian, de blesser un vaisseau huméral ou de comprimer le nerf radial de l'autre côté de la diaphyse. Au quart distal, le nerf médian suit la gouttière bicapitale externe et s'éloigne de la face médiale, et le nerf cubital passe en arrière de l'épicondyle médial. L'accès à la diaphyse redevient plus aisé.



Figure 45 : Abord externe de l'humérus : incision cutanée

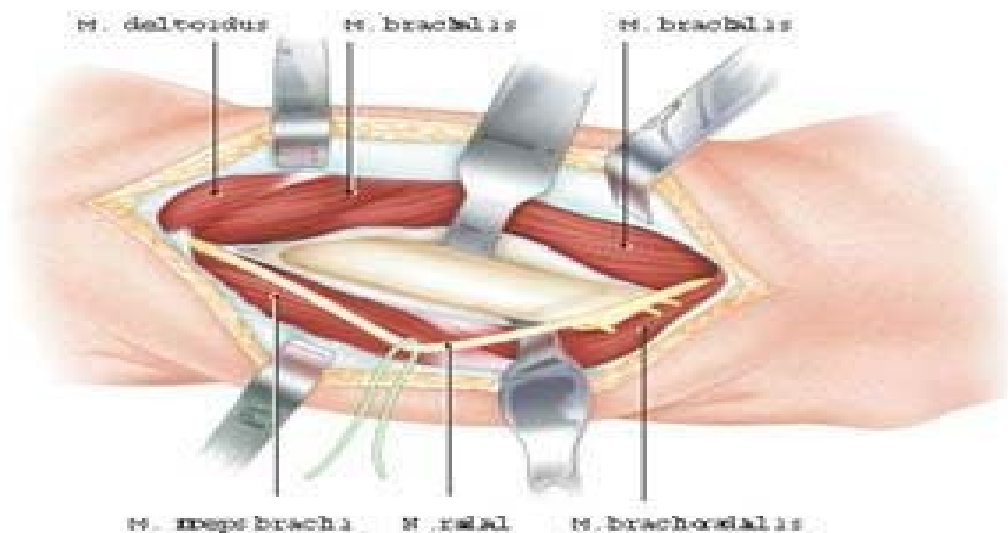


Figure 46 : Voie antérolatérale : exposition du tiers moyen de la diaphyse humérale. Le nerf radial étant mis sur lac.

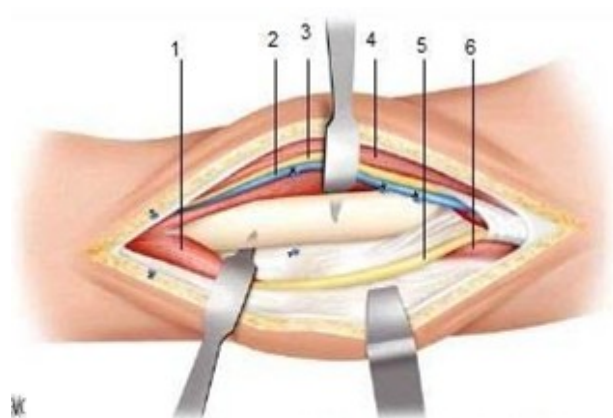


Figure Voie médiale, bras droit. 1. Triceps ; 2. veine humérale ; 3. nerf médian ; 4. biceps brachial ; 5. nerf ulnaire ; 6. triceps



figure Voie postéromédiale, bras droit : incision cutanée.

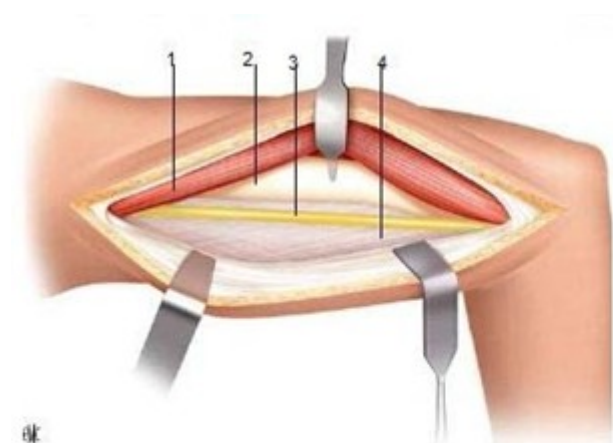


Figure Voie postéromédiale, bras droit. 1. Triceps ; 2. humérus ; 3. nerf ulnaire ; 4. cloison intermusculaire médiale.

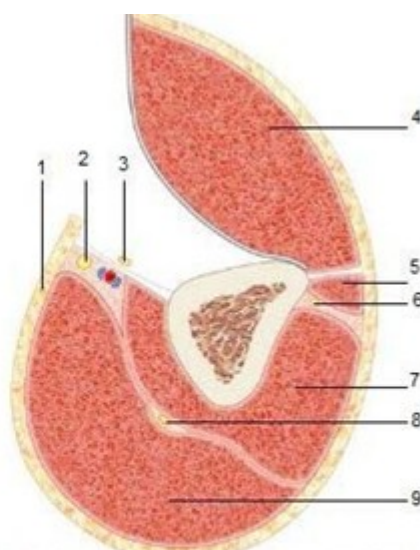


Figure Coupe à la jonction tiers moyen-tiers inférieur du bras droit, segment supérieur, en décubitus ventral. Voie d'abord postéromédiale. 1. Nerf brachial cutané médial ; 2. nerf médian ; 3. nerf ulnaire ; 4. triceps ; 5. brachioradialis ; 6. nerf radial ; 7. brachial ; 8. nerf musculocutané ; 9. biceps brachial.

Figure 47: Les voies médiales et postérieures

II. Processus de réparation osseuse:

La consolidation osseuse est un processus qui aboutit à la réparation du tissu osseux après une fracture, une ostéotomie, une arthrodeuse ou une greffe osseuse.

1. Processus de réparation de l'os cortical chez l'adulte au cours du traitement orthopédique (consolidation naturelle) :

Il se réalise en quatre stades : l'hématome qui aboutit au tissu de granulation, le cal mou ou primaire, le cal dur puis le remodelage.

L'hématome fracturaire est issu des extrémités osseuses et des tissus mous environnants. Il acquiert un pouvoir ostéogénique vers le quatrième jour c'est-à-dire qu'il est capable de former de l'os même lorsqu'au cours d'expérimentation celui-ci est transplanté dans un muscle. Une réaction inflammatoire locale s'installe en quelques heures dans les tissus péri-fracturaires ; des histiocytes et des macrophages apparaissent afin de détruire les débris et des ostéoclastes érodent les surfaces osseuses.

Il existe donc un processus complexe qui va être déclenché immédiatement après la fracture mais dont le signal est encore inconnu. Ce processus recrute des cellules précurseurs, les multiplie, assurent leur différenciation en ostéoblastes, ostéoclastes, fibroblastes, contrôle la minéralisation, le remodelage puis le modelage. Le recrutement de cellules précurseurs des ostéoblastes s'effectue durant les premières heures par les phénomènes d'induction ostéogénique. Les cellules précurseurs sont des cellules non ostéoformatrices qui développent un potentiel ostéogénique en présence d'un stimulus approprié, dans la moelle osseuse et la couche profonde du périoste. Les ostéoclastes dérivent de cellules souches multipotentielle hémato-poïétiques présentes dans la moelle osseuse. Ces cellules précurseurs vont migrer vers le foyer de fracture grâce à des facteurs chimiotactiques

libérés par les cellules nécrotiques du foyer. Les cellules du foyer entraînent la prolifération des cellules précurseurs par libération de substances mitogènes telles que platelet-derived growth factor (PDGF) et transforming growth factor beta (TGF). Les cellules précurseur ainsi proliférées vont se différencier grâce à des facteurs ostéo-inducteurs chimiques et physiques. Parmi les facteurs chimiques ostéo-inducteurs, facteurs de croissance, l'on compte le PDGF, TGF, Bone morphogenetic proteins (BMP), Fibroblast growth factors (FGF) et Insulin-like growth factors (IGF). Les facteurs ostéo-inducteurs physiques sont les contraintes mécaniques telles que les mouvements du foyer de fracture et la variation des potentiels électrocinétiques (développés plus loin) de l'os qui augmentent avec l'intensité des contraintes mécaniques.

La transformation de l'hématome donne suite à un **tissu de granulation**. Il s'agit d'un tissu fibro-vasculaire (différenciation en fibroblaste et formation de nouveaux vaisseaux) riche en collagène de type III. A cette phase, qui dure 2 à 3 semaines, les extrémités osseuses ne participent pas à la restauration.

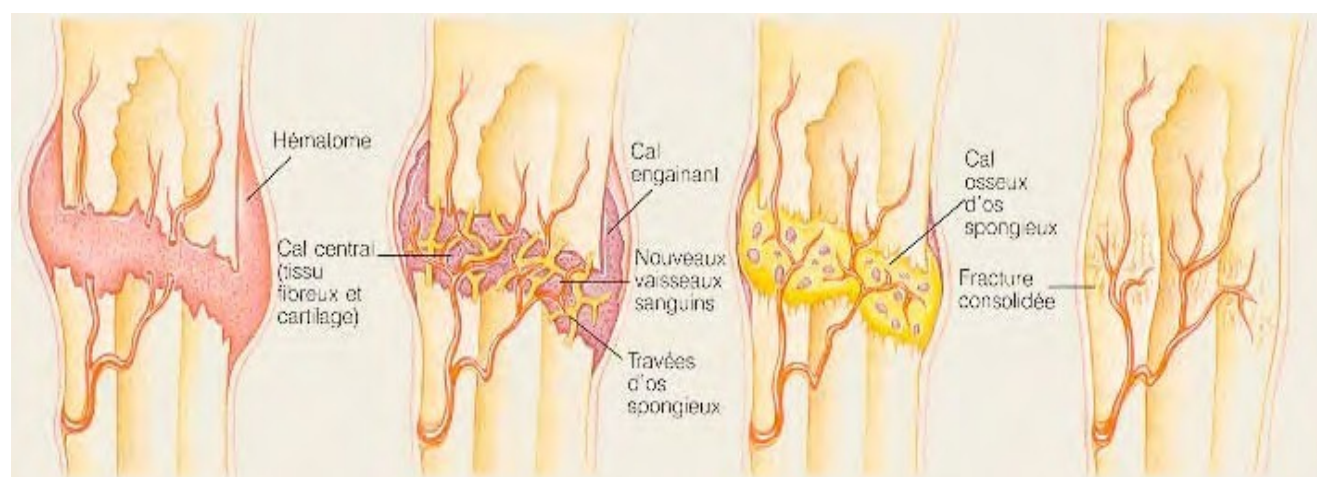


Figure 48 : réparation osseuse

Au stade de cal mou ou primaire : le périoste a pour rôle d'immobiliser le foyer ; situation indispensable à la minéralisation. Le cal mou apparaît sur les fragments osseux dans le décollement du périoste. Il va former un manchon souple et fusiforme. Sous le périoste, les cellules précurseurs se sont déjà différenciées en deux types de lignées. La lignée ostéoblastique, à distance du foyer, élabore la substance ostéoïde qui contient des fibres collagènes de type I. La substance va se minéraliser progressivement, formant un manchon d'os immature qui va cesser de croître vers la sixième semaine. Une lignée de chondrocytes va se différencier au plus proche du foyer de fracture. Les chondrocytes vont former un anneau de cartilage se minéralise progressivement. A ce stade, les corticales ne participent pas à la formation du cal. En revanche la moelle osseuse est le lieu d'une ostéogenèse en bande située à la face interne de la corticale.

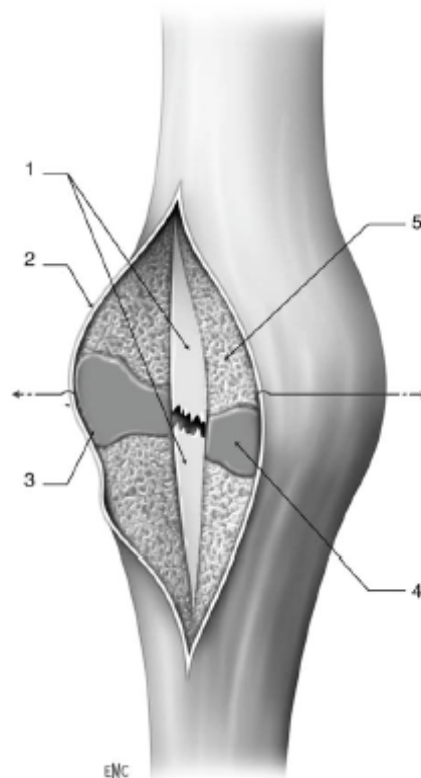


Figure 49 : cal mou. Incision du cal périosté. Sous le périoste, un manchon d'os immature entoure chaque fragment. Anneau de cartilage autour du foyer.1 : corticales fracturées.2 :périoste.3 : écaille osseuse en formation.4 : manchon de cartilage

Le cal dur : est déterminé par la création d'un pont osseux immature inter-fragmentaire et assure une solidarité mécanique entre les fragments. Au départ l'os immature est non orienté de type trabéculaire. Puis il va se

Le cal dur : est déterminé par la création d'un pont osseux immature inter-fragmentaire et assure une solidarité mécanique entre les fragments. Au départ l'os immature est non orienté de type trabéculaire. Puis il va se transformer en os lamellaire primaire, c'est-à-dire que les ostéons sont orientés dans toutes les directions afin de rétablir une raideur idéale de l'os. Au bout de la huitième semaine, l'os lamellaire pénètre dans les extrémités fracturaires. A seize semaines l'os immature disparaît.

Le remodelage : se poursuit durant 18 mois et a pour but de rétablir une architecture histologique normale. Ce remodelage est réalisé par un dispositif nommé Bone modeling unit (BMU). Le dispositif BMU comprend à son apex, des ostéoclastes forant l'os lamellaire primaire, suivis d'un capillaire et accompagnés d'ostéoblastes qui viennent successivement tapisser les parois du canal de résorption et créent une structure de type haversien en déposant l'os en lamelles concentriques. L'orientation de progression des BMU suit les contraintes mécaniques appliquées à l'os. En clinique, l'activité de résorption du site fracturaire confère à l'os un aspect porotique sur les radiographies. Cet aspect propre au remodelage apparaît après 4 semaines.

Le modelage est une activité qui équivaut au remodelage de l'os cortical mais à l'échelle macroscopique. Il consiste en la résorption du cal externe et la restauration du canal médullaire. Il peut être complet chez l'enfant, il est partiel chez l'adulte. Les mécanismes du modelage ne sont pas bien connus.

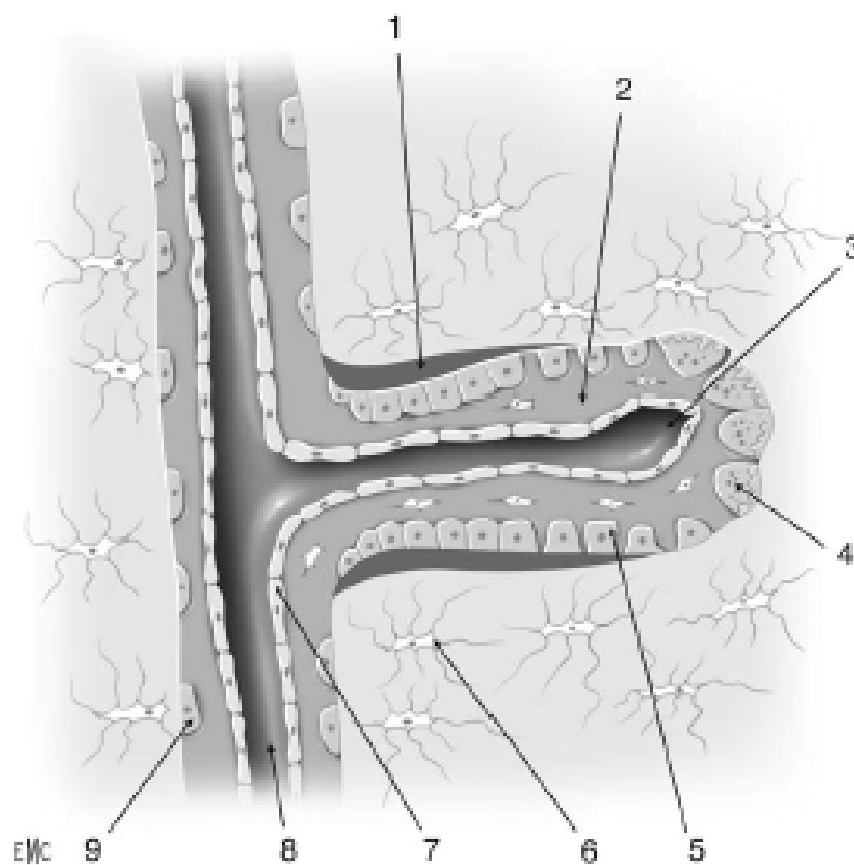


Figure 6 Histologie d'une unité de remodelage osseux (BMU).
 Diamètre du tunnel : 150 μm ; vitesse de creusement du tunnel : 50 $\mu\text{/j}$; vitesse du dépôt de la matrice : 1 à 2 $\mu\text{/j}$. 1. ostéoblaste en activité ; 2. conjonctif ; 3. bourgeon capillaire axial ; 4.ostéoclaste en activité ; 5. matrice osseuse néoformée ; 6. ostéocyte ; 7. cellule endothéliale ; 8. vaisseau ; 9. ostéoblaste quiescent.

Figure 50 : Histologie d'une unité de remodelage osseux

Biomécanique du cal : Après la courte phase de formation du cal primaire, le périoste, les corticales et la médullaire vont participer à la formation du cal de manière diverse. Le périoste forme rapidement un cal relativement volumineux et immobilise le foyer de fracture. Le cal périosté peut combler une vaste surface de perte osseuse, il nécessite la présence de l'hématome et des tissus mous. Il est stimulé par une mobilité relative du foyer de fracture. La stabilité du foyer diminue sa capacité de formation. Au bout d'environ 6 semaines le cal périosté est fabriqué et le foyer est relativement stable; ce qui permet au cal cortical de se construire. Celui-ci a besoin d'une immobilité parfaite du foyer de fracture. C'est le cal médullaire, de formation lente qui va pénétrer l'intervalle entre les corticales. Il n'est pas très sensible à la mobilité du foyer de fracture.

Tableau 6 : différents types de cal.

Tableau 2 Différents types de cal (d'après MacKibbin, 1978)

Type de consolidation	Vitesse	Comblement d'un espace	Tolérance à l'instabilité	Tolérance à la stabilité absolue	Importance des tissus mous
Cal périosté	+++	+++	+++	-	+++
Cal cortical	+	-	-	++++	-
Cal médullaire	++	++++ lent	++	+++	-

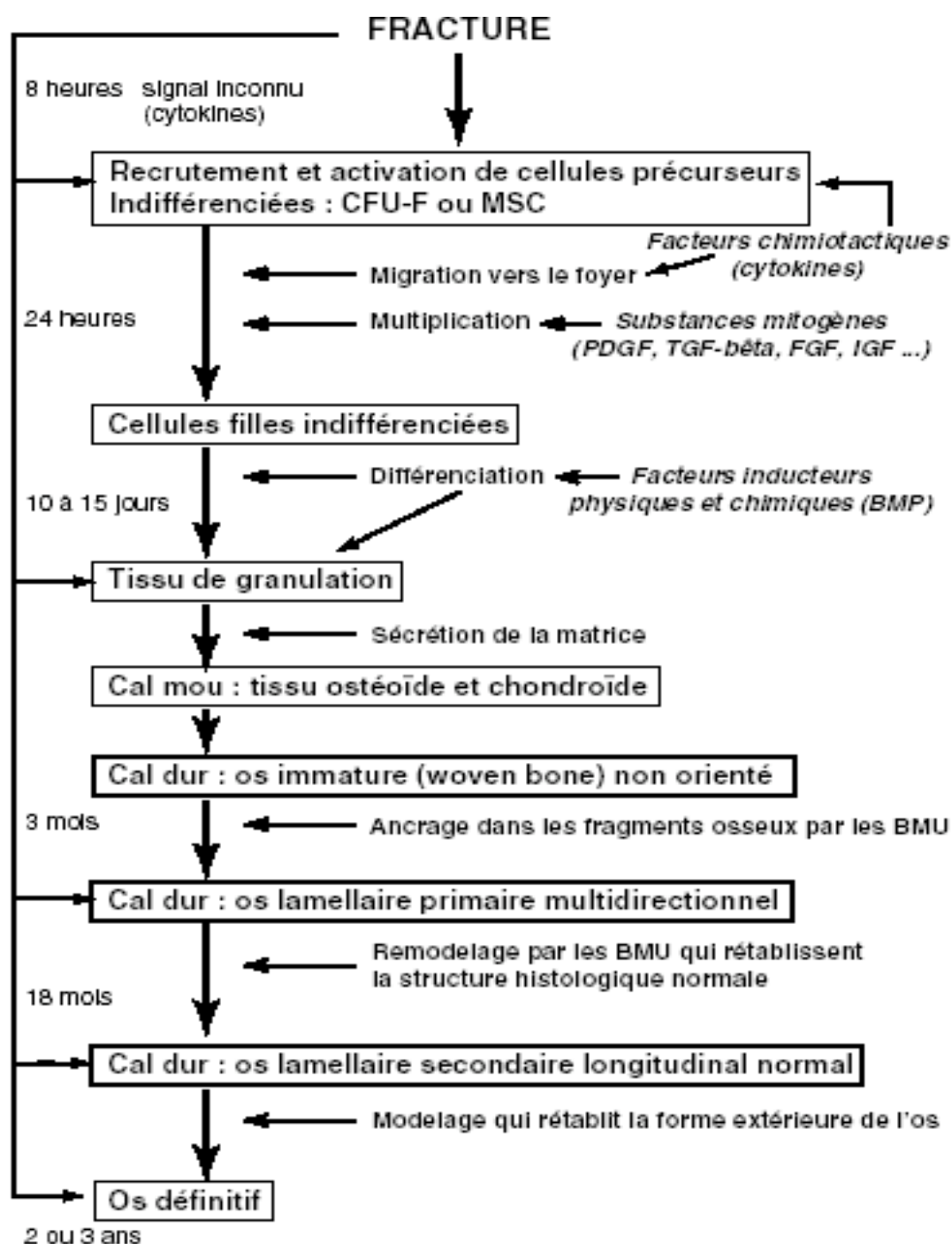


Figure 1 Étapes de la consolidation. CFU-F : colony forming unit fibroblastic ; MSC : mesenchymal stem cell ; PDGF : platelet-derived growth factor ; TGF : transforming growth factor ; FGF : fibroblast growth factor ; IGF : insulin-like growth factor ; BMP : bone morphogenetic protein ; BMU : unité de remodelage osseux.

Figure 51 : Etapes de la consolidation

Avantages / inconvénients du traitement orthopédique :

Il a l'avantage de ne pas entraîner de risque d'infection et minimise les risques de pseudarthrose. Il a pour désavantage le risque d'une réduction incomplète du foyer de fracture et de déplacement secondaire exposant à un cal vicieux et donc un retentissement articulaire secondaire. L'immobilisation qui comprend l'articulation sus et sous-jacente induit des troubles trophiques et des raideurs articulaires nécessitant une rééducation longue.

2. Processus de réparation de l'os cortical chez l'adulte au cours du traitement chirurgical :

Le traitement par ostéosynthèse modifie le déroulement de la consolidation osseuse.

Ostéosynthèse par plaque: L'action la plus nocive de l'ostéosynthèse est l'ouverture du foyer de fracture. L'évacuation de l'hématome fracturaire, qui comprend les cellules précurseurs indifférenciées en cours de multiplication et les substances mitogènes puis les facteurs ostéo-inducteurs (BMP, TGF...), va ralentir de façon considérable la production du cal osseux. Il est cependant possible de prélever l'hématome en début d'acte et de le remettre en place autour du foyer avant fermeture. Les lésions du périoste qui accompagnent l'ostéosynthèse supprime la formation du cal périosté et entraîne un nouveau type de consolidation.

Les facteurs inducteurs mécaniques prennent alors une importance considérable. Dans la situation idéale, de laboratoire le plus souvent, où l'ostéosynthèse est franchement stable, la consolidation corticale ne passe pas par le stade de cal mou fibro-cartilagineux. Si le contact inter-fragmentaire est rendu parfait, comme ça peut être le cas avec la mise en place de plaques à compression, les têtes foreuses des BMU vont passer directement le foyer, d'une corticale à l'autre. Les ostéons agissent alors comme des chevilles fixant directement le foyer de fracture. Il ne s'agit donc pas d'un processus de cal mais plutôt de remodelage. Le délai de consolidation est de l'ordre de 4 semaines, période durant laquelle la fracture tient grâce aux qualités mécaniques du montage d'ostéosynthèse. Lorsqu'il existe un espace entre les fragments, la consolidation corticale se réalise par invasion du cal médullaire.

Fait d'os immature, le cal médullaire évolue vers une structure trabéculaire

dense. L'ancrage de l'os immature est réalisé par des unités de remodelage osseux (BMU) venues de l'os immature et forant les extrémités des fragments de corticale. En pratique la consolidation se fait par l'association des deux mécanismes sus-cités. Le remodelage va se poursuivre durant 18 mois au minimum. C'est la raison pour laquelle le matériel d'ostéosynthèse ne doit pas être retiré sous peine de risque fracturaire accru.

Avantages / inconvénients de l'ostéosynthèse par plaque vissée : Cette ostéosynthèse permet en théorie une réduction anatomique parfaite des foyers de fracture. Les montages sont en règle générale stables et autorisent une rééducation précoce. Les inconvénients de l'abord direct du foyer sont l'augmentation des risques infectieux. Cette technique n'autorise pas la mise en charge de la fracture car le délai de consolidation est prolongé du fait de l'ouverture du foyer et de la dévascularisation.

Ce montage correspond à une fixation dite statique, c'est-à-dire que la raideur du montage est fixée une fois pour toute.

Ostéosynthèse par enclouage centromédullaire à foyer fermé : Au cours de cette ostéosynthèse, l'hématome fracturaire est en grande partie conservé. La portion médullaire est expulsée par l'alésage. Le cal périosté se forme sans contraintes supplémentaires, dans les délais habituels, il est généralement de gros volume.

Avantages / inconvénients : Cette technique limite le risque de dévascularisation et le risque infectieux. Le matériel est situé dans l'axe mécanique du segment fracturé et permet habituellement des montages solides autorisant une mise en charge précoce. Les inconvénients sont les difficultés d'obtenir le rétablissement de l'axe longitudinal en cas de fracture métaphysaire et le contrôle rotatoire des fragments.

En dehors des fractures comminutives, l'enclouage permet une fixation dynamique, c'est à- dire que la raideur du montage va varier dans le temps. Dynamiser l'enclouage signifie que le verrouillage du clou peut être reporté à la sixième semaine afin de stimuler la formation du cal périosté. Le déverrouillage tardif est possible afin de renforcer un cal déjà existant.

Ostéosynthèse par fixateur externe : Les indications de la fixation externe concernent principalement les fractures ouvertes. Les fixateurs modulaires (Hoffman, Othofix, Ilizaroff) permettent de corriger secondairement les imperfections de réduction initiale. Les avantages sont de diminuer les risques infectieux en particulier en cas de fracture ouverte contaminée. Les inconvénients sont la difficulté d'obtenir une réduction anatomique de la fracture, les risques d'infections sur les fiches, le retard de consolidation. Cependant le contexte dans lequel est employé cette fixation est à fort risque de défaut de consolidation.

L'intérêt est de protéger le foyer des contraintes extérieures dans un montage simple. Au cours des fractures comminutives l'ensemble des contraintes passe par le fixateur. De même que pour l'enclouage centromédullaire, la fixation externe peut devenir dynamique.

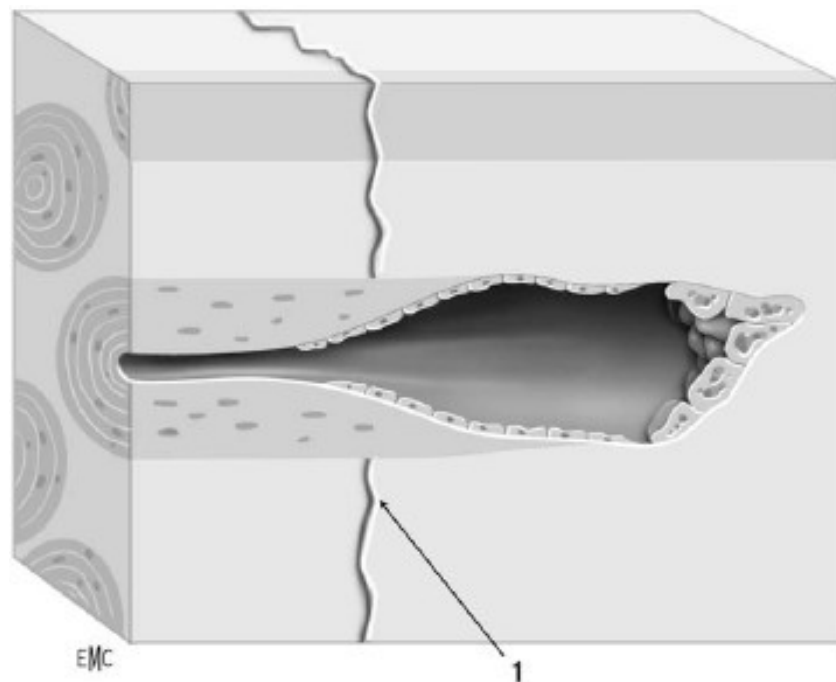


Figure 52 : consolidation par passage direct des ostéons

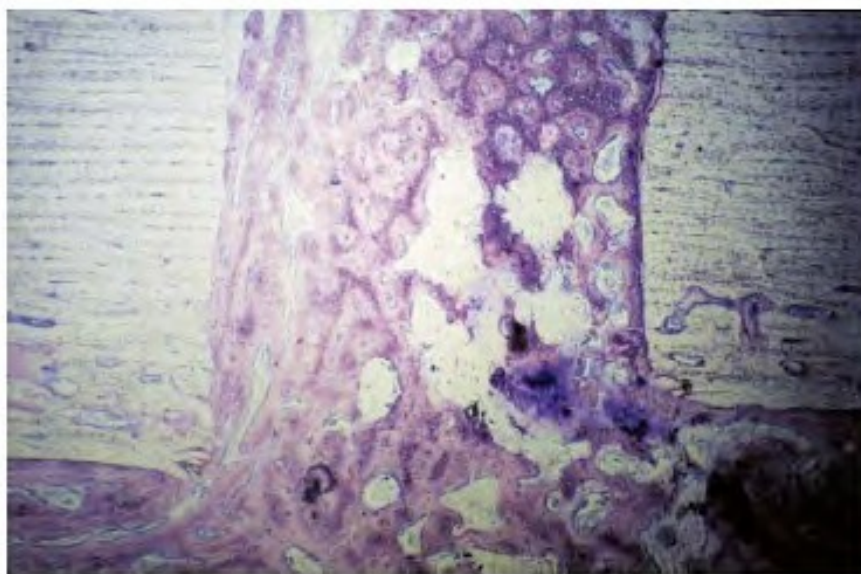


Figure 53 : comblement de la fente fracturaire par l'os immature

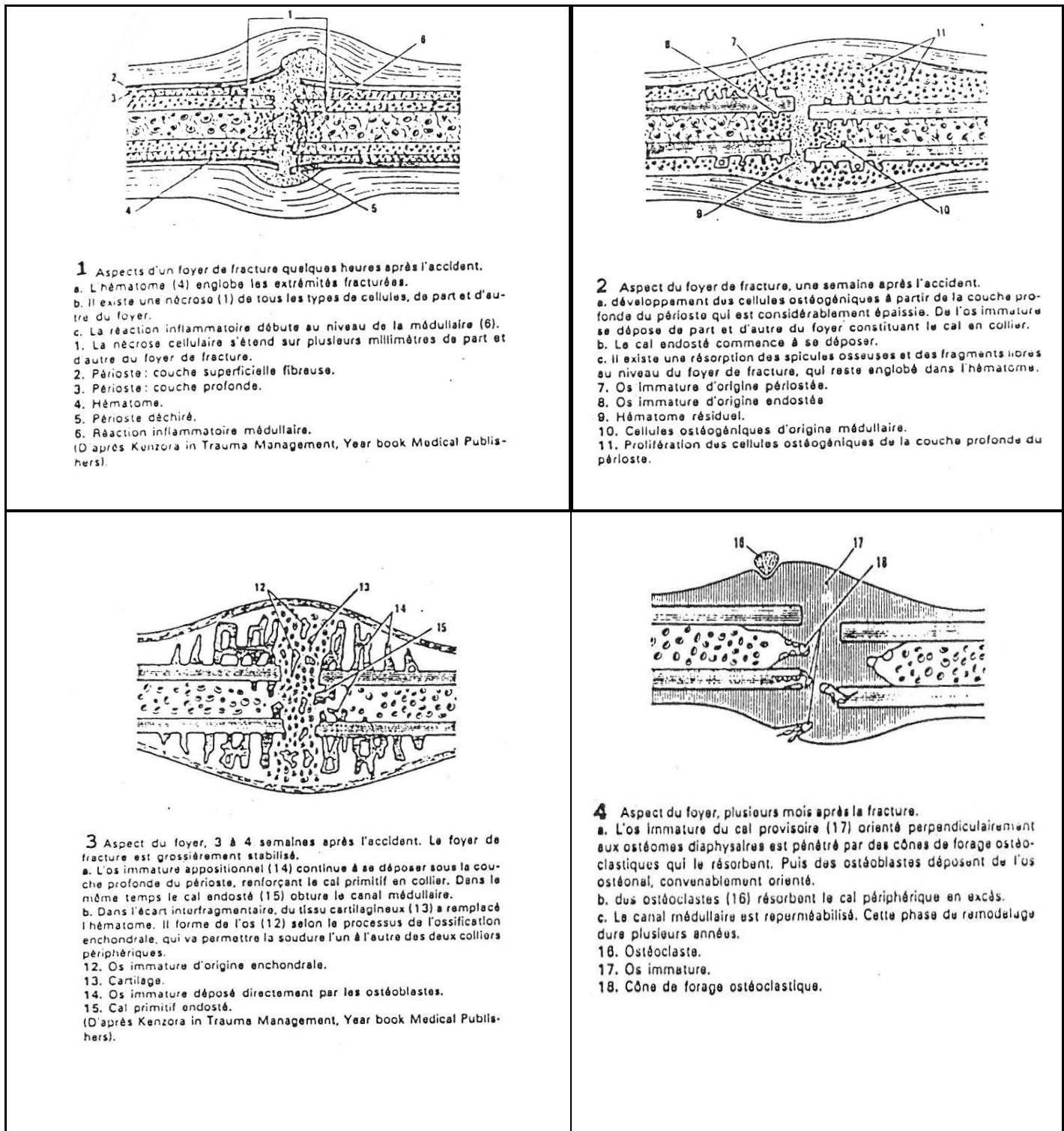


Figure 54 : Evolution du foyer de fracture

III. Anatomopathologie :

La pseudarthrose aseptique est la conséquence de :

- L'absence du processus d'ostéogénèse avec une sclérose des extrémités osseuses après une fracture dont le foyer reste stérile.
- Ou de l'arrêt de ce processus d'ostéogénèse avec absence d'ossification du tissu conjonctif provisoire [28].

a. Macroscopie [28] :

- **Pseudarthroses fibreuses simples (serrées):**

Les surfaces fracturaires sont en contact. Entre les fragments existe une nappe de tissu scléreux, dense, très dur, d'épaisseur variable (1mm à 1cm). Les extrémités osseuses sont plus ou moins raréfiées.

Lorsque la pseudarthrose date de longtemps, les fragments osseux se densifient en surface. Ils sont éburnés, c'est-à-dire composés d'os très dur aux rares canaux de Havers. En même temps, la couche compacte augmente d'épaisseur, des ostéophytes se développent ce qui en résulte une déviation irréductible de l'axe du membre.

- **Les pseudarthroses fibro-synoviales :**

Ce sont des néo-articulations qui se forment entre les extrémités osseuses, elles sont unies par une capsule, parfois il existe une véritable cavité synoviale.

- **Les pseudarthroses flottantes:**

L'écart entre les deux extrémités osseuses est très important, elles sont effilées et amincies. Cet écart est comblé par un tissu fibreux lâche et malléable.

b. Microscopie:

On distingue deux types de pseudarthroses :

- Les pseudarthroses avasculaires ou atrophiques.
- Les pseudarthroses hyper vasculaires ou hypertrophiques.

- **Les pseudarthroses avasculaires ou atrophiques [28]:**

Elles sont rares, compliquent souvent les fractures comminutives opérées, dans lesquelles les fragments principaux sont séparés par d'autres, intermédiaires, dévascularisés par le traumatisme ou par le chirurgien.

Ce type de pseudarthrose peut compliquer également une fracture à troisième fragment dévascularisé par ostéosynthèse ou encore une fracture où l'ostéosynthèse est responsable d'un dépériostage des fragments intermédiaires qui évoluent vers la nécrose.

Donc, dans la pseudarthrose atrophique et dès le stade initial, il existe une sclérose des extrémités osseuses responsable d'un état définitif de non-consolidation par défaut de vascularisation.

Radiologiquement, il y a absence du cal périphérique, et la résorption des extrémités fracturaires est parfois considérable réalisant l'aspect en « queue de radis » ou « baguette de tambour ».

Une scintigraphie au technétium montrerait l'absence d'activité ostéogénique au niveau du foyer, et il sera alors nécessaire dans ces situations d'associer à la contention solide, des facteurs permettant une réaction d'hyper vascularisation sous forme de greffe spongieuse ou de décortication ostéo-musculaire.

- **Les pseudarthroses hyper vasculaires ou hypertrophiques [28] :**

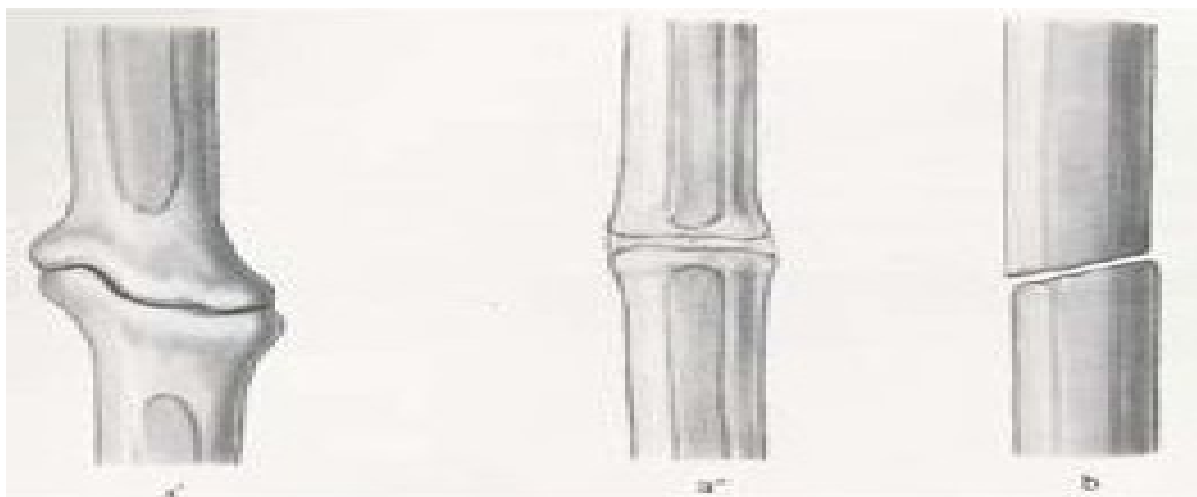
Ce sont les pseudarthroses les plus fréquentes, elles traduisent une lutte de l'organisme, cherchant à consolider une fracture en dépit des facteurs qui s'opposent à sa guérison : défaut d'immobilisation, absence de compression axiale.

Elle représente le prolongement excessif du deuxième stade de prolifération conjonctive, la métaplasie tarde à se faire ou ne se fait pas, seule la formation de travées conjonctives arrive à stabiliser de façon relative le foyer de fracture sans qu'il existe une véritable ossification.

Ces pseudarthroses sont appelées également réactionnelles.

Radiologiquement, il y a un élargissement de la fente inter fragmentaire par résorption ostéoclasique de l'os, une formation d'un cal de fixation périosté, un épaissement de l'extrémité des fragments réalisant l'aspect de pseudarthrose « en patte d'éléphant ».

Cette pseudarthrose hyper vasculaire n'est pas un état définitif, mais un état dynamique dont le cal fibreux est ossifiable, cette pseudarthrose mise dans de bonnes conditions (immobilisation stricte), elle évolue vers la consolidation.



- a. Forme hypertrophique, réactive, bien vascularisée (a' : patte d'éléphant, a'' : sabot de cheval)
- b. Forme sans réaction, peu vascularisée ou même à extrémités nécrotiques

Figure 55 : types de pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale[28]

IV. Diagnostic positif de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale :

A. La clinique :

La clinique repose sur l'interrogatoire et un examen clinique complet.

1. L'interrogatoire:

- a. Le délai entre le traumatisme et la pseudarthrose.
- b. Les antécédents du patient : Médicaux (HTA, diabète, tabagisme ...), Chirurgicaux et Autres.
- c. Les signes fonctionnels :
 - Pseudarthrose hypertrophique : [29-30-31]

La douleur à la mobilisation ou à l'appui en est le signe principal et parfois même le seul signe de non consolidation. Cette douleur reste cependant le plus souvent modeste et revêt tous les caractères d'une douleur mécanique aggravée par les efforts et calmée par le repos. Ceci n'a de valeur que devant une fracture traitée par des moyens orthopédiques ou une ostéosynthèse incomplètement rigide. Lorsque la reprise fonctionnelle a déjà été autorisée, le blessé peut se plaindre aussi d'instabilité de son membre et de fatigue anormale.

L'augmentation de la chaleur locale est assez facilement appréciée manuellement par comparaison au côté opposé. Elle traduit l'hypervascularisation d'un foyer d'ostéogenèse encore actif. Son association dans certains cas à la rougeur peut faire penser à tort à une infection latente. La mobilité anormale étant plus rare à mettre en évidence.

➤ Pseudarthrose atrophique :

Si la fracture n'a pas été consolidifiée, on retrouve une mobilité anormale d'assez grande amplitude. Il s'agit là d'un test dont le résultat dépend de deux variables:

Le moment des forces appliquées au segment du membre testé, et l'application manuelle et visuelle d'une mobilité et d'une déformation angulaire. Il est plus rare que des craquements audibles à l'oreille ou au stéthoscope soient perçus lors de la mobilisation. Par contre, il n'existe aucun signe d'activité du foyer, en particulier aucune élévation de la chaleur locale, aucune rougeur des téguments en regard.

2. L'examen clinique :

a. L'inspection :

On recherche :

- Une déformation angulaire du bras.
- Un raccourcissement du membre supérieur.
- Une amyotrophie bicipitale.
- Une rougeur des téguments en regard du foyer de pseudarthrose qui traduit l'hyper vascularisation de ce foyer et qui se voit dans les pseudarthroses hypertrophiques.

b. La palpation :

On recherche :

- Une douleur à la palpation des téguments en regard du foyer de pseudarthrose.
- Une mobilité anormale du foyer de pseudarthrose si la fracture n'a pas bénéficié d'une ostéosynthèse.
- Une diminution de la force musculaire.

c. Les mouvements articulaires :

On recherche une limitation de la mobilité de l'épaule et du coude.

d. L'examen vasculo-nerveux :

On recherche :

- Une atteinte vasculaire par la palpation des pouls : huméral, radial et cubital.
- Une atteinte neurologique notamment une paralysie radiale qui se traduit par un déficit de l'extension du poignet et du pouce, et des troubles de sensibilité.

B. La radiologie : [32]

On distingue deux types de pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale : les pseudarthroses hypertrophiques et les pseudarthroses atrophiques.

❖ Les pseudarthroses hypertrophiques :

1. La radiographie standard montre :

- a. Un élargissement du cal périphérique donnant l'aspect classique d'hypertrophie en « patte d'éléphant » des extrémités fracturaires.
- b. Une ligne claire sépare nettement les extrémités fracturaires en rapport avec la persistance du trait de fracture.
- c. Une densification du trait de fracture avec obturation du canal médullaire.
- d. S'il y avait une ostéosynthèse, il existerait souvent des signes de mobilité :
 - Chambre autour de la partie épiphysaire d'un clou centromédullaire ou autour d'une vis.
 - Saillie d'une ou de plusieurs vis.
 - Angulation d'une plaque vissée.
 - Rupture du matériel d'ostéosynthèse.

2. L'artériographie montre:

La persistance d'une hyper vascularisation.

3. La scintigraphie au technétium montrera :

Une hyperfixation témoignant d'une activité ostéogénique important et persistant.

❖ **Les pseudarthroses atrophiques:**

4. La radiographie standard montre :

- L'absence du cal périphérique.
- La résolution parfois considérable des extrémités qui sont parfois effilées en queue de radis, avec même dans certains cas une perte de substance osseuse.
- Les extrémités sont denses, sclérosées, et le canal médullaire obturé.
- Le matériel d'ostéosynthèse n'est pas obligatoirement rompu.

5. La scintigraphie au technetium:

Montrerait l'absence d'activité ostéogénique au niveau du foyer de pseudarthrose.

6. L'artériographie:

Montre l'absence totale de la vascularisation au niveau du foyer de pseudarthrose.

L'obtention d'un membre à la fois solide et fonctionnel reste le but désiré de tout traitement en pathologie traumatique et orthopédique, et que les résultats fonctionnels dépendent, non seulement des méthodes thérapeutiques utilisées, mais aussi:

- De l'ancienneté de la pseudarthrose.
- De son siège.
- De la multiplicité des interventions.
- De la durée d'immobilisation.
- De l'existence ou non d'une complication supplémentaire septique ou, neurologique telle qu'une paralysie radiale.
- De la valeur de la rééducation.
- Et de la coopération du malade.

V. Thérapeutique :

1. Buts du traitement:

Le but du traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale est d'obtenir dans les meilleurs délais:

- La consolidation du foyer de pseudarthrose.
- la conservation d'une fonction satisfaisante du membre supérieur.

Nous aborderons dans cette partie les moyens de stabilisation du foyer de pseudarthrose; les moyens de stimulation de l'ostéogenèse, qui sont dominés par les greffes osseuses et où les autogreffes représentent le meilleur moyen de provoquer la reviviscence du foyer pseudarthrosique: "Merle d'Aubigne.

2. Principes du traitement :

Il consiste à réaliser :

- Une contention stable du foyer de pseudarthrose.
- Une stimulation de l'ostéogenèse dans ce foyer.
- Les rapports étroits que le nerf radial contracte avec la diaphyse font que l'abord osseux doit, comme dans les fractures fraîches, être précédé d'une exploration systématique du nerf, puis complété en fin d'intervention par une remise en sécurité du nerf radial en le transportant en tissus musculaire sain, loin du foyer d'ostéosynthèse.
- La rééducation reste toujours un complément indispensable du traitement, non seulement chez les malades ayant souffert de longues périodes d'immobilisation, mais aussi chez ceux qui présentent ou ayant présenté une paralysie radiale associée.

3. La Conduite du traitement :

Les contraintes biomécaniques de l'humérus sont complètement différentes de celles du fémur ou du tibia car elles siègent sur un membre en décharge.

Les principes thérapeutiques sont donc différents.

Les traitements proposés vont tendre à bloquer les forces de torsion et de distraction qui s'exercent majoritairement. Cette fixation rigide des rotations peut être associée à une compression du foyer de pseudarthrose et à une stimulation de l'ostéogénèse par décortication ostéo-musculaire et /ou greffe osseuse.

A. Les moyens de contention du foyer de pseudarthrose :

La stabilisation mécanique du foyer représente l'élément primordial et le premier à assurer devant toute pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale.

Tous les moyens pouvant assurer une stabilité satisfaisante du foyer de pseudarthrose peuvent être utilisés :

- L'immobilisation plâtrée.
- La plaque vissée.
- Le clou centromédullaire verrouillé.
- Le fixateur externe.

a. L'immobilisation plâtrée [33]: (Figure 56)

Elle est de moins en moins utilisée dans le traitement des pseudarthroses du fait de :

- L'instabilité relative de l'immobilisation.
- La longue période nécessaire pour la consolidation.
- Et l'importance des séquelles secondaires à une immobilisation trop prolongée :
 - Macération cutanée
 - Raideur articulaire avec capsulite rétractile de la scapulo-humérale.
 - Troubles circulatoires locaux
 - Douleurs résiduelles.

Ailleurs, le plâtre ne trouve d'indications que :

- Pour compléter la contention déjà assurée par un matériel de synthèse dont la rigidité est devenue insuffisante.
- En post-opératoire, sous forme d'attelle pour renforcer une immobilisation correcte par synthèse.
- Après échecs multiples avec les autres moyens de contention et par manque d'autres moyens.



Figure 56 : Immobilisation plâtrée

b. Ostéosynthèse interne par plaque vissée : [34–35–36] (Figure 57)

Les principes de base de l'ostéosynthèse interne sont les mêmes pour les pseudarthroses et pour les fractures récentes. Le but recherché dans les deux cas est une stabilité permettant la mobilisation des articulations.

➤ Principe d'application des plaques :

La plaque d'ostéosynthèse sert à maintenir les fragments osseux dans la position optimale pour permettre la consolidation osseuse. La plaque agit selon les différents principes qui peuvent être appliqués, soit isolément, ou combinés, la plaque peut servir d'attelle, elle peut comprimer ou, au contraire, soutenir.

> Les plaques simples:

La plaque fixe la fracture dans la position de réduction parfaite, aucune compression n'est exercée. Cette plaque transforme le foyer fracturaire en une charnière qui possède un axe de mobilité situé sous la plaque :

- Si la plaque est située sur la face corticale soumise aux forces de traction, le foyer subit une compression égale à la traction, du moins si la coaptation est parfaite (ostéosynthèse au hauban); ce qui n'est réalisable qu'en théorie ou expérimentalement sur une pseudo fracture réalisée à la scie.
- La plaque attelle: Le principe de l'attelle ne permet pas de stabiliser rigoureusement un foyer de pseudarthrose même avec une plaque rigide. Une attelle qui pontait un trait de fracture resté ouvert, fléchira toujours sous l'influence des contraintes extérieures. La plaque peut, par contre, protéger la fixation stable mais fragile d'un foyer réduit, obtenue avec compression par une ou plusieurs vis de traction, en supportant une partie de la charge fonctionnelle de l'os.
- La plaque de soutien (dite d'alignement): Dans cette situation, la plaque agit comme une pure attelle. Par sa rigidité propre, elle empêche un

raccourcissement relatif des fragments, surtout dans les fractures métaphysaires avec perte de substance osseuse et/ou qui sont impactées par effet de piston.

Ainsi et dans le but de diminuer ces contraintes en flexion de la plaque, il a été proposé une mise en compression du foyer réduit sous la plaque par une véritable précontrainte.

> Les plaques à compression:

Recommandée en 1947 par Danis, la compression longitudinale permet un engrènement du foyer de fracture sous la plaque préalablement tendue puis fixée au-dessus de la fracture. Cette plaque à compression a cependant deux désavantages majeurs :

1. L'effet de compression est asymétrique. En effet, la compression n'est effective que sur environ 20% de la surface fracturaire (corticale sous-jacente à la plaque), et pendant un court délai de 72 heures (du fait de la résorption osseuse et des propriétés vaso-élastiques de l'os), le reste du foyer (corticale opposée à la plaque) n'est pas comprimé, voire même il garde certaine béance sous l'effet de traction qu'il subit, car lors de la compression, le bord opposé à la plaque s'ouvre d'autant plus que la compression appliquée est plus élevée.

La plaque devrait donc être appliquée de façon qu'elle exerce une compression bilatérale; cela peut se faire de deux manières:

- En faisant intervenir la charge normalement asymétrique de l'os par traction musculaire et par la réparation pondérale. Pour obtenir cet effet, Muller a insisté sur la nécessité de placer la plaque sur la face osseuse soumise à des contraintes en traction; c'est la plaque de neutralisation. La plaque placée à la face externe sous une forte tension, simule le hauban musculo-

aponévrotique en subissant les sollicitations en traction auxquelles elle résiste bien.

Mais, un problème se pose lorsqu'au moment de l'activité courante, les contraintes en traction passent d'une surface osseuse à l'autre, la face sous-jacente à la plaque sera alors alternativement sollicitée en traction et en compression. Lorsque la face en contraction est perpendiculaire à celle sur laquelle est fixée la plaque, celle-ci est bien placée pour résister à la flexion, mais par contre, ce sont les vis qui sont soumises à des forces de flexion et de torsion auxquelles elles résistent peu. Quant au foyer de fracture, il n'est plus soumis à un effet de compression, et peut même voir sa stabilité menacée.

- En réalisant un précoudage préalable de la plaque. Il s'agit d'une technique supplémentaire pour obtenir une compression bilatérale statique. L'effet ressort ainsi obtenu permet de comprimer la corticale opposée à la plaque.

Proposé en 1958 par Bagby et James, le cintrage préalable de la plaque a été étudié par Diehl en 1974; le résultat obtenu est une mise en compression de l'ensemble du foyer qui est soumis de cette façon à une charge quasi axiale.

Ce précintringe n'est cependant guère recommandable par certains, car il modifie les propriétés mécaniques de la plaque, diminuant par là sa résistance à la fatigue, et augmentant donc les risques de rupture.

1. L'effet de compression est plus faible que la compression obtenue par la vis de traction inter-fragmentaire. En général, une fixation préalable de la fracture par des vis de traction qui compriment les fragments dans une position optimale, serait préférable. Les vis de traction peuvent être situées à côté de la plaque à compression ou être intégrées dans celle-ci.

> Le coaptateur de Danis:

Il est constitué par une plaque très robuste, comportant un dispositif permettant

la mise en pression positive des fragments, après la coaptation.

Une vis longitudinale se visse au bout de la plaque et vient prendre appui contre une vis déjà fixée sur l'un des fragments mais encore mobile dans un orifice perforant la plaque. Lorsque la pression désirée est atteinte, la plaque est fixée dans sa position définitive.

Le coaptateur de Danis offrant le double avantage de la solidité et de la pression positive, il constitue actuellement le meilleur matériel à proposer pour obtenir la contention la plus rigide en matière des retards de consolidation des pseudarthroses.

Creysse et Decoux se sont fait les défenseurs du procédé d'utilisation du coaptateur de Danis dans le traitement des pseudarthroses qui, entre leurs mains, a abouti à des résultats très satisfaisants.

➤ **Mise en place [37]: (Figure 57)**

❖ **Cintrage:**

L'adaptation de la plaque à la forme de l'os nécessite souvent son cintrage qui s'effectue à l'aide d'une presse, de fers à courber ou de pinces. Il faut essayer de cintrer les plaques entre les trous pour ne pas trop les fragiliser et également éviter les mouvements alternés.

Le cintrage est en général relativement aisé sur le plat et difficile sur le champ opératoire.

Dès que cela est possible, il faut utiliser des plaques pré-modélées.

❖ **Nombre de vis:**

Le nombre de vis indispensables pour fixer une plaque à l'os dépend de la taille et du poids du sujet, ainsi que de la taille et de la qualité de l'os. On considère qu'il faut prendre 6 corticales de chaque côté du foyer pour l'humérus; ce nombre doit être augmenté en présence d'une ostéoporose sévère.

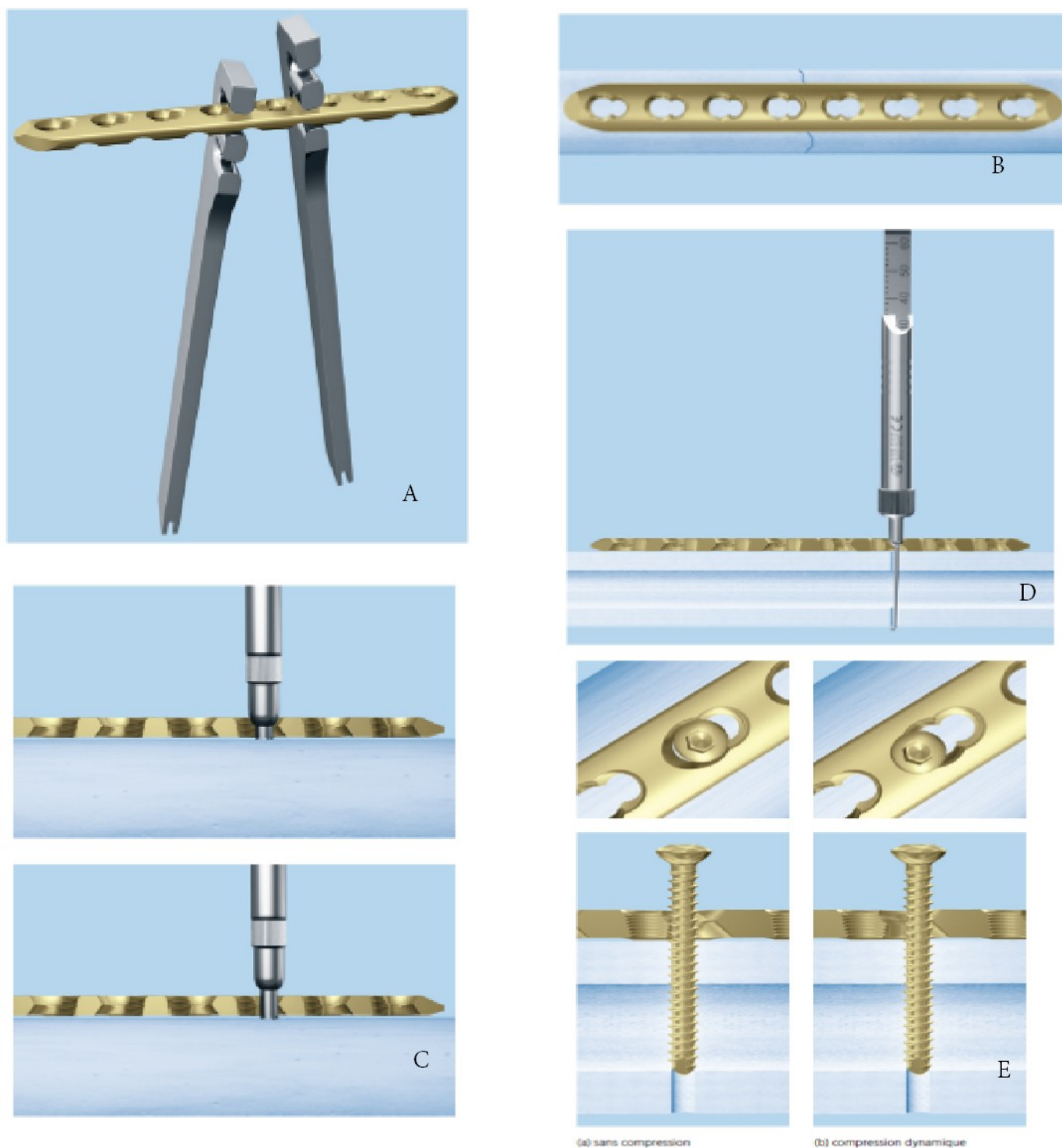


Figure 57 : A: le Cintrage de la plaque. B: le Positionnement de la plaque. C: le choix de la position du guide meche. D: Détermination de la longueur de vis .E : Insertion de la vis standard(à spongieux et à corticale)[38]

➤ Défaillance de l'ostéosynthèse par plaque vissée :

Il existe deux défaillances possibles d'une ostéosynthèse par plaque vissée:

- La rupture de la plaque.
- La mobilisation des Vis.

❖ Rupture de la plaque: (Figure 58)

La rupture d'une plaque est à l'heure actuelle exceptionnellement due à un défaut du matériel.

La plaque ne peut pas se casser si les contraintes qu'elle subit sont inférieures à la limite de fatigue du matériel qui la constitue. Lorsque la fracture est consolidée, la plaque est soumise à des contraintes faibles et elle peut rester indéfiniment en place sans se rompre. Si la plaque se casse, c'est que la fracture ne s'est pas consolidée. Les raisons de cette non-consolidation constituent un autre problème, mais dans la grande majorité des cas, il s'agit d'une ostéosynthèse qui d'emblée était instable.

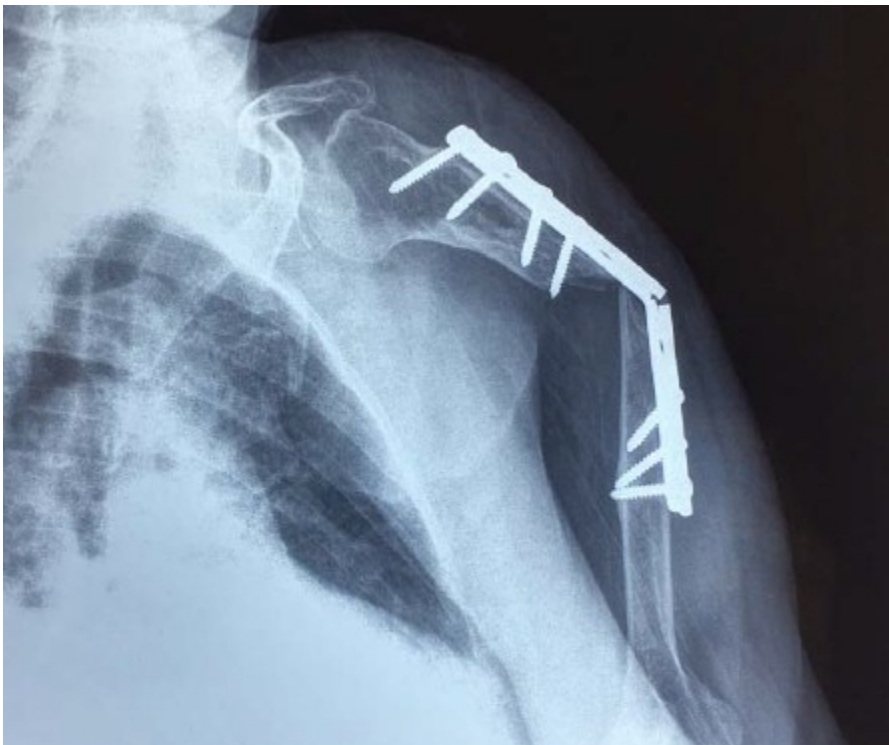


Figure 58 : radiographie montrant une rupture d'une plaque [9]

❖ Mobilisation des vis: (Figure 59)

Les vis les plus proches du foyer de fracture sont les plus sollicitées et sont les premières à se mobiliser sous l'influence des contraintes créées par les mouvements du membre, Leur recul visible sur les radiographies, est un signe d'alerte qui doit entraîner une immobilisation temporaire.

Lorsque les vis les plus proches du foyer sont devenues inefficaces, ce sont les vis suivantes qui sont soumises à leur tour à des contraintes excessives.

Si le cal ne se forme pas, stabilisant le montage, les vis vont se dévisser légèrement les unes après les autres, puis la plaque s'arrachera de l'os.

La mobilisation des vis est donc la cause principale de défaillance de l'ostéosynthèse par plaque. Pour améliorer celle-ci, il faut donc diminuer le risque de mobilisation des vis, c'est-à-dire en pratique diminuer les contraintes qu'elles subissent.

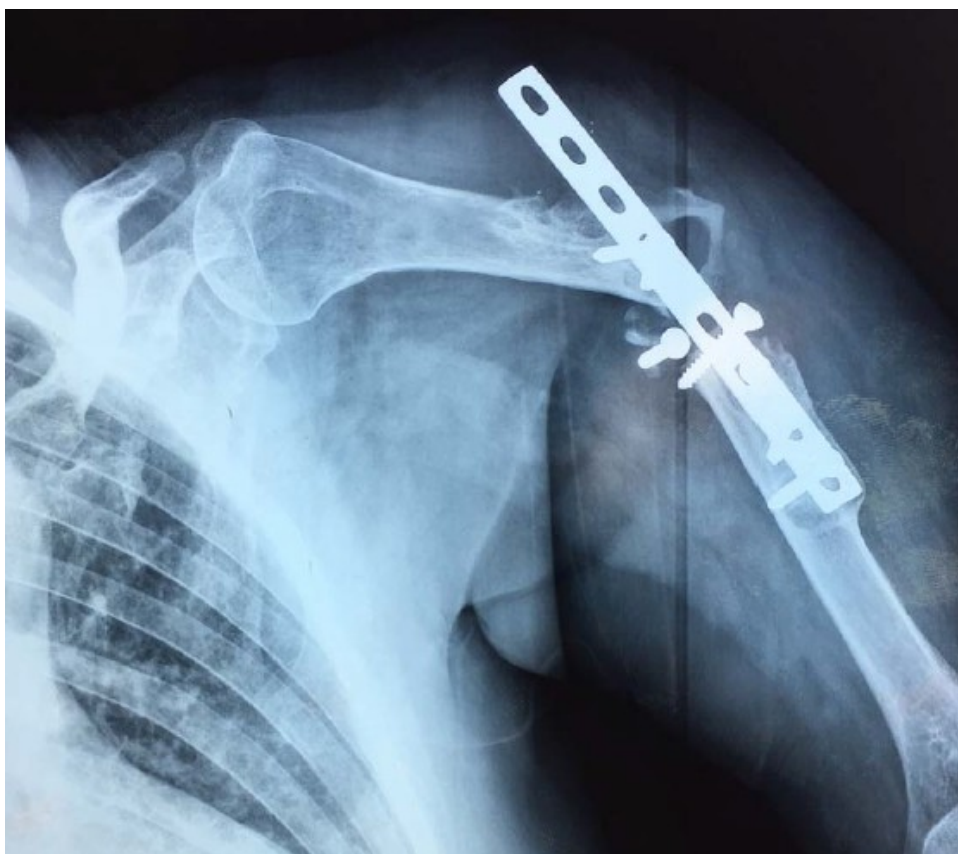


Figure 59: radiographie montrant une mobilisation des vis [9]

➤ **Ablation du matériel** :

L'ablation des plaques vissées ne pose pas problèmes techniques, sauf lorsqu'elles sont recouvertes d'os. Il faut alors les dégager au ciseau à os en conservant soigneusement les contreforts osseux latéraux pour ne pas fragiliser l'os.

Il est admis à l'heure actuelle, que les plaques vissées diaphysaires ne doivent pas être enlevées avant un délai de 2ans. Cette précaution est destinée à minimiser le risque de fractures itératives après ablation du matériel.

➤ **Indications** :

Le traitement par plaque vissée et greffe osseuse des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale est le traitement le plus effectué et le plus décrit dans la littérature. Il est reproché à ce traitement un risque élevé d'infection et de paralysie radiale.

Ces complications peuvent être minimisées par une technique chirurgicale rigoureuse. Ainsi, le nerf radial doit être repéré avant tout autre geste, notamment en zone saine dans le cadre d'une pseudarthrose sur plaque vissée. La mise en place d'une plaque vissée antérieure permet d'éviter le passage du nerf sur la plaque. Le nerf est stimulé en fin d'intervention pour juger de sa vitalité [39].

Ce traitement conserve de nombreux avantages:

- L'abord du foyer permet le nettoyage du tissu fibreux d'interposition.
- L'ostéosynthèse par plaque vissée permet une fixation rigide dans tous les plans.
- Elle permet également une mise en compression.

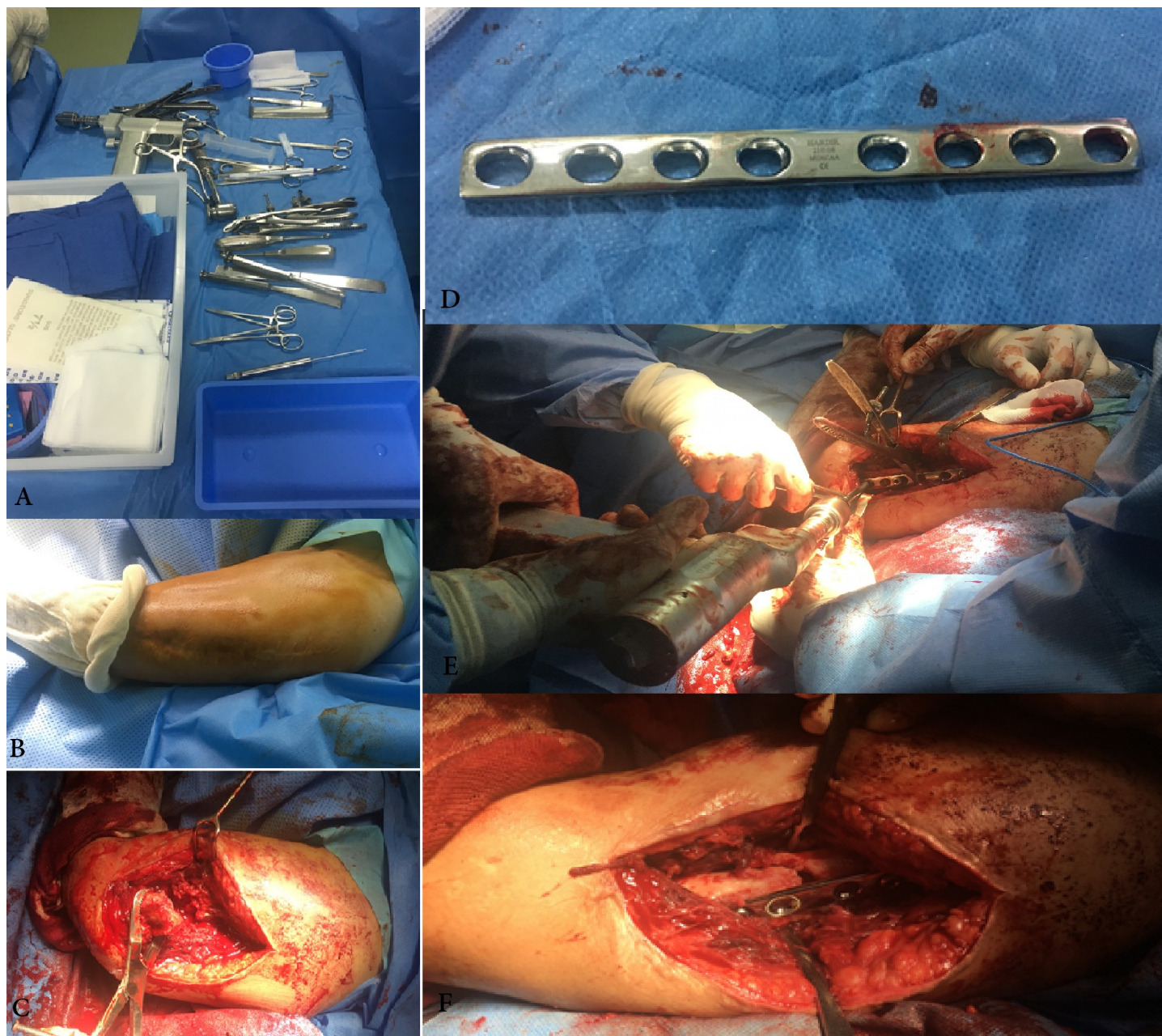


Figure 60 : A: Matériel d'ostéosynthèse B: le bras était parallèle au sol. C: voie d'abord externe. D : la plaque vissée après ablation. E: la mise en place de la plaque vissée. F : la plaque vissée en place. [9]

c. L'enclouage centromédullaire verrouillé:[40]

➤ Description :

- ❖ L'enclouage centromédullaire a pour but de réaliser une ostéosynthèse stable et solide offrant une bonne résistance à la flexion et à la rotation. L'utilisation d'un clou centromédullaire permet d'assurer les deux impératifs de la chirurgie osseuse:

Assurer une immobilisation stricte du foyer de fracture et permettre la mobilisation des articulations sus et sous-jacentes.

- ❖ L'enclouage verrouillé consiste à solidariser les fragments épiphysaires au clou par l'intermédiaire des vis évitant le risque de leur rotation.

Cet enclouage permet deux types de montage:

- Un montage statique: dont le verrouillage est à la fois supérieur et inférieur.
- Un montage dynamique : dont le verrouillage n'est effectué qu'au niveau d'une seule épiphyse supérieure ou inférieure selon la localisation de la pseudarthrose.
- ❖ on décrit 4 types d'enclouage:
 - Enclouage sans alésage.
 - Enclouage avec alésage.
 - Enclouage à foyer ouvert.
 - Enclouage à foyer fermé.

>L'enclouage centromédullaire de KUNTSCHER:

Il consiste à introduire dans le canal médullaire un clou de 9 à 11 mm de diamètre, par voie sous acromiale ou sus olécranienne.

C'est un dispositif qui présente l'avantage de pouvoir obtenir une bonne stabilité du foyer grâce à l'alésage. Cependant, la compression est irréalisable sinon de moins bonne qualité que la plaque vissée. Ceci pousse certains auteurs à essayer d'obtenir une stabilité par enclouage centromédullaire verrouillé.

Autre inconvénient de ce type de traitement c'est qu'il est difficile à réaliser lorsqu'il s'agit d'une pseudarthrose atrophique du fait de l'imperméabilité du canal médullaire.

En fait, c'est une méthode essentiellement indiquée pour les pseudarthroses hypertrophiques sans nécessité d'intervenir sur le foyer. Elle permet une immobilisation axiale mais demeure déficiente sur les mobilités rotatoires, d'où l'intérêt de pratiquer un alésage ou un verrouillage du clou comme le préconise JM.BEGUIN et COOL.

>L'enclouage verrouillé de l'humérus selon SEIDEL :

Les nombreuses critiques dont souffre le clou de l'humérus ont incité SEIDAL [41] à partir de 1985 à proposer un système de verrouillage proximal et distal. La voie d'abord est différente de celle mise au point par KUNTSCHER.

Le point d'entrée est la limite du cartilage articulaire. CHI- CHUAN W.N, dans une série de 32 pseudarthroses de la diaphyse humérale, a tenté d'améliorer la qualité du clou de SEIDAL par l'adjonction d'une agrafe qui est insérée après avoir percé deux trous au-dessus et au-dessous du foyer de pseudarthrose. Ceci dans la perspective de renforcer la stabilité du clou de SEIDAL et de simplifier la technique opératoire.

➤ **Indications:**

Certains auteurs ont été tentés par l'enclouage centromédullaire verrouillé dans le traitement des pseudarthroses diaphysaires de l'humérus [42- 43- 44-45]. Ils avancent la possibilité de faire une synthèse à foyer fermé en évitant ainsi de dévasculariser, de dépérioster et en réduisant le risque infectieux

Dans la littérature, la plupart des études montre que le traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale par enclouage centromédullaire verrouillé sans contention ni greffe complémentaire, est susceptible de s'assortir d'un taux élevé d'échec. [46- 41- 47- 48]

Ces différentes études n'ont pas permis d'identifier les facteurs explicatifs des échecs. La constatation de ces mauvais résultats a conduit à interrompre l'application de la méthode, c'est pourquoi les différentes séries comportent un effectif relativement restreint.

Il semble qu'un rôle néfaste à la consolidation ait pu être joué par certains facteurs, parmi lesquels on peut supposer d'une part l'existence de conditions locales péjoratives et d'autre part une stabilité primaire insuffisante du montage [46].

Ces facteurs locaux péjoratifs, en dehors d'éventuelles interpositions, pourraient être liés à des conditions précaires de vascularisation osseuse. L'observation de REMIGER et al [84] d'une nécrose ischémique corticale segmentaire après enclouage avec alésage, suggère que la vascularisation endo-médullaire puisse assurer un rôle prédominant.

Dans cette hypothèse l'enclouage et/ou l'alésage centro-médullaires pourrait, du moins chez certains patients, léser des afférences essentielles et compromettre la consolidation. Ceci expliquerait que les avantages habituels du respect de la vascularisation périphérique obtenu grâce à l'enclouage à foyer fermé ne soient pas retrouvés dans la localisation humérale.

Les séries d'enclouages verrouillés réalisés pour des fractures fraîches ne permettent cependant pas d'infirmier ou d'étayer formellement cette hypothèse. En effet, la fréquence des pseudarthroses rapportée par les auteurs apparaît généralement entre 4 et 8%. GAULLIER et al [49], RIEMER et al [50], BLUM et al [51], CRATES et WHITTLE [52], ROMMEN et al [53] et SCHARTZ et al [34]. De tels taux bien qu'apparaissant comme un peu élevés en matière d'enclouage à foyer fermé de fractures diaphysaires, ne permettent cependant pas de supposer un rôle très délétère de l'enclouage. De plus KEMPF et al [55] LIN [56] et KELSH et al [35] rapportent sur des effectifs conséquents, respectivement 41,48 et 81 fractures, des taux nuls du moins pour les patients qui ont pu être régulièrement suivis.

La comparaison entre ces séries ne permet pas d'identifier clairement les facteurs d'échecs. L'effet de l'alésage reste incertain.

L'observation par RIEMER [50] d'un taux de non-consolidation plus grand lorsque le canal médullaire est étroit (inférieur ou égal à 9mm), nécessitant donc un alésage plus poussé, pourrait être en facteur d'un rôle néfaste de cet alésage. A l'inverse, l'étude de ROMMENS [53] apporte un argument suggérant l'absence de rôle prépondérant de l'alésage sur la non consolidation cette série présente en effet un des taux les plus-élevés de non consolidation, avec 5 échecs sur 68 patients revus (7,4%), alors que les enclouages ont toujours été réalisés sans alésage.

Qu'elle soit liée ou non à une vascularisation locale précaire, l'hypothèse d'une capacité ostéogénique faible pourrait constituer un argument pour adjoindre systématiquement à l'enclouage une **greffe** osseuse autologue comme le propose WU et SHIH [57].

CHRISTENSEN [58] en 1976 propose l'utilisation d'un clou mais ne greffe que deux patients sur 13 patients. Il obtient la consolidation que dans 53% des cas. Cette publication a eu le mérite de montrer que la simple immobilisation du foyer de pseudarthrose ne permet pas de relancer le processus de consolidation.

Cependant l'association systématique d'une greffe comporte, en dehors des inconvénients propres de la prise de greffe, l'inconvénient de devoir aborder le foyer même lorsque l'enclouage aurait pu être réalisé sans exposition ni dévascularisation supplémentaires. De plus cette greffe complémentaire n'a pas permis d'assurer un succès constant ni dans l'expérience de WU et SHIH [57], ni dans celle de CRATES et WHITTLE [52].

Il apparaît ainsi que si des conditions locales peu propices à la consolidation peuvent être suspectées, elles ne sont pas clairement identifiées et une greffe osseuse complémentaire n'apporte pas un bénéfice décisif lorsqu'elle est associée à un enclouage.

L'autre facteur susceptible de jouer un rôle néfaste sur la consolidation pourrait être un défaut de stabilité primaire des montages.

Ceci a été incriminé par DUJARDIN et MAZIRT [59], THOMSEN [60] SCHWARTZ et POSCH [61], qui supposaient une défaillance du système d'expansion du clou de SEIDEL et regreffaient l'impossibilité de conserver un effet de compression sur le montage.

ABDELFATAH [62] en 1982 compare 3 types de traitement :

- plaque + compression + greffe: 14 cas, 14 succès.
- plaque + compression: 5 cas, 3 succès, 2 réinterventions avec autogreffe permettant d'obtenir la consolidation.

- clou + greffe: 6 cas, 2 succès, 4 réinterventions permettant d'obtenir la consolidation, 2 fois par nouvelle greffe, 2 fois par ablation du clou et mise en compression sur plaque plus greffe.

En outre, les données de la littérature ne permettent pas d'établir une éventuelle hiérarchie entre les différents modèles de clous ayant été utilisés **clou de SEIDEL** (THOMSEN et al [60], **SCHARTZ** et al[39], **SCHWARTZ** et POSCH [65]), **clou de MARCETTI** (SHARTZ et al [34]) **clou de RUSSEL TAYLOR** (SIMS et SMITH [63]), **clou HUCKSTEP** (LIMBS et al) [64], ou **clou de SYNTHES** (BLUM et al [51] ROMMENS et COLL [53]), aucun ne paraissant s'assortir régulièrement d'un taux de succès très supérieur aux autres.

Cette hypothèse d'une stabilité primaire insuffisante pourrait plaider pour l'adjonction d'une contention complémentaire. Les données fournies dans les séries publiées ne permettent pas de savoir si l'utilisation d'une véritable contention externe prolongée améliorerait les résultats. La plupart des auteurs [59] paraissent ne pas recourir à une telle immobilisation post-opératoire avec l'argument qu'un des avantages potentiels de la technique d'enclouage verrouille est d'éviter, le recours à une contention complémentaire afin de minimiser l'enraidissement ou l'amyotrophie.



Figure 61 : installation du malade [9]



Figure 62 : voie d'abord [9]



Figure 63 : Repérage du point d'introduction [9]



Figure 64 : Introduction de la tige [9]



Figure 65 : introduction du clou par l'ancillaire [9]



Figure 66 : Méchage du verrouillage proximal[9]

d. L'ostéosynthèse externe : [65– 35]

C'est un procédé d'ostéosynthèse qui rapporte à l'extérieur des téguments le matériel de fixation habituellement mis en place au contact (plaque vissée) ou à l'intérieur de l'os (clou centromédullaire).

Le fait qu'elle stabilise le foyer tout en ayant des points d'appui loin de ce dernier, la rend le moyen de stabilisation de choix en matière de pseudarthroses septiques.

L'éloignement de l'axe osseux soumet cette fixation à des contraintes élevées et implique donc une solidité et une rigidité suffisantes. Impératifs qui restent certes le meilleur garant d'une évolution favorable, non seulement sur le plan de la consolidation, mais aussi sur celui de l'assèchement de la suppuration, surtout lorsqu'il y a eu association d'actes complémentaires : Nettoyage, greffes osseuses, décortication, etc.

Ces impératifs mécaniques ne doivent cependant pas aboutir à la réalisation de montages trop complexes, dangereux sur le plan vasculo-nerveux, et responsables de raideurs articulaires ou de retard apporté à la consolidation.

Ce traitement n'est pas dénué de complications :

- Atteintes nerveuses lors de la mise en place des fiches.
- Arthrite du coude.
- Fractures itératives à l'ablation du fixateur.
- Raideurs articulaire de l'épaule et du coude.
- Suppuration sur fiches.

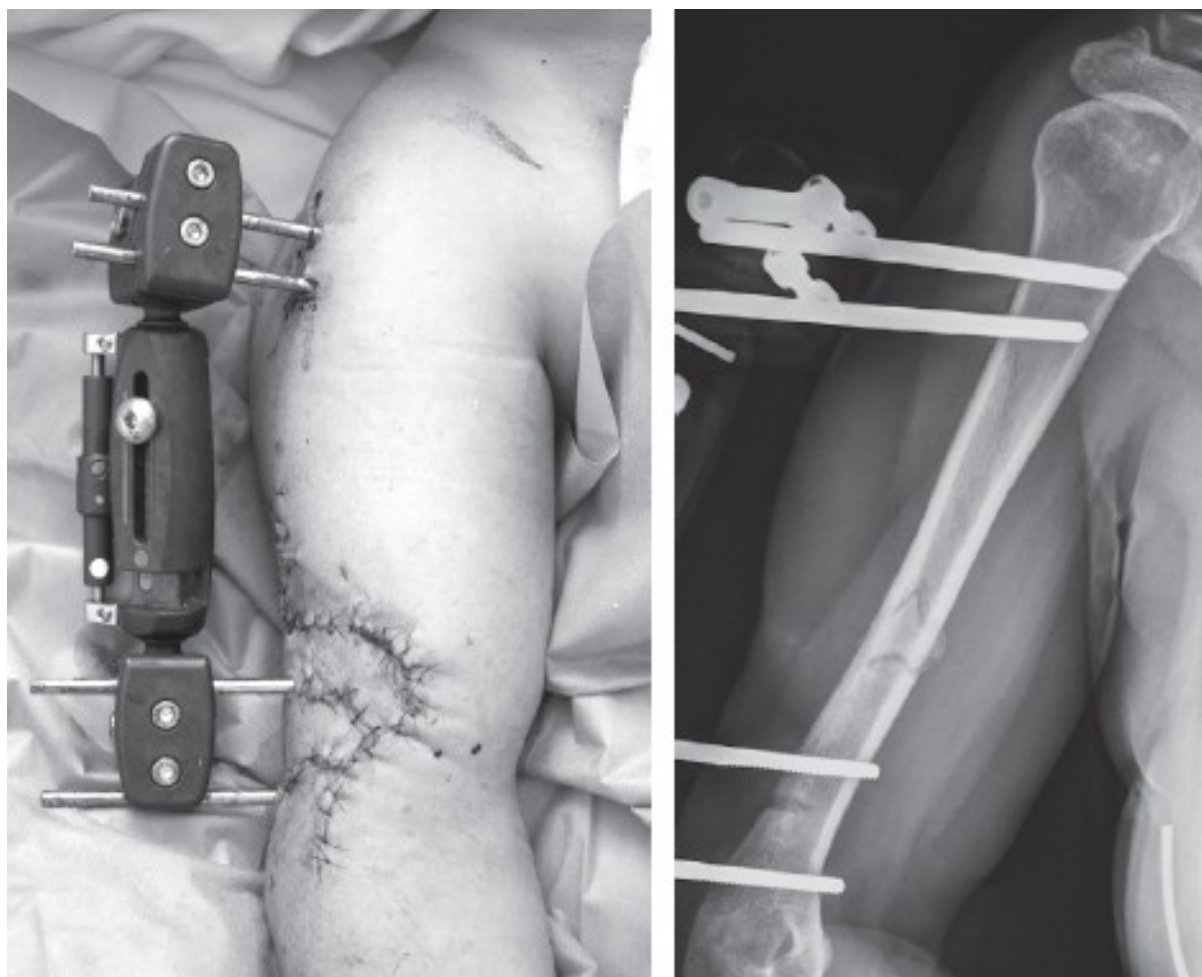


Figure 67 : ostéosynthèse par fixateur externe[128]

B. Les moyens de stimulation de l'ostéogenèse : [66]

1. Les greffes osseuses :

La greffe osseuse a un rôle d'inducteur de la consolidation et de comblement d'un defect osseux parcellaire ou segmentaire. Les greffons peuvent être de trois types : spongieux, cortico-spongieux ou corticaux. Selon leur mode d'utilisation, la greffe peut être apposée (correspondant au mâchonnement d'un foyer par du spongieux), de comblement (en cas de defect parcellaire), encastrée dans une tranchée (greffe en *inlay*) ou vissée en pontant le foyer de pseudarthrose.

Quel que soit la technique retenue, l'apport de greffons spongieux est toujours bénéfique. Ces greffons se défendent bien contre l'infection, ils induisent une ostéogenèse rapide et peuvent être placés dans les moindres recoins sans problème. À l'inverse, la greffe corticale pure (tibiale) a une ré-habitation lente et se défend mal contre l'infection. Son prélèvement entraîne toujours la fragilisation du segment de membre donneur. Employée seule, sans synthèse de complément, elle n'assure pas, quel que soit le mode de fixation, une stabilisation satisfaisante du foyer de pseudarthrose. Elle est actuellement abandonnée.

Les greffons autologues sont majoritairement prélevés sur l'os iliaque. Ce choix découle de sa qualité ostéogénique, de la présence d'un volume d'os important permettant des prélèvements de greffons cortico-spongieux (ou spongieux) de forme et de taille variables.

Si les prélèvements sont habituellement bien tolérés, la prise de greffe iliaque n'est pas pour autant un acte bénin et secondaire. Les complications existent, les plus graves sont les lésions de l'artère fessière, la perforation péritonéale, la lésion urétérale, la hernie abdominale, la lésion de l'articulation sacro-iliaque et la lésion du nerf fémoro-cutané. Elles sont heureusement rares (moins de 10 % des cas). Les complications mineures (de 10% à 20 % des cas) sont des douleurs persistantes au-delà de 3 mois en rapport avec la lésion

de branches nerveuses et la fracture de l'épine iliaque antéro-supérieure.

Points forts :

La prise de greffe n'est donc pas un acte bénin. Par conséquent, il faut : savoir utiliser les différents types de prélèvements, connaître les différentes voies d'abord et leurs dangers, s'installer correctement et avoir de bons instruments.

L'instrumentation nécessaire comporte :

1. une rugine large ;
1. un écarteur contre-coudé de type Homman ;
2. Des lames de Pauwels et un maillet ;
3. une gouge de Kelly ou de Stagnara ;
4. une curette tranchante ;
5. un compas ou une réglette pour mesurer les greffons.

Les greffes osseuses sont largement utilisées dans le traitement des pseudarthroses diaphysaires. Elles ont été utilisées depuis longtemps par les chirurgiens pour aider à la consolidation aux foyers de pseudarthroses ou pour restaurer une large perte de substance osseuse post traumatique ou après résection d'os pathologique. Ceci a fait de l'os le tissu le plus communément transplanté après le sang. Divers types de greffes sont utilisés: autogreffes ou allogreffes, greffes conventionnelles ou vasculaires, etc.

Après une transplantation osseuse, le devenir de la greffe dépend avant tout du type de la greffe, mais aussi du lit receveur, de la vascularisation sanguine et de l'existence ou non d'une infection.

Généralement, un greffon osseux non infecté a trois possibilités évolutives :

- Devenir vivant et acquérir les caractéristiques mécaniques, cosmétiques et biologiques de l'os adjacent.
- Se résorber partiellement ou complètement laissant une instabilité et une vulnérabilité des organes sous-jacents.
- Ou être séquestré, encapsulé, et traité par l'hôte comme un corps étranger.

Terminologie :

Elle se base actuellement sur le génome du donneur et l'immuno-surveillance du receveur.

Une autogreffe ou greffe autogène est transplantée d'une part à l'autre chez le même individu.

Une allogreffe (homogreffe) est transplantée entre deux individus génétiquement différents de la même espèce.

Une syngreffe ou greffe synergique (isogreffe) est transplantée entre deux individus génétiquement identiques de la même espèce.

Une xéno greffe (hétéro greffe) est transplantée entre deux individus d'espèces différentes.

Un implant, c'est le terme recommandé par Urist pour désigner les produits ou dérivés de l'os non vivant.

Une greffe peut être orthotopique quand elle est mise dans sa localisation habituelle ou hétérotopique quand elle est transférée à une autre localisation.

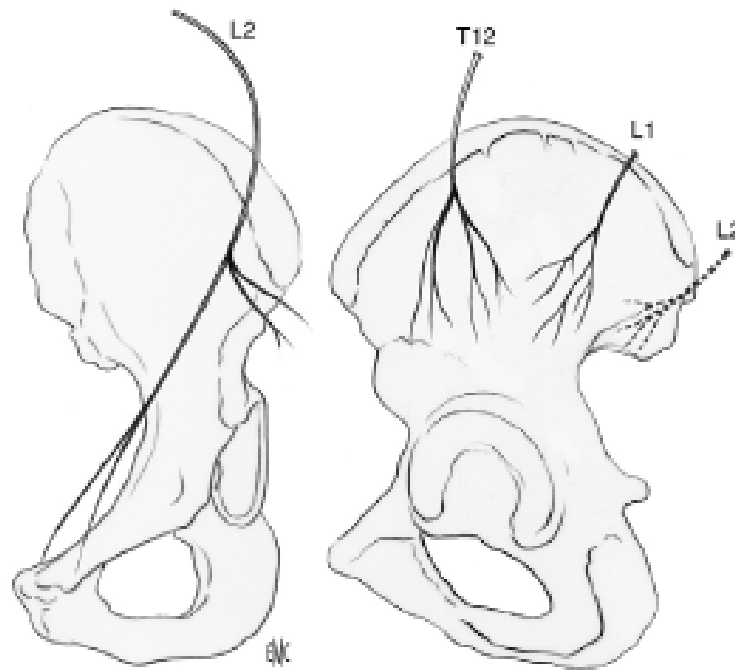


Figure 68 : rapports neurologiques de l'aile iliaque [66]

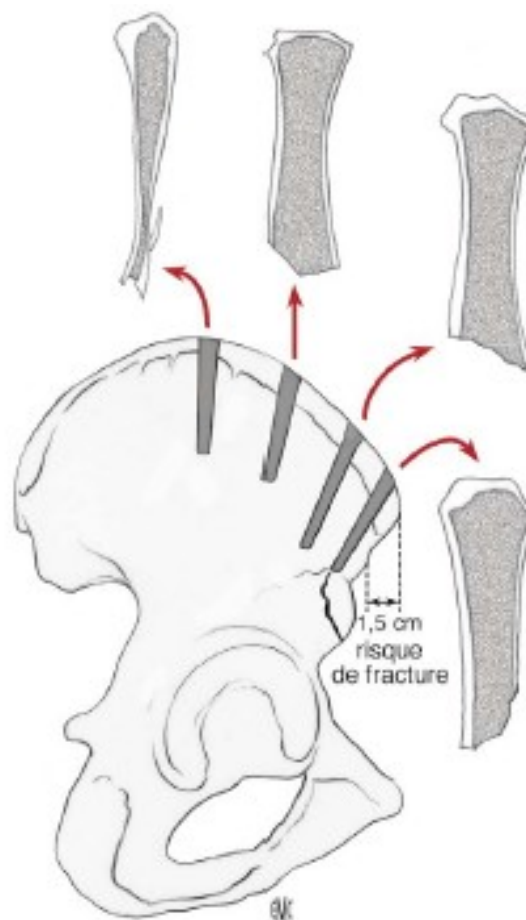


Figure 69 : Architecture osseuse de l'aile iliaque [66]

2. Les Autogreffes Osseuses

En général, la greffe autogène est la meilleure de toutes les greffes osseuses pour restaurer une perte de substance osseuse ou stimuler la consolidation. En fait, l'autogreffe fraîche reste de nos jours "l'étalon-or" auquel sont comparées toutes les autres greffes.

Elle peut être corticale, spongieuse ou cortico-spongieuse.

a. L'autogreffe spongieuse

La greffe spongieuse autogène est de loin la meilleure des greffes osseuses conventionnelles; elle tient et consolide très rapidement, et communique le plus rapidement et complètement avec le système vasculaire cortical. En plus, l'os spongieux autogène qui possède un contact avec le système vasculaire reste viable au moins partiellement, il réalise un remodelage à 100% et son prélèvement, contrairement à celui de l'os cortical, n'entraîne pas de diminution de la résistance de l'os donneur.

La greffe spongieuse aurait l'inconvénient de ne pas avoir la puissance mécanique de la greffe corticale, mais c'est un inconvénient qui peut être surmonté en utilisant une "greffe armée" à l'aide d'une ostéosynthèse stable pontant la région greffée.

Dans le traitement des pertes de substance osseuse, la greffe spongieuse peut combler un défaut pouvant aller jusqu'à 6cm de long. Alors que dans le traitement des pseudarthroses aseptiques, son rôle est indiscutable (Matti).

L'os spongieux peut être prélevé de différents sites sa meilleure source est la crête iliaque. Elle est située juste en sous-cutané; l'os spongieux y est abondant et facilement accessible. L'os spongieux de la crête iliaque est dit de premier ordre, car il contient des cellules ostéogéniques plus durables que celles du spongieux du fémur, du tibia et du tarse (deuxième ordre), lui-même meilleur que l'os cortical moins

ostéogénique.

Quel que soit le site retenu, l'apport de greffons spongieux est toujours bénéfique. Ces greffons se défendent bien contre l'infection; ils induisent une ostéogénèse rapide, et peuvent être placés dans les moindres recoins sans problème. Ils sont en général prélevés sous forme de greffons allumettes.

=> Prise de greffons dans la crête iliaque postérieure :

Elle permet de prélever des greffons de grand volume et si nécessaire sur les deux crêtes dans une même installation. Cette installation se fait en décubitus ventral, le patient reposant sur les abords en postopératoire. Il n'est pas possible de prélever de greffon tri cortical du fait de la présence de l'articulation sacro-iliaque. Cette zone de prélèvement a été rapportée pour être la moins pourvoyeuse de douleurs postopératoires. Les complications à éviter sont :

- la lésion des branches postérieures des premier et deuxième nerfs lombaires.
- l'ouverture de l'articulation sacro-iliaque.
- la plaie de l'artère fessière dans l'échancrure sciatique.
- l'oubli de compresses lors de la fermeture.

Fermeture : La réinsertion du grand fessier et de l'aponévrose lombaire est illusoire, celle du moyen fessier possible doit être réalisée. Vérifier qu'aucune compresse n'a été oubliée (et ne pas se fier au simple compte de celles-ci). Le drainage est réalisé par un drain de Redon sous-cutané sortant vers l'avant.

=>Prise de greffons dans la crête iliaque antérieure :

La quantité de spongieux quelle contient est plus faible que la précédente.

- L'incision est centrée sur l'épine iliaque antéro-supérieure. On rugine la corticale externe sur ses premiers centimètres.
- La trépanation est menée de la même façon qu'au niveau de la crête iliaque postérieure, et le travail des curettes de tailles différentes y est fait de façon analogue.

La quantité prélevée sur les deux crêtes iliaques antérieures dépasse rarement le volume d'une petite mandarine. Ce site doit être réservé aux prélèvements de faible abondance.

=>Prélèvements des greffes du grand trochanter, de l'extrémité supérieure du tibia ou des condyles fémoraux :

Si les petites quantités de spongieux sont plus facilement prélevées à ce niveau puisqu'il n'y a pas de muscles à rattacher, ces prélèvements faits en zones porteuses sont au contraire dangereux, car ils exposent au risque de fragilisation et de fracture. Après l'incision cutanée, on réalise une fenêtre au niveau des corticales minces en regard du grand trochanter, de la tubérosité antérieure du tibia ou à la face externe de l'extrémité inférieure du fémur. La trépanation doit être impérativement réalisée en zone proche de l'articulation, totalement épiphysaire et ne doit pas emporter d'os cortical. L'avivement de l'épiphyse est fait, là encore, à la curette de diamètre croissant.

On se limitera à aviver la moitié externe du condyle, et la partie supérieure du trochanter. Au niveau de la tubérosité tibiale antérieure, l'os est nettement pus lâche et la quantité à prélever doit donc être moindre.

L'os spongieux prélevé ne se reformera jamais et quand elle a eu lieu, la fragilisation est quasiment définitive.

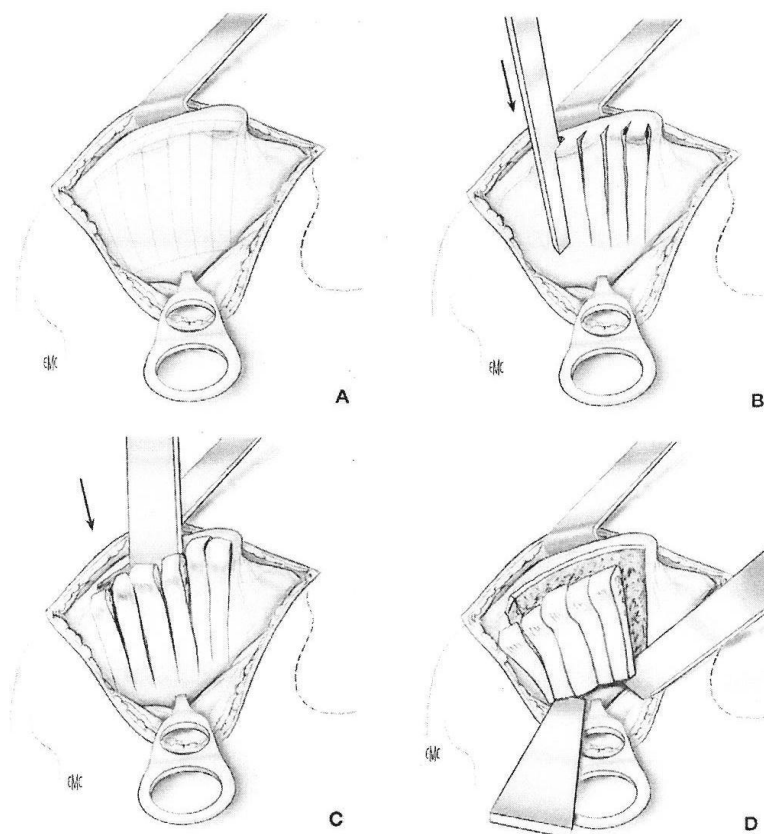


Figure 70 : Prélèvement de greffons "allumettes" sur la crête iliaque postérieure (A à D)

[66]

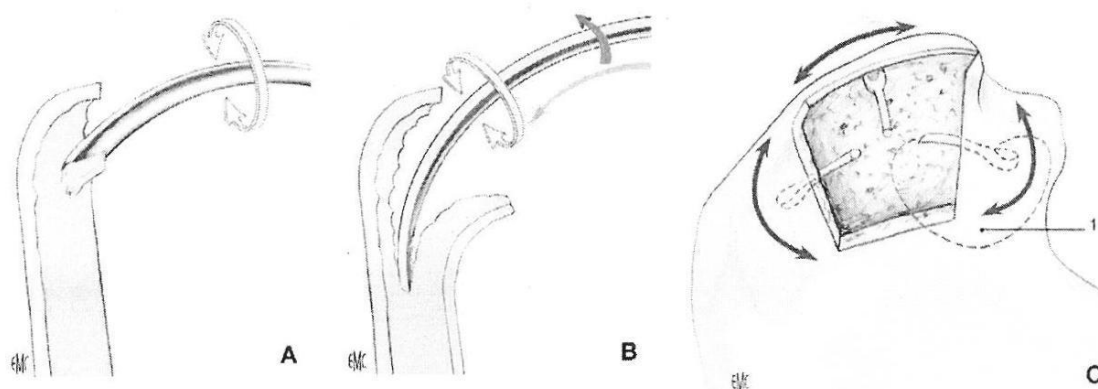


Figure 71 : Prélèvement de greffons spongieux sur la crête iliaque postérieure (A, B, C)

[66]

b. L'autogreffe corticale [67–68]

La diaphyse tibiale reste le principal fournisseur des greffes corticales mais aussi la fibula qui a la particularité d'être pédiculée. Après exposition en sous-périosté de la face interne de la diaphyse tibiale, le greffon sera prélevé à l'aide d'une scie circulaire tout en rafraîchissant la surface osseuse à l'aide d'une solution de Ringer. Les bords antérieur et postérieur du tibia sont respectés.

La greffe corticale est utilisée dans le traitement des pseudarthroses et des pertes de substance osseuse pour:

- Stimuler l'ostéogénèse.
- Donner un renfort mécanique immédiat au foyer de fracture.
- Assurer une fortification permanente du lit receveur. Dans ce but, le greffon doit avoir un très bon contact avec le lit de greffe.

L'autogreffe corticale diffère de l'autogreffe spongieuse dans la vitesse de revascularisation, le mécanisme et la perfection de la réparation, et les propriétés mécaniques du greffon. La réhabilitation de l'os cortical est très lente, et son remodelage est toujours incomplet. Enneking et Morris ont démontré que chez l'homme, la greffe osseuse corticale est affaiblie par une porosité interne à six semaines et reste faible jusqu'à la fin du 6^{ème} mois; à un an, le greffon paraît approcher le rétablissement de sa résistance mécanique, mais seulement 60% de sa structure est composée d'os nouveau à cette date. Tout ceci explique la fréquence relative des fractures de fatigue entre le 6 et 8^{ème} mois après une greffe segmentaire, et fait que même avec une greffe corticale, une ostéosynthèse est souvent nécessaire pour éviter l'augmentation des pressions sur le greffon et sa fracture.

La greffe corticale échoue dans 15% des cas par non-union ou par fracture de fatigue. La longueur du greffon ne semble pas diminuer l'incidence des non-unions; par contre, plus le greffon est long, plus seront fréquentes les fractures de fatigue.

Letrounel [69] a observé 20 fractures itératives sur 50 reconstructions par os cortical.

Par ailleurs, et à l'inverse des greffes spongieuses, les greffons corticaux se défendent mal contre l'infection, et leur prélèvement entraîne toujours la fragilisation du segment donneur. Employés seuls sans synthèse de complément, ils n'assurent pas, quel que soit leur mode de fixation, une stabilisation satisfaisante du foyer de pseudarthrose.

Exceptionnellement utilisées par Weber et Coll., les greffes corticales sont actuellement abandonnées.

c. L'autogreffe cortico-spongieuse [66]

Les sites de prélèvement sur le bassin sont la crête iliaque et les faces interne et externe de l'aile iliaque. La crête iliaque antérieure donne une quantité le plus souvent suffisante d'os; la corticale y est très mince, et la richesse en tissu spongieux assure une fusion très rapide.

La face interne:

- Après une incision parallèle à la crête, on réalise une fente au niveau du périoste interne qu'on rugine sur la face interne. La crête iliaque proprement dite sera épargnée pour des raisons anatomiques.

La longueur de la baguette à prélever a été mesurée préalablement sur la radiographie. Il est impératif d'avoir une baguette continue susceptible de porter la perte de substance osseuse.

- L'instrument utilisé pour ce prélèvement varie en fonction du type de greffe voulu:
 - Scie oscillante pour les greffons cortico-spongieux.
 - Ciseaux de différentes formes pour différentes variétés de greffons spongieux.

En fait, il arrive très souvent de compléter ce prélèvement par une prise de greffons spongieux.

- Cette technique permet d'obtenir un greffon dont les qualités biologiques sont excellentes. Ce greffon est constitué d'un excellent tissu spongieux, très épais, très résistant et très homogène, seule sa face externe comporte une corticale osseuse, ses cinq autres faces sont taillées en plein tissu spongieux.

La face externe:

- L'incision est parallèle au bord externe de la crête iliaque.
- Le périoste et les muscles fessiers sont détachés de la crête.
- Et les greffons sont prélevés de la même façon que pour la face interne.

=> Prise de greffons dans la crête iliaque antérieure :

L'accès de la crête iliaque antérieur est facile, le patient peut être installé en décubitus dorsal ou latéral et elle permet de prélever des greffons corticospongieux d'excellente qualité bien que d'un volume de spongieux peu important.

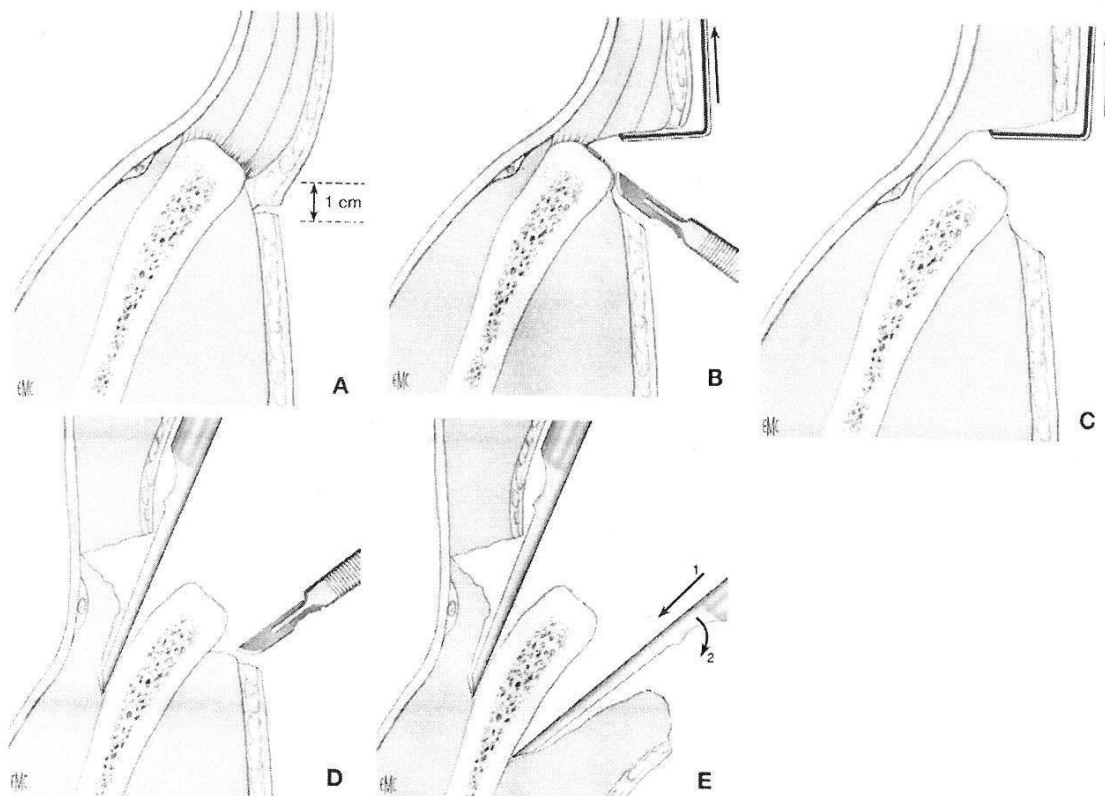


Figure 72 : Exposition de la crête iliaque antérieure (A à E) [66]

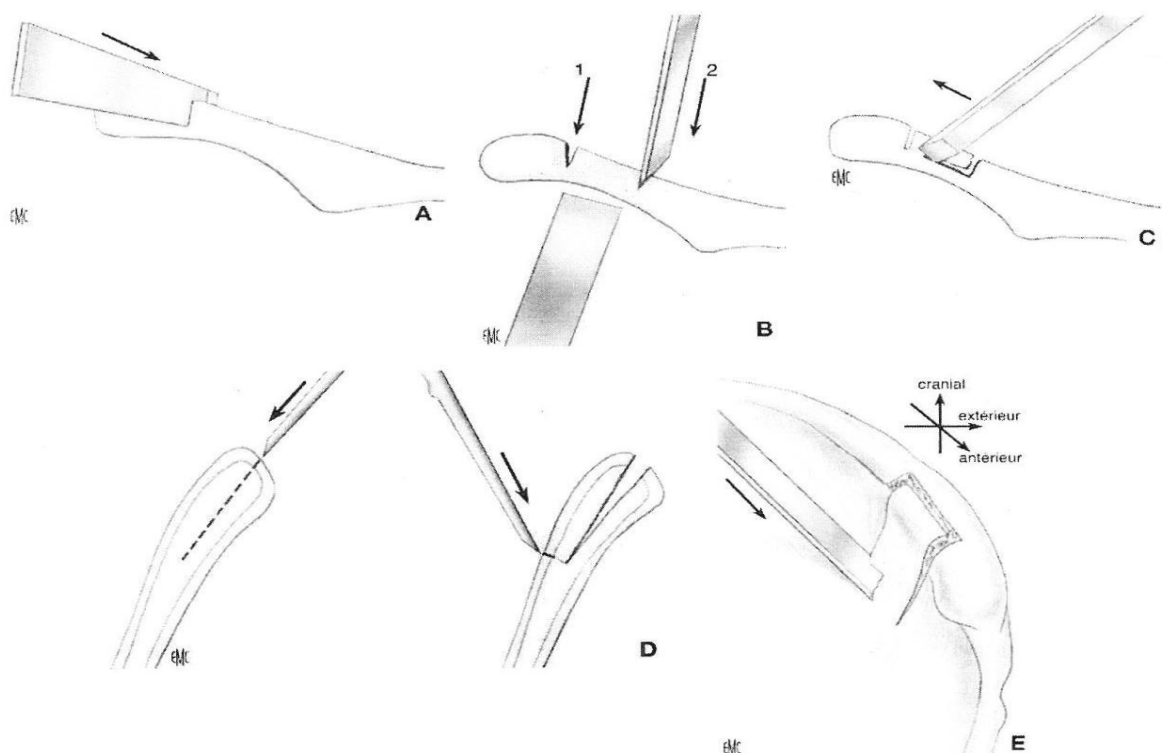


Figure 73 : Prélèvement d'un greffon cortico-spongieux iliaque antérieure (A à E) [66]

[66]

Les complications à éviter sont :

- l'atteinte du nerf fémoro-cutané ;
- la fracture de l'épine iliaque antéro-supérieure ;
- la lésion de la branche postérieure du 12ème nerf thoracique ;
- la perforation de l'aile iliaque ;
- L'oubli de compresses lors de la fermeture.

Fermeture : (Figure 75)

Il faut suturer les aponévroses de fessiers et du muscle iliaque pour éviter les hernies. Vérifier qu'aucune compresse n'a été oubliée (et ne pas se fier au simple compte de celles-ci). Un drain de Redon sous-cutané est positionné (en évitant le nerf cutané fémoral latéral lors du passage de l'aiguille à l'aîne).

La face interne du tibia est susceptible de procurer une excellente baguette de reconstruction elle a l'avantage d'avoir une tenue mécanique non négligeable; elle est toutefois plus difficile d'incorporation qu'une crête iliaque. Par ailleurs, elle risque de fragiliser un tibia sain; enfin, elle laisse peu de possibilités de prélèvement de spongieux.

Le péroné constitue un site donneur des greffons cortico-spongieux segmentaires. Son utilisation reste cependant très accessoire.

Il a d'excellentes qualités mécaniques, mais de très grosses difficultés d'incorporation. Il doit être réservé aux cas où il est nécessaire de prélever une quantité très importante de greffons et où les prélèvements classiques (crête iliaque antérieure et tibia) sont dépassés.

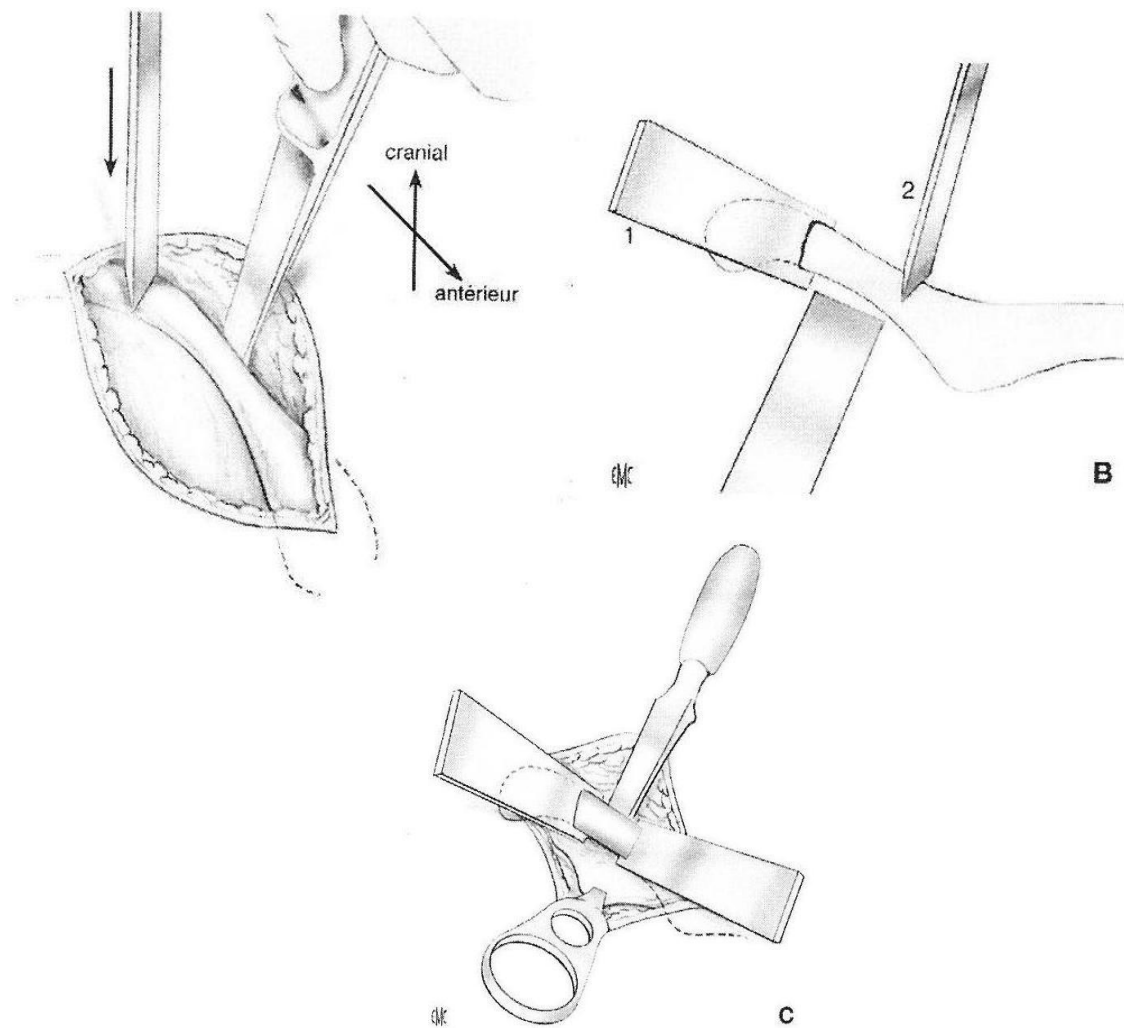


Figure 74 : Prélèvement d'un greffon tri cortical sur l'aile iliaque antérieure (A, B, C)

[66]

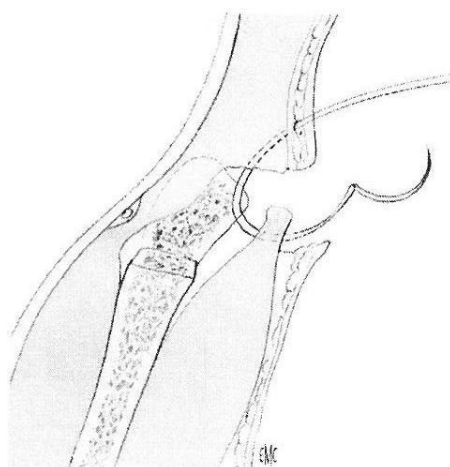


Figure 75 : Fermeture [66]

3. La décortication ostéo-musculaire (D.O.M)

C'est un type particulier de greffe osseuse faite d'os cortical et de périoste pédiculé in situ, utilisée dans le but de stimuler la consolidation dans le foyer de pseudarthrose.

Elle peut être utilisée isolément ou faire partie de la voie d'abord dans le cadre d'autres techniques: «Abord par décortication ostéo-musculaire» selon la désignation de R. Judet.

Le principe de cette technique repose sur la constatation déjà ancienne que des petits fragments ostéopériostiques restés adhérents aux insertions musculaires, tendineuses, ligamenteuses ou aponévrotiques, donc pourvus de leurs connexions vasculaires et nerveuses, sont dotés d'un pouvoir ostéogénique important, en particulier lorsqu'ils sont laissés au contact d'une autre partie du squelette. Par ailleurs il est bien connu que les fractures communitives des os longs, traitées orthopédiquement, consolident avec une vitesse parfois surprenante.

Ainsi, «un fragment osseux décortiqué mais pédiculé est une portion d'os détaché qui reste sur place, et à laquelle est confiée la tâche de se ressouder à l'os et d'entraîner en même temps le processus de consolidation de cet os lui-même» Judet.

En cela, un tel greffon ostéopériostique pédiculé diffère profondément d'une greffe osseuse autogène libre, laquelle séparée de ses attaches et transplantée en un autre lieu meurt pour être ensuite réhabitée par des cellules provenant du site receveur.

La première tentative de décortication ostéo-périostée remonte à 1939, lorsque Naughton Dunn réalisa une méthode très proche de celle de Judet, à laquelle il a associé une reperméabilisation des canaux médullaires obstrués. Charnley y avait associé du greffon spongieux en plus de greffes corticales faites de fragments corticaux complètement détachés, mais sans reperméabilisation des canaux

médullaires qu'il a évité, pour ne pas compromettre la vascularisation des extrémités osseuses.

Ce n'est qu'en 1964 que les frères Judet et Coll ont présenté pour la première fois leur méthode de décortication ostéo-périostée dont ils ont modifié le principe, en utilisant en plus une ostéosynthèse stable.

Sur le plan technique et indépendant des gestes particuliers que requiert la lésion à traiter, la décortication ostéo-musculaire comporte une technique commune: l'os est abordé par l'une des voies d'abord classiques; une fois atteint, l'os ne sera pas découvert par rugination sous périostée, mais attaqué presque tangentiellement au ciseau frappé fin et bien tranchant de façon à détacher un certain nombre de copeaux ostéopériostiques minces de 1mm à 2mm d'épaisseur, bien attenants aux parties molles et aussi continus que possible, sur une hauteur d'une douzaine de centimètres débordant donc largement en haut et en bas le foyer de pseudarthrose, et sur toute la partie accessible de la circonférence de l'os (2/3 ou 3/4). Il n'y a pas de risque de dévascularisation de la corticale puisque les 3/4 internes de celle-ci reçoivent leur vascularisation de la cavité médullaire.

Le segment d'os ainsi abordé est entouré de copeaux ostéopériostiques restent solidaires de leur périoste et de tout ce qui s'y fixe, donc pourvus de leur innervation et de leur vascularisation normale, et qui constituent en fin d'intervention une sorte de manteau vivant à l'intérieur duquel reposera le segment osseux en cause et où se formera de l'os nouveau qui pontera éventuellement la pseudarthrose comme un manchon.

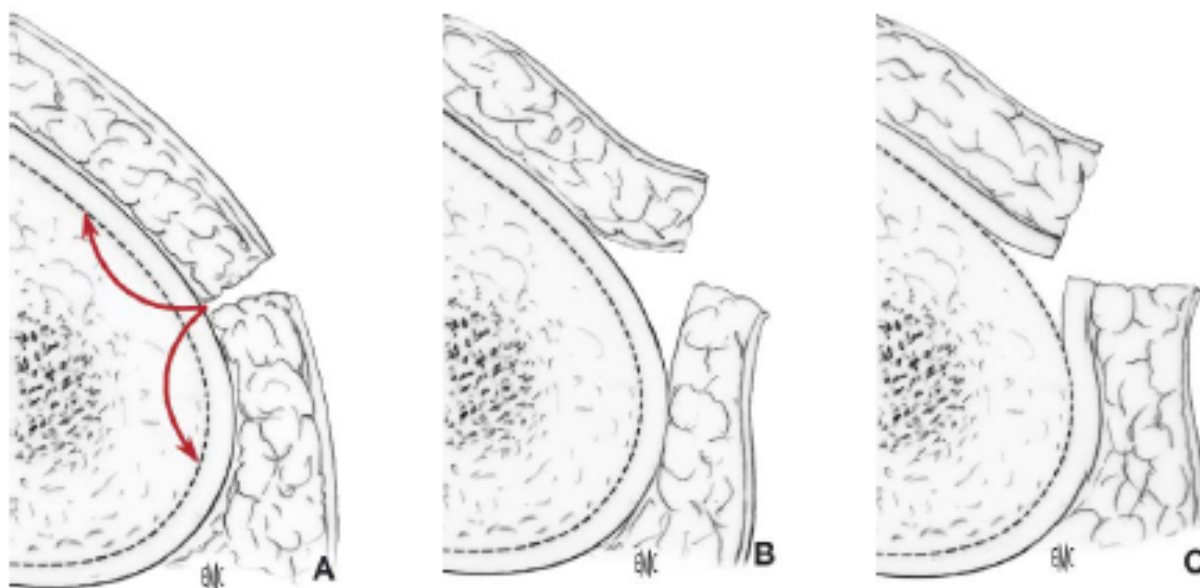


Figure 76 : Principes de la voie d'abord dans la décortication. A: d'emblée jusqu'à l'os.

B: Pas de décollement sous- cutané. C : Pas de décollement périoste. [66]

Dans les pseudarthroses de l'humérus, en particulier celles du tiers moyen, le traitement par décortication doit néanmoins être fait en prenant garde au trajet du nerf radial que l'on protège après sa découverte à distance du foyer en haut et en bas.

Il arrive parfois, après exposition du foyer de pseudarthrose, que les extrémités mises en présence soient très minces du fait de l'ablation préalable de quelques éclats intermédiaires ou simplement du fait d'une atrophie osseuse. Dans ce cas, la décortication peut être améliorée en lui ajoutant une greffe spongieuse autogène sous forme de bandelettes disposées entre les copeaux ostéopériostiques et l'os décortiqué. La formation du manchon osseux paraît être alors plus rapide et plus solide. En fait, la décortication "vivante" peut être bien associée à la greffe dite "inerte ou morte" et il est intéressant comme le souligne R.Judet de se dire «qu'on peut apporter à la greffe complémentaire l'élément de renforcement et de sécurité que donne une décortication».

Dans les pseudarthroses suppurées, l'adhérence des parties molles, condition de base d'une bonne décortication, est souvent irrégulière, voire inexistante, il arrive

même, parfois, que les segments osseux soient complètement dépériostés par la présence d'un abcès périosteux décollant les parties molles, et qu'à leur niveau la décortication soit impossible ; ici, la décortication doit être menée avec une extrême prudence en apportant d'autant plus de soin à la décortication de toutes les parties osseuses qui sont encore garnies de leurs insertions musculaires, aponévrotiques, ligamentaires ou tendineuses, car le peu d'éclats vivants que l'on pourra détacher constituera une base capitale pour la réparation osseuse ultérieure. A part ce cas exceptionnel, la décortication des pseudarthroses fistuleuses banales est en général relativement facile, d'autant plus qu'il existe souvent une hyperostose périphérique qui se laissera facilement décortiquée.

Il n'en reste pas moins que dans ces cas, la décortication doit toujours être précédée d'un nettoyage chirurgical des parties molles et complétée par une excision osseuse. Le fixateur externe étant mis en place, un plan de fort catgut ramène les greffons pédiculés vers la diaphyse. Quand elle est possible, la fermeture cutanée sera de préférence faite sur drainage.

Elle peut être utilisée isolément, ou faire partie de la voie d'abord dans le cadre d'autres techniques. Elle doit être considérée comme une greffe osseuse vascularisée. Son principe a été clairement exposé par Robert Judet, père de la technique : « C'est une portion vivante qui reste sur place, qui est simplement séparée de l'os, et à laquelle on confie la tâche de se ressouder à l'os et, en même temps qu'elle se ressoude à l'os, d'entraîner le processus de consolidation de cet os lui-même. »

Elle réalise un manchonnage du foyer de pseudarthrose par un abord intracortical de l'os à l'aide d'un ciseau à os. Le fourreau de copeaux osseux vascularisé a un double rôle d'ostéogénèse péri focale et de relance des processus de consolidation du foyer de pseudarthrose lui-même. Elle représente un geste de base du traitement à foyer ouvert des pseudarthroses. Elle doit toujours être associée à une

synthèse solide. Elle est pratiquée isolément dans le cas des pseudarthroses hypertrophiques, mais doit être associée à une greffe spongieuse ou cortico-spongieuse toutes les fois où il existe un défaut osseux. Dans le cas des pseudarthroses infectées, elle est réalisable en l'absence d'abcès péri osseux décollant les parties molles de l'os.

Technique : [66]

Deux instruments seulement sont nécessaires :

- un ciseau à os.
- un maillet : notre préférence va au maillet de « nylon » qui permet un travail plus souple, plus précis et une meilleure perception de ce qui se passe au bout du ciseau.



Figure 77 : Ciseau à décortiquer. 1:biseau. 2:Planche [66]

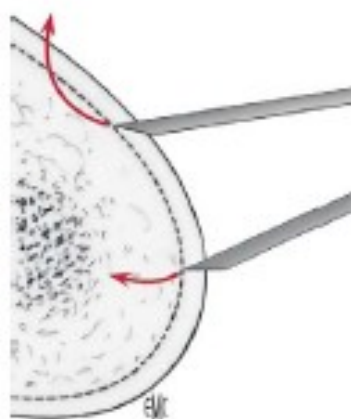


Figure 78 : travail du ciseau selon l'orientation du biseau [66]

La tenue de ces instruments est importante et répond à des règles: elle est identique à celle des menuisiers. Le manche du ciseau (comme celui du maillet) doit être tenu à pleine main [50], le pouce au-dessus des doigts longs. C'est la seule façon d'avoir une tenue ferme, précise, et de guider son ciseau comme on le souhaite.

Pour le travail du biseau, le ciseau attaque l'os obliquement et le biseau revêt de ce fait une importance primordiale. Si le biseau est dirigé vers l'os, il tend, lors de son travail, à écarter le ciseau de l'os.



Figure 79 : Tenue du ciseau [66]

La lamelle cortico-périostée enlevée est alors très fine, voire inexistante, réalisant un dépériostage préjudiciable à toute consolidation. Si la planche du ciseau (côté plat opposé au biseau) est dirigée contre l'os, le travail du ciseau se fait en profondeur. Il faut alors se méfier de ne pas aller trop profondément [70]. L'opérateur doit donc en permanence inverser son ciseau selon qu'il est trop superficiel ou trop profond.

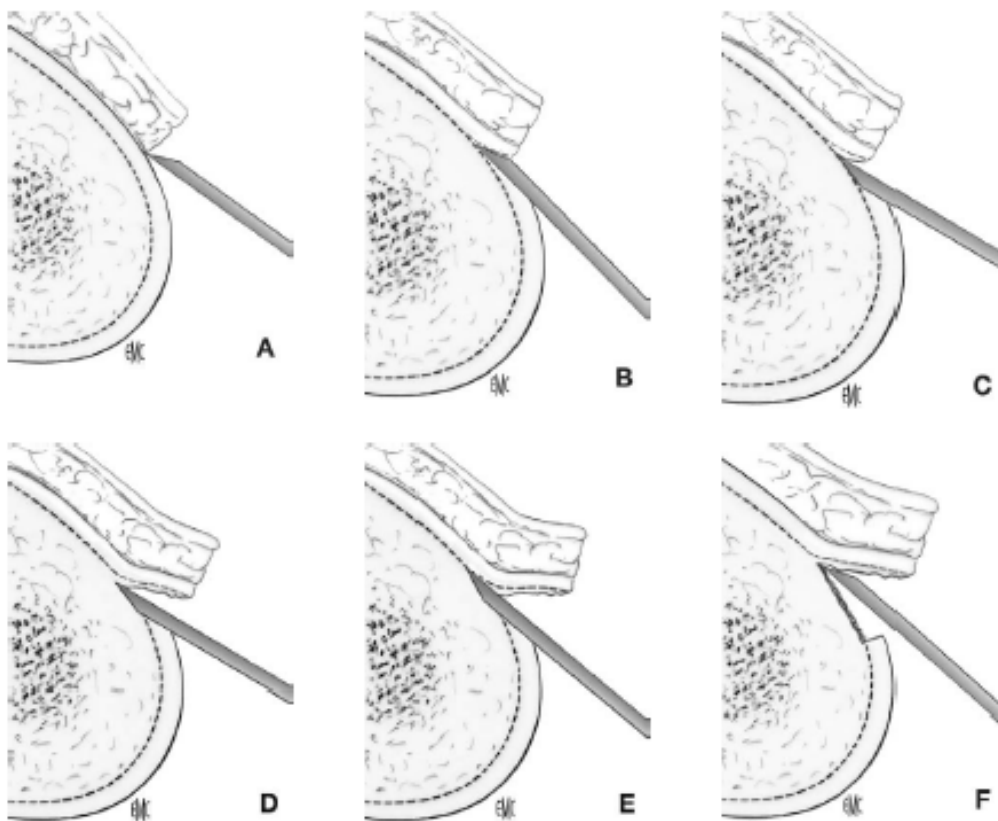


Figure 80 : Maintien du ciseau au cours de la décortication (AàF) [66]

La décortication doit pouvoir être effectuée dans de bonnes conditions si la chronologie suivante est respectée [71] :

- Faire l'entaille du premier copeau ostéo-périosté, planche contre l'os, pour obtenir une entaille de 2 à 3 mm de profondeur ;
- Retourner le ciseau et travailler le biseau contre l'os, progressivement, le ciseau remontant à la surface en détachant un copeau ostéo-musculaire de bonne épaisseur ;
- Recommencer de la même façon pour le copeau suivant.

Avec l'expérience, il est possible de travailler le biseau toujours contre l'os, en faisant varier l'inclinaison du ciseau au fur et à mesure de sa progression, l'important étant de ne jamais perdre le contact osseux. Il est important, avant de débiter la décortication, de bien analyser l'aspect radiographique de la pseudarthrose. Il est en effet bien rare que les faces osseuses soient planes et régulières. Beaucoup plus souvent, elles présentent bosses, creux et anfractuosités, rendant difficile la décortication. L'opérateur doit donc avoir noté avec soin la situation de ces changements de relief, au risque de se fourvoyer trop profondément ou trop superficiellement. C'est en progressant ainsi que de fines lamelles cortico-musculaires, saignantes, bien attenantes aux parties molles doivent être détachées, si possible de façon circonférentielle et sur 10 à 15 cm selon l'os abordé. Ce n'est que lorsque la décortication est terminée que l'on est autorisé, si besoin est, à pratiquer des gestes complémentaires au niveau du foyer de pseudarthrose.

4. Les allogreffes [72]

La première tentative d'allogreffe fut réalisée il y a plus de 1800 ans lorsque Cosme et Damiens réalisèrent un miracle posthume en greffant la jambe d'un individu décédé le jour même à un autre "amputé".

Depuis plus d'un siècle, de nombreuses observations utilisant les allogreffes ont été publiées: ainsi, en 1879, Mac Even traita une pseudarthrose de l'humérus avec un greffon frais prélevé sur un membre amputé, Lexer en 1908 publia la première série importante d'allogreffe avec plus de 50% de bons résultats à 15 ans et sans omettre les travaux réalisés dans ce domaine par Henry Judet (1905), Carrel (1912), Phemister (1914), c'est à Sicar en 1951, que revient la création de la première banque d'os grâce à laquelle il pratiqua plus d'un millier d'allogreffes.

Il est certain que les allogreffes, par leur propriété ostéogénique inférieure à celle de l'os autologue, ne fournissent pas des conditions aussi favorables pour l'ostéogénèse que les autogreffes; mais dans certaines situations, les greffes autogènes peuvent s'avérer insuffisantes pour restaurer un large défaut osseux diaphysaire et l'intérêt d'utiliser des allogreffes conservées paraît donc évident.

5. Autres :

- Injection de moelle osseuse

Bien que peu répandue car elle nécessite d'avoir à proximité un laboratoire permettant la concentration des ostéoblastes prélevés sur le patient, cette méthode semble prometteuse. Elle permet d'augmenter la réponse ostéogénique du foyer de pseudarthrose.

- Protéines ostéo-inductrices

Les plus connues sont le transforming growth factor (3 (TGF- β) et les bone morphogenetic protéines 2 et 4 (BMP). Ces dernières ont passé le stade de l'expérimentation en clinique. Plus récemment, des résultats similaires ont été obtenus avec une autre protéine de la famille BMP, l'osteogenic protéine-1 (OP-1).

- Ultrasons puisés de basse intensité

Ils permettraient d'accélérer la formation du cal osseux primaire (enchondral) par une action spécifique sur les chondrocytes. Nous ne disposons pas encore d'études cliniques comparant cette méthode au traitement conventionnel par autogreffes.

- Alésage

Il peut réaliser un apport spongieux au foyer de pseudarthrose par le produit d'alésage. Il peut être employé seul en dehors de l'enclouage centromédullaire et associé à une stabilisation du foyer par un fixateur externe (notamment en cas d'infection).

- Greffes vascularisées

Elles peuvent être pédiculées ou micro anastomosées. Elles réalisent un apport osseux vascularisé, donc d'emblée vivant avec un double avantage : une capacité d'intégration probablement meilleure et une meilleure défense contre le réveil infectieux. Séduisantes dans les grandes pertes de substances, elles ont un coût pour le patient qu'il faut pouvoir évaluer en préopératoire. Certaines ont l'avantage d'apporter à la fois l'os et la couverture cutanée.

- Champs magnétiques

Ils induiraient la sécrétion par les ostéoblastes de molécules ostéo-inductrices. Plusieurs études cliniques rapportent des résultats positifs sans couverture du foyer pour autant évaluer les taux de succès des traitements conventionnels par autogreffes.

- Greffes de banque homologues

Elles ont l'avantage d'éviter tout prélèvement et d'être disponibles en volume illimité. Leur propriété ostéogénique est inférieure à celle de l'os autologue. Leur mise en place dans un foyer potentiellement septique est risquée et, dans le cadre d'une intervention dont le but essentiel est l'obtention d'une consolidation, leur emploi est déconseillé. Leur utilisation associée à des protéines ostéo-inductrices en fait une matrice potentielle pour la reconstruction de perte de substance osseuse.

- Substituts osseux

Ils peuvent être utilisés pour augmenter le volume d'une greffe spongieuse autologue. Leurs utilisations isolées ont un rôle et une place discutés dans le traitement des pseudarthroses. Comme pour les allogreffes, le regain d'intérêt actuel concernant provient de leurs couplages potentiels avec des protéines ostéo-inductrices.

C. Les indications thérapeutiques dans les pseudarthroses de l'humérus

Le principe du traitement chirurgical des pseudarthroses de l'humérus est basé sur un certain nombre de facteurs tels que :

- L'âge du patient : la décision d'opérer le patient sera en fonction de l'âge du patient. Si l'âge du patient est très avancé et le bénéfice du traitement sous-estimé, l'abstention opératoire sera de mise.
- Les tares associées : chez les patients avec risques importants de complications post opératoires liées à leurs antécédents pathologiques lourds tels qu'une insuffisance cardio-respiratoire ou rénale, les microangiopathies diabétique ou carcinologique avec métastases osseuses, le traitement chirurgical sera contre indiqué.
- Le type anatomopathologique de la pseudarthrose : à chaque type de pseudarthrose suscite sa particularité technique opératoire, mais le but final recherché est de retrouver la consolidation qui repose sur deux principes: la fusion osseuse ne s'obtient que si l'os est vivant, et si la solidarisation des fragments est stable par contention correcte. S'il est facile d'assurer une ostéosynthèse parfaite par un matériel correctement placé, il est par contre plus délicat de mettre en contact deux fragments de Bonne vitalité.

Le but recherché dans tous ces types anatomopathologiques reste le même à quelques différence techniques :

Pour les pseudarthroses armées, l'ablation du matériel d'ostéosynthèse est très souvent pratiquée et remplacé par du matériel nouveau ; rare sont les plaques laissées, mise en place ou non d'une greffe spongieuse ou corticospongieuse ou bien pédiculée en place; couplée à la décortication ostéomusculaire, avivement, ablation des berges.

Pour les pseudarthroses avec perte de substance, les modalités du traitement sont

nombreuses et varient en fonction des lésions des parties molles, de la perte de substance osseuse et des écales, mais elles se résument en excision- stabilisation- reconstruction avec possibilité de greffe pédiculée.

Pour les autres cas les modalités thérapeutiques sont celles traitées dans la partie suivante.

La conduite thérapeutique dépend du type de la pseudarthrose

a. Pseudarthroses aseptiques hypertrophiques

Leur traitement est relativement aisé, elles ne nécessitent le plus souvent qu'une stabilité du foyer qu'on doit assurer au maximum.

On peut utiliser une ostéosynthèse interne par plaque à compression après abord du foyer par décortication ostéo-périostée, technique qui trouve dans ces formes de pseudarthroses sa meilleure indication. Le traitement des pseudarthroses hypertrophiques n'impose pas obligatoirement la pratique d'une greffe osseuse complémentaire.

Le démontage du foyer destiné à exciser tout le fibreux de la pseudarthrose n'est en général pas nécessaire. Il risque de déstabiliser le foyer, surtout il s'agit d'une pseudarthrose serrée avec des extrémités fracturaires manifestement vivantes et un aspect en "patte d'éléphant" : il n'amène pas à une consolidation plus rapide et contribue à une dévascularisation plus importante. L'unanimité est faite sur la nocivité des "retouches" et de libération des extrémités osseuses. On ne doit jamais attaquer le foyer de pseudarthrose pour un éventuel "rafraîchissement" des extrémités, seuls sont admis : les ostéotomies ou les résections imposées par les angulations d'un cal vicieux afin de corriger la déviation axiale, et les démontages parfois nécessaires pour une éventuelle reperméabilisation de la médullaire.

On peut aussi pratiquer un enclouage centro-médullaire après alésage, l'abord du foyer est dans ce type de lésion inutile. Dans le cas particulier des pseudarthroses

serrées sans grande angulation du tiers inférieur de l'humérus, on peut toute fois utiliser l'enclouage centro-médullaire en "Tour Eiffel" de Rusch.

b. Pseudarthroses aseptiques atrophiques

Elles ne relèvent pas de fractures purement mécaniques. Leurs causes sont plus nombreuses: mauvaise stabilité du foyer, comminution fracturaire, dévascularisation des corticales lors des abords précédents, qui sont responsables d'une insuffisance de développement du tissu ostéogénique.

S'il est nécessaire de stabiliser le foyer de pseudarthrose par une ostéosynthèse, il est surtout indispensable de stimuler l'ostéogénèse par une greffe autogène spongieuse le plus souvent, qui du point de vue ostéogénique est la seule bien adaptée ou parfois en pratiquant un alésage centromédullaire dont il a été montré qu'il stimule ou relance aussi bien le cal périphérique que le remodelage ostéonal.

Les principes du traitement se résument en une décortication du foyer avec greffe osseuse associées à un montage solide.

On procède parfois par un raccourcissement éventuel des extrémités pouvant atteindre 2cm à 3cm en "corticale saine". L'absence de garrot permet de repérer la zone où l'os saigne bien. Son étendue étant mesurée sur les radiographies. Si cette résection est minime (1 cm), il suffira de raccourcir puis de mettre en contact les deux extrémités maintenues par une nouvelle ostéosynthèse. Par contre, lorsque la résection atteint plusieurs centimètres, la perte de substance osseuse doit être comblée par des greffons spongieux prélevés selon les dimensions prévues. Le lit de la greffe est préparé par excision de tout le tissu fibreux, car c'est le tissu de voisinage qui assurera la vascularisation du greffon.

La décortication ostéo-musculaire, malgré son importance, reste inadaptée lorsqu'il existe une nécrose des extrémités osseuses, éventualité habituelle dans les pseudarthroses atrophiques.

Si l'ostéosynthèse initiale était centromédullaire, il faut changer pour une plaque à compression, il est recommandé une plaque large type fémur prenant au minimum huit corticales de part et d'autre du foyer de pseudarthrose. Si l'ostéosynthèse initiale était une plaque, deux solutions sont possibles : nouvelle ostéosynthèse par une plaque plus large, plus longue, comprimant le foyer par compression dynamique ou en utilisant le tendeur ou clou centromédullaire avec alésage lorsque le foyer est transversal et si le contact interfragmentaire et la stabilité en rotation du foyer sont obtenus.

L'association enclouage de Kuntscher et greffe vissée à ciel ouvert, reste le procédé de choix pour Merle D'Aubigne et Cauchoix, car il leur a permis d'avoir 99% de consolidation dans une série de 91 cas de pseudarthroses humérales.

Parfois, le traitement peut se dérouler en deux temps avec une première intervention (ostéosynthèse + greffe ou décortication) visant à transformer la pseudarthrose atrophique en une pseudarthrose hypertrophique, et une deuxième intervention pour une meilleure ostéosynthèse assurant une bonne compression du foyer pour sa consolidation.

Mais généralement, au membre supérieur, une plaque vissée avec une bonne compression du foyer de pseudarthrose associée à une greffe autogène spongieuse, donnent très souvent les meilleurs résultats.

PARTIE PRATIQUE

I. Données épidémiologiques :

A. La fréquence :

Notre travail porte sur 21 cas de pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale qui ont été traités dans le service de traumatologie et d'orthopédie du CHU Hassan II de Fès entre janvier 2009 et décembre 2017.

La pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale est la complication tardive la plus difficile des fractures de l'humérus, pour le chirurgien et pour le patient, présentant des difficultés de traitement et un lourd fardeau socio-économique.

Les différentes séries de la littérature situent le taux de pseudarthrose de l'humérus entre 1 et 10 % selon les méthodes de traitement initial [73-74].

L'étude de la littérature nous apprend que le pourcentage est relativement constant selon les séries. Healey relève un pourcentage allant de 0 à 8 % pour le traitement orthopédique et de 0 à 13% pour le traitement chirurgical. Beck, dans une série viennoise, ne déplore aucune pseudarthrose sur 300 fracture traitées orthopédiquement, tandis que André et al, sur une série de 126 fractures traitées de manière conservatrice à l'hôpital Cochin, ainsi qu'aux hôpitaux de Villeneuve Saint Georges et de Montfermeil en déplorent 3.3%, 9% pour MEHMET [75], 7% pour SALANNE [76], 4% pour ELISABETH [77], et 10 % dans notre série. (Tableau 7).

Tableau 7 : Etude comparative de la littérature rapportant les pseudarthroses observées dans des séries homogènes de fractures de l'humérus et traitées par méthode orthopedique ou chirurgicale

Méthode	Auteur	Nombre de fracture Humérus	Nombre de pseudarthrose	
1. Orthopédique Plâtre pendant	Stewart et hundley(1995) [104]	107	2	
	Kennedy et Wyatt(1957) [105]	78	1	
	Beck(1973)[106]	300	0	
	Babin(1978)[107]	74	3	
	Fattah (1982)[62]	312	18	
	André(1984)[108]	126	8	
2. Chirurgicale E.intra médullaire	Van der Ghinst(1974)[109]	54	2	
	Champetier(1975)[110]	11	1	
	André (Fasciculé) (1984)[108]	29	8	
	Hall(Ender)(1987)[111]	89	1	
	Fixateur externe	Burny(1979)[112]	62	3
		Plaque visée	André(1984)[108]	50
	Vander Griend (1986)[113]		36	1
	Reignier(1987)[114]		36	3
	Notre série (2009–2017)	198	21	

On distingue 3 types de traitement initiaux : chirurgical, orthopédique et traditionnel observé surtout dans les pays africains et asiatiques.

Cette prévalence de la pseudarthrose de la diaphyse humérale s'explique en grande partie par les caractéristiques biomécaniques du membre supérieur.

B. La répartition des malades selon l'âge :

L'âge comme élément épidémiologique n'est pas un facteur pronostique, mais certains auteurs [84] ont constaté que chez l'enfant, les fractures consolident très rapidement, pour d'autres [78], la pseudarthrose serait plus fréquente chez le sujet âgé et ceux en mauvais état général.

En comparant les données de notre série avec d'autre de la littérature, on constate que la pseudarthrose de la diaphyse humérale atteint le plus souvent le sujet d'âge moyen entre 40 et 60 ans soit une fréquence de 43 % dont l'âge moyen était de 50 ans.

Cette prédominance du sujet d'âge moyen et de sexe masculin peut être expliquée par le fait que ce dernier est le plus exposé aux accidents de la voie publique. (Tableau 8)

Tableau 8 : Etude comparative de la littérature rapportant la répartition selon l'âge

Auteur	Nombre de cas	Age moyen
R.Bernard et al (2010) [79]	21	52 ans
Dembélé.B et al (2017) [80]	22	52.7 ans
Govindasamy.R et al (2016) [81]	18	44.4 ans
Gogouad.R et al (2004) [82]	20	43 ans
Boubacar Soumare et al (2017) (série nationale) [83]	16	45.75 ans
Derbal et al (2013) [84] (série nationale)	22	37 ans
Notre série (2009–2017)	21	51 ans

C. La répartition des malades selon le sexe :

Dans notre série nous avons noté une nette prédominance masculine, comme toutes les séries de la littérature, ceci pourra être attribué à l'exposition fréquente des hommes aux accidents de la voie publique.

Tableau 9 : la répartition des malades selon le sexe

Auteur	Nombre de cas	Hommes	Femmes
R.Bernard et al (2010) [79]	21	11 (52.5%)	10 (47.5%)
Dembélé.B et al (2017) [80]	22	14 (63.7%)	8 (36.3%)
Govindasamy.R et al (2016)[81]	18	12 (67%)	6 (23%)
Gogouad.R et al (2004) [82]	20	14 (70%)	6 (30%)
Boubacar Soumare et al (2017) (série nationale) [83]	16	10 (62.5)	6 (37.5)
Derbal et al (2013) (série nationale) [84]	22	15 (68%)	7 (32%)
Notre série (2009–2017)	21	13 (62%)	8 (38%)

II. Données étiologiques :

A. La répartition selon les circonstances de survenue du traumatisme

initial :

Pour l'agent causal, les accidents de la voie publique sont la principale cause génératrice de ces pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale en occupant 43% de l'ensemble des circonstances de survenue, comme toutes les séries de la littérature (60 % pour Segonds et alnot [85]).

B. La répartition selon le type de fracture :

❖ Ouverture cutanée et lésions des parties molles :

Le caractère ouvert des fractures est également parfois incriminé, mais peut-être est-ce en rapport avec le caractère comminatif ou poly fracturé souvent associé.

❖ La répartition selon le siège de la fracture :

La localisation la plus souvent mise en cause est le tiers moyen de l'humérus. Cependant, Mast et al. [86] et Lammens et al. [87] trouvaient une prédominance de fractures siégeant à la jonction tiers proximal-tiers moyen, Muramatsu et al. [88] au niveau du tiers distal et Foulk et Szabo [89] du tiers proximal. Pour notre étude, la localisation préférentielle était le tiers moyen. Selon l'étude anatomique de Carroll, la principale artère nourricière de l'humérus se situe sur son bord médial à hauteur de son tiers moyen [90]. Cela peut expliquer la fréquence des pseudarthroses à ce niveau, le traumatisme pouvant alors léser cette artère et ainsi compromettre la vascularisation nécessaire à une bonne consolidation.

Nous avons noté une plus grande fréquence des pseudarthroses aseptiques au tiers moyen de l'humérus qui était le siège de 81% des localisations dans notre série (70% pour SEGONDS et ALNOT [85]).

Tableau 10 : répartition selon le siège de la fracture

Auteur	1/3 proximal	1/3 moyen	1/3 distal
R.bernard et al (2010) [79]	9	10	2
Dembélé.B et al (2017) [80]	7	11	7
Derbal et al (2004) [84]	5	12	5
Notre série (2009–2017)	2	17	2

❖ La répartition selon le trait de fracture :

Le type de fracture le plus pourvoyeur de pseudarthroses selon la classification de l'AO : il s'agit des fractures transverses et obliques courtes, ce qui s'explique par leur plus faible surface de contact et donc par un potentiel ostéogénique moindre. De même, les fractures comminutives sont incriminées dans l'évolution vers la pseudarthrose, les fragments intercalés dévascularisés retardant, là encore, la consolidation [23].

Dans notre série les fractures à trait oblique semblent être génératrices de pseudarthroses aseptiques avec un taux de 48 %.

C. La répartition selon le type anatomopathologique de la pseudarthrose :

Dans notre série l'analyse radiologique a montré 10 cas de pseudarthroses atrophiques soit 48%, 5 cas de pseudarthroses hypertrophiques soit 24% et 6 cas de pseudarthroses eutrophiques soit 28%.

On note une prédominance des pseudarthroses atrophiques comme cité dans la littérature : R.bernard et al 76 % de pseudarthroses atrophique.

Tableau 11 : répartition selon le type anatomopathologique

Auteur	Nombre de cas	Type atrophique ou eutrophique	Type hypertrophique
R.bernard et al (2010) [79]	21	76.2%	19%
Dembélé.B et al (2017) [80]	22	68.2%	9%
Boubacar soumare et al (2017) [83]	16	62.5%	37.5%
Derbal et al (2004) [84]	22	59.1%	40.9%
Notre série (2009–2017)	21	72%	28%

III. Rôle du traitement initial de la fracture dans les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale :

Par ailleurs, le principal facteur favorisant cette pseudarthrose reste des erreurs techniques dans la réalisation du traitement : écart inter-fragmentaire persistant, quel que soit le traitement, plaque de volume insuffisant ou nombre insuffisant de vis, clou centromédullaire de taille et de diamètre insuffisant ou faillite de la fixation (défaut de verrouillage), embrochage ne remplissant pas le fût médullaire. En effet, les séries publiées concernant la prise en charge des pseudarthroses d'humérus mettent souvent en avant des fautes techniques à l'origine de l'échec thérapeutique. Nous avons également retrouvé ces défauts dans notre série.

A. Le type d'immobilisation initiale:

1. Le traitement orthopédique:

Pour les pseudarthroses survenant après traitement orthopédique, Les causes de l'échec sont généralement :

- Une interposition musculaire dans le foyer de fracture.
- Une traction continue trop forte séparant les zones de prolifération cellulaire, créant un étirement des vaisseaux et favorisant la pseudarthrose.
- Une immobilisation plâtrée non rigoureuse, insuffisante quantitativement et qualitativement, mal surveillée et mal adaptée.

Dans notre série, 4 patients (soit 19 %) ont subi un traitement initial orthopédique utilisant un plâtre brachio-anté-brachio-palmaire pendant 2 mois. Nous avons remarqué qu'il a été insuffisant, pour tous nos patients, sur le plan qualitatif.

Ainsi dans les revues de la littérature on observe plusieurs cas de pseudarthrose après traitement traditionnel comme cité par Govindasamy.R et al et également Ggouad.R.

2. Le traitement chirurgical:

Les pseudarthroses survenant après traitement chirurgical, sont de loin les plus fréquentes et sont le résultat, soit d'une erreur technique, soit d'une mauvaise indication de l'ostéosynthèse utilisée.

L'abord chirurgical du foyer de fracture comporte, en lui-même, des facteurs de risque sur la consolidation :

- Evacuation de l'hématome fracturaire et du blastème.
- Déperiostage plus ou moins étendu.

a. Echec de la plaque vissée :

La fréquence élevée des pseudarthroses observées après ostéosynthèse par plaque vissée, s'explique d'une part, par la nécessité d'un abord du foyer de fracture qui est lui-même un facteur de retard de la consolidation et d'autre part, par les diverses erreurs techniques commises lors de leur réalisation.

- Déperiostage trop étendu des fragments.
- Un vissage en compression insuffisant laissant un écart inter fragmentaire.
- Un nombre insuffisant de vis mis en place laissant faire des mouvements de rotation.
- Une plaque vissée trop rigide avec persistance d'un diastasis inter-fragmentaire.
- Une plaque trop courte entraînant un défaut de stabilité du montage.
- Un vissage proximal insuffisant.
- Présence d'une vis au foyer de fracture.
- L'absence de greffe dans les pertes de substance.
- La mise en charge trop précoce provoquant le démontage du matériel ou sa rupture.

b. Echec de l'enclouage centromédullaire :

- La taille du clou (longueur et diamètre) doit être parfaitement bien adaptée à la longueur et au diamètre de l'os. En effet, un petit clou ne peut s'opposer aux contraintes en flexion et en rotation qui doivent être neutralisées par un système anti rotatoire (plâtre, verrouillage).
- Une mauvaise indication de l'enclouage : l'enclouage simple n'est efficace que dans les fractures strictement médio-diaphysaires.

c. Echec du fixateur externe :

- Soit par défaut de rigidité du montage, d'où l'intérêt du montage en double cadre ou en V.
- Soit en raison de problèmes cutanés qu'il engendre, sources de suppuration et de nécrose osseuse qui sont responsables d'une instabilité du montage.
- Soit parce qu'il est placé en neutralisation ou en distraction.

En conclusion, pour toute pseudarthrose, il n'est pas rare de retrouver une étiologie dans les modalités du traitement initial, mais en réalité, la pseudarthrose serait due à l'interaction de plusieurs facteurs déterminants.

14 patients (soit 66.6 %) ont subi un traitement chirurgical utilisant les plaques vissées et l'enclouage centromédullaire.

Nous constatons alors, que la majorité des cas évoluant vers la pseudarthrose aseptique étaient ostéosynthésés, cette évolution était attribuée aux techniques chirurgicales défectueuses, ainsi que des ostéosynthèses mal faites ou insuffisamment contentives.

Donc, on peut retenir le rôle de certaines techniques chirurgicales défectueuses, ainsi que des ostéosynthèses mal faites ou insuffisamment contentives dans la genèse de ces pseudarthroses aseptiques, donc la prudence est nécessaire aussi bien dans

l'indication que dans la réalisation du traitement chirurgical des fractures humérales fraîches.

Par ailleurs, le traitement orthopédique à son tour ne constitue pas obligatoirement une voie de facilité. En effet, on peut noter la survenue d'une complication intercurrente : défaut de réduction, ou déplacement secondaire.

Une telle évolution ne remet pas en cause le concept du traitement orthopédique mais la technique même de celui-ci.

Même si l'interruption du traitement orthopédique conduit dans la majorité des cas à un traitement chirurgical, il ne faut pas oublier qu'à l'inverse le traitement orthopédique peut servir de porte de secours après échec d'un traitement chirurgical.

IV. Traitement :

A. Anesthésie :

Dans notre série tous nos patients ont été opérés sous anesthésie générale (100%).

B. Voie d'abord :

Le patient était installé en décubitus dorsal, le membre supérieur concerné dans le champ opératoire, ainsi que la crête iliaque ipsilatérale.

L'abord se faisait par voie antérolatérale lorsqu'il s'agissait d'une non-consolidation intéressant le tiers proximal et moyen de l'humérus. L'abord par voie postérieure avait lieu lorsqu'il s'agissait d'une non-consolidation intéressant le tiers distal.

Dans notre série le tiers proximal et moyen présente 90.5 % donc la voie antérolatérale est la plus fréquente, ce qui correspond aux résultats des revues de la littérature.

Tableau 12 : Type de voie d'abord en comparaison avec la littérature

Auteur	Nombre de cas	Siege de la pseudarthrose		Voie d'abord	
		1 /3 moyen et proximal	1 /3 distal	antérolatérale	Postérieure
R.bernard et al (2010) [79]	21	17	4	80.95 %	19.05%
Dembélé.B et al (2017) [80]	22	22	0	100%	
Govindasamy.R(2016) [81]	18	18	0	100%	
Notre serie (2009–2017)	21	19	2	90.5%	9.5%

C. L'ablation du matériel d'ostéosynthèse :

C'est le premier temps chirurgical qui consiste en l'ablation du matériel d'ostéosynthèse préalablement mis en place dans le cas de traitement chirurgical, après repérage et neurolyse du nerf radial.

Dans notre série 14 patients ont bénéficié d'un traitement initial chirurgical par plaque vissée et enclouage centromédullaire soit 67 %.

D. Matériels d'ostéosynthèses :

1. Ostéosynthèse interne par plaque vissée :

Le traitement par plaque vissée et greffe osseuse des pseudarthroses de la diaphyse humérale est le traitement le plus effectué et le plus décrit dans la littérature. C'est la seule technique permettant, lors du même geste, d'assurer une bonne stabilisation du foyer de pseudarthrose, tout en apportant un complément ostéogénique indispensable à la consolidation.

L'ostéosynthèse par plaque permet en plus d'une fixation rigide, une mise en compression du foyer de pseudarthrose, et elle conserve de nombreux avantages lors de l'abord du foyer : le nettoyage du tissu fibreux d'interposition, la perméabilisation des canaux médullaires et la réalisation de prélèvements bactériologiques.

Le taux de consolidation des différentes séries de traitement par plaque vissée et greffe osseuse est voisin de 95% [63].

Dans notre série 20 malades ont été traités par plaque vissée, dont 4 malades ont été perdus de vue, la consolidation osseuse a été obtenue dans 93.75 % des cas, un cas d'échec a été observé, chez un malade n'ayant pas bénéficié d'une décortication ostéo-musculaire associée. Aucune infection n'a été observée, une seule atteinte nerveuse a été transitoire. Nos résultats fonctionnels sont très bons et excellents chez 81.25 % des cas.

Tableau 13 : Résultats comparés avec des séries de plaque vissée

Auteurs	Nombre de cas	Consolidation	Délai	Sepsis	Paralysie radiale
Loomer et Kokan 1967 [92]	20	90%	3 mois	Un	2 (résolutives)
Muller et Thomas 1979 [94]	12	100%	4 mois	Aucun	Aucune
Fattah et al [62]	19	100%	4 mois	Un	2 (résolutives)
HEALY et al 1987[95]	26	92%	5.5 mois	Aucun	Une définitive
ROSEN 1990 [93]	32	97%	6 mois	Aucun	Aucune
McKee et al [96]	9	100%	4 mois	0	Aucune
Hsu et al [97]	105	100	4 mois	3	4(résolutive)
Lin et al [76]	86	100	4.5 mois	2	5(résolutive)
Segonds et al 2003 [85]	30	100%	3.7 mois	Un	2 (résolutives)
Notre série 2009 à 2017	20	93.75%	4.18 mois	Aucun	1 (résolutive)

2. Ostéosynthèse interne par enclouage centromédullaire verrouillé :

Le traitement par clou centromédullaire verrouillé est utilisé par quelques équipes [115–116] ; ces auteurs mettent en avant la possibilité de cure de pseudarthrose sans ouverture du foyer, permettant le respect de la vascularisation périostée et la diminution du taux de paralysie radiale et d'infection. D'autres auteurs sont plus critiques et ne conseillent plus le traitement par clou [117–118] du fait d'un taux de consolidation insuffisant : 60 % d'échec pour McKee et al. et Fattah et al. et 40% pour Dujardin et al. (Secondaire à une insuffisance de stabilité primaire et à une atteinte de la vascularisation endomédullaire de l'humérus [116]) et de la survenue de quelques complications : défaut de verrouillage, syndrome de la coiffe des rotateurs (40 % dans la série de McKee et al). Ainsi, pour McKee et al. [96], Fattah et al. [62], Robinson et al. [119] et Chantelot et al. [120], le clou verrouillé ne semblait plus indiqué que pour les pseudarthroses hypertrophiques du tiers proximal de la diaphyse humérale sans greffe osseuse ajoutée.

Les données de la littérature nous amènent à conclure que le traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale par enclouage centromédullaire verrouillé est décevant dans l'état actuel.

Cependant, l'enclouage verrouillé comporte l'avantage de constituer une technique simple en particulier lorsqu'il n'est pas nécessaire d'aborder le foyer pour une ablation de matériel ou une réduction. Les résultats fonctionnels lorsque la fracture consolide, sont bons, apparaissant meilleurs que ceux obtenus après une synthèse par plaque dans l'étude comparative de WU et SHUH [65].

Dans notre série un seul cas a été traité par enclouage centromédullaire verrouillé.

Le taux de consolidation obtenu après traitement par enclouage centromédullaire associé à une décortication et greffe osseuse est de 100%, aucune infection n'a été notée.

Chez les autres auteurs, le taux de consolidation varie entre 54 % et 96%. L'infection n'était pas exceptionnelle car sur 27 pseudarthroses, Kesemenli a noté 3 infections.

L'un des reproches faits à l'enclouage centromédullaire est l'obligation d'ouvrir le foyer si l'on veut introduire un greffon osseux. De plus il existe souvent des difficultés de verrouillage lorsqu'il y a une importante déminéralisation osseuse, auxquels il faut ajouter le risque de lésion des rotateurs dans les enclouages antérogrades.

Aujourd'hui, Dujardin et al [59], défenseurs de cette méthode au début, l'ont abandonnée.

Tableau 14 : Résultats des séries d'enclouage centromédullaire verrouillé

Auteurs	Nombre de cas	Consolidation	Délai (mois)
Loomer et Kokan 1967 [92]	6	100	4
Fattah et al [62]	6	33	5
Pietu et al [98]	5	100	3.5
McKee et al [96]	10	40	4.5
Salanne et Aribit [99]	11	54.5	6
Dujardin et al [59]	13	60	5
Notre série [2009–2017]	1	100	5

3. Ostéosynthèse par fixateur externe :

Quant à la méthode de fixation externe, elle est couramment employée dans la prise en charge des pseudarthroses septiques et son efficacité est reconnue, mais certains auteurs l'utilisent de façon systématique dans le traitement des pseudarthroses d'humérus. Ce type de traitement utilise le plus souvent le fixateur externe d'Illizarov, ses promoteurs pensent juguler les risques septiques, la dévitalisation périostée, la paralysie radiale des plaques vissées et les difficultés de blocage de la rotation des enclouages centromédullaires. Le fixateur externe permet une fixation stable, une réduction progressive et une compression du foyer. Ce traitement n'est pas dénué de complications : atteintes nerveuses lors de la mise en place des fiches (musculocutané, ulnaire, médian ou radial), arthrite du coude, fractures itératives à l'ablation du fixateur, déficits fonctionnels, suppuration sur fiches. Cette technique a un taux de consolidation identique à celui des autres séries avec traitement par plaque, avec cependant un temps de fixateur élevé (au minimum 4,5 mois et en moyenne six mois).

Dans notre série aucun patient n'a été traité par fixateur externe, les résultats sont résumés dans le tableau suivant

Tableau 15 : Résultats des séries de fixateur externe

Auteurs	Nombre de cas	Consolidation (%)	Délai (mois)
Lammens et al [87]	24	96 %	4.5
Raschke et al [100]	1	100 %	4
Patel et al [101]	6	83 %	6
Micic et al [102]	11	90.3 %	3.6
El.Rosay [103]	18	100 %	4.2
Notre série [2009–2017]	0	0	0

E. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse :

La greffe semble jouer un rôle primordial, puisque Gérard et al et Healy et al. trouvaient 36 et 45 % d'échecs par plaques vissées sans greffe [29–31] (aussi mauvais que semble être les résultats de l'enclouage sur le traitement des pseudarthroses, ces résultats sont comparables à ceux obtenus pas plaque non accompagnés de greffe [27]).

Par ailleurs, de nombreuses publications font état de consolidations obtenues uniquement par apport de greffe sans modifications de l'ostéosynthèse [29–31].

C'est la raison pour laquelle l'adjonction d'une greffe osseuse est jugée indispensable pour la plupart des auteurs, notamment ceux qui utilisent le traitement par plaque [29–31].

Cela n'empêche qu'il existe des auteurs qui pensent que la décortication ostéomusculaire suffit et elle peut remplacer la greffe osseuse d'autant plus que celle-ci peut entraîner une morbidité du site de prise de greffe.

Il est reproché à ce traitement associant plaque et greffe un risque élevé d'infection et de paralysie radiale.

Dans notre série les greffes osseuses et les greffes cortico-spongieuse sont largement utilisées dans le traitement des pseudarthroses diaphysaire de l'humérus. Elles ont été utilisé chez 19 patient soit 90.5 % sous forme de greffe simple chez 7 patients, associée à la décortication ostéo-musculaire chez 12, Les 2 patients restants soit 9.5 % n'ont pas bénéficié de greffe osseuse.

Cette greffe a été autogène dans tous les cas et cortico-spongieuse dans la majorité des cas.

V. Conduite vis-à-vis du nerf radial lors de l'ostéosynthèse:

Ceci est peu décrit dans la littérature. ALNOT et SEGONDS [85] optent pour l'attitude suivante:

Explorer le nerf lors du temps chirurgical de cure de pseudarthrose. Le nerf, s'il est continu, est neurolysé, palpé et stimulé. Si le nerf est rompu, vide, à la palpation ou non stimuable, il faut prévoir un deuxième temps chirurgical de cure de la paralysie, environ 8 semaines après la cure de pseudarthrose une fois la phase inflammatoire passée. Le geste consiste en une greffe nerveuse ou en des transferts palliatifs si le sujet est âgé ou le délai depuis le début de la paralysie est trop long.

L'intimité du nerf radial à la diaphyse humérale, rend indispensable son repérage avant tout abord du foyer de pseudarthrose aseptique. Ceci est certes pour le protéger au cours de l'intervention, mais aussi parfois pour une éventuelle transposition.

Ce repérage n'est toutefois pas toujours aisé car en pratique, et à l'opposé des fractures fraîches, la fibrose locale caractéristique des lésions anciennes comme la pseudarthrose aseptique le rend souvent très laborieux. Ainsi, pour qu'il soit libéré, le nerf radial doit faire l'objet d'une dissection soignée. Celle-ci ne doit cependant pas être très poussée sous peine de blesser le nerf, sinon de le dévasculariser sur une portion plus ou moins étendue de son trajet.

Par ailleurs, les manipulations excessives, de même que les manœuvres sur le nerf imposent parfois la mise en place d'un matériel d'ostéosynthèse qui peut en outre constituer par la suite une saillie agressive sont autant de facteurs qui peuvent être à l'origine d'une paralysie radiale post-opératoire.

Rappelons simplement les mesures préventives visant à éviter cet écueil:

- Repérage avec dissection non traumatique du nerf radial.
- Sa protection au cours de l'intervention.
- Sa transposition en tissu musculaire sain en fin d'intervention.

VI. Les résultats post opératoires :

Dans notre série, nous ne déplorons aucune infection. Dans la littérature, Fattah et al. [62] notent un sepsis, soit 4 % ; Zinghi et al. [90] six sepsis, soit 4 % ; Loomer et Kokan [92], Rosen [93], Müller et Thomas [94] aucun. Nous déplorons une parésie transitoire du nerf radial spontanément résolutive ; Loomer et Kokan [92] en déploraient deux (6 %), Fattah et al. [62] (4 %); Healy et al. [95] en notaient une mais celle-ci était définitive (4 %). Ces complications peuvent être minimisées par une technique chirurgicale rigoureuse. Ainsi, la mise en place d'une plaque antérieure permet d'éviter le passage du nerf sur la plaque. Le problème de l'ablation de la plaque se pose rarement. Dans notre série, aucun patient n'a dû être réopéré pour l'ablation de la plaque, car elle n'entraînait aucune gêne. Le taux de consolidation des différentes séries de traitement par plaque est proche de 95 % et supérieur à celui du traitement par clou et à peu près identique au traitement par fixateur externe [74]. Nos résultats sont donc superposables à ceux de ces différents auteurs : un risque septique minime, aucun décès, un taux de consolidation satisfaisant (100 % dans notre série, entre 91 et 100 % selon la littérature). Ainsi, cette méthode (plaque et greffe osseuse) reste donc de notre point de vue une excellente technique de traitement des pseudarthroses de l'humérus.

CONCLUSION

La pseudarthrose de l'humérus est une complication fréquente et essentiellement liée à l'insuffisance du traitement initial des fractures. Mais elle peut être également liée à d'autres facteurs : facteurs liés au terrain (obésité, tabagisme, alcoolisme et ostéoporose), siège de la fracture (fracture du tiers moyen de l'humérus) et type de fracture (fractures transverses et obliques courtes, et fractures comminutives).

Son traitement est encore un sujet de controverse, et au vu de nos résultats, nous pensons que le traitement par plaque et greffe osseuse est le plus approprié.

Notre expérience confirme la réussite de la fixation interne stable en compression et l'utilisation large de l'autogreffe osseuse. Cette technique, dans la prise en charge des non-consolidations de la diaphyse humérale, assure la consolidation rapide dans 94.11 % des cas au prix de peu de complications.

Bien que controversée, la littérature atteste que la technique par réduction ouverte fixation par plaque est plus fiable que l'enclouage centromédullaire ou la fixation externe pour le traitement des non-consolidations de l'humérus. Cependant, le meilleur traitement des pseudarthroses d'humérus reste celui de la prise en charge de la fracture initiale. Une technique rigoureuse devrait permettre d'obtenir 100 % de consolidation, et ce, quel que soit le traitement entrepris.

À l'heure où sont proposées de nombreuses solutions pharmacologiques souvent extrêmement onéreuses, telles que substituts osseux ostéo-inducteurs ou facteurs de croissance divers, il est rassurant de constater que le respect de quelques principes simples permet d'obtenir la consolidation des non-consolidations humérales avec d'excellentes chances de succès.

RESUMES

RESUME :

Titre : le traitement chirurgical de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale à propos de 21 cas au service de traumatologie et orthopédie B4 au CHU HASSAN II de FES.

Auteur : LEBBAR ZINA

Mots clés : pseudarthrose – aseptique – diaphyse humérale – plaque vissée – enclouage centromédullaire – greffe osseuse.

Parmi 198 fractures de la diaphyse humérale traitées au service de chirurgie traumatologique et orthopédique du CHU HASSAN II de FES, nous avons noté 21 pseudarthroses aseptiques dont seulement 12 y ont été traitées au stade de fracture. Donc **10.6%** des fractures de la diaphyse humérale évoluent vers la pseudarthrose.

C'est une complication non négligeable, touchant surtout le sujet adulte dont l'âge est compris entre 51 et 60 ans dans **33%**, de sexe masculin dans **62 %**, due à des accidents de la voie publique dans **43%** des cas.

Un plâtre pendant non surveillé, une ostéosynthèse défectueuse constituent les principaux facteurs favorisant l'évolution vers cette complication.

Le diagnostic repose sur la conjonction des données cliniques et radiologiques.

Dans notre série, Le traitement de ces pseudarthroses aseptiques est basé sur une contention soit par plaque vissée ou enclouage centromédullaire associée à une greffe osseuse et/ou décortication ostéo-musculaire.

Les résultats globaux, après traitement sont satisfaisants, puisque sur 17 cas suivis, 16 consolidations ont été obtenues, soit **94 %**.

La complexité du traitement des pseudarthroses rend la prévention un moyen incontournable pour baisser l'incidence de cette complication, surtout par le traitement correct des fractures fraîches.

ABSTRACT:

Title: Surgical treatment of aseptic pseudarthrosis of the human diaphysis in 21 cases at department of traumatology and orthopedic B4 in CHU HASSAN II FES.

Author: LEBBAR ZINA

Key words: Non Union– aseptic– humeral shaft– compression plating– intramedullary nailing

Among 198 humeral shaft fractures treated in department of traumatology and orthopedic surgery in CHU HASSAN II FES between January 2009 and December 2017, we noted 21 cases of aseptic non-union. Only 12 have been treated there at the stage of fracture. 10.6% is the frequency of aseptic humeral shaft non-union.

This is a significant complication, affecting mainly middle age patients whose ages is between 51 and 60 years old in 33 %, male 62% mostly because of road accidents 43% mostly the middle third of humeral shaft.

An unsupervised “hanging-cast” or defective fixation is the main factors contributing in this complication.

The diagnosis is based on the combination of clinical and radiological data.

In our study, surgical treatment consisted of an anterolateral approach with radial nerve identification and subsequent neurolysis, Decortication, compression plating, and frequent application of autogenous bone grafts or intramedullary nailing with supplemental cancellous bone graft and decortication.

The Overall results after treatment are satisfying, Among 17 cases followed up, 16 healing were obtained 94%.

The complexity of nonunion treatment makes prevention an essential way to reduce the incidence of this complication, especially the proper treatment of fresh fractures.

ملخص:

العنوان: العلاج الجراحي لعدم إنجبار طاهر لرمح العضدي عن 21 حالة بمصلحة جراحة العظام بالمركب

الاستشفائي الجامعي الحسن الثاني بفاس

المؤلف: لبار الزينة

الكلمات الرئيسية: التمثل الكاذب - الطاهر - جسم عظم العضد - الصفيحة المعدنية - التسمير المركزي النخاعي.

من بين 198 حالة كسر جسمي لعظم العضد سجلت بالمركز الاستشفائي الجامعي الحسن الثاني بفاس ما بين

يناير 2009 و دجنبر 2017 لاحظنا 21 حالة عدم تمفصل جسمي كاذب طاهر لعظم العضد . لكن 12 حالة

فقط تلقت العلاج الأولي في مرحلة الكسر بالمصلحة ردد هذه المضاعفة يقدر إذن بنسبة %10.6 .

إنها مضاعفة لا يستهان بها، تصيب غالبا الأشخاص في منتصف الأعمار التي تتراوح ما بين 51 و 60

سنة بنسبة %33 ، ذكور بنسبة %62 ، وذلك نتيجة لحوادث السير بنسبة %43 .

الثبيت الجبسي غير المراقب والاستجدال المعدني غير المتقون يعتبران من الأسباب الرئيسية لعدم التمثل

الجسمي الكاذب الطاهر لعظم العضد.

يعتمد التشخيص على اجتماع معطيات سريرية وإشعاعية.

في دراستنا هذه اعتمد العلاج أساسا على تقنيتي الثبيت العظمي بصفيحة معدنية أو عن طريق التسمير

المركزي النخاعي منسويين إلى تطعيم عظمي مشترك أم لا مع التقشير .

النتائج الإجمالية المحصل عليها بعد العلاج تبقى مرضية فمن بين 17 حالة متابعة، حصلنا على 16 تجبر

أي %94.

إن صعوبة علاج عدم التمثل الجسمي الكاذب الطاهر لعظم العضد يجعل من الوقاية الوسيلة المثلى

للتخفيف من هذه المضاعفة، خاصة عن طريق العلاج الصحيح للكسور الأولية.

ANNEXES

Traitement traditionnel

Traitement orthopédique

Traitement chirurgical

❖ Durée d'évolution : (retard de consolidation ou pseudarthrose)

■ Clinique :

❖ Signes fonctionnels :

Douleur

Impotence fonctionnelle

❖ Signes physiques :

Mobilité conservée : oui non

Déformation :

Raccourcissement :

Fracture initiale : Foyer ouvert Foyer fermé

■ Examen para clinique :

❖ Radio standard :

➤ **Type de la lésion** : la classification de l'AO

• Fracture simple :

- Transversale A3 - Oblique A2 - Spiroïde A1

• Fracture complexe :

- Fracture comminutive C3 - Fracture à 3 fragments B3

- Fracture à coin de flexion B2 - Fracture à coin de torsion B1

➤ **Siege de la fracture** :

- 1/3 sup - 1/3 moyen - 1/3 inférieur

➤ **Déplacement** :

- Translation - Chevauchement - Angulation - Rotation

➤ **Diagnostic :**

Pseudarthrose atrophique :

Pseudarthrose hypertrophique :

Pseudarthrose intermédiaire :

■ **Traitement :**

❖ Le délai entre l'hospitalisation et l'intervention :

❖ Traitement chirurgical :

➤ Voie d'abord :

➤ Type de matériel :

Plaque vissée :

Plaque vissée + greffe osseuse :

Décortication osteo-articulaire + plaque vissée :

➤ Site de greffe :

❖ Suivi post opératoire :

Immobilisation :

Ablation du drain à j :

Ablation des fils :

Rééducation :

Contrôle Rx post opératoire :

Durée d'hospitalisation :

❖ Traitement médical :

Antibiotiques : -oui -non -si oui lequel

Antalgiques : -oui -non -si oui lequel

Anticoagulant : -oui -non -si oui lequel

❖ Résultats :***Score de Stewart et Hundley***

➤ Résultats fonctionnels :

Score	Douleur	Limitation de la mobilité de l'épaule ou du coude	Angulation
Très bon ou excellent <input type="checkbox"/>	Douleur nulle	Mobilité normale	Bon alignement
Bon <input type="checkbox"/>	Douleur nulle ou lors des changements de temps	Raideur < 20°	< 10°
Moyen ou passable <input type="checkbox"/>	Douleur à l'effort ou à la fatigue	Raideur entre 20° et 40°	> 10°
Mauvais <input type="checkbox"/>	Douleur permanente	Raideur > 40°	Pseudarthrose

➤ Résultats anatomiques :

Qualité de réduction :

Consolidation : oui non

délai :

❖ Evolution :

Simple :

Compiquée :

➤ Complication post opératoire précoce :

- Décès :
- Saignement post op :
- Complication thromboembolique :
- Infection :

➤ Complication secondaire :

- Hématome :
- Paralysie radiale :
- Algoneurodystrophie :
- Sepsis sur plaque :
- Atrophie du bras et du deltoïde :

❖ Résultats du traitement :

Favorables :

-Consolidation

-reprise du travail

Sequellaires :

-Bras irréparable

-Echec thérapeutique

PATIENT	NOM ET PRENOM	ANNEE	NUMERO D'ORDRE (IP)	AGE	SEXE	PROFESSION	COTE DOMINANT (latéralité)	DATE DE CONSULTATION (durée d'évolution par mois)	ETIOLOGIE (circonstance du traumatisme)	FRACTURE INITIALE	ANTECEDANT
1	Amrani faioum	2009	41038	60	M	Sans profession	Droit	8 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	Tabagisme
2	Zahir ahmed	2009	38425	32	M	Agriculteur	Droit	12 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD
3	Betibanguiterl	2009	50091	30	M	Sans profession	Droit	15 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD
4	Abdenbi habriki	2011	207051	61	M	Sans profession	Droit	7 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	Tabagisme + HTA
5	Bouteyeb randou	2011	263487	62	M	Sans profession	Droit	36 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	Tabagisme + chirurgie du rachis
6	Nizar machkour	2011	230188	53	M	Artisan	Droit	8 mois	AVP	Fermée	Tabagisme
7	Rachid krimis	2011	250223	51	M	Sans profession	Droit	9 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD
8	Fatima berrada	2012	145055	50	F	Femme au foyer	Droit	12 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD
9	El azzaoui drissia	2013	246880	63	F	Femme au foyer	Droit	8 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	HTA
10	Khabaza rachida	2013	445798	55	F	Femme au foyer	Droit	10 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	Opérée pour un goitre
11	Abdelaziz khalafi	2013	486763	54	M	Professeur	Droit	9 mois	Accident domestique (agression)	Fermée	Tabagisme
12	El bahari malika	2014	5515	34	F	Femme au foyer	Droit	11 mois	Accident domestique (agression)	Fermée	Pas ATCD
13	Mimouna abarbach	2014	552598	74	F	Femme au foyer	Droit	12 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	Pas ATCD

14	Yassine bouchareb	2014	559371	42	M	Artisan	Droit	6 mois	Accident domestique (agression)	Fermée	Pas ATCD
15	Chaibi anouar	2014	587714	34	M	Artisan	Droit	15 mois	Accident domestique (agression)	Fermée	Pas ATCD
16	Sersouri khadija	2016	122162	74	F	Femme au foyer	Droit	24 mois	Accident domestique (chute)	Fermée	Pas ATCD
17	Khadija jaafar	2016	841987	64	F	Femme au foyer	Droit	3 Mois	AVP	Fermée	HTA
18	Ayoub ouali adib	2016	633759	26	M	Fonctionnaire	Droit	11 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD
19	Fatima al azrak	2016	726693	57	F	Fonctionnaire	Droit	6 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD
20	Samir choniba	2017	987801	29	M	Fonctionnaire	Droit	6 mois	Accident domestique (agression)	Fermée	Pas ATCD
21	Mhammed chaaba	2017	1031880	53	M	Professeur	Droit	12 mois	AVP	Fermée	Pas ATCD

PATIENT	ANNEE	NIVEAU de la PSD	TRAITEMENT INITIAL	Coté de la PSD	TYPE DE LA LESION AO	DIAGNOSTIQUE RADIOLOGIQUE (type de la pseudarthrose)	TRAITEMENT CHIRURGICAL	EVOLUTION ET RESULTATS (score de Steward et hundley)
1	2009	1/3 moy	Plaque vissée	Gauche	A3	Eutrophique	AMO+PV+GO	Moyen
2	2009	1/3 moy	Plâtre pendant	Gauche	A1	Atrophique	PV+GO	Bon
3	2009	1/3 moy	Plâtre pendant	Droit	A1	Atrophique	PV+GO	Perdu de vue
4	2011	1/3 inf	Fracture négligée	Gauche	A3	Atrophique	PV+GO	Bon
5	2011	1/3 inf	Plaque vissée	Gauche	A2	Eutrophique	AMO+PV+GO	Moyen après échec
6	2011	1/3 sup	Plaque vissée	Gauche	A3	Atrophique	AMO+PV+GO	Excellent
7	2011	1/3 inf	Plâtre pendant	Gauche	A2	Eutrophique	DOM+PV+GO	Bon
8	2012	1/3 moy	Plaque vissée	Droit	A2	Eutrophique	PV+GO	Excellent
9	2013	1/3 moy	Plaque vissée + prothèse du coude	Gauche	A2	Atrophique	DOM+AMO	Moy
10	2013	1/3 moy	Fracture négligée	Droit	A2	Eutrophique	DOM+PV+GO	Perdu de vue
11	2013	1/3 moy	Plaque vissée	Gauche	A2	Eutrophique	AMO+PV+GO	Perdu de vue
12	2014	1/3 moy	Plaque vissée	Gauche	B2	Atrophique	DOM+PV+GO	Excellent
13	2014	1/3 moy	Jbira	Gauche	A2	Atrophique	PV DCP 8 trous	Excellent
14	2014	1/3 moy	Plâtre pendant	Doit	A2	Atrophique	PV+GO	Bon
15	2014	1/3 moy	Plaque vissée	Droit	A2	Hypertrophique	AMO+PV+GO	Perdu de vue
16	2016	1/3 moy	Plaque vissée	Gauche	C3	Eutrophique	DOM+ECMV+GCS	Excellent
17	2016	1/3 moy	Clou Centro médullaire	Droit	A2	Eutrophique	PV DCP 11 trous	Excellent
18	2016	1/3 moy	Plaque vissée	Gauche	A1	Hypertrophique	DOM+PV+GO	Excellent
19	2016	1/3 moy	Plaque vissée	Gauche	C3	Eutrophique	DOM+PV DCP 12 trous+GO	Excellent
20	2017	1/3 sup	Plaque vissée	Droit	A3	Eutrophique	DOM+PV+GCS	Excellent
21	2017	1/3 moy	Plaque vissée	Droit	B2	Hypertrophique	AMO+PV+GO	Excellent

BIBLIOGRAPHIE

[1] FOULK DA , SZABO R.M

Diaphyseal humerus fractures : natural history and occurrence of non union .

Orthopedics 1995 ; 18 :333-5.

[2] OSMAN N , TOUAM C , MASMEJEAN E, ASFAZADOURIAN F , ALNOT J.Y.

Result of non operative treatment of humeral shaft fractures. A series of 104 cases.

Chir main 1998 ; 17 :195-206.

[3] M.RAHMI, M.ARSSI , B.DOUMANE

Les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale.

Revue marocaine de chirurgie orthopédique et traumatologique. Mars 2001 Revue n°
11.

[4] EI BARDOUNI, M.MAHFOUD, M.ODGHIRI, M.S.BERRADA, W.R.ALAMI ,M.YACOUBI.

Les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale.

Clinique universitaire de traumatologie-orthopédie-CHU Ibn Sina - RABAT, 1991

[5] EL OTMANI.M.

Les pseudarthroses de la diaphyse humérale à propos de 16 cas. Revue Marocaine de
chirurgie orthopédique et traumatologique. Avril 2001, Revue n°12.

[6] FICAT P, DURROUX.R, METTONG Pseudarthrose diaphysaire et consolidation osseuse.

Revue chir-orthopédique, 1982,68.

[7] Brumback R.J., Bosse M.J., Pol,ka A., Burgess A.R.

Intramedullary stabilisation of humeral shaft fractures In patients with multiple
trauma. J. Bone Joint Surg. (Am.), 1986,68, 960- 969.

[8] R. Bernard de Domsurea,*, R. Peterb, P. Hoffmeyerb

a Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, hôpital Saint-Roch, CHU de
Nice, 5, rue Pierre-Dévoluy,

BP 1319, 06006 Nice cedex 1, France

b Service de chirurgie orthopédique et traumatologie de l'appareil moteur, hôpital
cantonal universitaire de Genève, 24, rue Micheli-du-Crest, 1211 Genève 14, Suisse.

2009

- [9] Service de chirurgie ostéo-articulaire (B4), CHU Hassan II, 30000 Fès, Maroc.
- [10] Pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale traitée par plaque vissée et autogreffe osseuse (à propos de 20 cas)
O. Dahmani *, A. Bouziane, M. Shimi, A. Elibrahimi, A. Elmrini
Service de chirurgie ostéo-articulaire (B4), CHU Hassan II, 30000 Fès, Maroc. 2013.
- [11] 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.
- [12] Bono C.M., Grossman M.G., Hochwald N., Tornetta P
Radial and axillary nerves: anatomic considerations for humeral fixation.
Clin. Orthop. 2000; 373: 259-264.
- [13] Les pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale à propos de 22 cas. Université Mohammed 5-SOUISSI. 2013.
- [14] Laboratoire d'anatomie de la faculté de médecine et de pharmacie de Fès.
- [15] Atlas d'anatomie humaine 5 eme Edition
Frank H.Netter , MD.
- [16] CADENAT FM.
Les voies de pénétration des membres.
Doin Deren & Cie, 1964, 86-89
- [17] JUDET R, PATEL A, DEMEULENAERE C
Trois voies d'abord de l'extrémité supérieure de l'humérus et de la diaphyse humérale.
Presse Med, 1968, 76, 1961-1963.
- [18] LAPORTEC, BIETTE G, JOUVE F, EL BARNOUSSI.A
Les différentes voies d'abord pour l'ostéosynthèse par plaque des deux tiers distaux de l'humérus.
Le journal français de l'orthopédie, maîtrise orthopédique n° : 128- Novembre

2003.

[19] CADENAT FM.

Les voies de pénétration des membres. Doin
Deren & Cie, 1964, 86–89.

[20] JUDET R, PATEL A, DEMEULENAERE C

Trois voies d'abord de l'extrémité supérieure de l'humérus et de la diaphyse
humérale.
Presse Med, 1968, 76, 1961–1963.

[21] ROUVIERE H, DELMAS A.

Anatomie descriptive du membre supérieur : les mouvements du bras. Anatomie
humaine tome 3, 1991, 14^{ème} édition Masson : 262–270.

[22] LARGIER A.

Fractures (généralités) : la formation du cal osseux, les facteurs influençant la
formation du cal osseux, la consolidation des pseudarthroses.
Encycl.med.chir : paris, appareil locomoteur première édition, 14002, B10 : 4–
1978.

[23] ABIDI K.

Les pseudarthroses diaphysaires à propos de 34 cas Thèse
de médecine, Rabat N° 135, 1996.

[24] Judet R, Patel A, Demeulenaere C :

Trois voies d'abord de l'extrémité supérieure de l'humérus et de la
diaphyse humérale. Presse Med, 1968,76, 1961–1963.

[25] Gérard Y., Ameil M., Pierson A., Charfi F.

Pseudarthroses de la diaphyse humérale. A propos de 58
observations. Chirurgie1991,117,263–269.

[26] Klemm WK.

Antibiotic bead chains. Clin. Orthop. 1993(295):63–76.

[27] Processus de réparation osseuse : Conséquences sur le délai de mise en contrainte

Yann Macé 1

Service de rééducation et de réadaptation de l'appareil locomoteur et des pathologies du rachis, Hôpital Cochin, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris. 2007

[28] Langlais F., Kerboull M.

Faut-il opérer les fractures de la diaphyse humérale? *Con. Méd.*, 1975, 4, 2644- 2661.

[29] JUPITER JB, VON DECK M.

Un-united humeral diaphyses.

J-shoulder elbow surg, 1988, Nov-Dec.

[30] TAYNON B, ORENGO P.

Fractures de l'adulte : la consolidation osseuse et ses aléas. EMC (PARIS) appareil locomoteur, M4031, A815, 11, 1980.

[31] RIEUNAU G.

Accidents de la consolidation des fractures : retard de consolidation et pseudarthroses.

Encycl.Med.chir os articulation, 2,1960, 14009, A 10, 10P.

[32] JUPITER JB, VON DECK M.

Un-united humeral diaphyses.

J-shoulder elbow surg, 1988, Nov-Dec

[33] Lenoble E., Terracher R., Kessi H., Goutallier D.

Traitement des fractures diaphysaires de l'humérus par fixateur externe de Hoffman. *Rev. Chir. Orthop.*, 1993,79,606-614.

[34] Moyikoua A., Ebenga A., Pena-Pitra B.

Fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Place du traitement chirurgical par plaque vissée. *Rev. Chir. Orthop.*, 1992,78,23-27.

[35] Klems H, Noack W.

Causes and treatment of delayed callusformation and pseudarthrosis following fractures of the shaft of the humerus (author's transl). *Arch Orthop*

Unfallchir. 1976 jul 23;85(2): 181–8.

[36] Cappellin M, Morisi M.

Considerations on surgical treatment of pseudarthrosis of the humerus.

Acta Chir Patav. 1951;7(1):100–1.

[37] Brumback R.J., Bosse M.J., Pol,ka A., Burgess A.R.

Intramedullary stabilisation of humeral shaft fractures In patients with multiple trauma. J. Bone Joint Surg. (Am.), 1986,68, 960– 969.

[38] Saleh M, Rees, A.

Bifocal techniques for non–union and deformity. In: De Bastiani GA, AG., Goldberg, A., editor. Orthofix external fixation in trauma and orthopedics: Springer; 2000. p. 541–48.

[39] Blinov BV, Kabanenko IV.

Surgical treatment of invalids with pseudarthrosis of the humerus. Khirurgiia (Mosk). 1989 Aug;(8):22–5.

[40] Saleh M, Yang L, Sims M.

Limb reconstruction after high energy trauma. Br Med Bull1999;55(4):870–84.

[41] Cattaneo, R, Villa A., Catagni M. et Tentori L.:

Traitement des pseudarthroses diaphysaires septiques ou non septiques selon la méthode de ILIZAROV en compression mono focale.Rev.Chir. Orthop., 1985, T.71, 4, pp: 223–229.

[42] Bialecki J.

Pseudarthrosis of the lateral condyle of the humerus. Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol. 1988;53(5):398–401.

[43] Chauvet J., Savornin CL, Tripon PH., Willems PH.,Casanova G. ET Gandon F

Pseudarthroses septiques diaphysaires : Orientations thérapeutiques actuelles à partir d'une série de 50 cas. Ann. Chir., 1986,40, n9, pp : 633–640.

[44] Creyssel J., Comiet J.J., RAY A. et Auffray Y :

L'intérêt de l'utilisation locale de l'association d'un détergent et d'antibiotiques

dans le traitement de certaines infections osseuses. Lyon chir. 1968, 64, n1, pp: 118–121.

[45] Bonvallet J.M.:

Enclouage centro-médullaire des os longs (fractures, cal osseux et pseudarthroses). Encycl. Méd., chir. (Paris, France), Appareil locomoteur, 7-1962, 14008, 6 p.

[46] Evrard J, Lebard JP.

Pseudarthrose septique de la diaphyse fémorale. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1971; 57(7):527–46.

[47] Papineau L

[Excision-graft with deliberately delayed closing in chronic osteomyelitis].
Nouv Presse Med 1973;2(41): 2753–5.

[48] Bonneville P., Mansat M.

Chirurgie de la diaphyse humérale: voies d'abord, techniques chirurgicales. Encycl. Méd. Chir. (Paris, France), Techniques chirurgicales, Orthopédie, 44300, 4, 1989, 10.

[49] Calhoun JH, Mader, J.T.

Antibiotic beads in the management of surgical infections. Am. J. Surg. 1989(157):443.

[50] CHANTELOT C., FERRY S., LAHOUE-CHANTELOT S., PRODOMME G.,
GUINAND R., FONTAINE C.

Étude rétrospective des résultats du traitement chirurgical de 21 pseudarthroses de l'humérus
Titre de la Revue : Chirurgie de la main. [Chir. main.] , 2005, vol. 24, no 2, pp. 84 - 91.

[51] Pietu G, Letenneur J, Bourgade M.

The Seidel humeral nail in limited indications: pathological fractures, delayed union, pseudarthrosis and reconstruction. Acta Orthop Belg. 1994;60(2): 187– 93.

[52] Ueng SW, Wei FC, Shih CH.

Management of femoral diaphyseal infected nonunion with antibiotic beads local therapy, external skeletal fixation, and staged bone grafting. J Trauma 1999;46(1):97–

103.

[53] Masquelet AC, Fitoussi F, Begue T, Muiler GP.

Reconstruction des os longs par membrane induite et autogreffe spongieuse. *Annales de Chirurgie Plastique et Esthétique* 2000;45(3): 346–53.

[54] Pietu G, Letenneur J, Bourgade M.

The Seidel humeral nail in limited indications: pathological fractures, delayed union, pseudarthrosis and reconstruction. *Acta Orthop Belg.* 1994;60(2): 187– 93.

[55] Cappellin M, Morisi M.

Considerations on surgical treatment of pseudarthrosis of the humerus. *Acta Chir Patav.* 1951;7(1):100–1.

[56] Traitement chirurgical des pseudarthroses de l'humérus (a propos de 12 cas a l'HMV a rabat) Mlle. Siham DEMNATI.2008

[57] Revol M., Servant J.–M.

Paralysies de la main et du membre supérieur.Analyse/Principes thérapeutiques, MEDSI, Paris.

[58] Traitement chirurgical des pseudarthroses de l'humérus (a propos de 12 cas a l'HMV a rabat) Mlle. Siham DEMNATI.2008

[59] Dujardin FH, Mazirt N, Tobenas AC, Duparc F, Thomine JM. Échec de l'enclouage centromédullaire verrouillé des pseudarthroses de la diaphyse humérale. *Rev Chir Orthop* 2000;86:773–80.

[60] Martinez AA, Herrera A, Pérez JM, Cuenca J, Martinez J. Treatment of humeral shaft non–union by external fixation: a valuable option. *J Orthop Sci* 2001;6:238–41.

[61] Klems H, Noack W.

Causes and treatment of delayed callusformation and pseudarthrosis following fractures of the shaft of the humerus (author's transl). *Arch Orthop Unfallchir.* 1976 jul 23;85(2): 181–8.

[62] HEALY–WL, WHITE–GM. Non union of the humeral shaft. *Clin–orthop*, 1982, 68.

- [63] Brumback R.J., Bosse M.J., Pol,ka A., Burgess A.R.
Intramedullary stabilisation of humeral shaft fractures In patients with multiple trauma.
J. Bone Joint Surg. (Am.), 1986,68, 960– 969.
- [64] Blinov BV, Kabanenko IV.
Surgical treatment of invalids with pseudarthrosis of the humerus. Khirurgia (Mosk).
1989 Aug;(8):22–5.
- [65] Bonvallet J.M.:
Enclouage centro-médullaire des os longs (fractures, cal osseux et pseudarthroses).
Encycl. Méd., chir. (Paris, France), Appareil locomoteur, 7– 1962, 14008, 6 p.
- [66] Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques
J. Brilhault (Docteur) *, L. Favard (Professeur)
Chirurgie orthopédique et traumatologique 1, CHRU de Tours, hôpital Trousseau,37044
Tours cedex 1, France.2005.
- [67] Traitement chirurgical des pseudarthroses de l'humérus (a propos de 12 cas a l'HMV a
rabat) Mlle. Siham DEMNATI.2008
- [68] Cattaneo, R, Villa A., Catagni M. et Tentori L.:
Traitement des pseudarthroses diaphysaires septiques ou non septiques selon la
méthode de ILIZAROV en compression mono focale.Rev.Chir. Orthop., 1985, T.71, 4, pp:
223–229.
- [69] Evrard J, Lebard JP.
Pseudarthrose septique de la diaphyse fémorale. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot
1971; 57(7):527–46.
- [70] CHANTELOT C., FERRY S., LAHOUE-CHANTELOT S., PRODOMME G., GUINAND R.,
FONTAINE C.
Étude rétrospective des résultats du traitement chirurgical de 21 pseudarthroses de
l'humérus Titre de la Revue : Chirurgie de la main. [Chir. main.] , 2005, vol. 24, no 2, pp.
84 – 91.
- [71] Pietu G, Letenneur J, Bourgade M.

The Seidel humeral nail in limited indications: pathological fractures, delayed union, pseudarthrosis and reconstruction. *Acta Orthop Belg.* 1994;60(2): 187– 93.

[72] Ueng SW, Wei FC, Shih CH.

Management of femoral diaphyseal infected nonunion with antibiotic beads local therapy, external skeletal fixation, and staged bone grafting. *J Trauma* 1999;46(1):97–103.

[73] Asencio G, Buscayret F, Trabelsi A, Bertin R, Hammami R, et al. Enclouage verrouillé des fractures diaphysaires récentes de l'humérus. *Rev Chir Orthop* 2001;87:749–57.

[74] Raschke M, Khodadadyan C, Maitino PD, Hoffmann R, Sudkamp NP. Non-union of the humerus following intramedullary nailing treated by Ilizarov hybrid fixation. *J Orthop Trauma* 1998;12:138–41.

[75] MEHMET KOCAOGLU, LEVENT ERALP, YILMAZ TOMAK. Treatment of humeral shaft non-union by the ILIZAROV method *International orthopaedics (SICOT) (2001) volume 25 number6.*

[76] SALANNE P, ARIBIT F.

Conduite à tenir devant une pseudarthrose de la diaphyse humérale.

Table ronde sous la direction de NIETO.H, les fractures de la diaphyse humérale.

Société d'orthopédie de l'ouest. *Ann orthop Ouest*, 1997,29, 148–151.

[77] ELISABETH A TE VELDE AND CHRIS VAN DER WERKEN. Plate osteosynthesis for pseudarthrosis of the humeral shaft. *Injury–2001 oct: 32(9) : 621–624.*

[78] CADY. J et KRON.B

Anatomie descriptive, fonctionnelle et topographique du membre supérieur.

Anatomie du corps humain, 1975,1 :17–93.

[79] Non-consolidation aseptique de la diaphyse humérale. Revue de 21 patients traités par décortication, plaque en compression et autogreffe osseuse.

R. Bernard de Domsure a, *, R. Peter b, P. Hoffmeyerb

a Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, hôpital Saint-Roch, CHU de

Nice, 5, rue Pierre-Dévoluy,

BP 1319, 06006 Nice cedex 1, France

b Service de chirurgie orthopédique et traumatologie de l'appareil moteur, hôpital cantonal universitaire de Genève,

24, rue Micheli-du-Crest, 1211 Genève 14, Suisse.2010.

[80] Aseptic Humeral Shaft Non-union Predisposing Factor and Evaluation Treatment

Dembélé B*, Coulibaly NF, Sarr L, Gueye AB, Diouf AB, Sané AD and Diémé CB

Service d'Orthopédie Traumatologie CHU Le DANTEC, Dakar Sénégal.2017.

[81] Locking compression plate in humeral shaft nonunion: a retrospective

study of 18 cases

Rajesh Govindasamy¹*, Ramkumar Gnanasundaram², Saravanan Kasirajan¹,

Fawas Thonikadavath¹, Jeff W. Rajadurai.2016.

[82] RESULTATS DU TRAITEMENT DE LA PSEUDARTHROSE ASEPTIQUE DE LA DIAPHYSE

HUMERALE PAR PLAQUE VISSEE ET AUTOGREFFE OSSEUSE A PROPOS DE 20 CAS

GOGOUA D R, ANOUMOU M, KOUAMÉ A, GUEDEBGE F, KOUAMÉ M, VARANGO GG.

TIRES-A PART A : DR. RAPHAËL GOGOUA : SERVICE D'ORTHOPEIDIE -TRAUMATOLOGIE,
CHU TREICHVILLE 01BP V 03 ABIDJAN-REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE.2006.

[83] The Pseudarthrosis Oh Fe Humerus: Surgical Treatment, Functional Results and Perspectives

Boubacar Soumare¹*, Marzouki Amine, Abdoul Salam Diarra, Abdourazak Said and Fawzi Boutayeb .Service de Traumatologie et d'Orthopédie Adu CHU Hassan II, Faculté

de Médecine et de Pharmacie, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah de Fès, Morocco

2 Laboratoire d'Epidémiologie et de santé Publique, Faculté de Médecine et de Pharmacie de, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah de Fès, Morocco.2017.

[84] Les PSEUDARTHROSES ASEPTIQUES DE LA DIAPHYSE HUMERALE (A propos de 22 cas).

Sakina derbal et al.2013.

[85] SEGONDS JM, ALNOT JY.

Pseudarthroses et retards de consolidation aseptiques de la diaphyse humérale.

Revue de chirurgie orthopédique, 2003, 89, 107–117.

- [86] Mast JW, Spiegel PG, Harvey JP, Harrison C. Fractures of the humeral shaft: a retrospective study of 240 adult fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1975;112:254–62.
- [87] Lammens J, Bauduin G, Driesen R, Moens P, Stuyck J, et al. Treatment of non-union of the humerus using the Ilizarov external fixator. *Clin Orthop Relat Res* 1998;353:223–30.
- [88] Muramatsu K, Doi K, Ihara K, Shigetomi M, Kawai S. Recalcitrant posttraumatic nonunion of the humerus: 23 patients reconstructed with vascularized bone graft. *Acta Orthop Scand* 2003;74(1):95–7.
- [89] Foulk DA, Szabo RM. Diaphyseal humerus fractures: natural history and occurrence of nonunion. *Orthopaedics* 1995;18:333–5.
- [90] Zinghi GF, Specchia L, Galli G, Sabalat S. La pseudarthrose diaphysaire de l'humérus : résultats cliniques et radiographiques sur 147 cas opérés. *Acta Orthop Belg* 1986;52:19–35.
- [91] Aseptic non-union of humeral shaft fractures treated by plating and bone grafting (about 20 cases)
O. Dahmani *, A. Bouziane, M. Shimi, A. Elibrahimi, A. Elmrini
Service de chirurgie ostéo-articulaire (B4), CHU Hassan II, 30000 Fès, Maroc. 2013.
- [92] Loomer R, Kokan P. Non-union in fractures of the humeral shaft. *Injury* 1976;7:274–8.
- [93] Rosen H. The treatment of nonunions and pseudarthroses of the humeral shaft. *Orthop Clin North Am* 1990;21:725–42.
- [94] Müller ME, Thomas RJ. Treatment of non-union in fractures of long bones. *Clin Orthop Relat Res* 1979;138:141–53.
- [95] Healy WL, White GM, Mick CA, Brooker AF, Weiland AJ. Nonunion of the humeral shaft. *Clin Orthop Relat Res* 1987;219:206–13.
- [96] McKee MD, Miranda MA, Riemer BL, Blasier RB, Redmond BJ, et al. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails. *J Orthop Trauma* 1996;10:492–9.
- [97] Calhoun JH, Mader, J.T.

Antibiotic beads in the management of surgical infections. *Am. J. Surg.* 1989(157):443.

- [98] Pietu G, Raynaud G, Letenneur J. Treatment of delayed and non-unions of the humeral shaft using the Seidel locking nail: a preliminary report of five cases. *J Orthop Trauma* 1994;8:240-4.
- [99] Salanne P, Aribit F. Conduite à tenir devant une pseudarthrose de la diaphyse humérale. Table ronde sous la direction de Nieto H. Les fractures de la diaphyse humérale. *Ann Orthop Ouest* 1997;29:148-51.
- [100] Raschke M, Khodadadyan C, Maitino PD, Hoffmann R, Sudkamp NP. Non-union of the humerus following intramedullary nailing treated by Ilizarov hybrid fixation. *J Orthop Trauma* 1998;12:138-41.
- [101] Patel VR, Menon DK, Pool RD, Simonis RB. Nonunion of the humerus after failure of surgical treatment: management using the Ilizarov circular fixator. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:977-83.
- [102] Micic ID, Mitkovic MB, Mladenovic DS, Golubovic VZ, Jeon IH. Treatment of the humeral shaft aseptic nonunion using plate or unilateral external fixator. *J Trauma* 2008;64:1290-6.
- [103] El-Rosasy MA. Nonunited humerus shaft fractures treated by external fixator augmented by intramedullary rod. *Indian J Orthop* 2012;46:58-64.
- [104] ANDRE.S, FEUILHADE DE CHAVIN.P,CAMILERI.A, BOMBART.M, ASSZLINEAU.A. Les fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Comparaison du traitement orthopédique et des traitements chirurgicaux à propos de 252 cas .*Rev. Chir. Ortho.* 1984, 70,49-61.
- [105] KENNEDY J. C., WYATT J. K. An evaluation of the management of fractures through the middle third of the humerus. *Can. J., Surg.*, 1957, 1 : 26-33.
- [106] BECK E. Pathogenese and Behandlungsergebnisse der Oberarm schaft pseudarthrose. *Zbl. Chir.*, 1973, 98, 1048-1053.
- [107] BABIN S. R., STEINMETZ A., WUYTS J. L., KATZ-NER M., SCHVINGT E. Une technique orthopedique fiable dans le traitement des fractures diaphysaires hume-rales de

l'adulte : le plâtre pendant. Analyse d'une série de 74 cas. J. Chir. (Paris), 1978, 115, 653-658.

- [108] ANDRE S., FEUILHADE DE CHAUVIN P., CAMIL-LERI A., BOMBART M., ASSELINEAU A. Les fractures récentes de la diaphyse humérale de l'adulte. Comparaison du traitement orthopédique et des traitements chirurgicaux. A propos de 252 cas. Rev. Chir. Orthop., 1984, 70, 49-61.
- [109] VAN DER GHINST M., DE GEETER L., THIRY A. Le traitement des fractures de la diaphyse humérale par l'embrochage centro-médullaire à minima. Acta Orthop. Belg., 1974, 40, 85-95.
- [110] CHAMPETIER J., BRABANT A., CHARIGNON G., DURAND A., LETOUBLON C., MIGNOT P. Traitement des fractures de l'humerus par «d'embrochage en bouquet». J. Chir. (Paris), 1975, 109, 75-82.
- [111] HALL R. F., PANKOVICH A. M. Ender nailing of acute fractures of the humerus. A study of closed fixation by intramedullary nails without reaming. J. Bone Joint Surg., 1987, 69-A, 558-567.
- [112] BURNY F., DEMOLDER V., HINSENKAMP M., RASQUIN C. Traitement des fractures d'humerus par fixateur externe. Etude de 62 cas. Acta Orthop. Belg., 1979, 45, 47-56.
- [113] VAN DER GHINST M., DE GEETER L. Fracture de la tête et de la diaphyse humérale : du plâtre pendant à l'embrochage fasciculaire selon Hackethal. Etude critique. Acta Orthop. Belg., 1978, 44, 357-365.
- [114] REIGNIER M., EL BANA S., HAYEZ J. P., STEL-MASZYK J., RAYNAL P. L'ostéosynthèse des fractures diaphysaires de l'humerus. Acta Orthop. Belg., 1987, 53, 485-491.
- [115] Pietu G, Raynaud G, Letenneur J. Treatment of delayed and non-unions of the humeral shaft using the Seidel locking nail: a preliminary report of five cases. J Orthop Trauma 1994;8:240-4.
- [116] Pietu G, Letenneur J, Bourgade M. Le clou huméral de Seidel dans les indications limites: fractures pathologiques, retards de consolidation, pseudarthroses et reconstructions. Acta Orthop Belg 1994;60: 187-93.

- [117] Dujardin FH, Mazirt N, Tobenas AC, Duparc F, Thomine JM. Échec de l'enclouage centromédullaire verrouillé des pseudarthroses de la diaphyse humérale. Rev Chir Orthop 2000;86:773-80.
- [118] Fattah HA, Halawa EE, Shafy TH. Non-union of the humeral shaft: a report of 25 cases. Injury 1982;14:255-62.
- [119] Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, McQueen MM. Locked nailing of humeral shaft fractures. J Bone Joint Surg Br 1992;74:558-62.
- [120] Chantelot C, Ferry S, Lahoude-Chantelot S, Prodhomme G, Guinand C, Fontaine R. Étude rétrospective des résultats du traitement chirurgical de 21 pseudarthroses de l'humérus. Chir Main 2005;24:84-91.
- [121] Müller AO Classification of Fractures—Long Bones
This leaflet is designed to provide an introduction to the classification of long-bone fractures.
- [122] FRACTURES DE LA DIAPHYSE HUMÉRALE: PLAQUE VISSÉE VS EMBROCHAGE FASCICULÉ SELON HACKETHAL. Khaoula Boukhal et al. 2017.
- [123] Traitement chirurgical des fractures.
- [124] PLACE DU GREFFON OSSEUX ILIAQUE EN CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE à propos de 12 cas. Bouhou Fahd et al. 2017.
- [125] Aseptic non-union of humeral shaft fractures treated by plating and bone grafting (about 20 cases)
O. Dahmani *, A. Bouziane, M. Shimi, A. Elibrahimi, A. Elmrini
Service de chirurgie ostéo-articulaire (B4), CHU Hassan II, 30000 Fès, Maroc. 2013.
- [126] Acute and chronic humeral shaft fractures in adults .
L.Pidhorz. Centre hospitalier du Mans, 194, avenue Rubillard, 72037 le Mans cedex9, France. 2014.