

PLAN

PLAN	1
ABREVIATIONS	8
INTRODUCTION	9
MATERIELS ET METHODES	12
I. TYPE D’ETUDE	13
II. CRITERES D’INCLUSION	13
III. CRITERES D’EXCLUSION	13
IV. METHODES DE TRAVAIL	13
RESULTATS	15
I. PROFIL EPIDEMIOLOGIQUE	16
1. Fréquence	16
2. Age	16
3. Sexe	17
4. Antécédents	18
5. Circonstances du traumatisme initial	19
6. Le côté atteint	20
II. ETUDE CLINIQUE DE LA FRACTURE INITIALE	21
1. Lésions cutanées initiales	21
2. Lésions traumatiques associées	22
III. ETUDE RADIOLOGIQUE	23
1. Os atteint	23
2. Siège de la fracture initiale	24
3. Type du trait de fracture	25
4. Déplacement de la fracture	27
5. Perte de substance osseuse	27

IV. TRAITEMENT INITIAL DE LA FRACTURE	28
1. Le lieu du traitement	28
2. Délai entre le traumatisme et le traitement initial	28
3. Type de traitement initial	28
V. DELAI D'EVOLUTION VERS LA PSEUDARTHROSE	30
1. Délai entre le traitement initial et le diagnostic de la pseudarthrose	30
VI. DIAGNOSTIC DE PSA	31
1. Etude clinique	31
1.1. Signes fonctionnels	31
1.2. Signes physiques	31
2. Etude radiologique	32
VII. TRAITEMENT DE PSA	34
1. Thérapeutiques préopératoires	34
2. Traitement chirurgical	34
2.1. Type d'anesthésie	35
2.2. Installation des malades.....	36
2.3. Voie d'abord	37
2.4. Les moyens de contention du foyer de pseudarthrose.....	38
2.5. Les moyens de stimulation de l'ostéogenèse	41
2.6. Techniques chirurgicales de la pseudarthrose de la jambe	42
VIII. RESULTATS	55
1. Résultats osseux	55
1.1. Critères osseux d'ASAMI	55
2. Résultats fonctionnels.....	57

IX. COMPLICATIONS	58
1. Immédiates	58
2. A long terme	58
DISCUSSION	59
I. RAPPEL ANATOMIQUE	60
1. Les éléments osseux.....	60
1.1. Le Tibia	60
1.2. Le péroné	61
2. Les loges musculaires.....	64
2.1. La loge antérieure.....	64
2.2. La loge latérale.	66
2.3. La loge postérieure	67
3. Vascularisation de la jambe.....	69
3.1. Système afférent (les artères de la jambe).....	69
3.2. Système efférent (les veines du membre inférieur).....	72
3.3. Système lymphatique	73
4. Innervation de la jambe	73
II. LA CONSOLIDATION OSSEUSE.....	74
1. Définition	74
2. Etapes de la consolidation osseuse	74
2.1. La période d'union	74
2.2. La période de remodelage modelage	78
III. PSEUDARTHROSE DE LA SERIE	82
A. Définition	82
B. Anatomopathologie	83

C.	La clinique	88
D.	La radiologie	91
E.	TRAITEMENT DE LA PSEUDARTHROSE ASEPTIQUE DE LA JAMBE	92
1.	Historique	92
2.	Le ‘Concept diamant ‘de traitement opératoire	94
3.	Traitement chirurgical	95
3.1.	Buts du traitement	95
3.2.	Principe du traitement	95
3.3.	Type d’anesthésie	96
3.4.	Voies d’abord	96
3.5.	Les moyens de traitement des pseudarthroses aseptique	97
a.	les moyens de stabilisation du foyer de la pseudarthrose	97
b.	Les moyens de stimulation de l’ostéogénèse	103
3.6.	Indications thérapeutiques	114
a.	Dans les pseudarthroses aseptiques atrophiques	114
b.	Dans les pseudarthroses aseptiques hypertrophiques	114
3.7.	Complications	115
IV.	DISCUSSION DE LA SERIE	117
A.	ELEMENTS EPIDEMIOLOGIQUES	117
1.	Age	117
2.	Sexe	118
B.	ELEMENTS ETIOLOGIQUES	119
1.	Les causes générales	119
2.	Causes locales	120
3.	Causes iatrogènes	120

3.1. Pseudarthrose survenant après un traitement orthopédique	120
3.2. Pseudarthrose survenant après un traitement chirurgical	120
C. ELEMENT CLINIQUE DE LA FRACTURE INITIALE	124
1.Lésions cutanées	124
2.Lésions traumatiques associées	126
D. ELEMENTS RADIOLOGIQUES	127
1.Siège de la fracture initiale	127
2.Type de la fracture initiale	128
E. TRAITEMENT INITIAL DE LA FRACTURE	129
1.Traitements orthopédiques.....	129
2.Traitements chirurgicaux	130
a. Plaque vissée	130
b. Enclouage centromédullaire	131
c. Fixation externe	131
F. CLASSIFICATION DE LA PSA ASEPTIQUE	133
G. FACTEURS DE RISQUES	135
H. TRAITEMENT DE LA PSEUDARTHROSE ASEPTIQUE DE LA JAMBE	138
1.Type d'anesthésie	138
2.Voies d'abord	138
3.Les moyens de traitement des pseudarthroses aseptique	139
a. les moyens de stabilisation du foyer de la pseudarthrose	139
b. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse	142
I. RESULTATS THERAPEUTIQUES	145
1.Résultats fonctionnels	145
2.Résultats osseux	146

J. Les complications	147
CONCLUSION	148
RESUMES.....	150
ANNEXES	155
BIBLIOGRAPHIE.....	162

ABREVIATIONS

PSA	: pseudarthrose
CHU	: centre hospitalier universitaire
ATCD	: antécédent
AVP	: accident de la voie publique
AINS	: anti-inflammatoire non stéroïdiens
BMP	: bone morphogenetic protein
Rx	: radio
NFS	: numération formule sanguine
ALR	: anesthésie locorégionale
AG	: anesthésie générale
ECM	: enclouage centromédullaire
FE	: fixateur externe
PV	: plaque vissée
GITP	: greffe intertibiopéronière
GCS	: greffe corticospongieux
GO	: greffe osseux
DOM	: décortication ostéomusculaire

INTRODUCTION

La pseudarthrose est définie par l'arrêt de tout processus de consolidation sans union osseuse véritable (d'où, la dénomination de « non-union» dans la littérature anglophone). En dehors d'une perte osseuse importante, on ne parle pas de pseudarthrose avant un délai de 6 à 8 mois après la fracture initiale. Cet état était, avant l'avènement de la radiologie, estimé cliniquement par la persistance de douleurs, mais surtout par l'appréciation d'une mobilité résiduelle dans le foyer de fracture par le chirurgien. Un praticien bien entraîné pouvait, semble-t-il, détecter une mobilité de trois degrés [1]. De nos jours, la pseudarthrose est définie par l'absence de tout cal osseux radiologiquement significatif. Ceci est la conséquence de la création d'un tissu fibreux faiblement vascularisé et pauvre en cellules à potentiel de différenciation osseuse.

On distingue deux types de pseudarthrose : septique, qui correspond à une pseudarthrose compliquée d'une infection osseuse (ostéite) et aseptique, non infectée.

Au niveau de la jambe la PSA aseptique continue d'être un problème d'actualité et représente l'une des complications les plus redoutées des fractures de la jambe. En effet malgré l'amélioration du traitement de ces fractures, la PSA se rencontre dans tous les types de traitement, qu'il s'agisse de traitement orthopédique ou chirurgical.

Elle est donc une affection fréquente dans notre pratique, grave et très invalidante. Sa fréquence varie considérablement en fonction de la méthode choisie pour le traitement initial de la fracture.

Le choix de la thérapeutique devra être guidé par la localisation, le type de lésion et l'importance de la perte osseuse.

Il existe une multitude d'options thérapeutiques décrites dans la littérature. De façon un peu schématique, on peut dire que le choix de la technique dépend du caractère hypertrophique ou atrophique de la pseudarthrose et de la qualité de

l'alignement des fragments. Avant d'examiner plus en détail les différentes possibilités thérapeutiques, il convient d'insister sur le fait que la prise en charge doit tenir compte, de manière réaliste, des chances d'un résultat final satisfaisant. Il vaut mieux, dans certains cas exceptionnels où le pronostic est très mauvais, proposer au patient une amputation plutôt qu'un traitement excessivement long comportant des interventions multiples, un risque de dépendance médicamenteuse, et une mauvaise fonction finale du membre concerné.

Les objectifs de notre étude sont :

- Dresser l'état des lieux des PSA de la jambe
- Analyser les facteurs de risques des pseudarthroses de la jambe
- Décrire la prise en charge adoptée
- Analyser les résultats de cette technique à travers une étude rétrospective

Pour ceci nous avons mené une étude rétrospective comporte 17 patients au service de traumatologie orthopédique au CHU Hassan II entre 2009 et 2016.

MATERIELS ET METHODES

I. TYPE D'ETUDE :

Nous rapportons une étude rétrospective qui porte sur 17 cas de pseudarthrose aseptique de la jambe, colligés au Service de Traumatologie Orthopédie (B) du Centre Hospitalier Universitaire Hassan II de Fès, sur une période de 8 ans, allant de janvier 2009 à décembre 2016.

II. CRITERES D'INCLUSION :

Nous avons inclus tous les patients présentant une pseudarthrose aseptique de la jambe post-fracturaire traités puis suivis régulièrement au service de traumatologie Orthopédie B au CHU Hassan II de Fès.

III. CRITERES D'EXCLUSION :

Nous avons exclus de notre étude :

- Les pseudarthroses septiques.
- Patients n'ayant pas accepté la prise en charge thérapeutique .
- Patients au dossier incomplet.

Au total 17 patients ont été retenus pour la présente étude.

IV. METHODES DE TRAVAIL :

La collecte des données a été réalisée à partir des dossiers médicaux des archives au moyen d'une fiche d'exploitation (voir annexe).

Les variables étudiées étaient les suivantes :

❖ **Les données :**

- ✓ Epidémiologiques : âge ; sexe ; NSE ; origine géographique ; circonstances du traumatisme initial.
- ✓ Cliniques de la fracture initiale.
- ✓ Para cliniques de la fracture initiale : radiologie.

- ✓ Thérapeutiques de la fracture initiale.
- ✓ Cliniques de la PSA : signes généraux et fonctionnels, Examen clinique .
- ✓ Evaluation biologique de la PSA.
- ✓ Evaluation radiologique de la PSA est basé sur un radiographie standard en incidence face et profil en préopératoire pour classer la pseudarthrose, et en postopératoire, et cours du suivi pour suivre l'évolution du traitement adopté.
- ✓ Thérapeutiques des pseudarthroses.
- ✓ Evolution de la pseudarthrose aseptique de la jambe en post thérapeutique est faite en se basant sur la classification d'ASSAMI [2].

❖ **Obstacles et difficultés :**

Diverses difficultés ont été rencontrées à savoir :

- ✓ Difficultés de gestion et de conservation des dossiers des patients.
- ✓ Dossiers et adresses des patients souvent incomplets .
- ✓ Certains patients ont été totalement perdus de vue après quelques consultations, ce qui constitue une source de biais dans l'évaluation des résultats.

RESULTATS

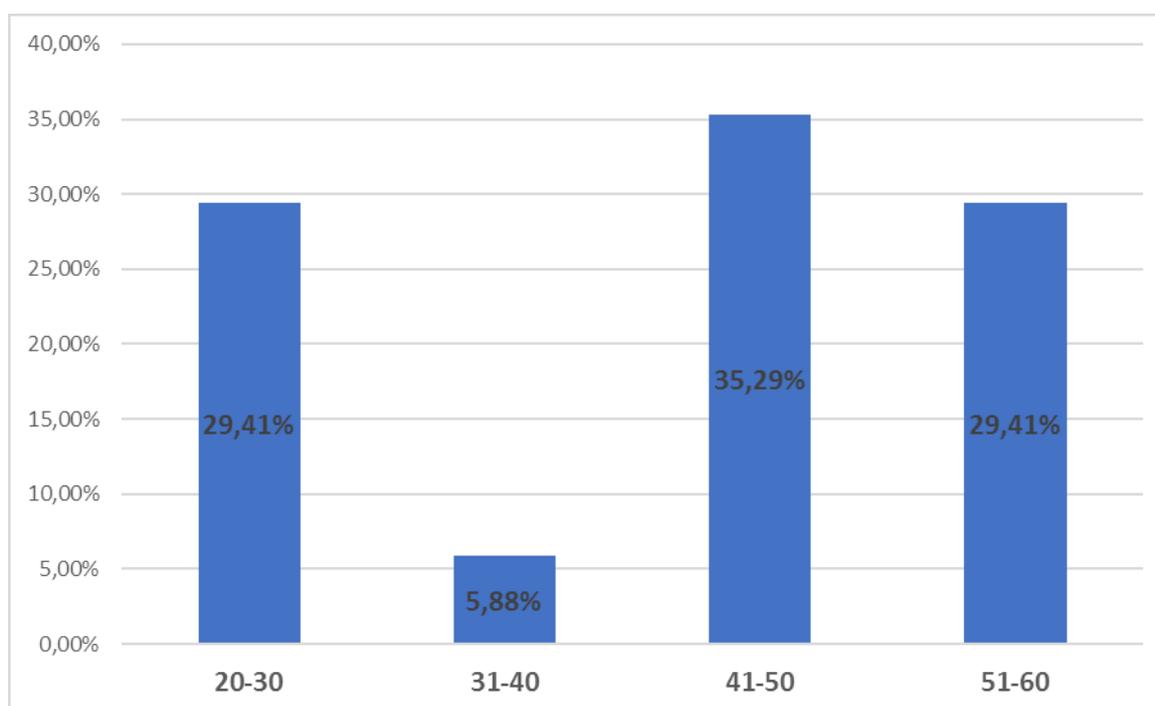
I. PROFIL EPIDEMIOLOGIQUE :

1. Fréquence :

Sur 431 fractures de jambe colligées durant la période d'étude allant de janvier 2009 jusqu'au décembre 2016, 17 cas ont été compliqués de PSA aseptique soit 4%, dont 12 ont été pris en charge au sein du service ce qui fait une fréquence de 2,8% et 5 cas ont été pris en charge ailleurs.

2. Age : (Graphique 1)

La moyenne d'âge de nos patients était de 41 ans avec des extrêmes allant de 25 à 60 ans.



Graphique 1 : Répartition des cas selon l'âge

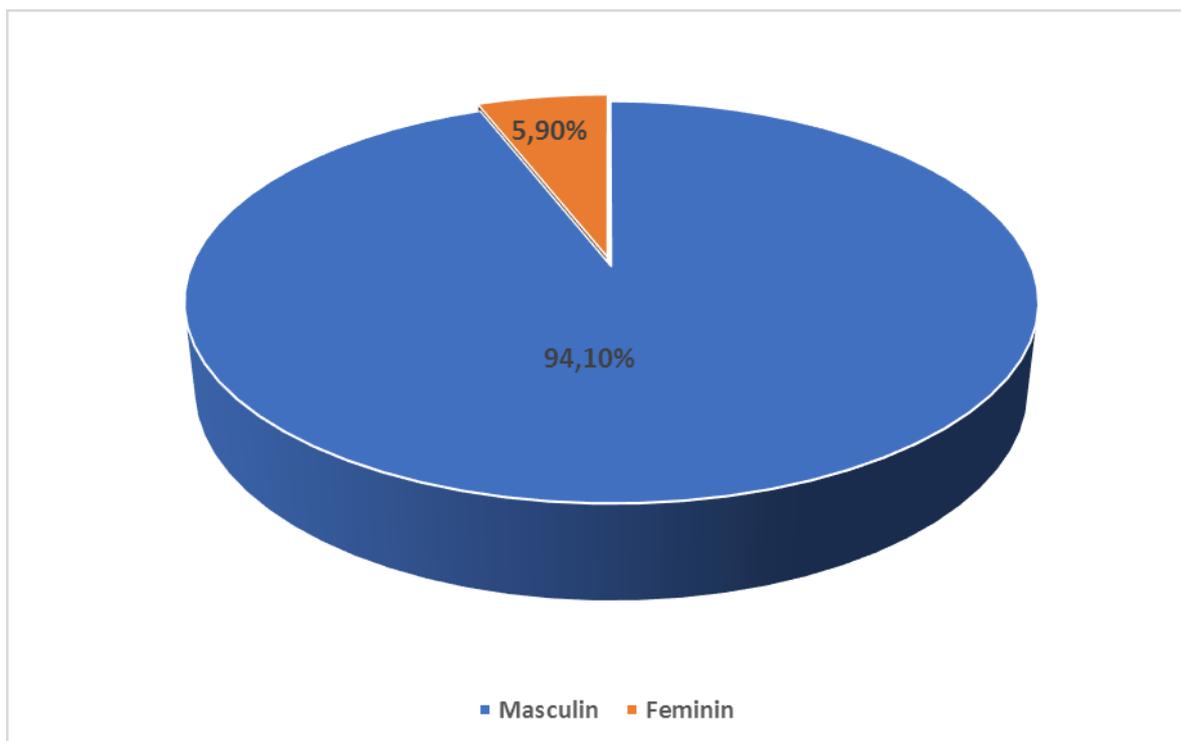
La tranche d'âge 41 à 50 ans a été la plus touchée avec un pourcentage de 35,29 %. (Graphique 1)

3. Sexe : (Graphique 2)

Les patients entrants dans notre série se répartissaient selon le sexe comme suit :

- Hommes : 16 cas soit 94,1 %
- Femmes : 1 cas soit 5,9 %

Soit un sexe ratio de 16H/F. (Graphique2)



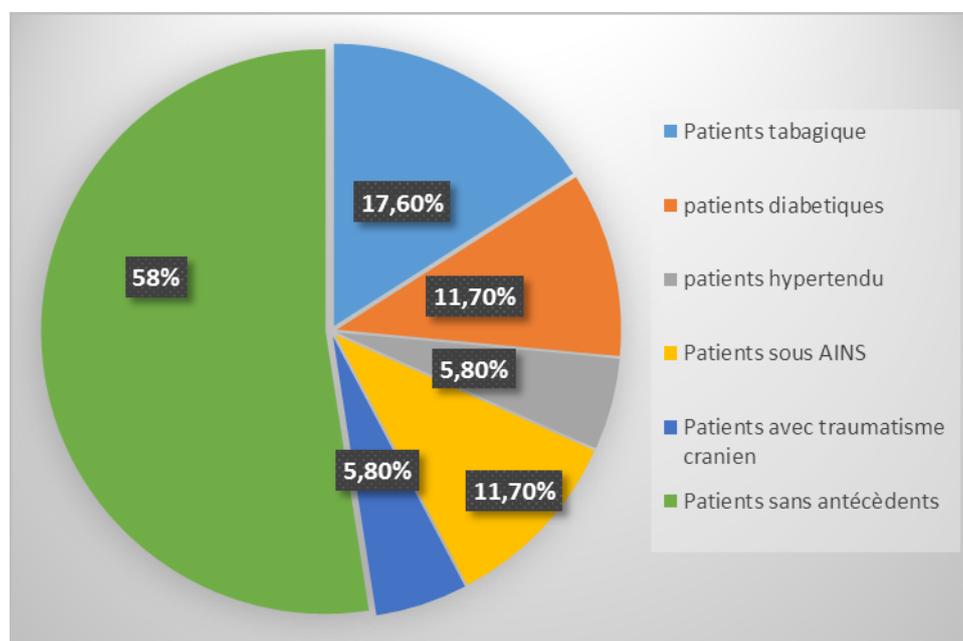
Graphique 2 : Répartition des cas selon le sexe

4. Antécédents :(Tableau 1 ; Graphique 3)

Sur les 17 cas étudiés, 9 patients présentaient des antécédents particuliers soit 52,9 %.

Tableau 1 : Répartition des cas selon les antécédents

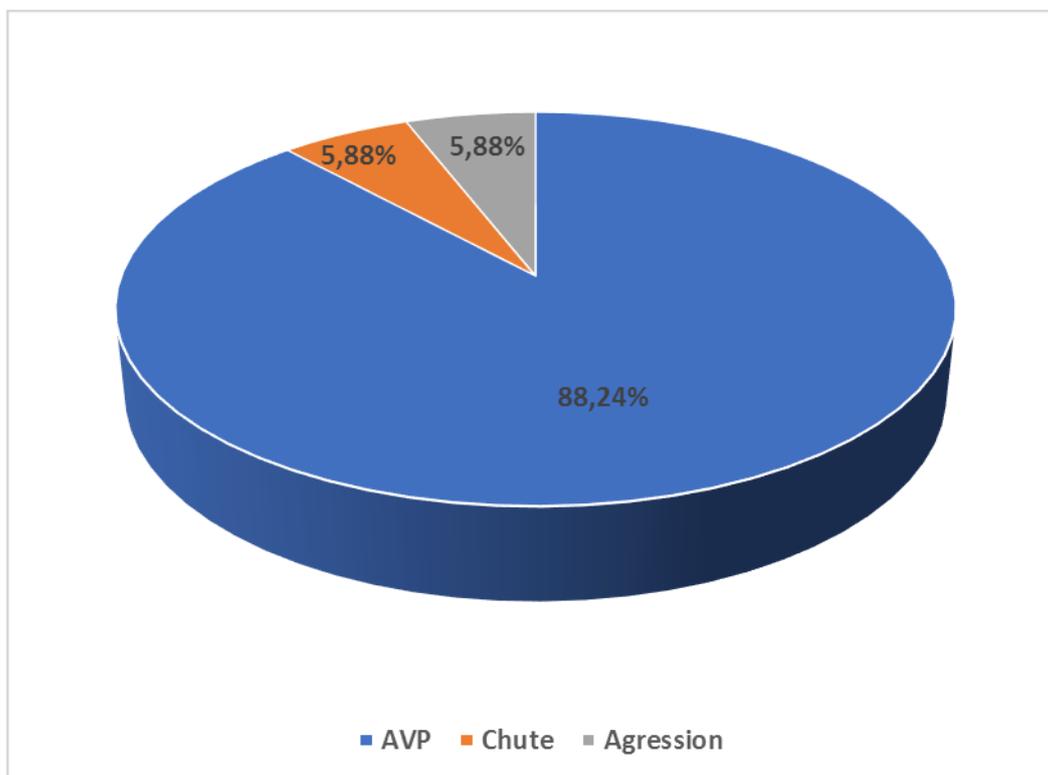
ATCD	Nombre de cas
Tabagisme	3
Diabète	2
HTA	1
Prise médicamenteuse : AINS	2
Traumatisme crânien	1
Patients sans antécédents	10



Graphique 3 : Répartition des cas selon les antécédents

5. Circonstances du traumatisme initial :(Graphique 4)

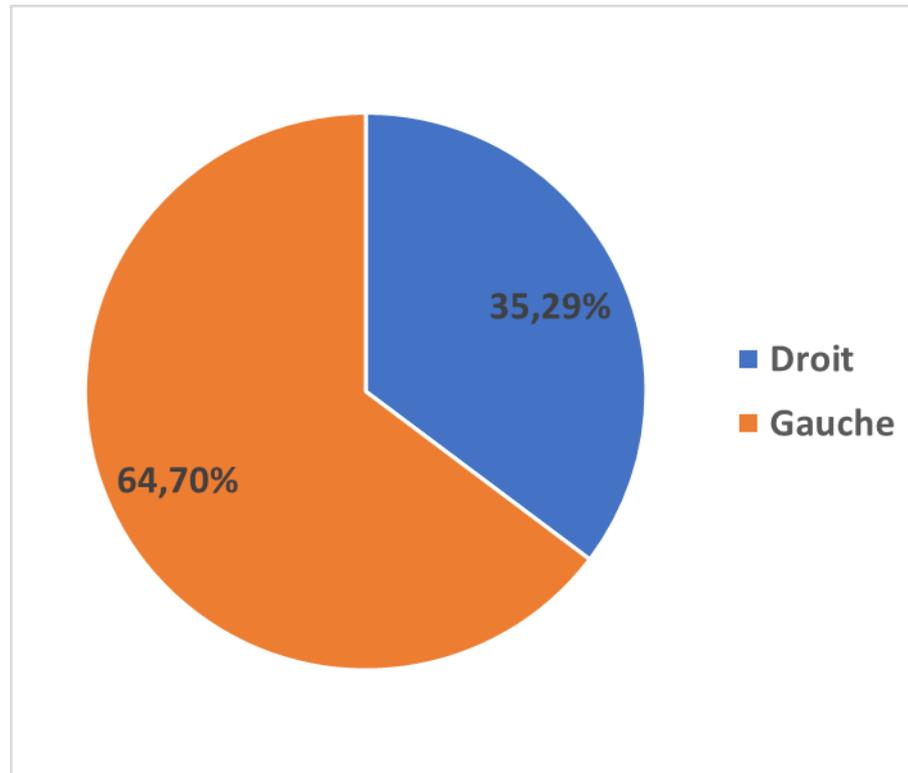
Les accidents de la voie publique constituaient la principale étiologie, elle était retrouvée chez 15 cas soit 88,24%. Cependant, d'autres étiologies ont été retrouvées telles : un cas d'une chute d'un lieu élevé, un cas d'agression. (Graphique 4).



Graphique 4 : Répartition des patients selon les circonstances du traumatisme causal

6. Le côté atteint :(Graphique 5)

La fracture initiale est trouvée au niveau de la jambe gauche dans 11 cas soit un pourcentage de 64,71%. Et au niveau de la jambe droite dans 6 cas soit un pourcentage de 35,29%.(Graphique 5).



Graphique 5 : Répartition des patients selon le côté atteint.

II. ETUDE CLINIQUE DE LA FRACTURE INITIALE :

1. Lésions cutanées initiales :(Tableau 2 ; Figure 1)

Dans le cas des fractures ouvertes, la lésion a été classée selon la classification de GUSTILO et coll.

Tableau 2 : Répartition des cas selon l'état cutané de la fracture initiale:

Etat cutané de la fracture		Nombre de cas	Pourcentage%
Fractures fermées		3	17,7%
Fractures ouvertes		14	82,4%
Ouvertes	Type I	2	11,8%
	Type II	5	29,5%
	Type III	7	41,2%

La fracture ouverte (Figure 1) était dominante, trouvée dans 14 cas soit un pourcentage de 82,5% avec une prédominance du type III de la classification du Gustilo.



Figure 1 : fracture ouverte du tiers supérieur de la jambe de type II avec mise à nu de l'os [3]

2. Lésions traumatiques associées :

La fracture initiale était :

- Isolée dans 11 cas.
- Associée à une autre atteinte dans 6 cas, soit une moyenne de 35,3%, il s'agissait de :
 - Fracture de la mandibule (2cas)
 - Traumatisme crânien (1 cas).
 - Fracture de la malléole externe (1cas).
 - Fracture des deux os de l'avant-bras (1 cas).
 - Fracture du pied (1cas).

NB : absence de lésions vasculo-nerveuses parmi les cas étudiés

III. ETUDE RADIOLOGIQUE :

L'analyse radiologique de la fracture initiale faite sur les incidences de face et de profil a permis de retenir les résultats suivants :

1. Os atteint : (Figure 2)

La fracture a intéressé les deux os de la jambe dans 14 cas, alors qu'elle était isolée au niveau du tibia dans 3 cas.



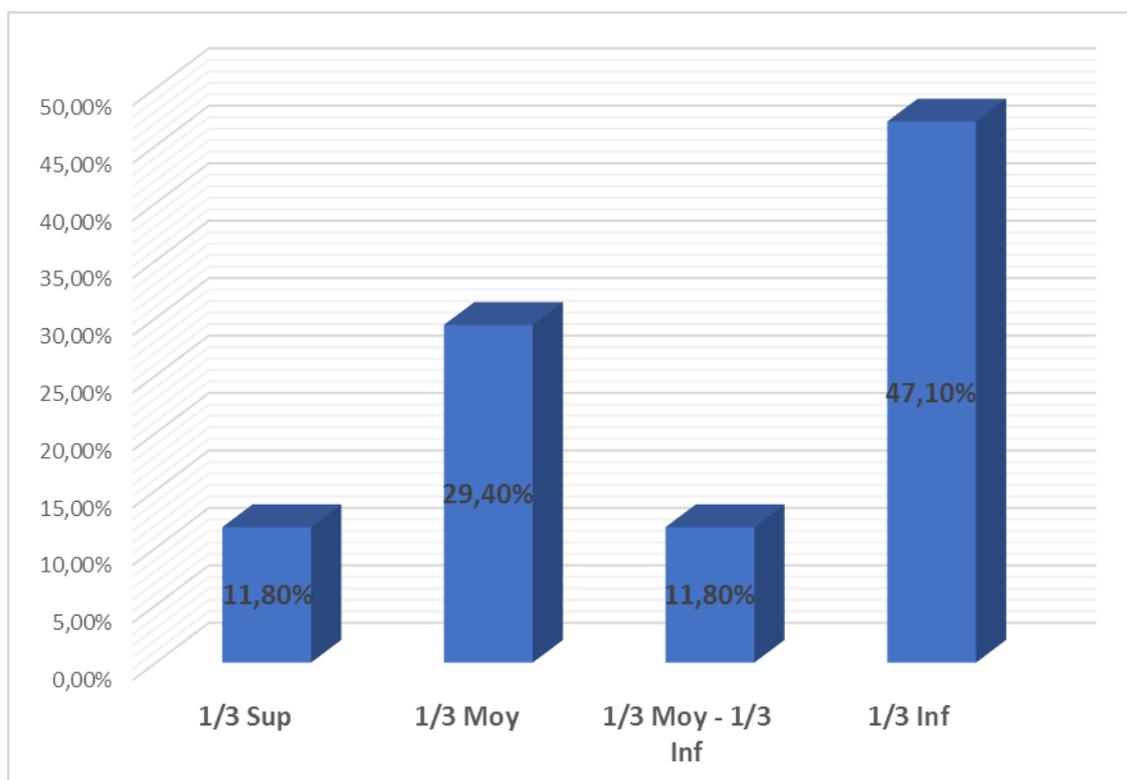
Figure 2 : Radiographie standard de la jambe en incidence de face montrant une fracture du tiers distal de la jambe intéressant les 02 os (tibia et péroné) [3]

2. Siège de la fracture initiale : (Tableau 3 ; Graphique 6)

Dans notre série, la fracture était localisée au niveau du tiers inférieur de la jambe dans 8 cas (47,1%). (Tableau 3 ; Graphique 6).

Tableau 3 : Répartition des cas selon le siège du trait de fracture

Siège du trait de fracture	Nombre de cas	Pourcentage (%)
1/3 supérieur	2	11,8%
1/3 moyen	5	29,4%
1/3 moyen - 1/3 inférieur	2	11,8%
1/3 inférieur	8	47,1%



Graphique 6 : Répartition des cas selon le siège du trait de fracture.

Le 1/3 inférieur de la jambe est la localisation la plus fréquente des fractures

3. Type du trait de fracture : (Tableau 4 ; Figure 3 ; Figure4)

Nous avons réparti les fractures de la jambe en fractures simples (7cas) et comminutive (9 cas), en fonction du type de trait, les résultats étaient comme suit (Tableau 4) :

Tableau 4 : Répartition des cas selon le type de fracture initiale

Type de fracture		Nombre de cas	Pourcentage(%)
Simple	Trait transversal	2	11,7 %
	Oblique long	2	11,7 %
Complexes	A 3 ^{ème} fragment	2	11,7 %
Comminutive		9	53 %
Bifocal		2	11,7 %



Figure 3 : Radiographie standard de la jambe montrant une fracture bifocale au niveau du tiers supérieur des 02 os et 1 /3 inférieur du tibia [3]

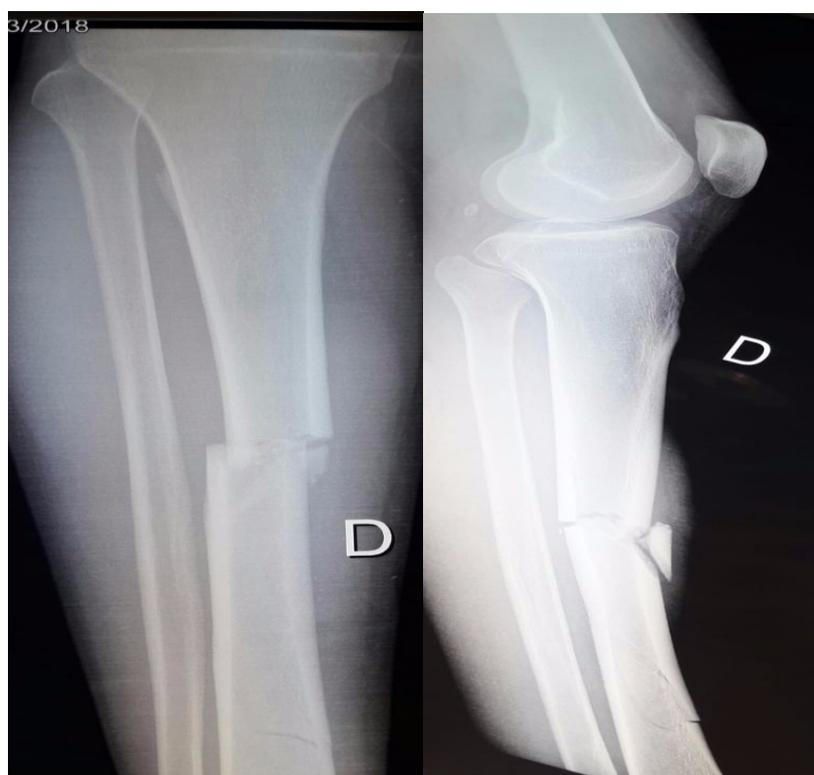


Figure 4 : Radiographie standard de la jambe montrant une fracture transverse avec 3eme fragment du 1 /3 moyen du tibia [3]

4. Déplacement de la fracture : (Figure 5)

La fracture a été :

- Déplacée dans 14 cas soit 82,3 %.
- Non déplacée dans 3 cas soit 17,6 %.



A

B

Figure 5 : Radiographie standard de la jambe montrant une fracture ouverte (A) déplacée(B) du 1/3 tiers inférieur du tibia chez un patient âgé de 42 ans [3]

5. Perte de substance osseuse :

La perte de substance osseuse a été constatée chez 9 cas soit 53 %.

IV. TRAITEMENT INITIAL DE LA FRACTURE :

1. Le lieu du traitement :

Pour le lieu du traitement, il était :

- Fès CHU Hassan II : 12 cas soit un pourcentage de 71%.
- Meknès : 2 cas.
- Nador : 1 cas
- Rabat : 1 cas
- Tétouan : 1 cas

2. Délai entre le traumatisme et le traitement initial :

Pour les patients traités au service, le traitement initial a été instauré dans des délais variables de 1 à 2 jours ; avec une moyenne de 1 jour.

3. Type de traitement initial : (Tableau 5 ; Figure 6 ; Figure 7)

Toutes les patientes et tous les patients ont bénéficié d'un traitement chirurgical, soit par fixation externe – principale méthode thérapeutique utilisée – chez 9 cas (52,95 %), soit par l'enclouage centromédullaire utilisé dans 7 cas (47,1 %), ou bien par plaque vissée dans 1 cas (5,9 %). (Tableau5)

Tableau 5 : Répartition des cas selon le traitement initial

Traitement	Nombre de cas	Pourcentage(%)
Fixateur externe	9	52,9 %
Enclouage centromédullaire	7	41,2 %
Plaque vissée	1	5,9%
Traditionnel (Jbira)	0	0%



Figure 6 : Radiographie standard de la jambe montrant une fracture ouverte (A) déplacée (B) du 1 /3 tiers inferieur du tibia chez un patient âgé de 42 ans traité par un fixateur externe (C) [3]

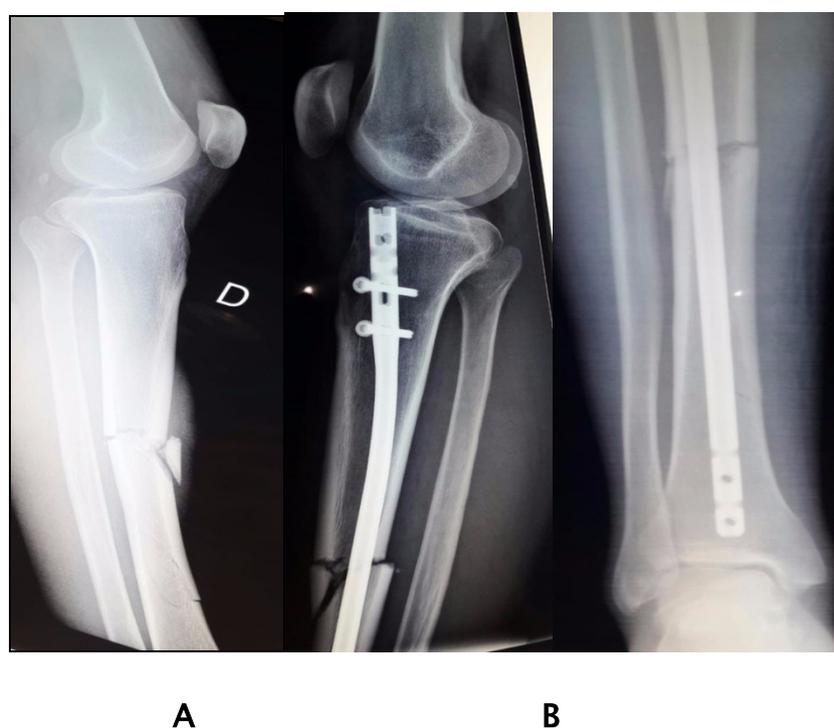
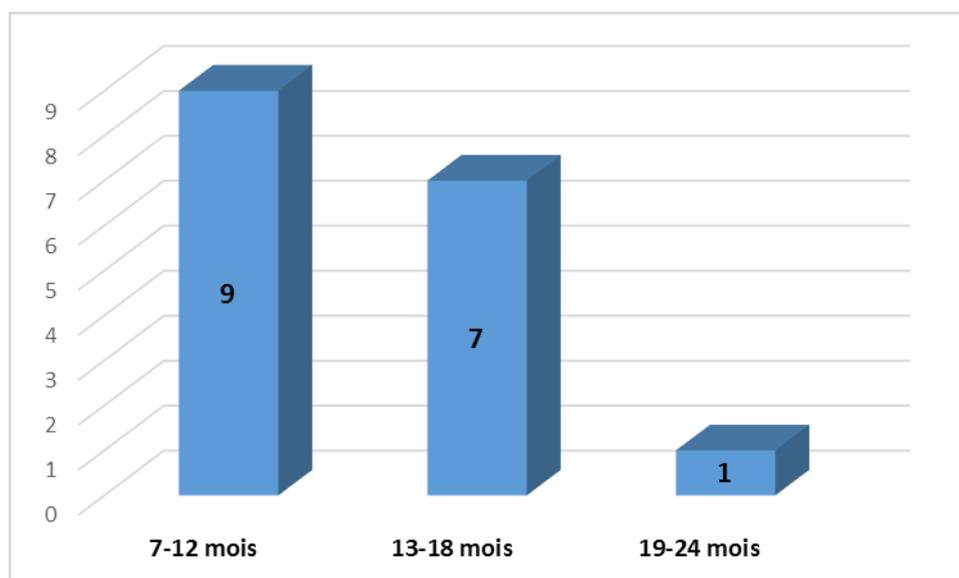


Figure 7 : Radiographie standard de la jambe montrant une fracture transverse avec 3eme fragment du 1 /3 moyen du tibia (A) chez un patient âgé de 55 ans traité par un enclouage centromédullaire(B) [3]

V. DELAI D'EVOLUTION VERS LA PSEUDARTHROSE :

1. Délai entre le traitement initial et le diagnostic de la pseudarthrose : (Graphique 7 ; Tableau 6)



Graphique 7 : la répartition des malades selon le temps d'évolution vers la pseudarthrose aseptique.

Tableau 6 : la répartition des malades selon la durée d'évolution

Durée en mois	Nombre de cas
7-12 mois	9
13-18 mois	7
19-24 mois	1

Dans notre série, le diagnostic de la pseudarthrose aseptique est posé entre 7 et 12 mois majoritairement. (Tableau 6)

VI. DIAGNOSTIC DE PSA :

1. Etude clinique :

1.1. Signes fonctionnels :

La douleur à la mobilisation et l'impotence fonctionnelle ont constitué les motifs de consultation les plus fréquents (71% et 82% des cas).

1.2. Signes physiques : (Tableau 7)

Tableau 7 : Répartition des cas selon les signes physiques

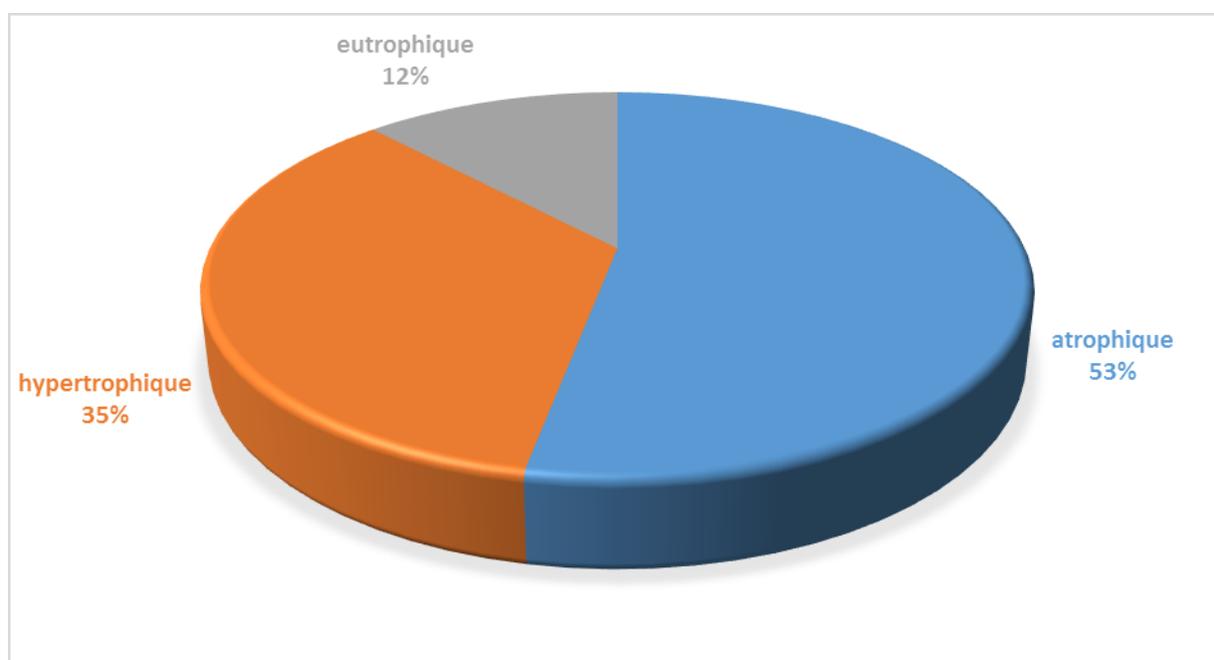
Signes cliniques	Nombre de cas	Pourcentage %
Mobilité du foyer	2	11,8%
Marche avec aide	16	94,1%
Douleur	17	100%
Défaut d'axe	4	24%
Trouble trophique	1	5,9%

2. Etude radiologique : (Graphique 8 ; Figure 8 ; Figure 9)

Le bilan de première intention à demander devant une suspicion d'une pseudarthrose est la radiographie standard avec incidence face et profil.

Le nombre et le pourcentage des patients retrouvés dans les 03 types de la pseudarthrose aseptique : (Graphique 8)

- Pseudarthrose atrophique : 9 cas soit 53%
- Pseudarthrose eutrophique : 2 cas soit 11,8 %
- Pseudarthrose hypertrophique : 6 cas soit 35,3 %



Graphique 8 : la répartition des malades selon le type de la pseudarthrose aseptique



Figure 8 : Radiographie standard en incidence profil et face montrant PSA aseptique hypertrophique du 1/3 inférieur du tibia, chez un patient de 51 ans, victime d'un AVP et qui avait une fracture du 1/3 distal du tibia. [3]

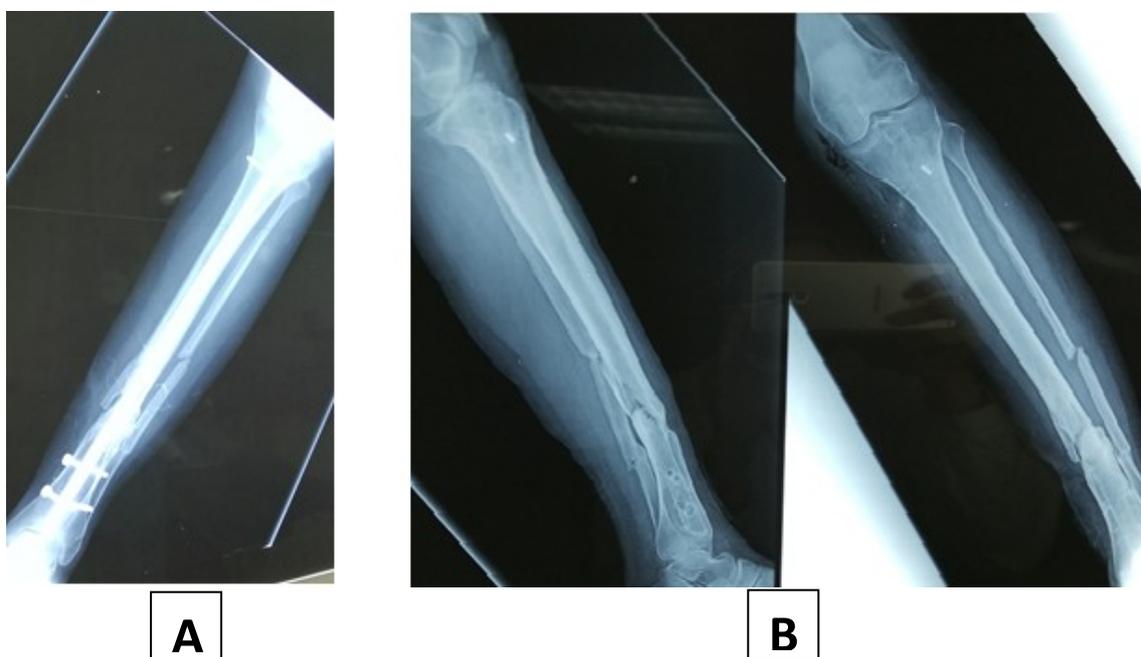


Figure 9 : radiographie standard en incidence face et profil montrant une PSA aseptique atrophique (B) du 1/3 inférieur des 2 os de la jambe chez une patiente de 45 ans, victime d'un AVP, traité initialement par enclouage centromédullaire (A).[3]

VII. TRAITEMENT DE PSA :

1. Thérapeutiques préopératoires :

- Les antalgiques :

Tous les patients ayant présenté une douleur ont reçu un traitement par des antalgiques.

- Traitement des tares associées :

2 cas de diabète ont été rééquilibrés par insulinothérapie.

- l'antibiothérapie prophylactique :

L'antibioprophylaxie était systématique chez tous nos patients à base d'une : Pénicilline A+ Acide clavulanique ou céphalosporine de deuxième génération.

2. Traitement chirurgical :

Tous les patients de notre série ont bénéficié d'un traitement chirurgical après un bilan para clinique préopératoire de base et un avis pré-anesthésique.

Numération formule sanguine (NFS).

Groupage sanguin.

Bilan d'hémostase.

Glycémie à jeun.

Bilan rénal : urée, créatinine.

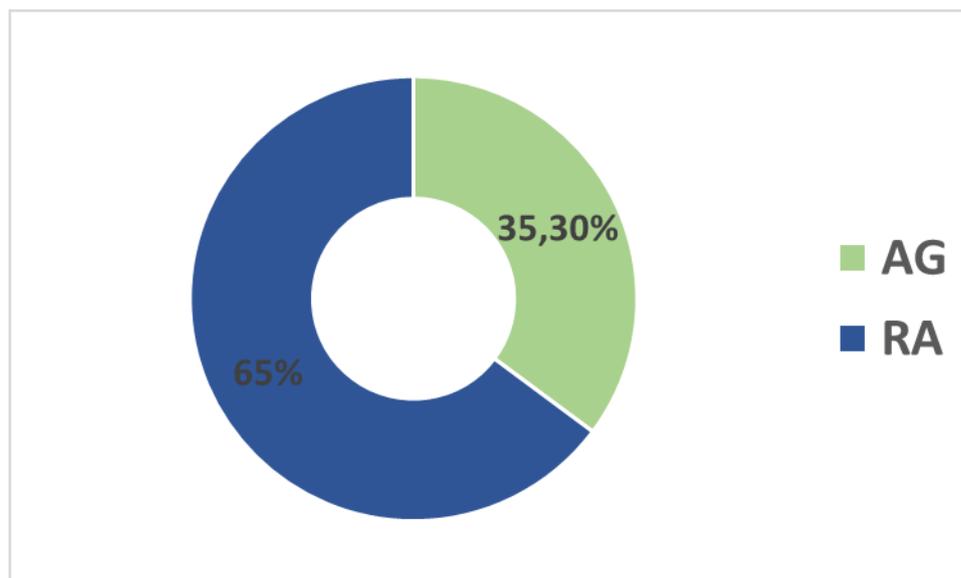
Radiographie du thorax.

Electrocardiogramme (ECG).

2.1. Type d'anesthésie :(Graphique 9)

Dans notre série nous avons retrouvés 11 cas ont bénéficié d'une rachianesthésie, alors que les 6 autres ont été opéré sous anesthésie générale.

(Graphique 9)



Graphique 9: Répartition des patients selon le type d'anesthésie

2.2. Installation des malades :(Figure 10)

Tous les patients ont été installés en décubitus dorsal sur table ordinaire lors de l'intervention chirurgicale avec un garrot pneumatique à la racine du membre. (Figure 10)



Figure 10 : installation du malade [3]

2.3. Voie d'abord :(Figure 11)

L'abord du foyer a été fait :

Dans 7 cas par voie antéro-externe. (Figure 11)

Dans 2 cas par voie postéro-interne.

Dans 5 cas par voie antérieur

Dans 3 cas par voie externe.

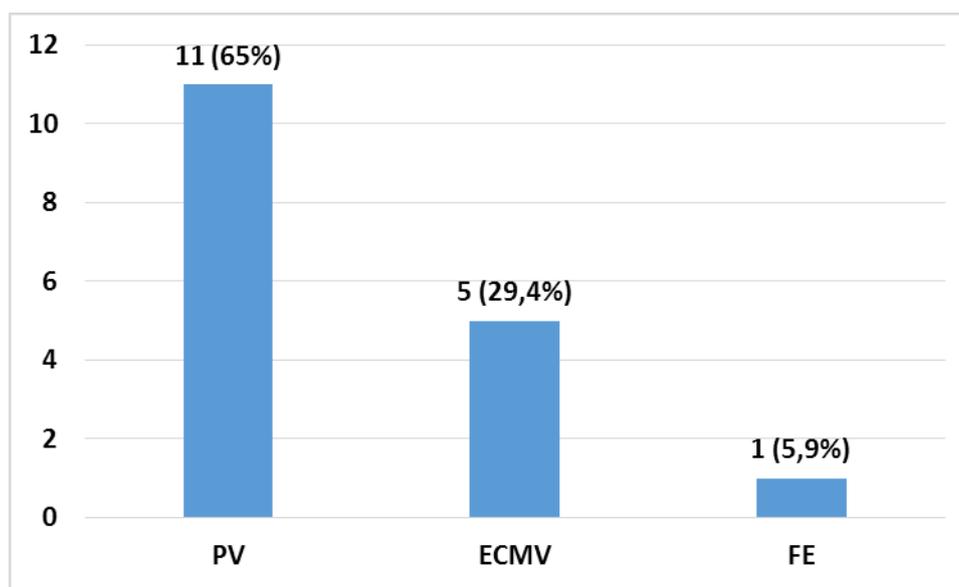


Figure 11 : Voie d'abord antero-externe de la jambe [3]

2.4. Les moyens de contention du foyer de pseudarthrose

(Graphique 10 ; Figure 12 ; Figure 13)

Nos patients ont bénéficié de différents types de matériels d'ostéosynthèse à savoir : une ostéosynthèse interne par plaque vissée dans 11 cas (65%), un enclouage centromédullaire verrouillé dans 5 cas (29,4 %) et un fixateur externe dans 1 cas (5,9%).



Graphique 10 : Répartition des patients selon le type de matériel d'ostéosynthèse

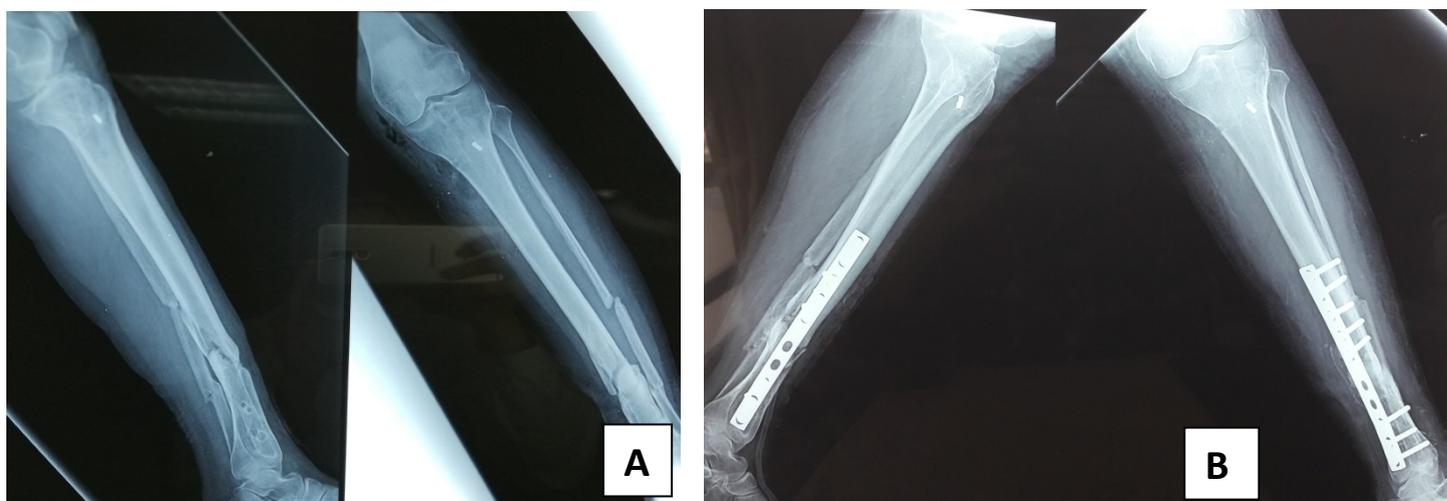


Figure 12 : A) radiographie standard en incidence face et profil montrant une PSA aseptique atrophique du 1/3 inférieur des 2 os de la jambe chez une patiente de 45 ans, victime d'un AVP, traité initialement par enclouage centromédullaire. B) radiographie standard en incidence face et profil montrant le contrôle de la même patiente après traitement par plaque vissée de la PSA aseptique atrophique. [3]



Figure 13 : A) radiographie standard en incidence profil et face montrant PSA aseptique hypertrophique du 1/3 inférieur du tibia, chez un patient de 51 ans, victime d'un AVP et qui avait une fracture du tiers distal du tibia.

B) radiographie standard en incidence face montrant le contrôle après traitement par plaque vissée de la PSA aseptique hypertrophique du 1/3 inférieur des 2 os de la jambe [3]

2.5. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse : (Tableau 8)

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 diaphysaires. Elles font appel à différentes techniques parmi lesquelles :

- ✓ La greffe osseuse à partir de la crête iliaque homolatérale.
- ✓ La décortication ostéo-musculaire.
- ✓ 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.

○ La décortication ostéo-musculaire :

14 de nos patients soit 82,4 % ont bénéficié d'une décortication ostéo-musculaire.

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

○ 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 tous les patients soit 100 %, sous forme de greffe inter-tibio-péronière chez 3 patients, ou bien sous forme de greffe cortico spongieuse chez 14. Tous les patients traités par G CS ont bénéficiés d'une décortication ostéo-musculaire.

On a réalisé chez tous nos patients un prélèvement au niveau de la crête iliaque comme site donneur.

○ **Couverture cutanée :**

Un seul patient de notre série qui avait un trouble trophique a bénéficié d'une couverture cutanée avec une cicatrisation dirigée.

Tableau 8 : Répartition des patients selon les gestes associés au traitement chirurgical.

Gestes associées		Nombre de cas
Greffe osseuse	GITP	3
	GCS	14
Décortication de Judet		14
Couverture cutanée	Cicatrisation dirigée	1

2.6. Techniques chirurgicales de la pseudarthrose de la jambe :

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

Cette technique doit respecter des critères précis, et nécessite un matériel adapté, en particulier des ciseaux dits « de menuisier », parfaitement affûté. [4]

➤ Préparation de la table chirurgicale :(Figure14)



Figure 14 : la table chirurgicale (Figure14) [3]

➤ **La position du patient :** (Figure15)

Le patient était installé en décubitus dorsal sur une table ordinaire, le membre inférieur concerné dans le champ opératoire, ainsi que la crête iliaque ipsilatérale.



Figure 15: installation du patient au bloc opératoire (Figure15) [3]

➤ **La voie d'abord :** (Figure16)

La voie d'abord utilisé était la voie antero-externe :



Figure 16 : Voie d'abord antero-externe (Figure16) [3]

➤ **Ablation du matériel initial :**

Le premier temps chirurgical consistait en l'ablation du matériel d'ostéosynthèse préalablement mis en place antérieurement.

➤ **Décortication :** (Figure17 ; Figure18)

Après ablation du matériel préalablement mis en place, on pratiquait **une décortication ostéo-périosté** : L'incision est directe, traversant la couche musculaire juxta-osseuse et le périoste. Au point de départ de cette incision linéaire, avec un ciseau frappé fin et bien tranchant, on va soulever des copeaux de la couche superficielle de la corticale. L'attaque doit donc être presque tangentielle de l'os. Détacher les premiers copeaux est assez délicat et requiert une certaine habitude. La zone intéressée a 12 à 15 cm de hauteur, débordant donc largement en haut et en bas la pseudarthrose. On arrive, en écartant de proche en proche les copeaux osseux, à décortiquer les deux tiers ou les trois quarts de la circonférence de l'os.



Figure 17 : Décortication ostéo-périosté a ciseau frappé (Figure17) [3]



Figure 18 : Exposition de l'os décortiqué (Figure18) [3]

➤ **Nettoyage du foyer de la pseudarthrose** :(Figure19)

Le foyer de pseudarthrose était nettoyé de tout le tissu de fibrose d'interposition.



Figure 19 : Excision du tissu fibreux interposé au foyer (Figure19) [3]

➤ Avivement des berges :(Figure 20)

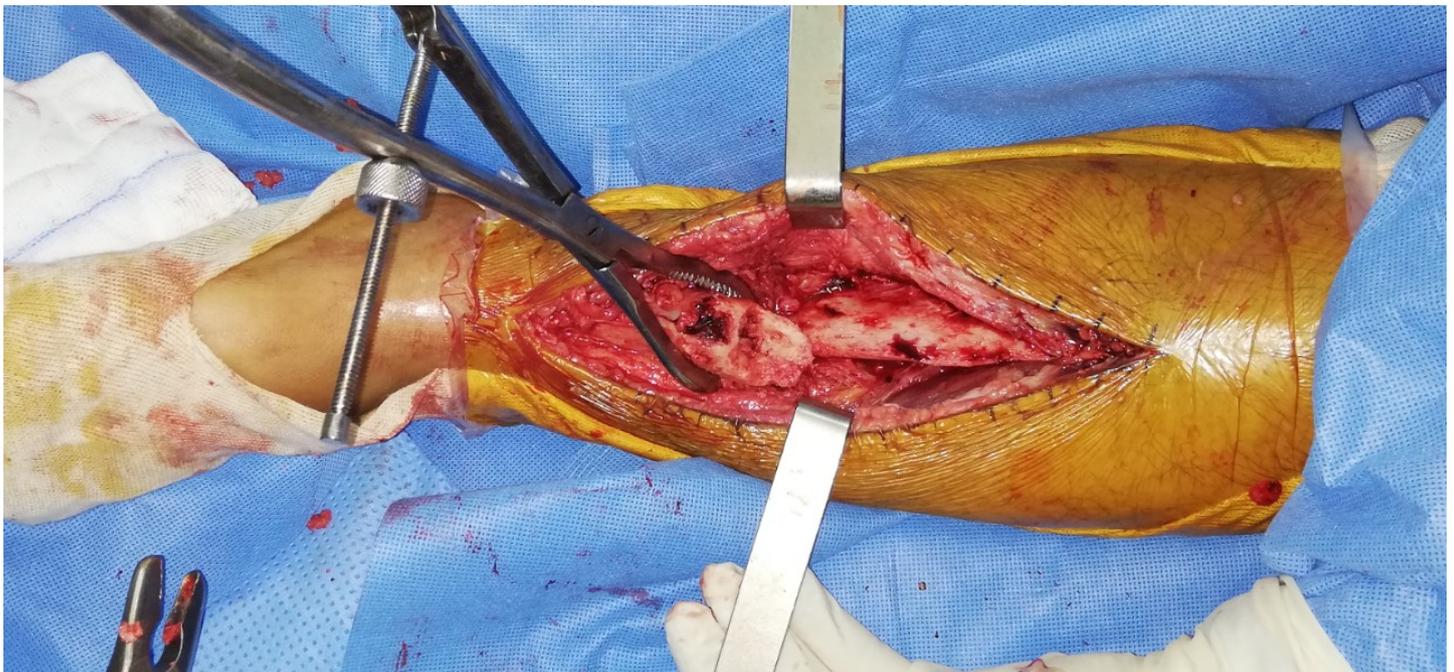


Figure 20: Avivement des berges (Figure20) [3]

➤ Repermeabilisation des canaux médullaires :(Figure 21)

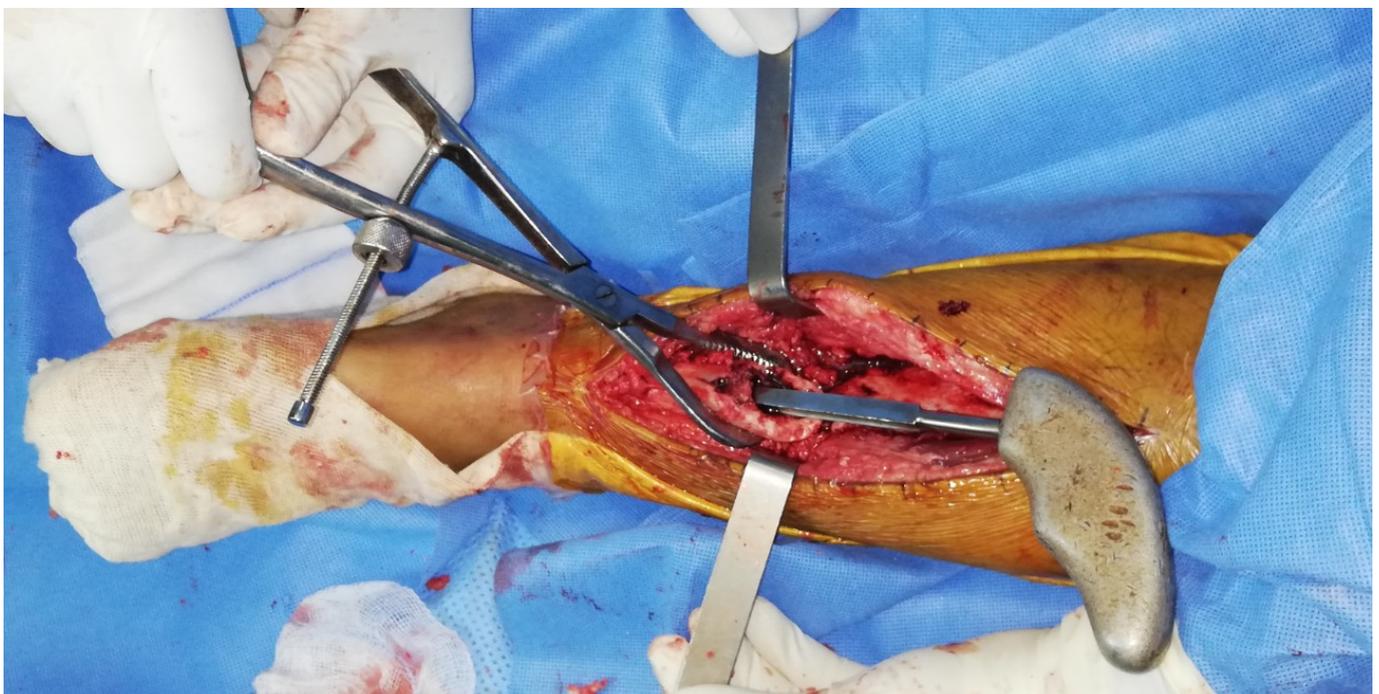


Figure 21 : Repermeabilisation des canaux médullaires (Figure 21) [3]

➤ Site de prélèvement du greffon osseux :(Figure22 ; Figure23)

Le greffon était prélevé sur la partie antérieure de la crête iliaque ipsilatérale .



Figure 22 : Voie d'abord centré sur la crête iliaque pour prélèvement de la greffe cortico-spongieuse (Figure22) [3]



Figure 23 : Prélèvement du greffon cortico- spongieuse bicortical (Figure23) [3]

➤ **Greffon** :(Figure 24)

Une auto greffe osseuse au dépend de la crête iliaque était systématiquement associée.



Figure 24 : greffe cortico spongieuse de la crête iliaque (Figure 24) [3]

➤ **Ostéosynthèse** :(Figure 25)

L'ostéosynthèse au cours d'une cure d'une pseudarthrose de la jambe peut être faite soit par plaque vissée ou enclouage centro-médulaire après aléasage ou bien par un fixateur externe .

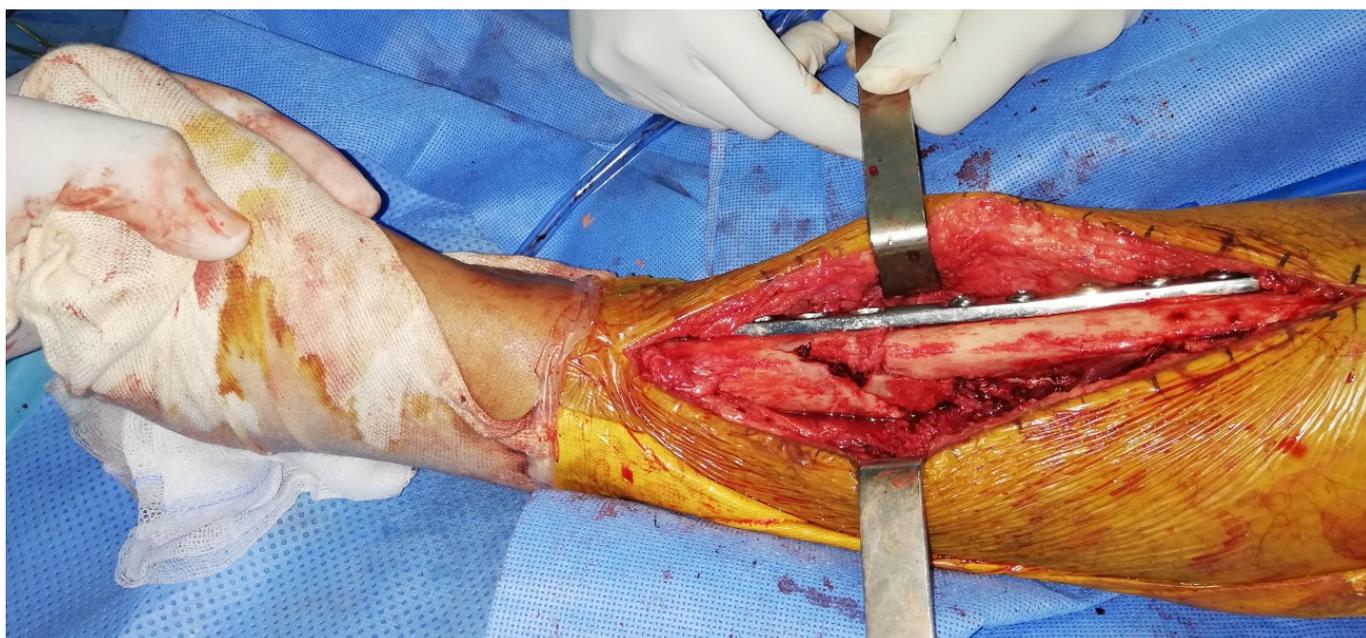


Figure 25 :Reduction de la fracture et mise en place de la plaque DCP (Figure 25) [3]

- incarcération du greffon :(Figure 26 ; Figure 27)



Figure 26 : incarceration du greffon par chasse greffon au niveau du foyer (Figure 26)

[3]

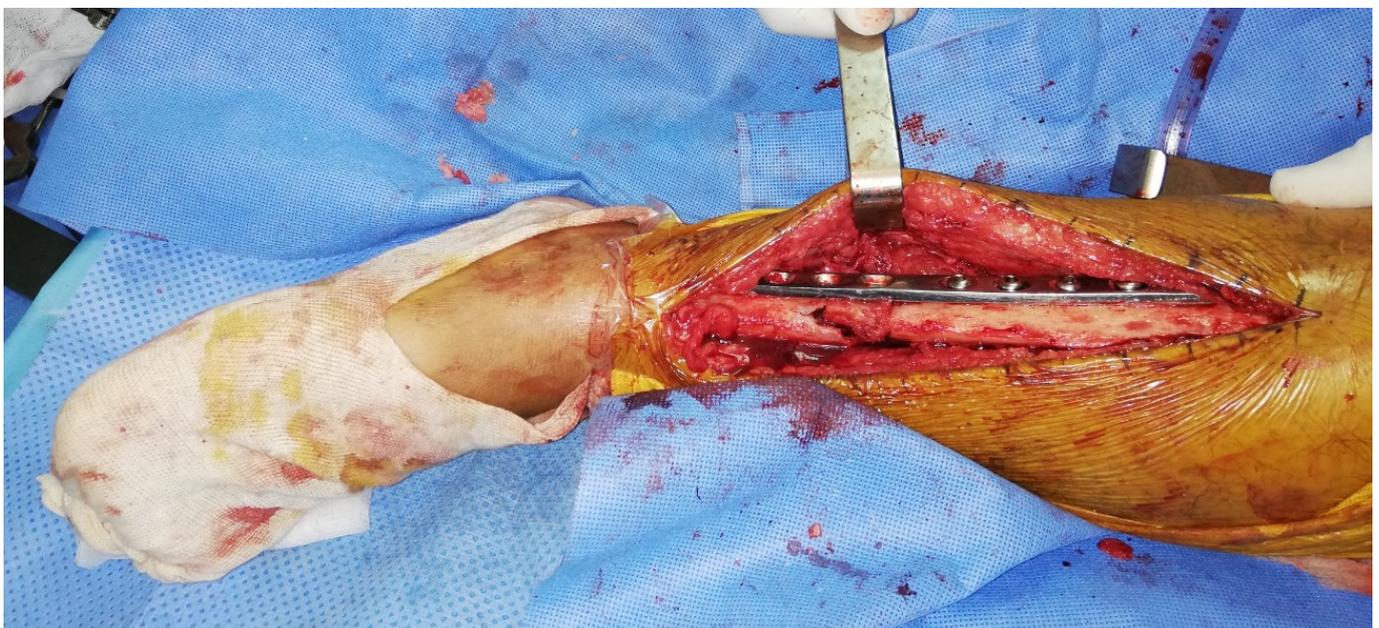


Figure 27 : mise en place du greffon (Figure 27) [3]

Après tous ces différentes étapes illustrant le déroulement du traitement de la pseudarthrose aseptique chez une patiente de 45 ans on vous montrant la radiographie standard de contrôle post opératoire :

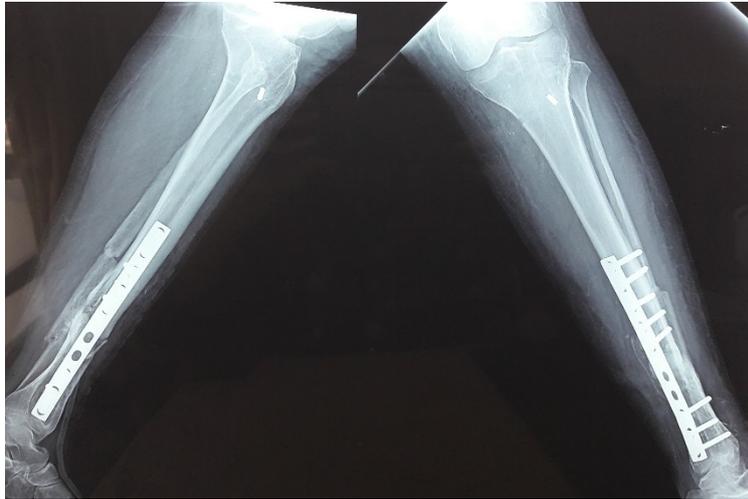


Figure 28 : radiographie standard face et profil montrant le contrôle post opératoire d'une PSA atrophique.



Figure 29 : PSA du 1/3 moyen du tibia traité par GIP [3]

VIII. RESULTATS :

Recul : Nos résultats ont été appréciés chez 13 patients revus et suivis en consultation (4 malades étaient perdus de vue) avec un recul moyen de 8 mois.

Pour évaluer nos résultats, nous avons utilisé la classification d'ASAMI [2] qui distingue d'une part les résultats osseux (consolidation) et d'autre part les résultats fonctionnels.

1. Résultats osseux :

1.1. Critères osseux d'ASAMI (Tableau 9 ; Tableau 10; Tableau 11) :

Tableau 9 : Critères osseux d'ASAMI

Très bons	Consolidation, Absence d'infection, Déformation $<7^\circ$; Inégalité de longueur des membres $<2,5$ cm
Bons	Consolidation + Deux des éléments suivants : → Absence d'infection, → Difformité $<7^\circ$ → Inégalité de longueur des membres < 2.5 cm
Moyens	Consolidation + Une des options suivantes : → Absence d'infection, → Difformité $<7^\circ$ → Ecart entre la longueur des membres $<2,5$ cm
Mauvais	Absence de consolidation OU Ré-fracture OU + infection, difformité $> 7^\circ$ + différence de longueur des membres $> 2,5$ cm

Dans notre série nous avons noté ces résultats (Tableau 10)

Tableau 10 : Répartition des cas selon les résultats osseux

Résultats osseux	Nombre de cas
Consolidation	15
Déformation	1
Raccourcissement	5

Pour les 2 cas qui n'avaient pas consolidé, 1 cas présentait une pseudarthrose septique, et l'autre cas présentait une persistance de PSA aseptique.

D'après le score d'ASAMI les résultats osseux dans notre série étaient comme suit :(Tableau 11)

Tableau 11 : Répartition des cas selon les résultats osseux (%)

Résultats osseux	Nombre de cas	Pourcentage %
Très bons	7	41,1
Bons	5	29,4
Moyens	3	17,6
Mauvais	2	12

2. Résultats fonctionnels : (Tableau 12 ; Tableau 13)

Tableau 12 : Critères fonctionnels d'ASAMI :

Très bons	<ul style="list-style-type: none"> → Activité normale → Aucune boiterie → Raideur minimale (perte de flexion du genou <70 °, <15 ° d'extension, en comparaison avec le côté normal) → Pas de dystrophie sympathique réflexe → la douleur Insignifiante
Bons	Active avec trois ou quatre autres critères
Moyens	
Mauvais	Inactifs (chômeurs ou incapable d'accomplir les activités Quotidiennes).

Les résultats fonctionnels dans notre étude d'après le score d'ASAMI sont comme suit. (Tableau 13)

Tableau 13: Répartition des cas selon les résultats fonctionnels

Résultats osseux	Nombre de cas	Pourcentage %
Très bons	4	30,7%
Bons /Moyens	7	54%
Mauvais	2	15,4%

30,7% des cas ont présenté de très bons résultats fonctionnels.

IX. COMPLICATIONS :

1. Immédiates :

Les suites postopératoires ont été :

- Simples dans 13 cas soit 76,47 %.
- Compliquées dans **4 cas** (23,5%) d'infections superficielles qui intéressaient 2 patients traités par fixateur externe, un par enclouage centromédullaire et l'autre par plaque vissée jugulées par des soins locaux et une antibiothérapie adaptée.

Par ailleurs, nous n'avons pas relevé de cas d'escarres, de phlébites, d'embolie pulmonaire ou de coma acidocétosique.

2. A long terme :

2 malades ont eu une persistance de la PSA ce qui a nécessité des interventions multiples.

DISCUSSION

I. RAPPEL ANATOMIQUE :

La jambe est la partie comprise entre le genou en haut et le cou du pied en bas

1. Les éléments osseux : (Figure 30 ; Figure 31)

Le squelette de la jambe est constitué par deux os longs : Le tibia, le péroné.

1.1. Le Tibia :

- Os antéro-médial de la jambe, long avec deux épiphyses, deux métaphyses et une diaphyse.
- Sur le plan topographique le tibia s'articule en haut avec le fémur en bas avec l'astragale et comporte un corps, une extrémité supérieure et une extrémité inférieure. (Figure 30 ; Figure 31)
- **Le corps :** Plus large à ses deux extrémités que dans sa partie moyenne, la région la plus étroite répond à l'union du tiers inférieur avec les deux tiers supérieurs de l'os triangulaire avec trois faces (interne, externe et postérieure) et trois bords (antérieur, externe et interne) : On distingue les bords suivants :
 - Le bord antérieur ou crête tibiale tranchant sépare la face médiale et la latérale, palpable sous la peau.
 - Le bord externe ou inter osseux : sépare la face postérieure à la face latérale.
 - Le bord interne qui se termine sur le bord post de la malléole médiale.
- **L'extrémité supérieure comporte :** le plateau tibial -qui est formé par deux cavités glénoïdes médiale et latérale séparées au milieu par des épines latérale et médiane-, des tubérosités antérieur, médiane et latérale, cette dernière formée par le tubercule de Gerdy.
- **Extrémité inférieure du tibia ou pilon tibial comporte :** trois gouttières

destinées aux tendons des muscles jambier postérieur, fléchisseur commun des orteils et fléchisseur propre du gros orteil. La malléole médiale. Et les surfaces articulaires avec l'astragale et avec le péroné.

1.2. Le péroné : (fibula)

- Os postéro-externe de la jambe, long, grêle,
- Sur le plan topographique le péroné s'articule en haut avec le tibia en bas avec le tibia et l'astragale. Présente un corps et deux extrémités. (Figure 30 ; Figure 31)
 - **Le corps** : Triangulaire et prismatique, est constitué de :
 - **Trois faces** qui sont : interne, externe et postérieure.
 - **Trois bords** qui sont : antérieur, interne et postérieur.
 - **L'extrémité supérieure (tête du péroné)** : elle comporte : une surface articulaire avec le tibia, l'apophyse styloïde du péroné.
 - **L'extrémité inférieure (malléole péronière)** : comporte une facette articulaire pour l'astragale.

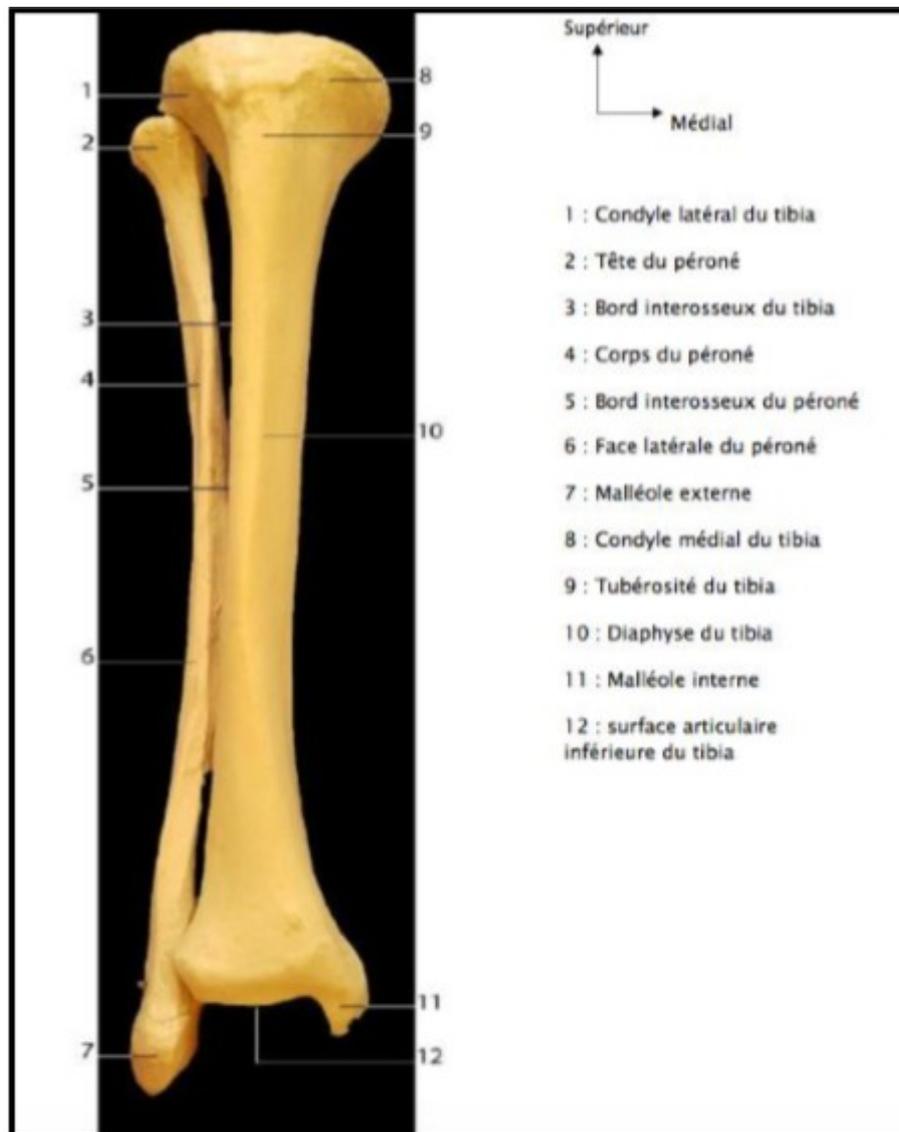


Figure 30 : Os de la jambe droite vue antérieure (Labo d'anatomie FMPP). [5]

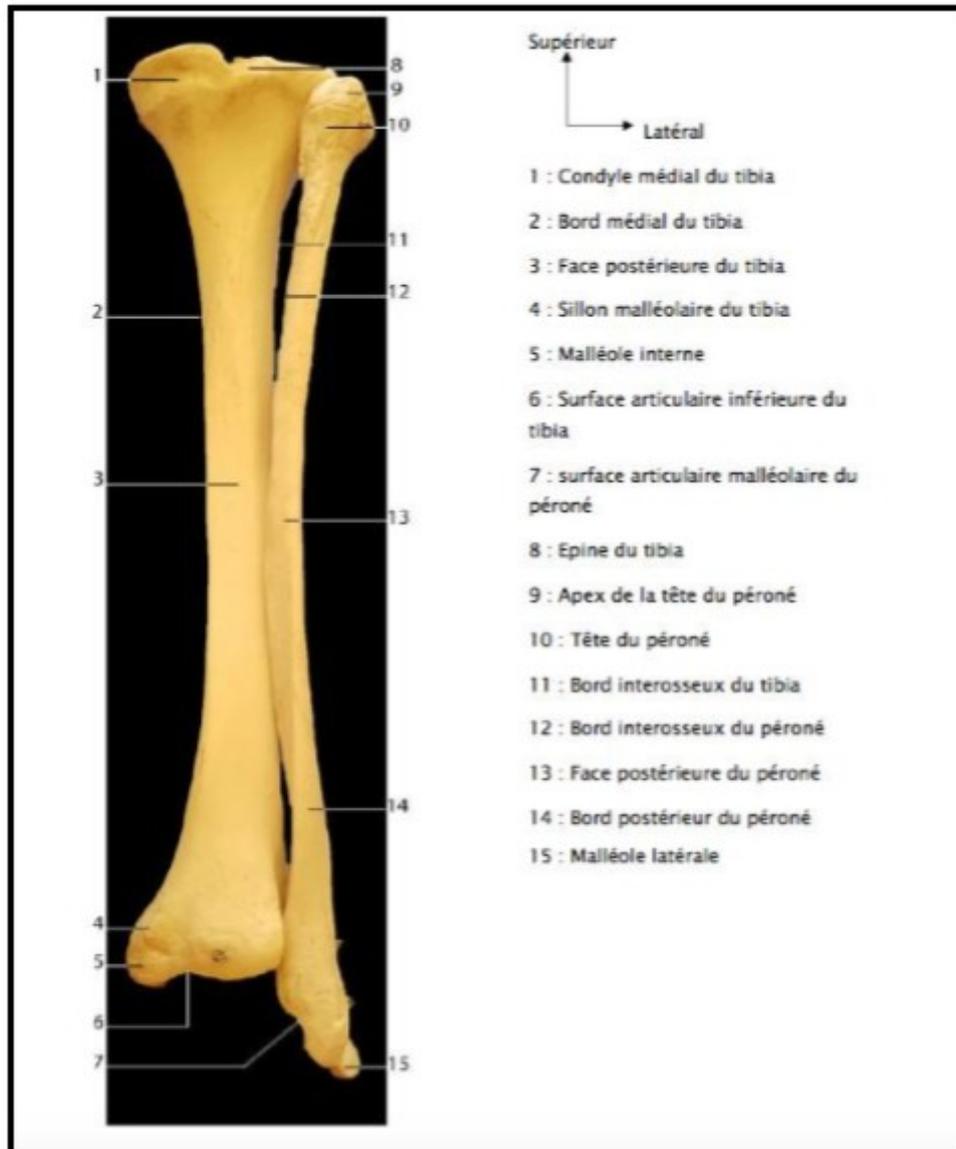


Figure 31 : Os de la jambe droite vue postérieure (Labo d'anatomie FMPF). [5]

2. Les loges musculaires [6 ; 7 ; 8]

2.1. La loge antérieure: (Figure 32)

Située en avant de la membrane interosseuse, la loge crurale antérieure est comprise entre

- En dedans : la face latérale du tibia,
- En dehors : le champ antérieur de la face médiale de la fibula et le septum intermusculaire antérieur,
- Et enfin en avant : le fascia crural.

Elle contient les muscles releveurs ou extenseurs des orteils et fléchisseurs dorsaux du pied :

- Le muscle tibial antérieur.
- Le muscle extenseur propre du gros orteil.
- Le muscle extenseur commun des orteils.
- Le muscle 3eme fibulaire.

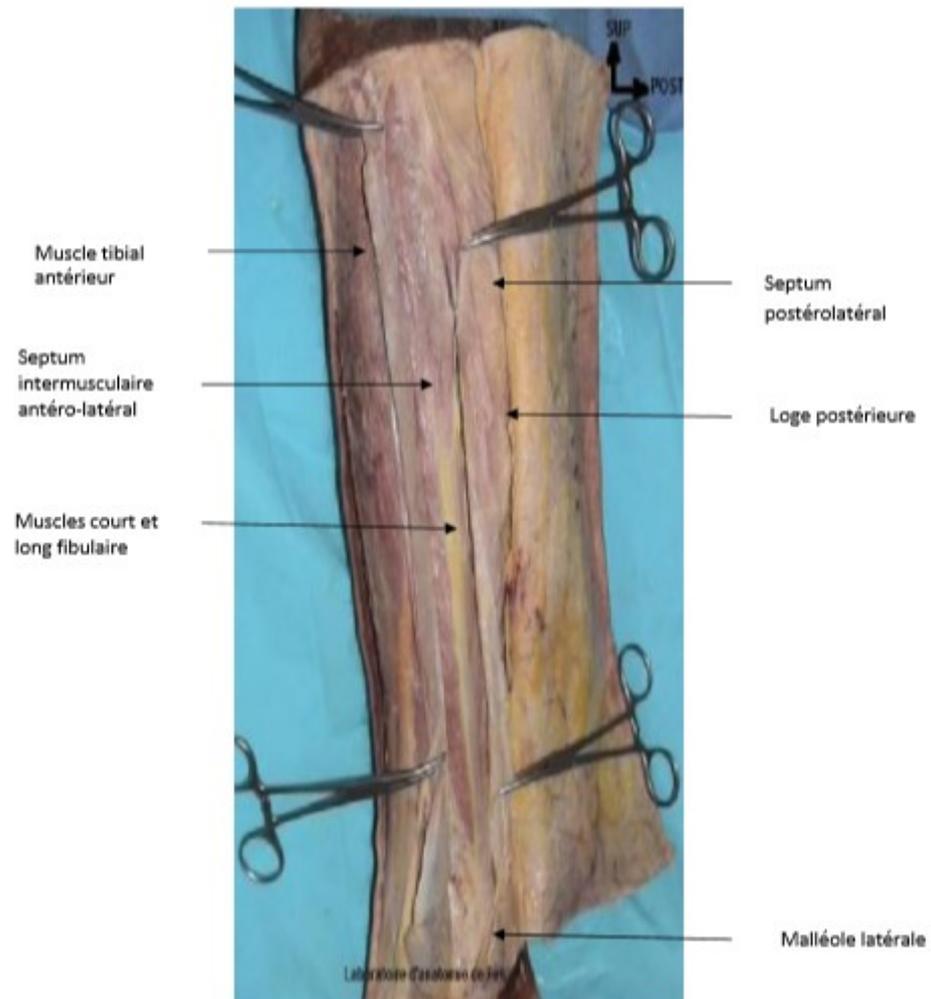


Figure 32 : vue antérieure de la jambe montrant les muscles de la loge antérolatérale.

[5]

2.2. La loge latérale. (Figure 33)

La loge latérale contient deux muscles fibulaires (long et court) dont les tendons passent sous le retinaculum des extenseurs ; ils sont innervés par le nerf fibulaire superficiel.

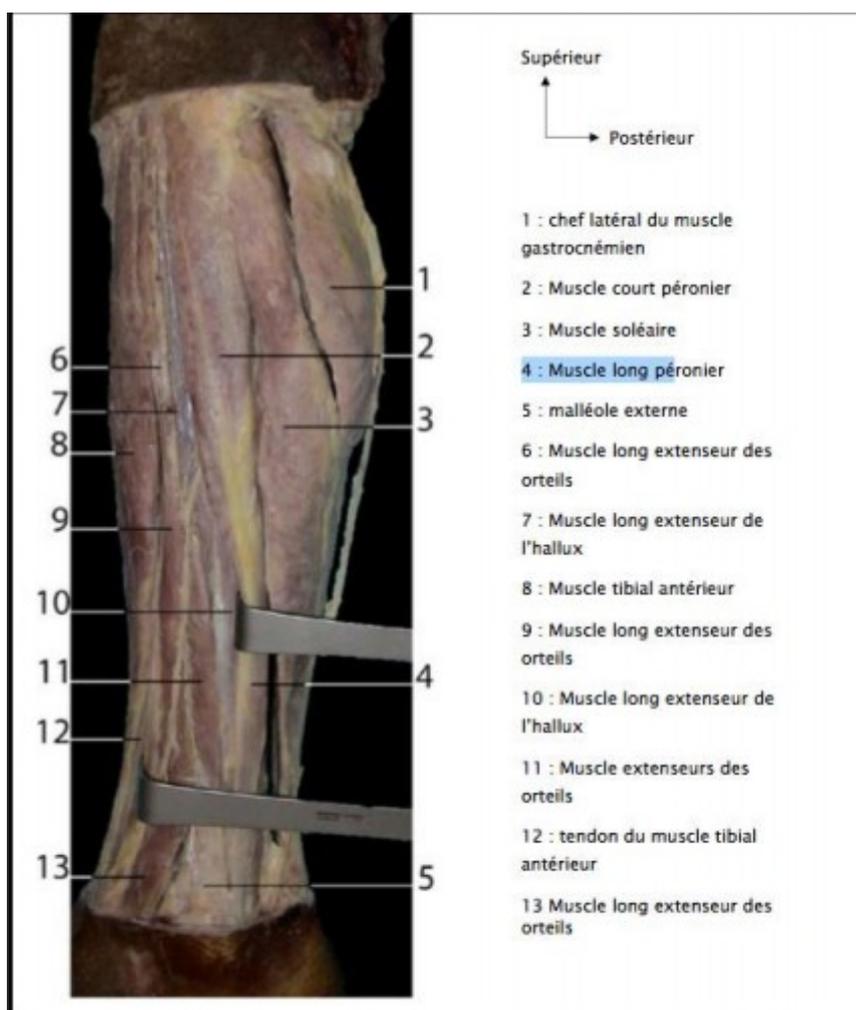


Figure 33 : Vue latérale des muscles de la jambe gauche (Labo d'anatomie FMPF) [5].

2.3. La loge postérieure :(Figure 34)

La loge crurale postérieure contient six muscles répartis en deux groupes (superficiel et profond), tous fléchisseurs plantaires du pied ; leurs tendons passent sous le retinaculum des fléchisseurs et ils sont tous innervés par le nerf tibial. (Figure34)

➤ Groupe musculaire postérieur superficiel

Ce sont les deux muscles (un constant et un accessoire) : Le muscle triceps sural: C'est le muscle le plus puissant du mollet et le muscle plantaire c'est un muscle inconstant, manquant chez environ 10 % des individus.(Figure 34)

➤ Groupe musculaire postérieur profond

Il est placé entre le fascia transverse profond et le squelette jambier solidarisé par la membrane interosseuse.

Il comprend trois muscles profonds :

- **Le muscle tibial postérieur.**
- **Le muscle long fléchisseur des orteils.**
- **Le muscle long fléchisseur de l'hallux.**

On leur rattache le **muscle poplité** qui en fait, se place en proximal de l'arcade du m. soléaire et donc dans la fosse poplitée. Il est considéré comme un muscle de la région du genou.

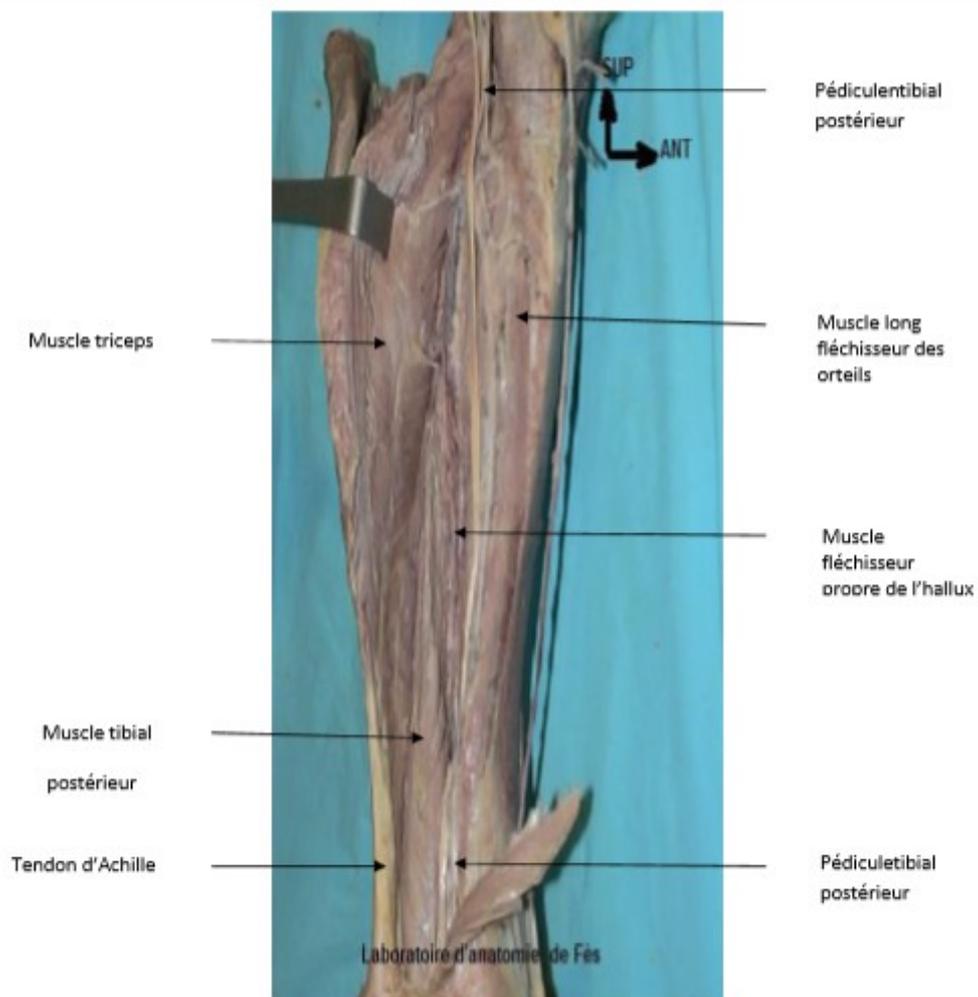


Figure 34 : Vue postéro-médiale montrant la loge postérieure de la jambe [5]

3. Vascularisation de la jambe [9 ; 10] :

3.1. Système afférent (les artères de la jambe) : (Figure 35 ; Figure 36)

Les artères de la jambe proviennent toutes, à l'exception de la branche superficielle de l'artère grande anastomotique, de l'artère poplitée. Cette dernière se bifurque en deux branches terminales qui sont : l'artère tibiale antérieure et le tronc tibio-péronier.

➤ L'artère tibiale antérieure : ATA

L'ATA est la branche de bifurcation antérieure de l'artère poplitée. Elle naît au niveau de l'arcade de muscle soléaire ; se dirige obliquement en bas, en avant et en dehors et quitte la loge postérieure de la jambe en passant entre le tibia et le péroné au-dessus du ligament interosseux et se termine au niveau de la face antérolatérale du tibia, continuée par l'artère pédieuse.

Dans son trajet l'ATA est accompagnée de deux veines et du nerf tibial antérieur, formant ainsi le paquet vasculo-nerveux tibial antérieur.

L'ATA donne des branches collatérales qui sont réparties comme suit :

• Dans la loge postérieure de la jambe, on trouve : (Figure 35 ; Figure 36)

Deux artères récurrentes tibiale postérieure et péronière postérieure.

• Dans la loge antérieure de la jambe se trouve : (Figure 35)

- ✓ Deux artères récurrentes péronière antérieure et tibiale antérieure.
- ✓ Deux artères malléolaire médiale et latérale
- ✓ Les rameaux musculaires pour les muscles jambiers antérieurs, extenseurs propre et commun des orteils, péronier antérieur et péroniers latéraux.

❖ Le tronc tibio-péronier : TTP

- ✓ Le TTP est la branche de bifurcation postérieure de l'artère poplitée, dont il continue la direction verticale. Il se termine en artère tibiale postérieure et

artère péronière.

- **Les branches collatérales du TTP** sont :

- ✓ L'artère supérieure du muscle soléaire
- ✓ L'artère récurrente tibiale médiale
- ✓ L'artère nourricière du tibia

- **Les branches terminales du TTP** :

- ✓ L'artère tibiale postérieure :
- ✓ L'artère péronière

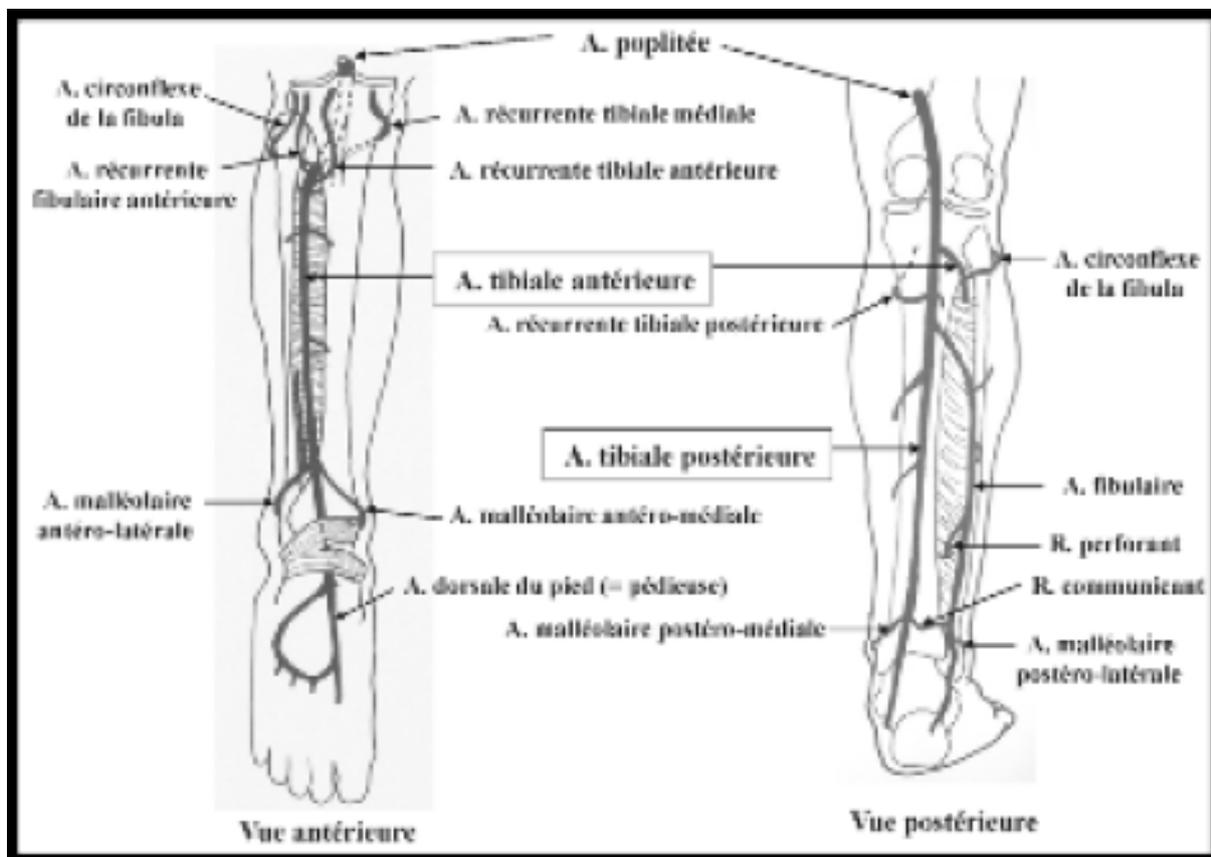


Figure 35 : Vascularisation artérielle de la jambe (vue antérieure et postérieure) [11]

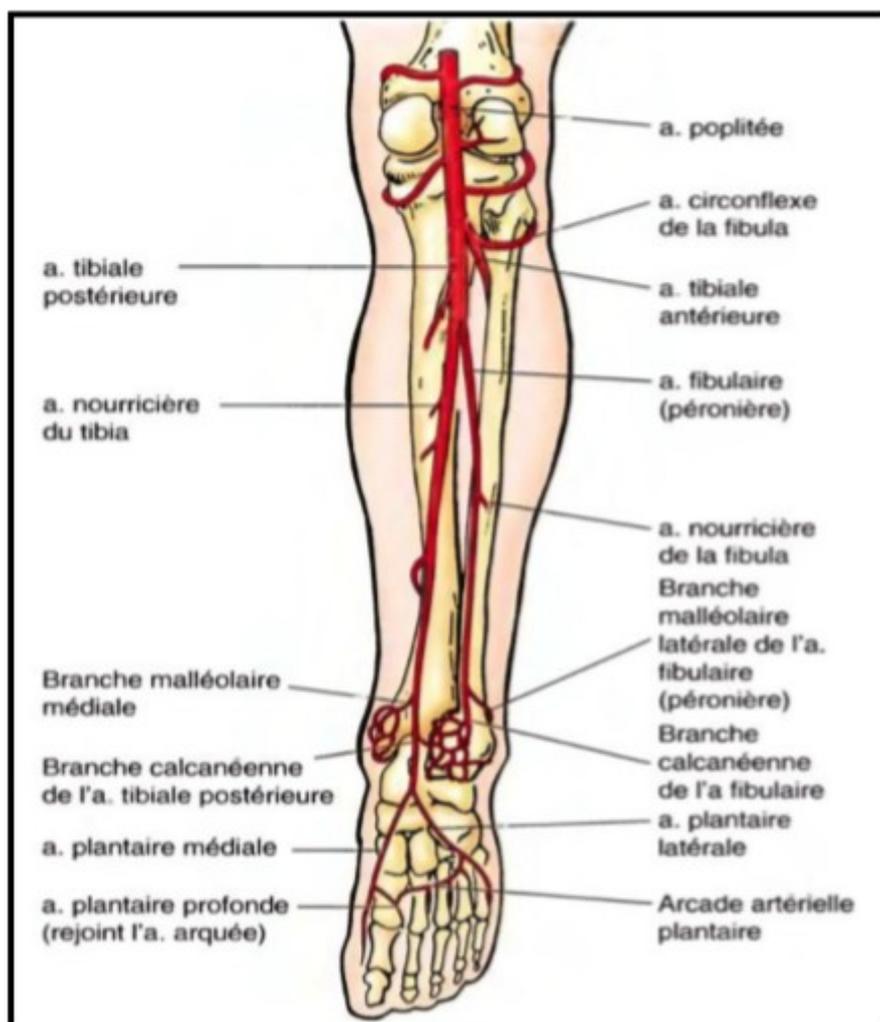


Figure 36 : Vue postérieure de la jambe montrant les artères de la loge postérieure

[12]

3.2. Système efférent (les veines du membre inférieur) : (Figure 37)

Le système veineux du membre inférieur est formé par des veines superficielles et des veines profondes. Les deux groupes sont reliés par un réseau des veines perforantes.

❖ Les veines superficielles : (Figure 37)

Ce groupe renferme toutes les veines situées en dehors de l'aponévrose superficielle du membre, formant un réseau qui va aboutir aux veines saphènes internes et externes.

❖ Les veines profondes :

Les veines profondes du membre sont réparties en deux groupes :

- Les veines qui se jettent dans la veine iliaque interne.
- Les veines tributaires de la veine iliaque externe

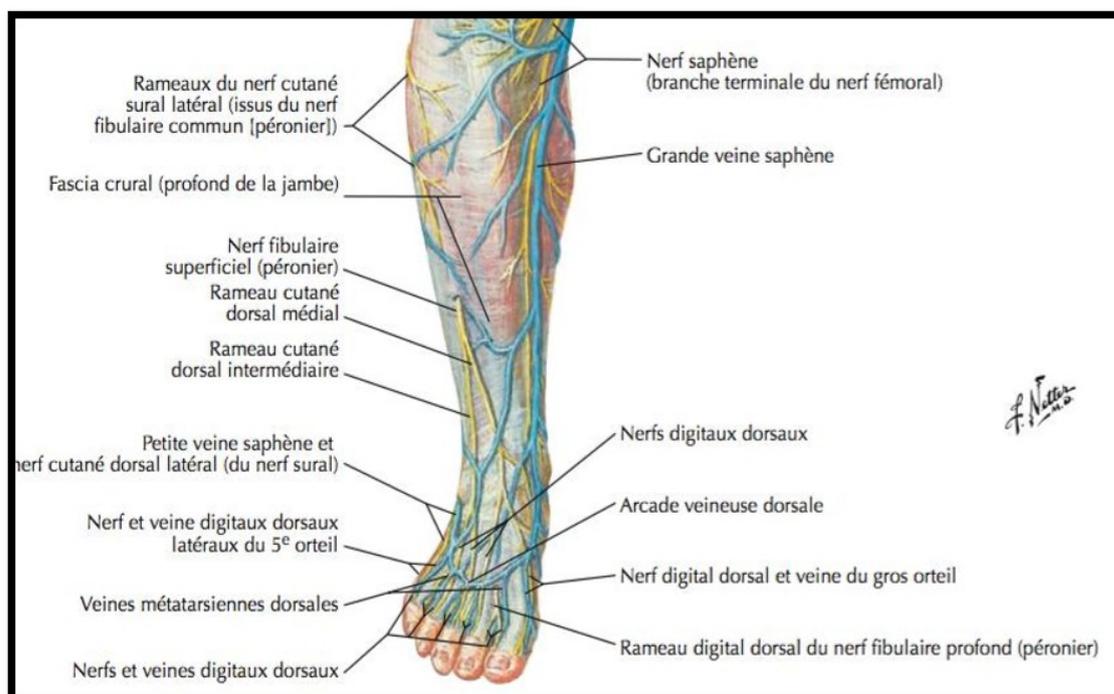


Figure 37 : Vue antérieure de la jambe montrant le réseau veineux superficiel [9]

3.3. Système lymphatique :

❖ Ganglions lymphatiques :

Le groupe ganglionnaire principal de la jambe est les ganglions poplités. Il existe en outre sur le trajet des vaisseaux lymphatiques profonds de la jambe, des ganglions de relais, qui sont : les ganglions tibiaux antérieurs ; tibiaux postérieurs et péroniers.

❖ Vaisseaux lymphatiques :

- Vaisseaux superficiels : ils naissent de toute l'étendue du revêtement cutané.
- Vaisseaux profonds : ils sont satellites des vaisseaux sanguins profonds. Les vaisseaux lymphatiques tibiaux antérieurs, tibiaux postérieurs et péroniers se rendent aux ganglions du groupe poplité.

4. Innervation de la jambe : [8]

La jambe est innervée par les branches terminales du nerf grand sciatique, celui-ci se divise en deux branches qui sont le nerf sciatique poplité externe (fibulaire commun) et le nerf sciatique poplité interne (tibial). Le nerf sciatique poplité externe innerve les muscles et les téguments de la loge antéro-externe, il se divise en deux branches terminales, le nerf musculo-cutané et le nerf tibial antérieur.

Le nerf sciatique poplité interne est plus volumineux que la sciatique poplitée externe, et après passage sous l'arcade soléaire, il prend le nom du nerf tibial postérieur. Il innerve les muscles et les téguments de la loge postérieure.

II. LA CONSOLIDATION OSSEUSE : [13, 14, 15,16, 17, 18]

1. Définition :

La consolidation osseuse est un processus d'une grande complexité, aboutissant à la réparation du tissu osseux après une fracture mais également à la suite d'une ostéotomie, d'une arthrodèse ou d'une greffe.

2. Etapes de la consolidation osseuse :

Les mécanismes de la consolidation sont parfaitement bien décrits par Sedel [17]. On distingue quatre phases qui se répartissent entre une période d'union et une période de remodelage :

2.1. La période d'union :

a. La phase inflammatoire : L'hématome fracturaires et la période cellulaire :

Immédiatement après la fracture, il se produit un hématome issu de saignement des extrémités osseuses et des tissus mous environnants, cet hématome acquiert un pouvoir ostéogénique vers le quatrième jour. Ainsi 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. Cependant, la prolifération du vaisseau péri osseux restaure la continuité interrompue par le traumatisme. Les fibroblastes, les lymphoblastes, la substance fondamentale forment le nouveau tissu conjonctif ; les ostéoblastes et les chondroblastes forment la matrice osseuse et cartilagineuse.

Paradoxalement, à cette phase, les extrémités osseuses définies par la fracture restent passives. Cette phase dure environ 7 jours.

b. La phase proliférative :**b.1. Le cal mou :** (Figure 38)

Le périoste a pour rôle d'immobiliser le foyer ; situation indispensable à la minéralisation. Et c'est dans le décollement du périoste, sur chaque fragment, que va apparaître le cal primaire que certains désignent sous le terme de cal mou. Ce cal va former un manchon souple et fusiforme. Sous le périoste, les cellules précurseurs se sont déjà différenciées en deux types de lignées :

- Une lignée ostéoblastique, à distance du foyer, élabore la substance ostéoïde qui contient des fibres de 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 sous-périosté autour du foyer. Le 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.

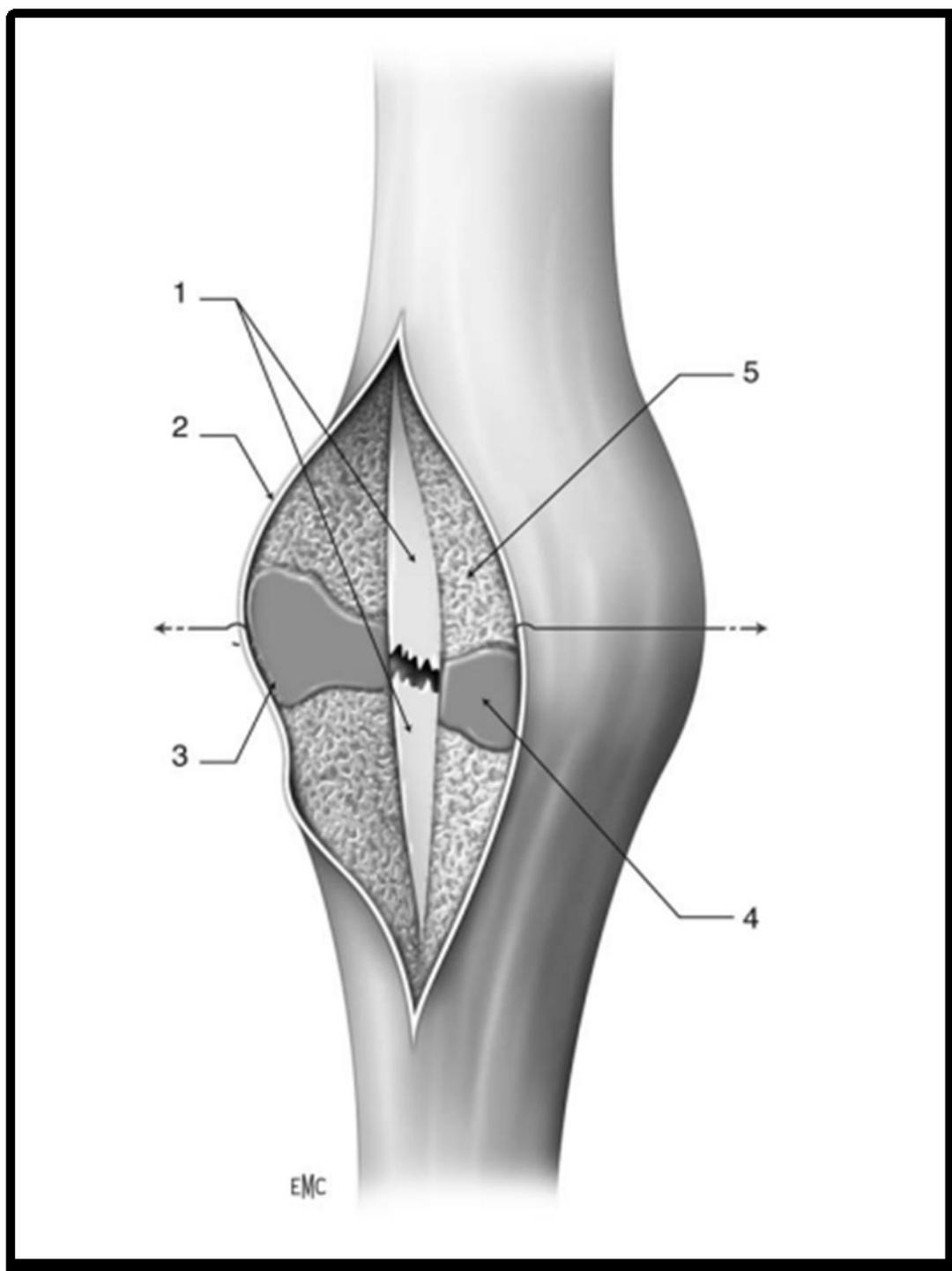


Figure 38 :Cal mou. Incision du cal périosté. Sous le périoste, un manchon d'os immature entoure chaque fragment. Anneau de cartilage autour du foyer. 1. Corticales fracturées ; 2. périoste ; 3. écaille osseuse en formation ; 4. manchon de cartilage ; 5. substance ostéoïde et os immature[15]

b.2. Le cal dur : (Figure 39)

Le cal dur est d'abord formé d'os immature non orienté de type trabéculaire ignorant complètement les contraintes mécaniques locales et générales. Son architecture a été conditionnée par la croissance des capillaires qui précédaient les trabécules et assuraient leur nutrition.

Une fois la fracture convenablement pontée, l'os doit s'adapter à ses nouvelles fonctions, c'est-à-dire se renforcer pour mieux résister aux contraintes qu'il subit. Conformément à la loi de Wolff, l'os immature va se transformer en os lamellaire primaire ; cet os est organisé en ostéons orientés suivant les lignes de contrainte, afin de rétablir une raideur idéale de l'os. Cette transformation commence à la quatrième semaine. À 8 semaines et plus tard, cet os lamellaire primaire multidirectionnel pénètre dans les extrémités fracturaires. À 16 semaines, l'os immature a pratiquement disparu.

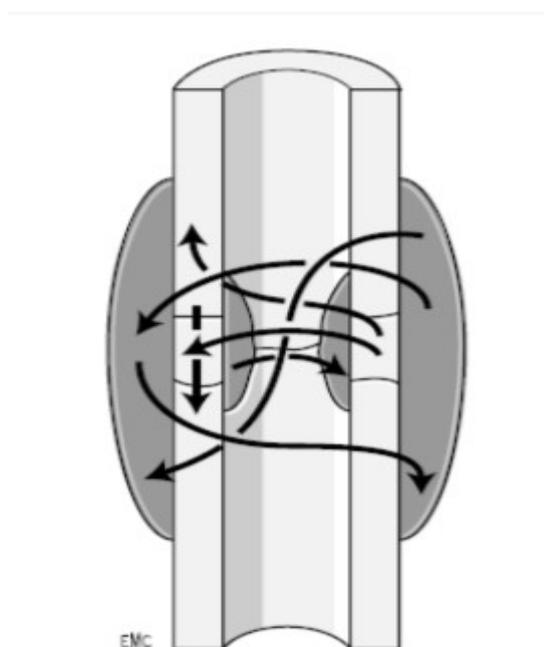


Figure 39 : Cal dur. L'os lamellaire primaire est orienté dans tous les plans de l'espace car il se forme en fonction des contraintes (loi de Wolff).[15]

2.2. La période de remodelage modelage :

➤ La phase de remodelage :

Le mécanisme qui rétablit lentement une architecture histologique normale de l'os est le remodelage. Le cal va continuer à évoluer pendant de nombreux mois. L'os lamellaire primaire à orientation multidirectionnelle va être remplacé progressivement par de l'os lamellaire secondaire dont les ostéons sont orientés longitudinalement.

Dans l'os cortical, ce remodelage est assuré par des dispositifs spécifiques regroupant plusieurs types cellulaires, des matériaux intercellulaires et des capillaires communiquant entre eux. Ces dispositifs ont été décrits par Frost en 1964. Il les a nommés « bone modelizing 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.

L'activité de résorption est intense sur le site fracturaire, ce qui confère à l'os un aspect porotique ; certains parlent même de « spongialisation ». Cette spongialisation est donc un phénomène normal et temporaire de remodelage qui va ralentir avec le temps. Chez l'homme, l'aspect porotique, signe de remodelage, est visible radiologiquement après un délai de 4 semaines et la restauration complète demande plus de 1 an.

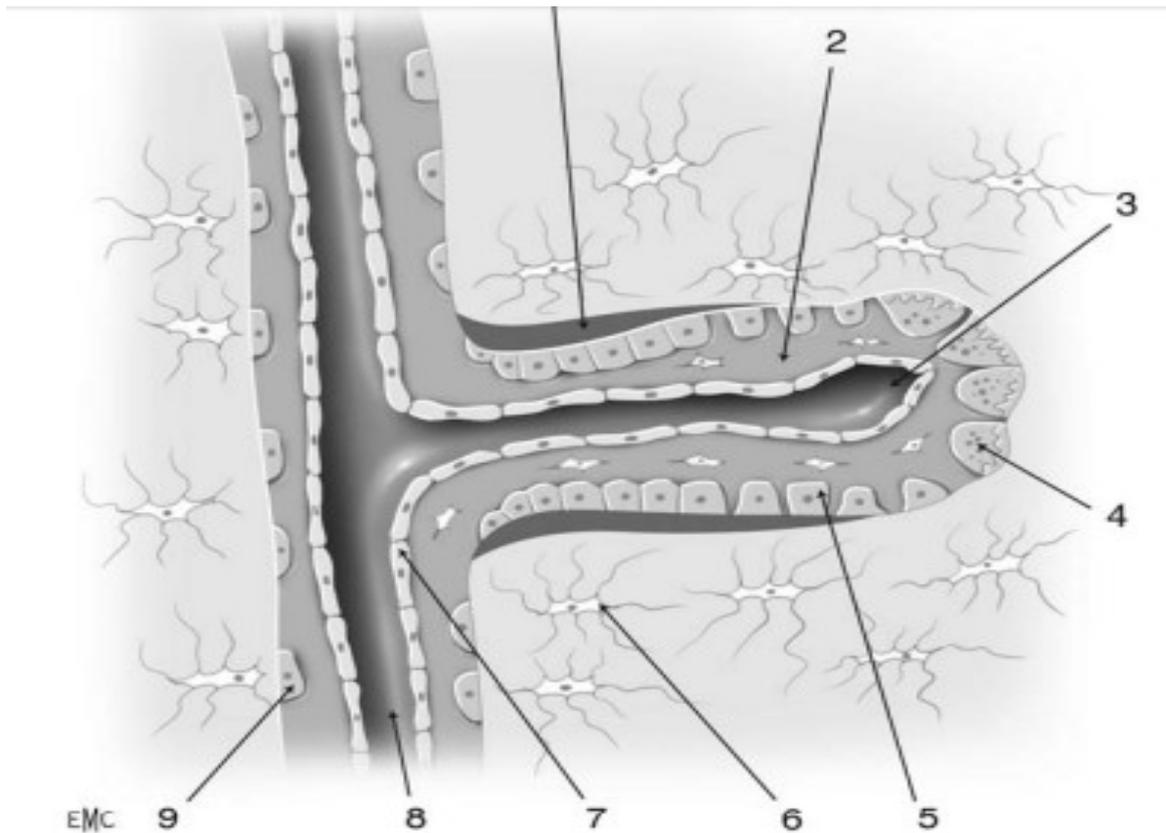


Figure 40 : Histologie d'une unité de remodelage osseux (BMU). Diamètre du tunnel : 150 μ m ; vitesse de creusement du tunnel : 50 μ m/j ; vitesse du dépôt de la matrice : 1 à 2 μ m/j. [11]

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.

➤ **La phase de modelage :**

Il faut bien différencier modelage et remodelage. Le remodelage concerne la structure microscopique. Le modelage concerne la forme générale de l'os. C'est un processus de sculpture des enveloppes osseuses qui tend à rendre à l'organe son aspect initial. Le cal externe se résorbe. Le modelage comporte notamment la restauration du canal médullaire perturbé par la fracture. Le modelage dure plusieurs années. Il peut être complet chez l'enfant. Il est partiel chez l'adolescent et limité chez l'adulte, en particulier lorsque la fracture s'est consolidée avec un déplacement notable. Le mécanisme du modelage n'est pas connu en détail.

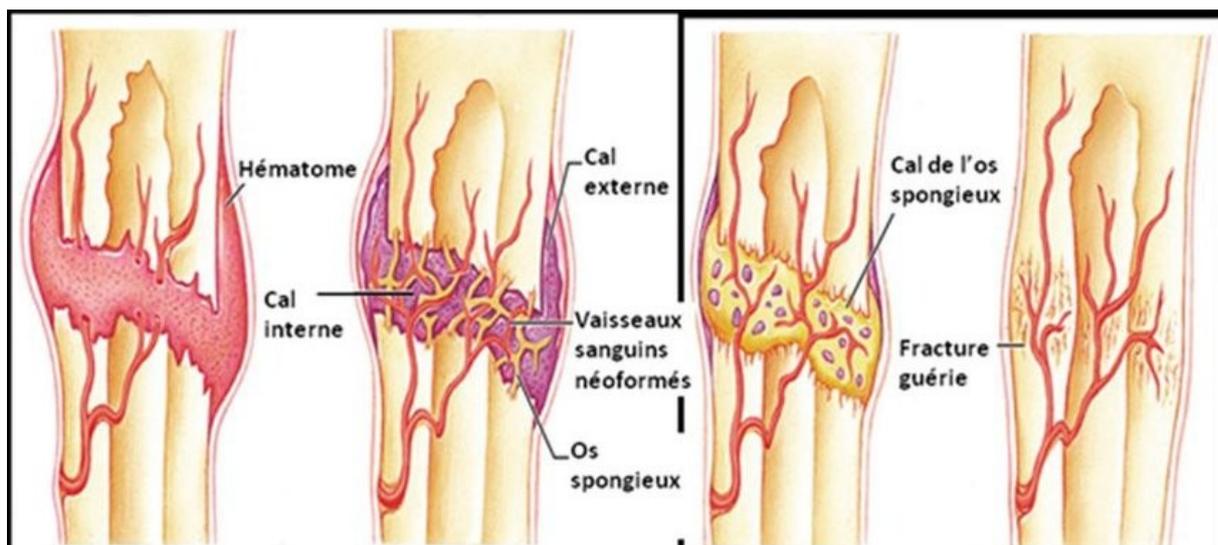


Figure 41 : Les différentes étapes de la réparation osseuse [14].

- a) Formation d'un hématome au niveau du périoste, b) Angiogenèse et formation d'un cal réparateur mou. c) Maturation of cal réparateur and transformation in a cal calmerateur dur. d) Remodelage osseux.

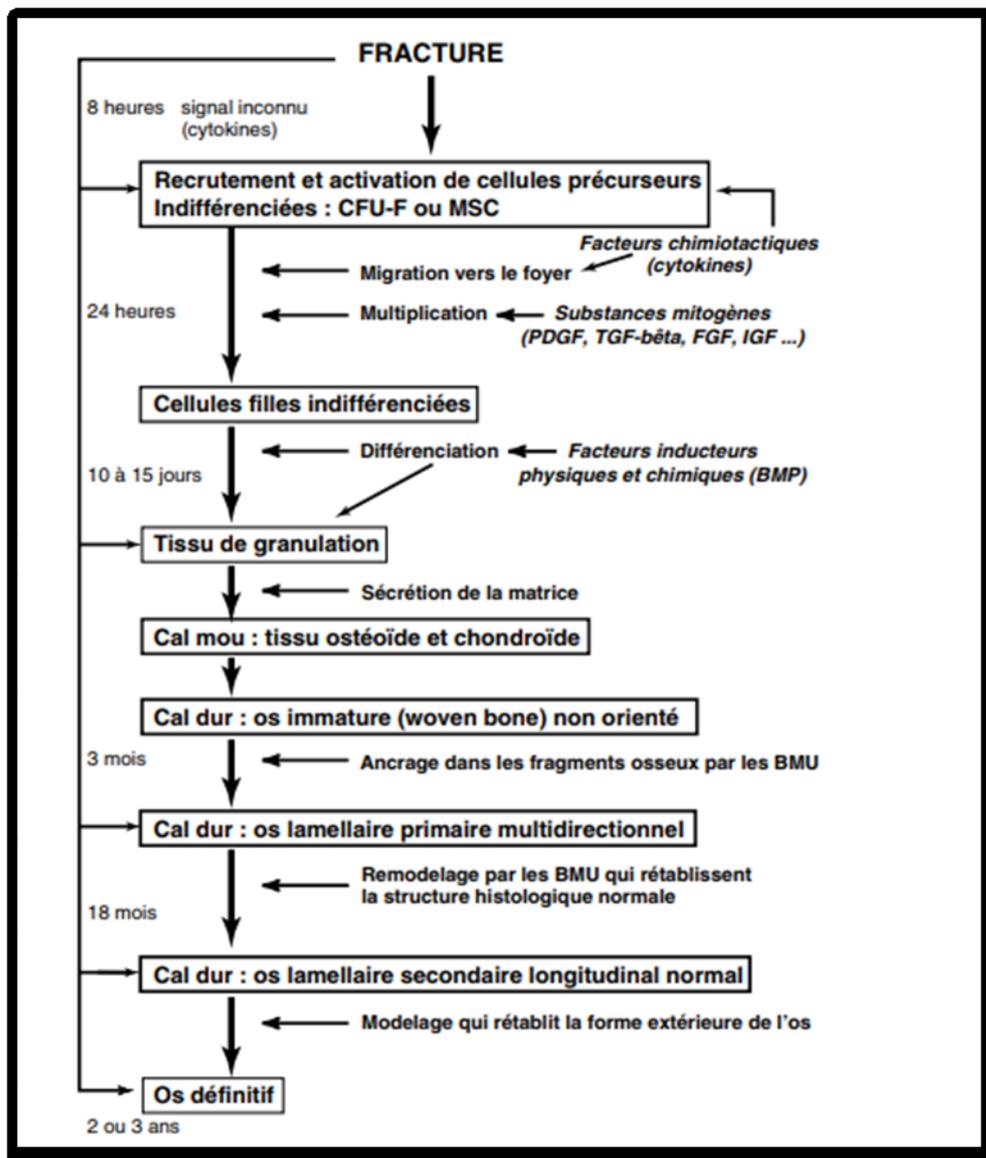


Figure 42 : Étapes de la consolidation.

CFU-F : colony forming unit fibroblastic ; MSC : mesenchymal stem cell ; PDGF : plateletderived growth factor ; TGF : transforming growth factor ; FGF : fibroblast growth factor ; IGF : insulin-like growth factor ; BMP : bone morphogenetic protein ;

BMU : unité de remodelage osseux.[13]

III. PSEUDARTHROSE DE LA SERIE :

A. Définition :

La pseudarthrose ; terme issu du grec pseudes : faux, et arthron : articulation. Elle désigne l'absence de consolidation d'une fracture et se produit une union à l'aide d'adhérence fibreuse avec conservation d'une mobilité entre les deux fragments osseux. Dans certains cas, il y 'a formation d'une néo-articulation associant une sclérose des extrémités qui sont recouvertes de cartilages, dont la cavité médullaire est obstruée, et qui sont réunies par une capsule articulaire. [19]

La FDA (Food and Drug Administration) américaine définit une pseudarthrose comme une « fracture qui manque de potentiel de guérison sans intervention additionnelle», neuf mois après le traumatisme et en l'absence de progression radiologique pendant les trois derniers mois sur des radiographies subséquentes, et/ou avec présence de douleurs et de mobilité au niveau du site de fracture [20]

CIROTTEAU ET BENOIT J cités par CHAMMANI [21] la définissaient comme étant toute fracture non consolidée au bout de 3 mois ou d'avantage 6mois.

Récemment cette définition a été considérée, ne tenant plus compte du facteur temps. Ainsi, on nomme PSA la fracture qui, pour une raison biologique ou mécanique, n'aboutira pas à une consolidation osseuse spontanée.

Selon Arash Moghaddam [22] La définition actuelle stipule qu'une pseudarthrose est une fracture qui ne se consolidera pas sans autre intervention, quelle que soit la durée du traitement.

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 d'un mois au minimum à quatre voir cinq mois en général. Au-delà on peut parler de retard de consolidation, et on parle de pseudarthrose après 6 à 7 mois

Le diagnostic est parfois difficile et impose la confrontation d'arguments cliniques, radiologiques et surtout évolutifs. [23]

Quant au caractère aseptique de la pseudarthrose, il se définit par l'absence d'accident septique patent ou latent au cours de l'évolution. [23]

B. 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 [24].

a. Macroscopie : [25]

Etude anatomopathologique de la pseudarthrose aseptique de la jambe. En pratique on distingue trois aspects principaux :

➤ **Les pseudarthroses flottantes dites lâches :**

Les deux extrémités osseuses sont très éloignées l'une de l'autre, effilées, amincies. L'écart inter fragmentaire est souvent important, est comblé par du tissu fibreux lâche.

➤ **Les pseudarthroses fibreuses simples dites serrées :**

Les surfaces fracturaires sont en contact, entre les fragments existe une nappe de tissu scléreux, dense, très dur, d'épaisseur variable. Les extrémités osseuses ne sont plus ou moins raréfiées en mie de pain. Lorsque la pseudarthrose date de long temps, les fragments aussi se densifient en surface, ils sont éburnés, c'est-à dire composés d'os très durs aux rares canaux de HAVERS en même temps la couche compacte a augmenté d'épaisseur et surtout de canal médullaire s'est oblitéré sur une certaine longueur. Assez souvent, il se développe au voisinage du trait de fracture des ostéophytes plus au moins volumineuses et plus ou moins désordonnées.

➤ **Les pseudarthroses fibrosynoviales :**

Entre les extrémités osseuses, il s'est formé une véritable néo articulation : Les fragments modelés l'un sur l'autre sont recouverts de fibrocartilages, ils sont unis par une capsule, et il existe même parfois une véritable cavité synoviale.

b. Microscopique :

On distingue deux types de pseudarthroses :

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

➤ **Les pseudarthroses hyper vasculaires ou hypertrophiques :**

Elle est caractérisée par des extrémités osseuses élargies (en patte d'éléphant), bien vascularisées, sans sclérose ni ostéoporose (Figure 43).

Elles se développent en raison d'une insuffisance de la stabilité mécanique et peut conduire à la formation d'un cal dans les berges de la fracture [22]

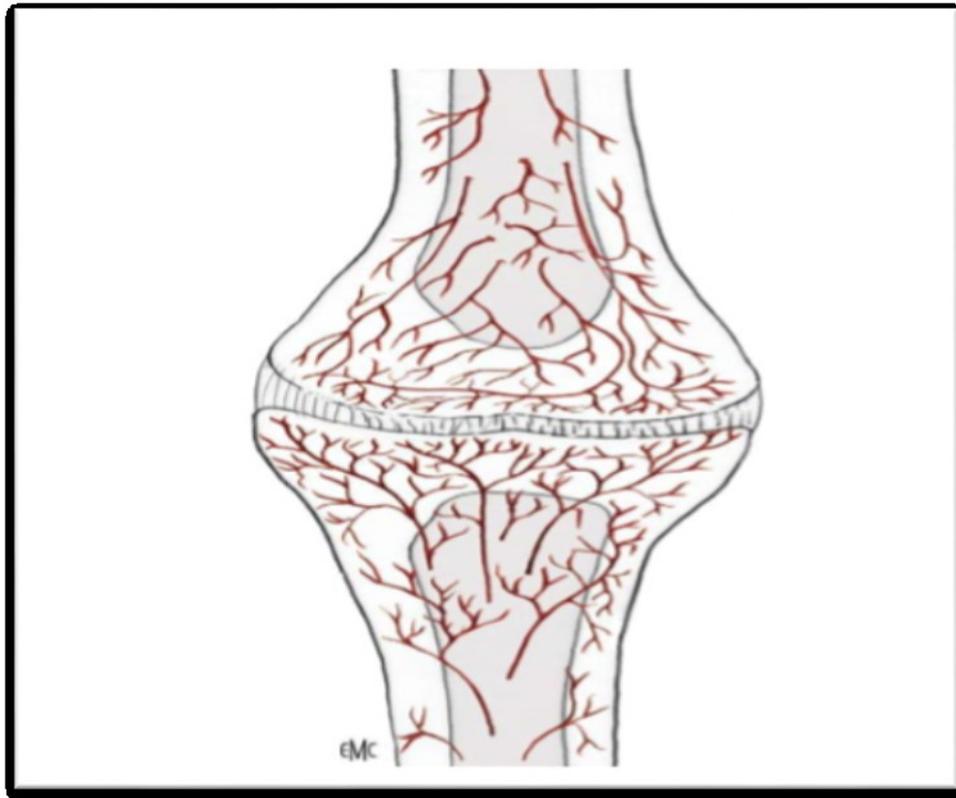


Figure 43 : Pseudarthrose hypertrophique [26]

Weber et Cech ont sous-classé cette forme de PSA en fonction de la quantité de cals (pied d'éléphant, pied de cheval ou eutrophique, et Oligotrophique) (Figure 44). La viabilité des extrémités osseuses caractérise tous ces sous-types de PSA. [27, 28,29]

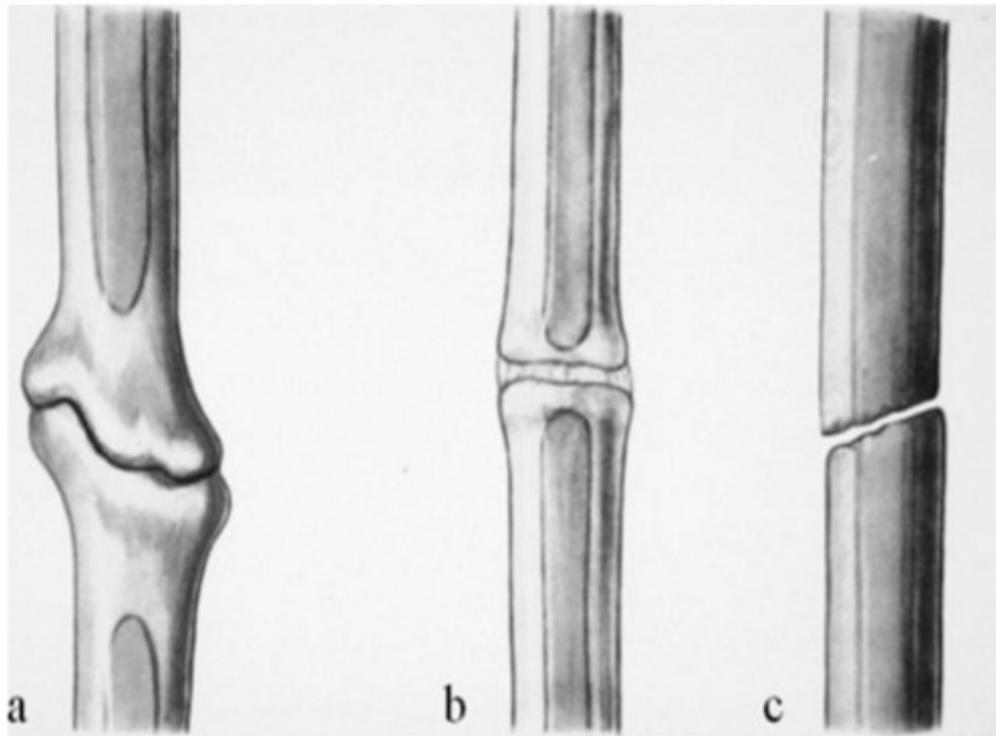


Figure 44. Les pseudarthroses hypertrophiques et ses différents aspects morphologiques [29]

- a. **PSA en 'pied d'éléphant',**
- b. **PSA en 'pied de cheval' ou eutrophique,**
- c. **PSA 'Oligotrophique' (Weber 1976).**

b.1. Pied d'éléphant : (Figure 44a).

Ils sont hypertrophiques et riche en cal. Ils résultent de la fixation insuffisante, une immobilisation inadéquate, ou une mise en charge précoce d'une fracture réduite à des fragments viables, l'espace entre les fragments, les fibres cartilage, reste comme une lacune. [28]

b.2. Eutrophiques : (Figure 44b)

Ils sont légèrement hypertrophiques et pauvres en cal. Ils se produisent après une fixation instable par plaque ou vis. Les extrémités des fragments montrent des cals, insuffisantes pour l'union, et éventuellement une sclérose. [29]

b.3. Oligotrophiques : (Figure 44c)

Ils ne sont pas hypertrophiques et le cal est absent. Ils se produisent généralement après un déplacement majeur d'une fracture, une distraction des fragments ou une fixation interne sans apposition précise des fragments, ou lorsque des pertes osseuses importantes sont présente. Radiologiquement «rien» se passe : les extrémités des fragments sont inertes. [28]

➤ **Les pseudarthroses avasculaires ou atrophiques** :

Elle implique souvent une vascularisation réduite de l'espace de défaut et de l'os environnant, qui conduit à une atrophie des extrémités de la fracture devenant rétrécies (en pinceau), mal vascularisées inerte et incapable de réaction biologique, avec une ostéoporose et/ou une sclérose des fragments [22].

Elle est la conséquence d'un défaut biologique du traitement initial et requiert, outre un geste de stabilisation, un geste de relance des processus de consolidation. [26]

L'étiologie de cette situation, c'est la mort complète de l'os en général en raison de communiton importante ou de la dévitalisation des fragments. [28]

C. La clinique :

➤ Epidémiologie :

En général, la PSA est une complication de la consolidation d'une fracture survient dans 5% à 10% des cas [30] et peut atteindre 30% dans les groupes à haut risque [31 ; 32 ; 33 ; 34].

La présence de forte incidence de PSA sur le tibia peut être expliquée par une mauvaise couverture tissulaire et donc une mauvaise circulation sanguine. De plus, il y a plus souvent 2 à 3% de lésions ouvertes avec des lésions complexes de l'os et des tissus mous environnants [34].

La fréquence des PSA dans les os des extrémités est la suivante : le tibia a une incidence moyenne de 8,7% [35 ; 36], le fémur un peu moins à 6,1% [37 ; 38 ; 39], l'humérus 3% – 5% et le bras inférieur 5% [40].

➤ Facteurs de risque : [124 ; 125 ; 126 ; 127]

Plusieurs facteurs peuvent influencer la consolidation de la fracture :

a. Facteurs circulatoires :

L'hypoxie, l'anémie avec hypovolémie entraînent une diminution de l'élasticité de l'os et un retard de consolidation.

Une insuffisance vasculaire empêchant le développement d'une néo-circulation nécessaire à la constitution du cal.

b. Facteurs hormonaux :

L'action des hormones sur la consolidation est identique à leur action sur le cartilage de croissance ;

Les stéroïdes systémiques ont un effet direct sur la consolidation, ils ont été démontré de retarder la cicatrisation osseuse chez les rats.

L'ACTH peuvent retarder ou arrêter la consolidation.

c. Certains médicaments :

L'administration prolongée d'AINS, d'héparine augmente le risque de retard de consolidation et de pseudarthrose.

Les corticoïdes à haute dose peuvent retarder la consolidation en inhibant la différenciation des cellules précurseurs en ostéoblastes.

d. Facteurs nutritionnels :

L'alimentation normale contient assez de calcium pour assurer une consolidation normale. Il est inutile d'en prescrire.

e. Tabagisme : [125]

C'est un facteur favorisant indiscutable de PSA, le temps de la consolidation cliniques presque doublé chez les fumeurs, donc le patient doit en être averti et invité à cesser de fumer.

Le tabagisme prolonge la durée de consolidation [41],

f. Ostéoporose :

Ne ralentit pas la consolidation mais complique le traitement de la pseudarthrose.

g. Diabète non équilibré

Il joue un rôle nocif non seulement en raison de la microangéite distale habituelle dans cette maladie, mais aussi parce qu'une oxydation correcte des hydrates de carbone est nécessaire à la synthèse du collagène. [127 ; 22]

h. La grossesse et la lactation :

Elles ralentissent la formation de cal osseux.

- Antécédents des fractures du même membre ont également des effets négatifs sur la consolidation [43].
- L'âge avancé a un effet négatif sur la consolidation des fractures [42].

Dans le score de facteurs de risque de pseudarthrose de Moghaddam et al, tous ces facteurs ont une importance relative pour calculer le risque individuel des patients pour développer une pseudarthrose.[34]

➤ **Les signes fonctionnels :**

Le maître symptôme est la douleur qui peut être apparenté ou non à une impotence fonctionnelle ou instabilité, cette douleur est localisée au niveau du foyer de fracture, apparaissant à la mobilité ou à la mise en charge [22].

➤ **L'examen clinique :**

Doit être comparatif des deux jambes, on recherchera :

- Une douleur provoquée à la pression du foyer de PSA
- Une tuméfaction en regard du foyer
- Une augmentation de la chaleur locale : celle-ci en dehors de tout signe infectieux traduit l'hyper vascularisation d'un foyer d'ostéogénèse encore actif.
- Une mobilité anormale du foyer de fracture.
- L'existence d'un craquement perçus lors de la mobilisation du membre traumatisé.
- Un défaut d'axe du segment du membre.
- Une inégalité de longueur des membres, un raccourcissement du membre traumatisé, et le retentissement sur la statique du squelette.
- L'amplitude des différentes articulations qui doit être notée.
- L'existence d'une amyotrophie.

D. La radiologie : [22 ; 45]

Imagerie radiologique conventionnelle de l'extrémité touchée est particulièrement standard pour diagnostiquer un positionnement défectueux ou une instabilité de l'os. Elle permettra de :

- Montrer la persistance du trait de fracture ; et l'absence de travées osseuses unitives entre les fragments.
- Préciser l'importance de l'écart inter fragmentaire et l'état des extrémités osseuses ; tantôt effilées, ostéoporotiques, tantôt au contraire renflées, condensées avec obturation du canal médullaire.

Il devrait noter que les défauts de consolidation ne peuvent pas être complètement observés avec des rayons X natifs en raison de la sommation et de la couverture.

La tomodensitométrie (CT) supplémentaire peut être utilisée pour évaluer s'il y a un pontage partiel ou complet du écart de défaut. En outre,

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) peut être utilisée pour évaluer la vascularisation de l'os et les zones vitales et non vitales séparées [44] (A CT scan est considéré comme la référence pour évaluer les pseudarthroses et fournir des informations pour le traitement) [22].

E.TRAITEMENT DE LA PSEUDARTHROSE ASEPTIQUE DE LA JAMBE :

1. Historique :[46 ;47 ;48]

La connaissance des pseudarthroses et leur traitement remonte au XVIIIème siècle :

ALBEE (1920), MOHORANN (1921) et LESER (1922) insistent sur la mauvaise qualité des tissus pseudarthrosiques considérant que le tissu fibreux existant dans le foyer des pseudarthroses a perdu tout pouvoir d'ossification et basent leur traitement sur la résection de la totalité de la pseudarthrose, l'ouverture du canal médullaire et la stimulation de l'ostéogénèse par greffe osseuse cortical.

Cette conception, généralement retrouvée d'inactivité biologique obligatoire des foyers de pseudarthrose a conditionné beaucoup de chirurgiens qui ont mis au point des techniques variées visant à apporter le stimulus biologique semblait faire défaut : la greffe osseuse.

En 1929 BECK imagina le forage osseux pour relancer l'ostéogénèse. Et entre 1935 -1940 PAUWELS constata que le tissu fibreux qui constitue les pseudarthroses à un caractère vivant et susceptible de consolider si les conditions mécaniques et biologiques y sont réunies.

Par la suite, l'amélioration du matériel d'ostéosynthèse influençant le traitement des pseudarthroses.

Mise au point des plaques à compression (COAPTEUR ET DANIS en 1949) ; (RAZEMON en 1955) ; (DECOULX et RAZEMON en 1956) ; (MULLER en 1960) avec ces compresseurs de plaque et plaque auto compressive toujours largement utilisée.

Fixateur externe développé par GREIFFENSTEINER (1946), KLARMANN et WUSTMAMANN (1948), MOLLER et ALL GOWER (1958), JUDET et HOFFMANN (1959-1962)

L'enclouage centromédullaire mise par KUNTSCHER en (1938) simple, puis avec alésage.

Enfin l'on doit aux frères JUDET, la décortication ostéopériostée vers (1960), et la mise au point d'un fixateur externe et de type circulaire portant le nom de son auteur ILLIZAROV.

2. Le 'Concept diamant 'de traitement opératoire :

Des causes multifactorielles de la PSA permettent de nous conduire à un traitement spécifique pour chaque patient. Le 'diamond concept' (figure 45) est le plus établie [22 ; 32 ; 49] pour une bonne prise en charge. Ce concept met en évidence l'importance des environnements biologique et mécanique. [32 ; 49 ; 50].

Il aide le clinicien à comprendre les exigences en matière de guérison des fractures et fournit un processus simplifié pour la prise de décision dans la prise en charge de PSA [22].

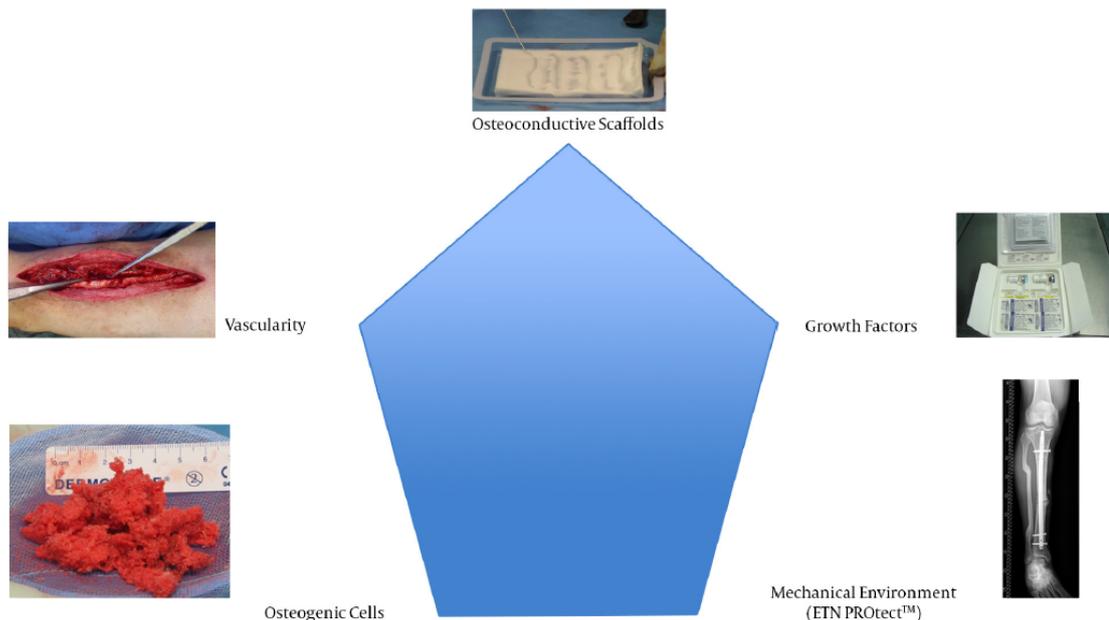


Figure 45 : Facteurs de diamond concept [22]

Ce concept comporte cinq facteurs à analyser pour le traitement [51] :(Figure 45)

- Stabilité biomécanique ; exemple : angle stable de l'implant enclouage centromédullaire dynamisé.
- Cellules ostéogènes : sous forme de cellules souches mésenchymateuses (CSM), os spongieux autologue (crête iliaque ou alésoir irrigateur aspirateur (RIA)).

- Structures ostéoconductrices ; exemple : os spongieux autologue , matériaux de remplacement osseux synthétique (exemple: phosphate tricalcique).
- les hormones de croissance ; exemples : protéine de morphogénétique osseuse(BMP) –2 et BMP–7.
- Vascularisation : en améliorant la macro-circulation et induction locale d'un renouvellement membranaire de la fracture.

3. Traitement chirurgical :

3.1. Buts du traitement :

Le but du traitement des pseudarthroses aseptiques de la jambe est d'obtenir dans les meilleurs délais une consolidation du foyer de pseudarthrose avec correction de l'axe et de la longueur des os de la jambe et la conservation d'une fonction satisfaisante du membre inférieur [22].

3.2. Principe du traitement :

Il consiste à réaliser :

- Une contention stable du foyer de pseudarthrose.
- Une stimulation de l'ostéogénèse dans ce foyer.
- La rééducation reste toujours un complément indispensable du traitement, non seulement chez les malades ayant souffert de longues périodes d'immobilisation.

3.3. Type d'anesthésie : [52]

L'anesthésie locorégionale (ALR) est la technique adaptée à la chirurgie lourde du membre inférieur puisqu'elle permet d'éviter les hypotensions et assure d'une part une anesthésie peropératoire de qualité, et d'autre part l'analgésie post opératoire.

3.4. Voies d'abord [25]

La technique choisie qui conditionne la voie d'abord. Mais parfois s'il y a un risque cutané ou vasculaire ce n'est plus la technique qui la conditionne.

Le choix de la voie d'abord est essentiel. On a le choix entre cinq voies d'abord :

➤ **Voie interne :**

Elle donne accès sur la face interne de la jambe et permet de pratiquer une greffe encastrée.

➤ **Voie-antéro-externe :**

Est la plus commode. Elle se fait par une incision rigoureusement rectiligne, et permet d'aborder le tibia sur une face recouverte d'une épaisse couche musculaire. Elle permet, en décollant les muscles de la loge antérieure, de pratiquer une greffe opposée ou fixée sur la face externe du tibia.

➤ **Voie-postero-interne :**

Permet une action assez facile sur les fragments.

Elle passe en avant du muscle soléaire pour apposer la greffe sur la face externe du tibia.

➤ **Voie externe :**

Utilisée pour les greffes inter-tibio-peronières en passant entre les muscles des loges antérieure et externe de la jambe.

➤ **Voie-postero-externe :**

Elle permet de découvrir la face postérieure du péroné et du tibia en passant entre les muscles des loges externe et postérieure.

3.5. Les moyens de traitement des pseudarthroses aseptique :

Ce sont :

- Les moyens de stabilisation du foyer de pseudarthrose.
- Les moyens de stimulation de l'ostéogenèse donnés par les greffes osseuses.

a. les moyens de stabilisation du foyer de la pseudarthrose :

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

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

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

➤ **L'immobilisation plâtrée :**

Elle est de moins en moins utilisée de première intention dans le traitement des pseudarthroses du fait de l'instabilité relative et de son immobilisation de longue période.

➤ **Ostéosynthèse interne par La plaque vissée :** [26 ; 53 ; 4]

C'est une technique souvent utilisée, grâce à la simplicité de l'intervention, elle permet de :

- repérer et d'aviver les extrémités osseuses ;
- perméabiliser le canal médullaire,

- assurer une ostéosynthèse stable, pour éliminer tout mouvement du foyer nocif à l'élaboration du cal cortical.
- Correction des attitudes vicieuses.

L'ostéosynthèse par plaque est utile pour les lésions métaphysaires où le clou ne permet pas une stabilisation suffisante du foyer de pseudarthrose.

Tiers distal de jambe :

Les pseudarthroses y sont fréquentes du fait de la pauvre vascularisation de l'os et des parties molles à ce niveau. Le recours à l'ostéosynthèse par plaque doit permettre d'aboutir à une fixation rigide corrigeant les déformations fréquentes à ce niveau.

Deux types de montage sont possibles :

- Les fixations par plaques-haubans sont réservées aux pseudarthroses transversales serrées associées à une importante déformation (en varus, flexum ou recurvatum).
- Les fixations par plaques de neutralisation (ou de soutien) sont effectuées plus souvent. Elles s'adressent à des pseudarthroses obliques ou spiroïdes

Tiers proximal de jambe :

Les pseudarthroses y sont plus rares du fait de sa bonne vascularisation, La fixation rigide du foyer de pseudarthrose y est difficile dans la mesure où le fragment tibial proximal est petit, ostéoporotique et remanié par une précédente ostéosynthèse. Dès lors, il ne faut pas hésiter à réaliser une fixation plus rigide : par deux plaques ou mieux encore par une plaque verrouillable qui permettrait de limiter la dévascularisation du foyer de pseudarthrose. [53]



Figure 46 : Mise en place d'une plaque du tibia par voie mini-invasive.

La plaque est insérée par une incision en regard de la malléole médiale (A) puis celle-ci est glissée sous la peau au contact de l'os (B). L'insertion des vis s'effectue ensuite par voie percutanée sous contrôle radioscopique [54].

➤ **Enclouage centromédullaire :**

L'ostéosynthèse par enclouage centromédullaire est une technique dite « à foyer fermé », c'est-à-dire que le foyer de fracture n'est pas abordé [55]. L'utilisation de l'ECM trouvera sa place dans les pseudarthroses hypertrophiques sans trouble d'alignement significatif. L'enclouage permet la stabilisation du foyer sans déperiostage. L'apport de produits d'alésage, équivalents à une greffe in situ, favorise la formation du cal périosté [56]. Le risque majeur de ces traitements est la contamination de l'ensemble de l'os en cas de pseudarthrose infectée ou lors de la mise en place d'un clou après un fixateur externe [56,54]. Dans la grande famille de l'enclouage, différentes techniques ou type de verrouillage ont été développées. Certains auteurs ont décrit un enclouage non alésé et d'autres des clous expansibles « auto-verrouillés par gonflage » [54] Le clou alésé est classiquement de plus gros diamètre que le clou non alésé qui a un diamètre compris entre 8 et 10 mm

habituellement [55]. On distingue plusieurs types :(Figure 47)

a.1. L'enclouage d'alignement ou non verrouillé : Il ne bloque pas la rotation, autorise un télescopage, n'est utilisé que pour les PSA du 1/3 moyen.

a.2. Le verrouillage statique : Le verrouillage est à la fois supérieur et inférieur, de part et d'autre du foyer, ce montage neutralise les contraintes en rotation et empêche un raccourcissement du segment du membre traumatisé, ce montage stable permet la mobilisation immédiate et la reprise de la marche sans appui.

a.3. Le verrouillage dynamique : Le verrouillage est effectué au niveau d'une seule épiphyse supérieure ou inférieure, selon la localisation du foyer. Il neutralise les contraintes en rotation permettant la mobilisation immédiate mais surtout la reprise de la marche avec appui

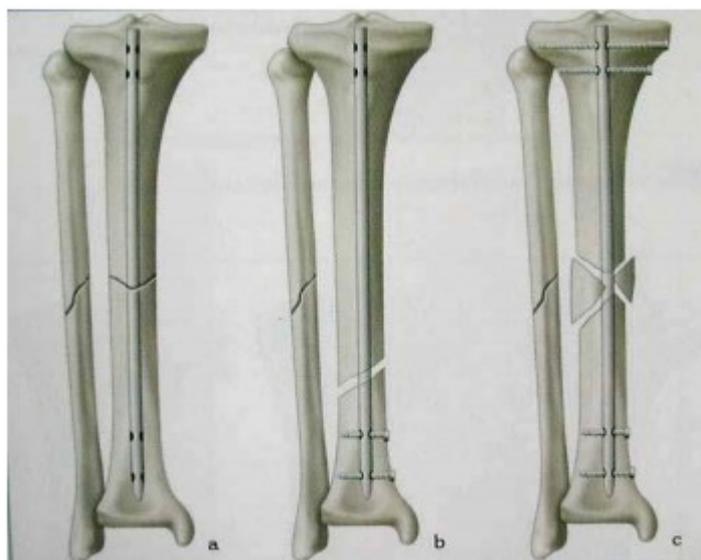


Figure 47 : Les types de l'ECM, a ECM non verrouillé, b ECM dynamique, c ECM statique

[26].

➤ **Ostéosynthèse externe :**

Il existe essentiellement trois types de fixateurs externes : Hofmann, monoaxial et Ilizarov (Figure 50). Véritables mécanos tridimensionnels modulables, ils permettent tous une stabilisation et une correction des troubles d'axes.[56]

- **Le fixateur de Hofmann** (Figure 48) est constitué d'un cadre rigide, connecté à l'os par des broches filetées. Il est impératif de mettre en place trois broches de chaque côté de la fracture et de les placer aussi près du foyer de fracture que les lésions locales le permettent, afin d'assurer la stabilité nécessaire. [56]



Figure 48 : Fixateur d'Hoffman [57]

- **Le fixateur monoaxial** utilise des broches filetées de plus gros diamètre que pour le fixateur de Hoffmann; placées selon le même principe, elles sont reliées à un tuteur externe unilatéral très robuste. [56]
- **le fixateur d'Ilizarov**, (Figure 49) composé d'anneaux métalliques reliés entre eux par des tiges filetées, présente l'avantage de permettre, par sa stabilité tridimensionnelle immédiate, une mise en charge plus précoce. L'utilisation de broches fines trans-osseuses sous tension joue un rôle extrêmement favorable dans la stimulation du cal et diminue le risque d'infection. Les fines broches sous tension donnent un effet de ressort axial extrêmement favorable à la stimulation du cal par la mise en contrainte en compression/distraction de la fracture lors de la mise en charge du membre, alors que le cadre externe circulaire évite toute angulation frontale, sagittale ou en torsion. Le petit diamètre des orifices cutanés qui résulte de l'utilisation de broches fines diminue les risques de contamination et d'infection. Toutefois, par son aspect esthétique et son encombrement, ce fixateur est souvent mal accepté par le patient [58 ; 59]



Figure 49 : Fixateur d'Ilizarov [57]

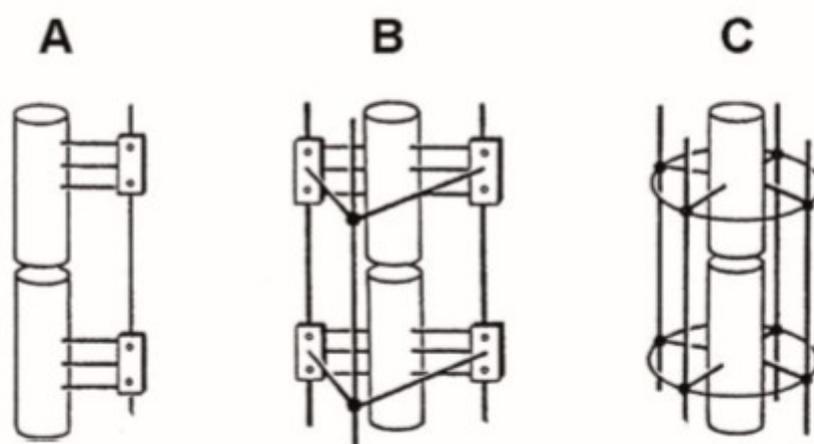


Figure 50 : Les différents types de fixateur externe.

En A, fixateur de type monoaxial. En B, fixateur en cadre de type Hofmann. En C, fixateur périphérique de type Ilizarov. [56]

b. Les moyens de stimulation de l'ostéogenèse :

➤ **Décortication ostéo-musculaire" de JUDET :** (Figure 51

Le principe de la "décortication" consiste à détacher de l'os des copeaux de corticale osseuse en utilisant un ciseau frappé et en les gardant adhérents à la fois au périoste qui les entoure et aux muscles qui s'y insèrent et les vascularisent. Les copeaux ont 1 mm à 1,5 mm d'épaisseur. Ils sont détachés de proche en proche sur plusieurs centimètres, de part et d'autre de la pseudarthrose et tout autour de l'os. On crée ainsi, tout autour de la pseudarthrose, un manchon de petits fragments qui joueront le rôle de greffons ostéo-périostés pédiculés bien vivants. L'hématome qui ne manque pas d'exister entre les copeaux et l'os joue un rôle important pour la constitution du cal, comme il le fait dans les fractures fraîches. On associe le plus souvent, une ostéosynthèse (clou ou plaque). Le manchon de copeaux périphériques s'épaissira rapidement en 2 mois et deviendra continu. La consolidation commencera toujours à la périphérie de l'os et plus tardivement elle concernera le foyer de pseudarthrose. [58]

La décortication ostéo-musculaire de JUDET est une méthode très précieuse qui donne de bons résultats dans les pseudarthroses aseptique avec ou sans perte de substance.

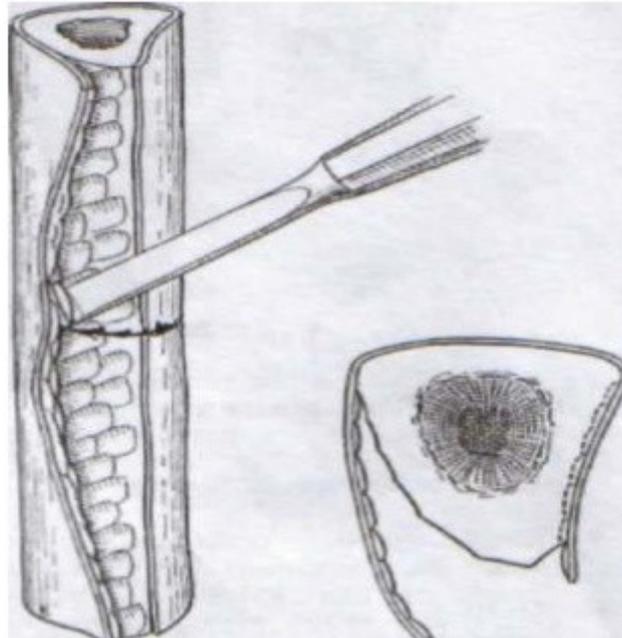


Figure 51 : La technique de la “ décortication” (Judet) [26]

➤ **Grefe corticospongieuse autologue** : [26]

La greffe osseuse a un rôle d'inducteur de la consolidation et de comblement d'un défaut osseux parcellaire ou segmentaire.

Les greffons peuvent être de trois types :

- **Spongieux**, se défendent bien contre l'infection, ils induisent une ostéogenèse rapide.
- **Corticospongieux**
- **Corticaux** a une réhabilitation lente et se défend mal contre l'infection, Son prélèvement entraîne toujours la fragilisation du segment de membre donneur. Il est actuellement abandonné.

Selon leur mode d'utilisation, la greffe peut être :

- **Apposée** (correspondant au manchonnement 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.

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 corticospongieux (ou spongieux) de forme et de taille variables.

Les prélèvements sont habituellement bien tolérés, mais **des complications** existent, les plus graves sont : [60]

- Les lésions de l'artère fessière,
- La perforation péritonéale,
- La lésion urétérale,
- La hernie abdominale,
- La lésion de l'articulation sacro-iliaque.
- 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. [61]

Les sites de prélèvement sur le bassin sont : [61]

- La crête iliaque antérieure ou l'incision cutanée est habituellement réalisée 1 cm sous la crête car les muscles de l'abdomen retombent « en besace » sur la crête (Figure 52).
- Le massif des épines iliaques postérieures. Elle permet de prélever des greffons de grand volume et si nécessaire sur les deux crêtes dans une même installation. Cette zone de prélèvement a été rapportée pour être la moins pourvoyeuse de douleurs postopératoires. (Figure 53)

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.

Selon concept diamond les principales complications de l'ablation de l'os spongieux de la crête iliaque sont les infections, le développement des hématomes ,les fractures, cicatrices hypertrophiques et douleur chronique de la zone d'extraction [22 ;62].

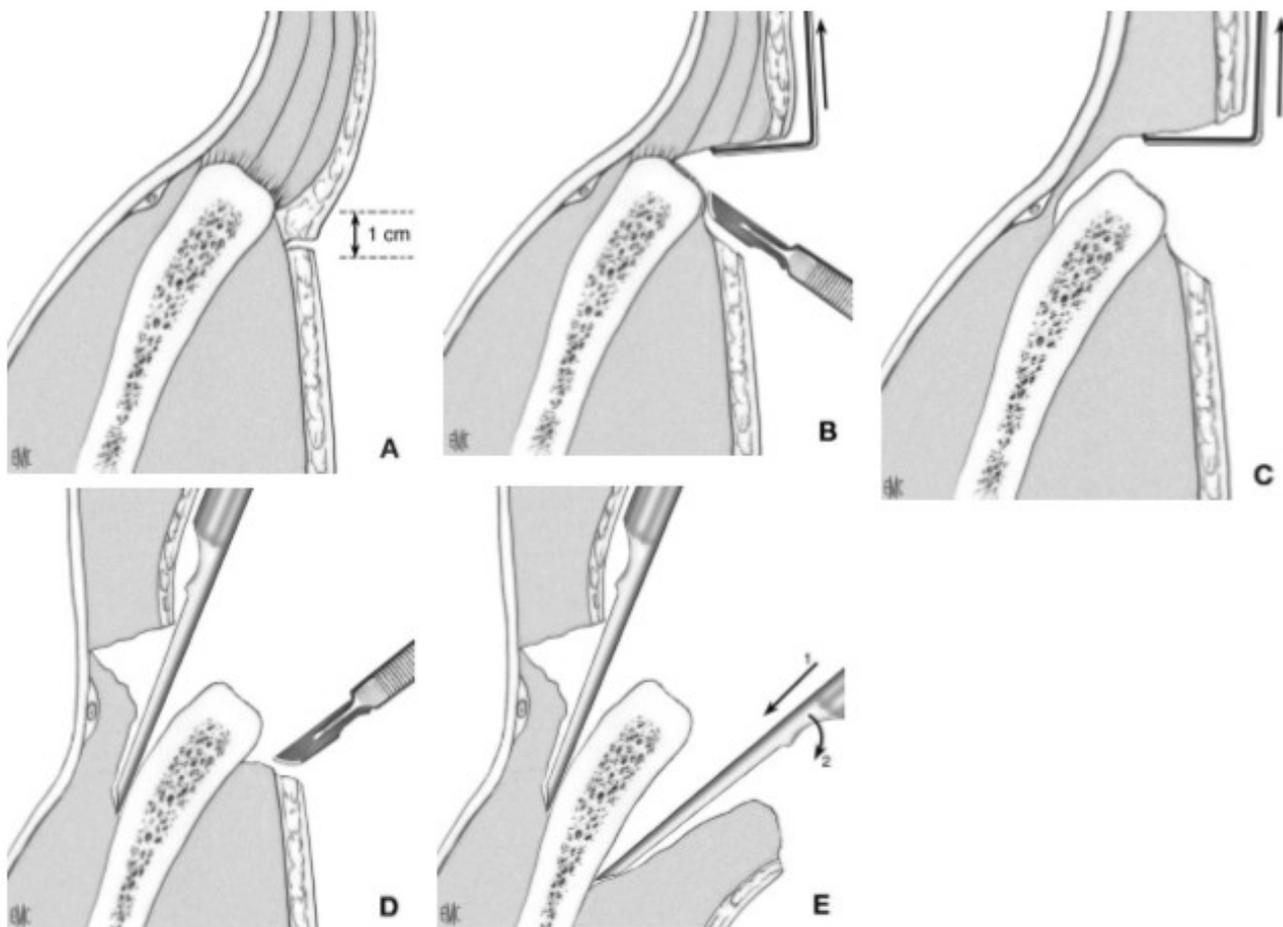


Figure 52 : Exposition de la crête iliaque antérieure (A à E).[26]

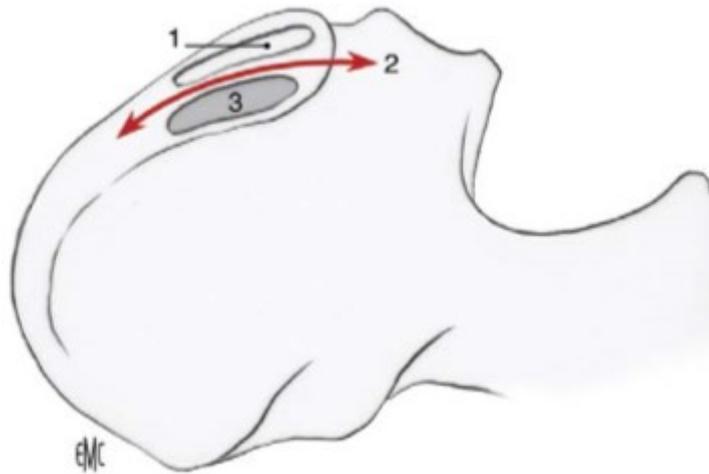


Figure 53 : Exposition de la crête iliaque postérieure. [26]

- 1. Zone d'insertion de l'aponévrose lombaire ;**
- 2. siège de l'incision du périoste ;**
- 3. zone d'insertion du grand fessier.**

➤ **Grefe intertibiopéronière** :[26]

Elle consiste à encastrier un greffon cortico-spongieux au niveau de la membrane interosseuse entre le péroné et le foyer de PSA.

La greffe intertibiofibulaire permet de ponter la pseudarthrose du tibia en réalisant une synostose entre tibia et fibula de part et d'autre du foyer de pseudarthrose [63 ;64]. La fibula doit être solide puisque celui-ci sert d'atelle. La continuité osseuse est ainsi assurée.

L'indication idéale est une pseudarthrose courte au tiers moyen du tibia avec une corticale postérolatérale du tibia conservée et une fibula peu remaniée.

À l'inverse, les contre-indications de la technique sont :

- l'existence d'une suppuration de la fibula,
- une comminution ou une perte de substance sur la fibula, un état vasculaire précaire de la jambe ou un patient artéritique,
- le siège proximal de la fracture,
- des antécédents de greffes multiples effectuées sur les quatre sites de prélèvement iliaques.

○ **Voie d'abord.**

Le choix de la voie d'abord dépend avant tout des possibilités cutanées et vasculaires. Si un doute existe sur l'intégrité d'un des axes artériels jambiers, une artériographie préopératoire s'impose et décide du type d'abord approprié.

La voie postérolatérale nous semble préférable chaque fois qu'elle est possible car, elle ne croise pas d'éléments sous-cutanés importants, l'encastrement du greffon y est plus facile, la loge musculaire est tolérante, la couverture musculaire est épaisse et les éléments vasculonerveux principaux sont à distance. (Figure 54)

➤ **Greffon.**

Le greffon doit s'étendre sur au moins 3 à 4 cm de part et d'autre de la pseudarthrose. Sa largeur doit être légèrement supérieure à celle de l'espace interosseux. C'est un greffon corticospongieux.

Le greffon est encastré en force dans l'espace interosseux à l'aide d'un chasse-greffon (Fig.55). [15]

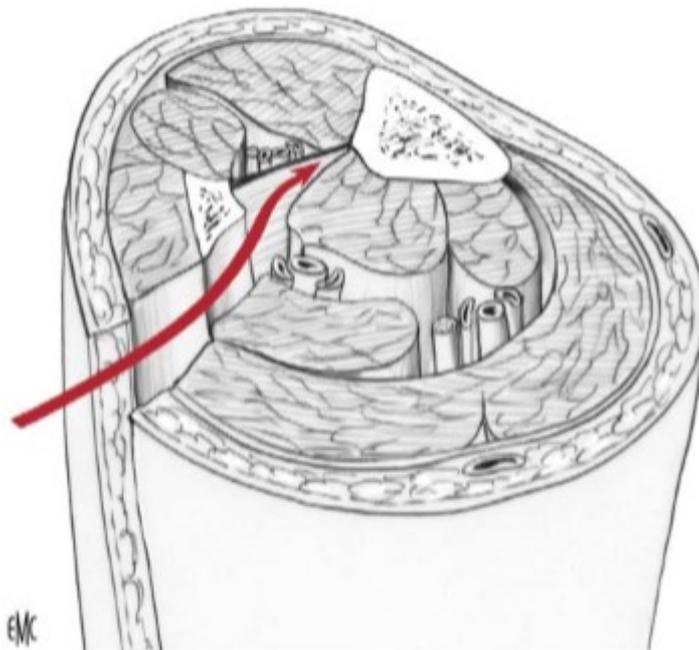


Figure 54 : Voie d'abord postérolatérale de l'espace intertibiofibulaire.

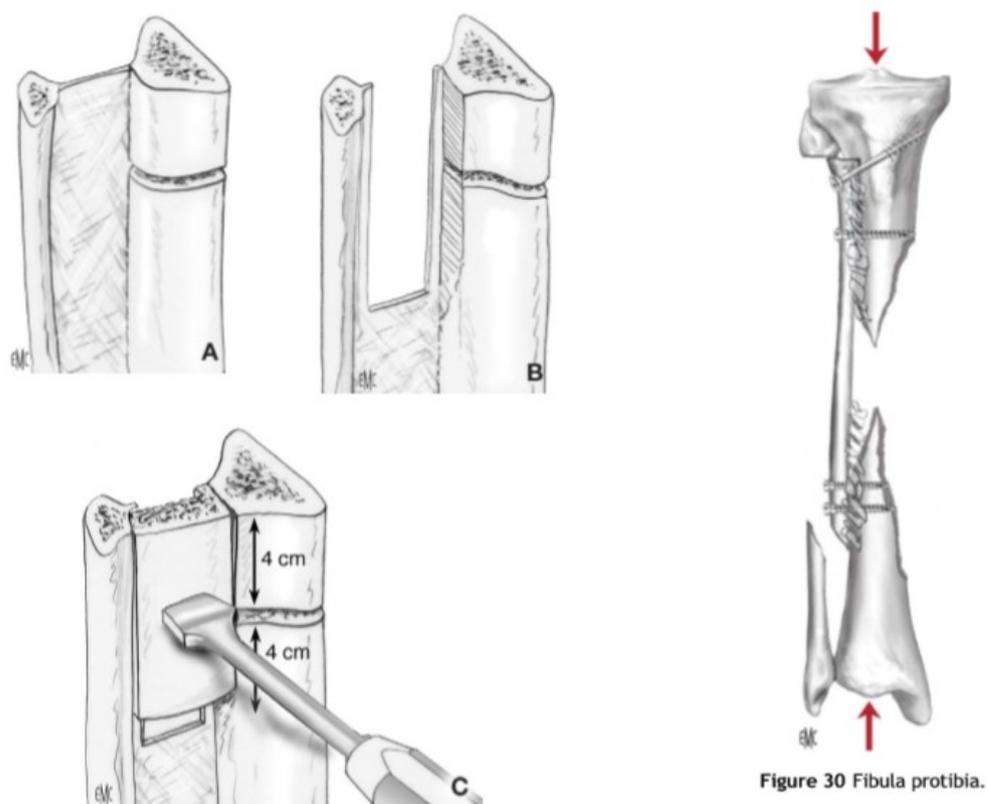


Figure 30 Fibula protibia.

Figure 55 : Greffe intertibiofibulaire par voie postérolatérale. A. Membrane interosseuse. B. Résection de la membrane interosseuse et avivement des berges osseuses. C. Mise en place du greffon. [65]

➤ **Autres :**

• **Greffes osseuses vascularisées :**

Elles ont d'abord été d'origine costale, le péroné vascularisé gagnant ensuite les faveurs des chirurgiens. Les progrès de la microchirurgie ont permis de développer ces techniques qui requièrent le plus souvent une collaboration entre les chirurgiens orthopédistes et les plasticiens. La vascularisation de ces greffons représente un avantage dans les pertes de substances importantes, puisqu'elle favorise évidemment l'intégration et le remodelage osseux. Le maintien de la vascularisation est également intéressant dans les cas de lésions infectées et permet d'assurer à la greffe une meilleure défense contre tout réveil infectieux. Enfin, par l'emploi de lambeaux ostéo-cutanés ou musculo-cutanés, ces techniques microchirurgicales permettent la synthèse et la couverture osseuse dans le même temps. Néanmoins, ces procédures sont lourdes et les risques de séquelles douloureuses ou fonctionnelles au site de prélèvement sont réels et parfois invalidants pour le patient. Il faudra donc toujours évaluer correctement ces conséquences locales et en avertir clairement le patient [66]

• **Stimulateurs Physiques :**

Les systèmes électromagnétiques ont été préconisés par quelques auteurs à la suite de l'observation de la présence de champs électriques au niveau des os en charge qui seraient impliqués dans le remodelage et la réparation des fractures. Il a été suggéré in vitro que ces ondes électromagnétiques induisent une stimulation de la production de facteurs de croissance par les cellules constituant la pseudarthrose [67]. Cette technique est réservée aux pseudarthroses hypertrophiques, car l'os dévitalisé des pseudarthroses atrophiques ne répond pas à la stimulation électrique. Dans une étude de pseudarthroses du tibia, 89 % des patients traités par stimulation physique ont évolué vers la consolidation vs 50 % dans le groupe témoin [68]. Il faut néanmoins

faire remarquer que les deux groupes de cette étude avaient comme traitement complémentaire un fixateur externe.

D'autres formes de stimulation comme les ultrasons et les ondes de choc reposent sur des principes similaires et trouvent des indications comparables [69].

- **Stimulateurs biologiques :**

L'injection percutanée de moelle osseuse autologue prélevée dans la crête iliaque est une technique relativement récente qui permet, après centrifugation, d'introduire au niveau du foyer de pseudarthrose des cellules souches à potentiel de différenciation osseuse et vasculaire élevé [70]. Suite aux travaux de Hernigou et coll [71 ; 72] et de Gangji et coll [73], Hauzeur a développé un protocole original d'injection percutanée de pré-ostéoblastes obtenus par culture cellulaire. Cette procédure peu invasive, mise au point en collaboration avec le Centre de Thérapie Cellulaire de l'Université de Liège, semble offrir la possibilité d'obtenir la consolidation de pseudarthroses si elles ne sont pas associées à un déficit osseux important.

3.6. Indications thérapeutiques :

a. Dans les pseudarthroses aseptiques atrophiques :

S'il est nécessaire de stabiliser le foyer de pseudarthrose par une ostéosynthèse, il est surtout indispensable de stimuler l'ostéogenèse par une greffe osseuse spongieuse le plus souvent ou parfois en pratiquant un alésage centromédullaire dont il a été montré qu'il stimule ou relance aussi le cal périphérique que le remodelage ostéonal [74].

Au niveau du tibia une greffe intertibio-péronière peut être utilisée. Elle est en générale réservée aux formes qui s'accompagnent d'une sclérose importante ou d'une apparente nécrose des extrémités osseuse

Et Selon le diamant concept, une activation biologique supplémentaire de la régénération osseuse souvent nécessaire [22].

b. Dans les pseudarthroses aseptiques hypertrophiques :

Selon le concept du diamant, l'optimisation mécanique de la stabilité est indiquée dans PSA hypertrophique[22].

Leur traitement est relativement aisé plusieurs méthodes peuvent être proposées. Leur principe général est d'immobiliser solidement le foyer de fracture. On réalise donc une ostéosynthèse stable avec mise en compression du foyer chaque fois que possible. [74]

3.7. Complications :

➤ **Complications immédiates :**

Comme l'ischémie aiguë due à un hématome compressif, ou à une contusion ou une rupture d'un tronc artériel surtout lors de la greffe inter-tibio-péronière et en général dans les pseudarthroses avec un grand remaniement local. Elle peut être grave en raison du caractère terminal des artères de la jambe et joue un rôle dans la constitution des troubles trophiques tardifs.

➤ **Complications secondaires :**

La thrombose veineuse mérite une prévention systématique en raison de sa gravité vitale par le risque d'embolie, des séquelles trophiques, d'où la règle du traitement préventif systématique par les anticoagulants.

➤ **Complications tardives :**

La plus redoutable est la non consolidation traitée tant de fois qu'il faut par la décortication et l'apport du tissu spongieux.

➤ **Séquelles :**

- **Les cals vicieux** ; de gravité variable selon la déformation, les plus gênants étant les cals en récurvatum ou en rotation interne. La décision de leur correction doit être sûrement posée.
- **Les raccourcissements** ; posent les mêmes problèmes de correction. Si le retentissement est grand il faut envisager une ostéotomie de raccourcissement du côté opposé.
- **Enfin les séquelles trophiques** favorisées par les lésions des parties molles, en particulier vasculaires et nerveuses, survenues lors du traumatisme initial, la longue immobilisation et parfois la thrombose veineuse

Elles associent de façon variable :

- Œdème
- Peau sèche, écailleuse, parfois adhérente et fragile
- Rétraction de l'aponévrose plantaire.
 - **Syndrome de WOLKMAN** d'origine ischémique.
 - **Raideur articulaire, raideur de genou.**

Elles peuvent réaliser une infirmité importante cause d'invalidité rendant parfois le membre inutilisable alors que l'on a pu obtenir la consolidation osseuse

IV. DISCUSSION DE LA SERIE :

A. ELEMENTS EPIDEMIOLOGIQUES :

1. Age :

Selon TAYON. B L'âge n'est pas un facteur pronostique, une fois la croissance terminée une fracture du tibia consolide dans les mêmes délais à 20 ou à 70 ans. [74]

Nous avons constaté dans notre série que la majorité des cas s'observent entre 41 ans et 50 ans.

Le tableau suivant illustre une comparaison des résultats de notre étude avec ceux des données de la littérature : (Tableau 14)

Tableau 14 : Répartition de la moyenne d'âge selon les auteurs.

Auteurs	Nombre de cas	Age moyen en année
M.Seydou [25]	25	37
Kan-da Gao MD [75]	12	35,6
Igor Kostic etA. [65]	33	39
Bryce A. [76]	94	48 ,2
Eli A. Swanson[77]	40	43
Byron E [78]	30	38 ,9
Notre série	17	41

Dans notre série, l'âge moyen des patients rejoint les données de la littérature,

Cette tranche d'âge correspond à une période où il y a beaucoup de déplacement et d'activité professionnel qui a un impact direct sur la consolidation de la fracture initiale. (Tableaun°14).

2. Sexe :

Le tableau suivant illustre la répartition du sexe de nos cas étudiés selon les auteurs. (Tableau 15)

Tableau 15 : Répartition du sexe selon les différents auteurs

Auteurs	Nombre de cas	Sexe masculin	Sexe féminin
M.Seydou [25]	25	19	6
Kan-da Gao MD [75]	12	10	2
Igor Kostic etA. [65]	33	21	12
Bryce A. [76]	94	66	28
Eli A. Swanson[77]	40	27	13
Byron E [78]	30		
Notre série	17	16	1

Dans notre série nous avons noté une nette prédominance masculine, comme toutes les séries de la littérature, Cette particularité serait due à l'exposition masculine aux traumatismes violents en rapport avec l'activité professionnelle et aux accidents de la voie publique.

B. ELEMENTS ETIOLOGIQUES :

1. Les causes générales :

Il est admis actuellement que les facteurs généraux jouent un rôle négligeable dans la survenue de la pseudarthrose. [74]

- Le métabolisme global intervient pendant la consolidation qui est essentiellement un phénomène local.
- L'âge n'est pas un facteur pronostique, une fois la croissance terminée une fracture du tibia consolide dans les mêmes délais à 20 ou à 70 ans. [74]
- L'ostéoporose ne ralentit pas la consolidation mais complique le traitement de la pseudarthrose.[79]

Parmi les éléments généraux de la pseudarthrose , on note :

- Certaines affections acquises : paludisme, alcoolisme, syphilis, artérite.
- La grossesse retarde habituellement la consolidation
- L'administration de certain médicament ralentit La consolidation : corticoïdes, anti-inflammatoire non stéroïdiens ; héparinothérapie prolongée. [74-80]
- Une insuffisance vasculaire empêchant le développement néo circulation nécessaire à la consolidation du cal. .[81]
- Un diabète non équilibré qui joue un rôle nocif non seulement en raison de la micro angéite distale habituelle dans cette maladie.

Mais aussi parce qu'une oxydation correcte des hydrates de carbone est nécessaire à la synthèse du collagène.[82]

2. Causes locales :

Parmi les causes locales de la pseudarthrose , on note :

- Traumatisme direct sur un tissu osseux en voie de consolidation.
- Perte de substance osseuse importante (depériostage important)
 - Déplacement important des fragments.
- Une infection massive.

3. Causes iatrogènes :

3.1. Pseudarthrose survenant après un traitement orthopédique :

Dues :

- A une immobilisation plâtrée quantitativement et qualitativement insuffisante [74].
- Excès de correction en extension continue sépare les zones de prolifération cellulaire créant en étirement des vaisseaux, favorisant la pseudarthrose. [84-79]
- Une interposition musculo-tendineuse ou ligamentaire

3.2. Pseudarthrose survenant après un traitement chirurgical :

Ces causes sont les plus fréquentes.

En cas de pseudarthrose, il faut incriminer plus le chirurgien que les ostéoblastes « Watson Jones ».

- **Echec de vissage simple :**

- L'absence de vissage en compression peut être préjudiciable à la consolidation, car il peut maintenir un écart inter fragmentaire par défaut de rappel et il ne stabilise pas parfaitement les micromouvements au niveau du foyer.
- Les mouvements de rotations dues à un défaut de vis.

- **Echec de plaque vissée :**

La fréquence élevée des pseudarthroses après ostéosynthèse par plaque s'explique par la multiplicité des erreurs techniques commises lors de leur réalisation :

- Dépériostage trop large (facteur de nécrose).
- Persistance d'un écart inter-fragmentaire sous une ostéosynthèse par plaque trop rigide
- Plaque trop courte, elle subit des contraintes par des bras de levier osseux trop long, entraînant un défaut de stabilité du montage.
- Vissage proximal insuffisant : si les vis se situent à proximité du foyer de fracture ne sont pas placées, une mobilité anormale s'observe dans le foyer, par allongement des bras de levier, et absence de stabilisation de la fracture par défaut du rappel en tension.

- **Echec de l'Enclouage centromédullaire:**
 - Par absence de stabilité en rotation.
 - L'absence de mise en charge dans les fractures stables devant réaliser une compression axiale du foyer de la fracture.
 - L'indication elle-même peut avoir été mal posée d'enclouage simple, n'est efficace que dans les fractures strictement médio-diaphysaires.
- **Echec de l'enclouage verrouillé :**

Dans ce cas ; l'échec est dû à :

 - Taille du clou inadaptée.
 - Mauvaise réalisation technique.
 - Verrouillage antéropostérieur insuffisant ne prenant pas la corticale opposée.
- **Echec du fixateur externe :**
 - Il peut également préconiser un écart inter-fragmentaire s'il est placé en distraction, et il faut savoir le mettre en compression aussi tôt que l'enclouage du foyer obtenu.
 - Le montage obtenu ne peut pas être suffisamment rigide. D'où l'intérêt du montage en double cadre selon Vidal ; en v ou triangulaire.
 - Il peut survenir des intolérances cutanées locales au niveau des fiches de fixateur, constituant une porte d'entrée infectieuse, source de nécrose osseuse responsable d'une instabilité du montage.
 - Pour toute pseudarthrose ; il est possible de retrouver une origine dans la qualité du traitement initial. Mais il existe des « pseudarthroses spontanées » ou on ne peut trouver aucune faute thérapeutique, ce sont des pseudarthroses inéluctables, où la fracture initiale nécessite un

traitement en plusieurs étapes. en réalité c'est le plus souvent l'interaction de plusieurs facteurs qui entraîne la pseudarthrose.

- Tous ces facteurs étiologiques représentent des arguments anamnestiques d'une importance fondamentale dans le diagnostic d'une pseudarthrose.

Pour l'agent causal, les accidents de la voie publique sont la principale cause génératrice des fractures initiales provoquant l'installation de la pseudarthrose. dans notre étude, cet agent causal représente 88,4 % de l'ensemble des circonstances de survenue, comme toutes les séries de la littérature. [83,86]

C. ELEMENT CLINIQUE DE LA FRACTURE INITIALE :

1. Lésions cutanées :

Plusieurs classifications ont été établies selon des critères variables pour classer les fractures ouvertes.

- **La classification de Cauchoix et Duparc** modifiée par Duparc et Hutten [87] repose uniquement sur la description de la lésion cutanée et ses possibilités de cicatrisation.
- **La classification de Gustilo** [88] Elle connaît une diffusion internationale. Elle tient compte de l'étendue des lésions des parties molles, du degré de contamination et de l'aspect fracturaire.

Tableau 16 : Classification des fractures ouvertes selon Gustilo et correspondance avec la classification de Cauchoix et Duparc. [89,90]

	Type de lésion selon Gustilo	Équivalence selon Cauchoix et Duparc
Grade I	Ouverture punctiforme de dedans en dehors	Grade I
Grade II	Ouverture linéaire >1 cm avec décollement cutané	Grade II
Grade IIIA	Couverture possible du foyer	Grade II à grade II
Grade IIIB	Perte de substance étendue, lésions du périoste, couverture du foyer impossible sans recours à un geste de chirurgie plastique	Grade III
Grade IIIC	Lésions artérielles nécessitant une réparation	Grade III

Tableau 17: Comparaison du type de fractures initiales selon les différents auteurs

Auteurs	Série	Fractures ouvertes %	Fractures fermées %
Igor Kostic et A. [65]	33	79	21
Eli A.Swanson [77]	40	59	41
Bryce A. [76]	94	66	28
Byron E [78]	30	60	40
PIRIOU [4]	18	44,4	55,6
GALOIS [91]	20	80	20
Notre série	17	82,4	17,7

Dans notre étude on a constaté une nette prédominance des fractures ouvertes avec un pourcentage de 82,4% des cas , ce qui convient avec les données de la littérature, ceci peut être expliqué par le fait que le tibia est directement en contact de la peau, ce qui crée facilement une ouverture cutanée à la moindre fracture , par conséquent on déduit que la diminution du pouvoir de consolidation de l'os est élevé par l'ouverture cutanée des fractures initiales. (Tableau n°17).

Les types II et III ont constituées les lésions les plus rencontrées dans notre série (29,5% étaient stade II et 41,2% étaient stade III de Gustilo) comme chez d'autres auteurs, ce qui témoigne clairement de la violence du traumatisme et de son impact direct , entraînant une ouverture de dehors en dedans.

Selon Phieffer, Les fractures ouvertes stade II et III affiche un taux de PSA pouvant atteindre 14%. [92]

2. Lésions traumatiques associées :

Pour la plupart des auteurs, la recherche des lésions associées est primordiale, car elles peuvent influencer la prise en charge, l'évolution postopératoire et le pronostic.

D'après THOREUX [13], la triade la plus fréquente est l'association d'une fracture de la jambe à une atteinte crânienne et thoracique (34%).

35,3% de nos patients ont des lésions traumatiques associées, ces lésions ont été représentées par :

- un seul cas de traumatisme crânien.
- deux cas ayant une fracture mandibulaire.
- un seul cas ayant une fracture de la malléole externe.
- un seul cas ayant une fracture des deux os de l'avant-bras.
- un seul cas ayant une fracture du pied.

La présence des lésions associées peut expliquer en partie le rebond, où l'insuffisance de prise en charge du traitement initial de la fracture de la jambe d'où la fréquence de la survenue de la pseudarthrose.

D. ELEMENTS RADIOLOGIQUES :

L'examen radiologique confirme le diagnostic et précise les caractères anatomiques de la fracture. Elle doit comporter tout le segment du membre intéressé dans les 2 plans perpendiculaires (face et profil).

L'examen radiographique d'une diaphyse fracturée doit montrer systématiquement les articulations sus et sous-jacentes.

Certaines fractures nécessitent des incidences spéciales et (ou) des tomographies.

Dans notre série, les radiographies de la jambe face et profil ont été réalisées chez tous nos patients.

1. Siège de la fracture initiale :

Le niveau de la fracture est un élément important du pronostic, Les 2/3 inférieurs de la face interne du tibia représentent une zone particulièrement exposée aux atteintes cutanées délabrantes , difficilement réparable en raison de la minceur de la peau et sa médiocre vascularisation, ce qui favorise considérablement l'infection, et les perturbations physiologiques au niveau de cette région. [93]

Dans la série de ROZBRUCH [13] le siège de la fracture initiale était surtout au niveau du 2/3 inférieur.

M.Seydou [25] a constaté que la fracture siégeait au tiers distal de la jambe représentait 36% des cas.

BOUZIDI [94] a constaté que 36% des cas ont des fractures dont le siège était le tiers distal de la jambe.

Dans notre série, le siège le plus rencontrés était le 1 /3 inférieur de la jambe ce qui rejoint les données des autres auteurs. Ceci est expliqué par une vascularisation médiocre de cette zone et sa faible tissu protecteur (tissu cutané mince, insertions musculaires faible).

La particularité de ce siège a un impact défavorable sur la consolidation de l'os.

2. Type de la fracture initiale :

Le type de trait conditionne la stabilité et les possibilités de consolidation du foyer. La consolidation est favorisée par la mise en compression de l'os ; les forces de cisaillement limitent les possibilités de consolidation et favorisent la pseudarthrose. Les fractures transversales avec contact os/os sont donc plus stables et consolideront mieux que les fractures obliques.

Selon P. Bonnevalle , les fractures bifocales représentent une entité à part ; vu leur mécanisme de survenue, les difficultés thérapeutiques, le long délai de consolidation [95]. Ces fractures sont caractérisées par une vitesse de consolidation asymétrique entre les deux foyers, en règle plus lente au foyer distal (80 % cas) et l'évolution relativement fréquente de l'un des foyers vers la pseudarthrose [13].

Les fractures complexes rendent la consolidation osseuse plus délicate, vu la comminution qui entraîne la dévascularisation d'un ou plusieurs fragments et qui rend la stabilisation mécanique difficile. [93]

Dans notre série, 45% des fractures initiales étaient comminutives, ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les fractures comminutives se consolident moins vite à cause de la dévascularisation de l'os en regard du foyer de la fracture et leur réduction qui est plus difficile et moins satisfaisante.

E. TRAITEMENT INITIAL DE LA FRACTURE :

1. Traitements orthopédiques [4; 93]

Le traitement non chirurgical trouve aujourd'hui peu de défenseurs hormis pour les fractures non déplacées ou bien à condition d'accepter certains cals vicieux [96].

Le plâtre : il immobilise généralement les articulations sus et sous-jacentes ; maintient le membre en position de fonction, il est toujours temporaire et de courte durée.

Il est indiqué dans les fractures non déplacées et stables.

Avantages du traitement orthopédique :

- Absence de cicatrice
- Diminution du risque infectieux
- Faible taux de pseudarthrose
- Préserve l'hématome fracturaire

Inconvénients du traitement orthopédique :

- Inconvénients de l'immobilisation plâtrée prolongée : risque thromboembolique, raideur articulaire, amyotrophie, déplacement secondaire et cal vicieux.
- Nécessité d'une lourde surveillance clinique et radiologique. [97]

2. Traitements chirurgicaux :

Tableau 18 : Comparaison du type du traitement initial selon les différents auteurs :

Auteurs	Type de traitement	
	Chirurgical %	Orthopédique %
BAHRI [98]	35	43
MOYIKOUA [99]	100	0
BENSADDIK [93]	96,8	3,2
Notre série	100	0

Le traitement chirurgical de la fracture initiale représente le moyen thérapeutique le plus utilisé dans la plus plupart des études, ce qui concorde avec nos résultats.

On peut déduire que les échecs des traitements chirurgicaux peuvent conduire à la survenue de la pseudarthrose aseptique [93,100]

a. Plaque vissée :

L'ostéosynthèse par PV présente un taux significatif de PSA entre 3 et 12 %. Ceci peut être expliqué par l'action nocive de l'ostéosynthèse sur le mécanisme de la consolidation par la suppression de certains facteurs tel : [100]

- l'hématome fracturaire ce qui ralentit considérablement la production du cal, et sa conservation dans le traitement orthopédique explique la supériorité de ce mode de traitement sur le plan de la formation du cal.
- les lésions du périoste qui accompagnent une ostéosynthèse à foyer ouvert qui suppriment la formation du gros cal périosté classique.

L'ostéosynthèse par plaque vissée est un traitement difficile à réaliser en cas de fracture ouverte de la jambe.

La littérature montre clairement que ce type de traitement est inadéquat dans les fractures type 2 ou 3 de Gustilo compte tenu du risque important d'infection osseuse et d'échec de fixation [101].

Dans notre série le taux de PSA aseptique traitée par PV est de 5,9%.

b. Enclouage centromédullaire :

L'enclouage centromédullaire est actuellement le traitement de référence des fractures diaphysaires du tibia. Il reste cependant controversé dans les fractures du tiers distal. En effet, le système de verrouillage distal standard ne permet pas une stabilité mécanique suffisante, il est responsable de déplacement secondaire et de pseudarthrose. [102]

Dans notre série, l'enclouage centro-médullaire était utilisée dans 41,2% des cas.

c. Fixation externe :

Du fait de la localisation du tibia sous la peau et de l'absence de conflit avec une autre partie du corps, c'est tout naturellement que le fixateur externe a trouvé à la jambe son site d'élection. Ce fut le premier traitement chirurgical employé pour traiter les fractures ouvertes de jambe bien avant l'apparition des ostéosynthèses par vis, cerclage, plaque et clou [103].

Ce traitement constitue la méthode de choix pour la prise en charge des fractures ouvertes de jambe ; ses principaux inconvénients sont les difficultés de réduction fracturaire et les infections sur fiches [101].

Dans notre étude, le fixateur externe était utilisé comme traitement chirurgicale de la fracture initiale dans 52,9 % des cas, cela montre que ce type de traitement est le plus utilisé ce qui rejoint les résultats obtenus par les autres auteurs, Malgré la fréquence de son utilisation, son intolérance cutanée locale au niveau de ses fiches et

son montage qui est insuffisamment rigide entravent la stabilité des fragments osseuse ce qui entraîne une faible consolidation de l'os.

**Tableau 19 : comparaison de la répartition des cas selon le traitement initial par
différente études**

Auteur	Plaque vissée %	ECM %	FE %
Igor Kostic et A. [65]	6	12,1	81,8
P .Mégas [104]	12	16	72
CHAMMAMI .B [21]	64,7	8,8	26,5
Notre série	5,9	41,2	52,9

F. CLASSIFICATION DE LA PSA ASEPTIQUE :

Il semble intéressant de classer les pseudarthroses en différentes catégories auxquelles un traitement spécifique devra être apporté :

Plusieurs facteurs doivent être pris en considération :

✓ Aspect du cal :

- Atrophique
- hypertrophique
- cal gelée, figée

✓ L'existence d'une perte de substance osseuse.

✓ Le péroné consolider ou non.

Ainsi on peut individualiser quatre types de pseudarthroses :

- **Pseudarthrose alignée** : Le plus souvent hypertrophique, après traitement orthopédique de la fracture initiale ; les options thérapeutiques sont nombreuses. La consolidation est en règle acquise facilement.
- **Pseudarthrose alignée après ostéosynthèse**, qu'il s'agisse d'une ostéosynthèse par plaque, par clou ou par fixateur externe.
- Ces dernières sont actuellement les plus fréquemment rencontrées.
- **Pseudarthrose non alignée.**
- **Pseudarthrose avec perte de substance osseuse.**

Tous nos patients ont bénéficié d'une radiographie standard incidence face et profil car c'est l'examen de première intention, il est essentiel devant toute suspicion clinique de retard de consolidation ou de pseudarthrose. Elle permet également de noter la présence ou non de matériel, l'état du péroné et les caractéristiques de la pseudarthrose du tibia : son siège et son caractère atrophique habituel ou hypertrophique

Tableau 20: Comparaison de type de PSA selon différents auteurs :

Auteurs	Hypertrophique %	Eutrophique %	Atrophique %
Igor Kostic etA. [65]	39,3	21,2	39,3
Bryce A. [76]	11,7	5,3	83
Byron E [78]	57	0	43
D.Dallari [105]	15	0	25
M.Tall [106]	20	1	29
Notre série	35, 3	11,8	53

Comme toutes les séries de la littérature, On a constaté que la pseudarthrose atrophique est le type le plus fréquemment retrouvé dans notre série avec un pourcentage de 53%.

Ces résultats sembleraient être liés à un défaut de stabilisations cohérentes lors du traitement initial des fractures car la pseudarthrose atrophique est caractérisée par des extrémités osseuses rétrécies mal vascularisées avec ostéoporose et/ou sclérose des fragments. Elle est la conséquence d'un défaut biologique du traitement initial et requiert un geste de stabilisation.

G. FACTEURS DE RISQUES :

a. Les facteurs généraux :

La pseudarthrose de la jambe est une pathologie influencée par plusieurs facteurs de risque généraux, nous avons révélés :

- **2 cas de diabète de type 2 soit 11,7 %**, ceci peut être expliquée par la diminution de la prolifération cellulaire au sein du cal ce qui favorise la survenue de la pseudarthrose.
- **3 cas de tabagisme soit 17,6 %**, ceci peut être expliqué par le fait qu'après une fracture, la concentration sérique de TGF- β 1 (*transforming growth factor- β 1*), qui est l'un des marqueurs de la consolidation osseuse, est réduite chez les fumeurs de façon significative durant les quatre semaines postopératoires. Au niveau cellulaire, la nicotine altère directement un grand nombre de gènes codant pour des cytokines associées à la néo vascularisation des tissus et la différenciation des ostéoblastes (VEGF: *vascular endothelial growth factor* ; BMP : *bone morphogenic protein - 2, 4 et 6* ; bFGF : *basic fibroblast growth factor* ; collagène I). Le tabac a donc un effet inhibiteur sur les ostéoblastes, sur la synthèse de collagène [130] et sur l'angiogenèse dans l'os. [129]
- **2 cas de prise médicamenteuse (AINS soit 11,8%)** : Les AINS réduisent la production de PGE2 (en bloquant la cyclo-oxygénase) et diminuent au niveau du site fracturaire la production de BMP2 et de BMP7 et par conséquent la capacité de consolidation osseuse.

- Dans notre étude l'âge moyen de nos patients est de 41 ans, avec une tranche d'âge de 41 à 50 ans, cette dernière correspond à une période où il y a beaucoup de déplacement et d'activité professionnel qui a un impact sur la consolidation de la fracture initiale.

Tableau 21 : les facteurs de risques de notre étude

Facteur de risque	Nombre de patient	Pourcentage%
diabète	2	11,8
tabagisme	3	17,6
Prise médicamenteuse : (AINS)	2	11,8

- Dans l'étude de N.Passtti, [131] les patients tabagiques représentaient 18% alors que Calori et al [132] rapportent que plusieurs études incriminent le tabagisme, les stéroïdes et les AINS comme prédicteurs de la pseudarthrose.
- Pountos et al [133] ont montré que l'utilisation de plusieurs médicaments tels que les corticostéroïdes, les agents chimiothérapeutiques, les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), les antibiotiques, les anticoagulants et les médicaments qui réduisent l'activité ostéoclastique affecte la consolidation osseuse.

b. Les facteurs locaux :

➤ Localisation de la PSA

- Dans notre étude la localisation la plus fréquente est le 1/3 inférieur de la diaphyse tibiale soit 47,1%. Eric Thein rapporte que la pseudarthrose a un risque plus élevé dans les fractures diaphysaire que les fractures métaphysaires. [134]

➤ **L'ouverture du foyer**

Dans notre étude la fracture ouverte était dominante, trouvé dans 14 cas soit un pourcentage de 82,5%.

- L'ouverture du foyer de fracture double le taux de pseudarthrose selon LEVAIJ [135]. Elle traduit soit un traumatisme appuyé des parties mûles en cas d'ouverture de dehors en dedans, soit un déplacement important des fragments s'il s'agit d'une ouverture de dedans en dehors ;

➤ **Type de fracture**

Dans notre étude les fractures communitive sont les plus fréquentes avec un pourcentage de 45%.

Une communitive en raison de la dévascularisation d'un ou plusieurs fragments et la difficulté de stabilisation mécanique.

➤ **Une perte de substance osseuse.**

La perte osseuse a été constaté chez 9 cas soit un pourcentage de 45%

➤ **Fracture multiple**

Dans notre étude la majorité des patients avaient des fractures multiples soit double fracture sur le tibia ou fracture tibia avec péroné.

- L'existence de fractures multiples d'un même membre, de fracture à doubles étages sur un même segment aboutit le plus souvent à la consolidation rapide d'un foyer et un retard de consolidation ou une pseudarthrose de l'autre foyer [25].

H. TRAITEMENT DE LA PSEUDARTHROSE ASEPTIQUE DE LA JAMBE :

1. Type d'anesthésie :

Dans notre série l'anesthésie locorégionale (ALR) a été pratiquée dans 65% des cas pouvant s'expliquer par le faible risque du trouble de la stabilité hémodynamique entre autres arrêt cardio-respiratoire. Cette technique est parfaitement adaptée à la chirurgie lourde du membre inférieur puisqu'elle permet d'éviter les hypotensions et assurer d'une part une anesthésie peropératoire de qualité, et d'autre part l'analgésie post opératoire.

2. Voies d'abord :

Dans notre série la voie antéro-externe est la plus fréquente, ce qui correspond aux résultats des revues de la littérature, car elle est moins profonde, plus facile à réaliser en décubitus dorsal, et permet d'aborder le tibia sur une face recouverte d'une épaisse couche musculaire.

Dans la série de R.Berda la voie la plus fréquente est la voie postéro-externe dans 52%

Dans la série de P.Piriou [28] la voie antérieure est la plus fréquente.

Tableau 22 : Voie d'abord la plus fréquente selon les auteurs

Série	Voie d'abord la plus fréquente
R.Berda[107]	Postéro-externe
P.Piriou[4]	Antérieure
Notre série	Antéro-externe

3. Les moyens de traitement des pseudarthroses aseptique :

Ce sont :

- Les moyens de stabilisation du foyer de la pseudarthrose.
- Les moyens de stimulation de l'ostéogenèse donnés par les greffes osseuses.

a. les moyens de stabilisation du foyer de la pseudarthrose :

La stabilisation mécanique du foyer représente l'élément primordial à assurer devant toute pseudarthrose aseptique de la jambe.

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

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

➤ Ostéosynthèse interne par plaque vissée :

Le traitement par plaque vissée des pseudarthroses de la diaphyse tibiale 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 la 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 la pseudarthrose.

Cette technique conserve de nombreux avantages lors de l'abord du foyer :

- ✓ le nettoyage du tissu fibreux d'interposition
- ✓ la perméabilisation des canaux médullaires
- ✓ la réalisation de prélèvements bactériologiques.

L'ostéosynthèse par plaque est utile pour les lésions métaphysaires car elle permet d'aboutir à une fixation rigide corrigeant les déformations fréquentes contrairement au clou qui ne permet pas une stabilisation suffisante du foyer de pseudarthrose. [25]

Selon PIRIOU [4] l'ostéosynthèse par plaque interne ne semble pas engendrer plus de complications que les ECM.

Dans notre échantillon, on a trouvé que le traitement chirurgical par plaque vissée est utilisé chez 11 cas (64,7%).

Tableau 23 : Comparaison de nombre de patients traité par PV selon différents auteurs

Série	Nombre de patient	Nombre de PV
wu[108]	35	19
FATTAH HA [109]	25	19
Mc Kee[110]	32	9
Notre série	17	11

➤ **Ostéosynthèse interne par enclouage centromédullaire (ECM) :**

Selon J. Brilhault, l'enclouage centromédullaire constitue le meilleur moyen de fixation au membre inférieur. Il permet souvent de se dispenser de geste complémentaire au foyer de fracture. Il permet une reperméation du cal de pseudarthrose, un apport osseux réalisé par le produit d'alésage et une stabilisation par le clou. L'appui précoce dans le cas d'un enclouage dynamique est en général possible, favorisant la consolidation.

Selon P .Piriou Les PSA traitées par l'ECM consolident avec un taux variant de 85 à 100%. [4]

Dans notre échantillon, on a trouvé que le traitement chirurgical par enclouage centromédullaire est utilisé chez 5 cas (29,4%).

Tableau 24 : Comparaison de nombre de patients traité par ECM selon différents auteurs

Série	Nombre de patient	Nombre de patients traité par EMC
Wu [108]	35	16
FATTAH HA [109]	25	6
Mc Kee[110]	32	10
Notre série	17	5

➤ **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

Selon J.Meynard Cette technique présente plusieurs avantages : [111]

- technique simple et relativement rapide, permettent une fixation du foyer quels que soient sa localisation et son degré d'infection.
- pas d'implant au niveau du foyer.
- retrait facile en secteur ambulatoire (pas de nouvelle hospitalisation requise).
- risque infectieux diminué.
- pas de pose de plâtre nécessaire.
- mobilisation active précoce.

Ce traitement n'est pas dénué de complications qui sont : [111]

- les infections (actives ou quiescentes) des fiches qui limitent le recours aux moyens de fixation interne secondaires.
- gêne du matériel.

- rares réactions locales ou infection des fiches cutanées.
- contre-indiqué en cas d'ostéoporose.

Dans notre série au seul patient a été traité par fixateur externe (5,9%).

Tableau 25 : Comparaison de nombre de patients traité par FE selon la littérature

Série	Nombre de patient	Nombre de patients traité par FE
B.J.D. [112]	104	10
Igor Kostic[65]	33	27
Notre série	17	1

b. Les moyens de stimulation de l'ostéogénèse :

➤ **Décortication ostéo-musculaire" (DOM) de JUDET :**

Cette technique permet une relance de l'ostéogénèse, elle peut être utilisée avec un traitement orthopédique ou associé à d'autres types d'ostéosynthèses.

Plusieurs auteurs ont analysé cette méthode dans le traitement de PSA : [106]

- Selon D.Yugue La décortication ostéomusculaire réalisée par Judet en 1962 nous parait être la meilleure technique opératoire pour le traitement des pseudarthroses aseptiques. La guérison de la pseudarthrose a été obtenue dans 93 % des cas traités par décortication ostéo- musculaire [26].
- Judet et al en 1967, rapportaient 103 PSA de tibia qui ont été traité par la décortication, ils ont obtenu un taux de consolidation de 94,2%. [113]
- En 1992, une série de 26 cas de PSA de la jambe traité par la décortication, était présentée par BECKERS, le taux de consolidation était de 100%. [4]
- En 2005 Piriou et al. [114] ont rapporté un taux de consolidation osseuse de 94 % avec un délai de 108 jours en moyenne chez 18 patients traités par décortication associées à une ostéosynthèse par plaque dans le cas des pseudarthroses de la jambe.

- En 2014 Tall et al [106] ont préféré cette technique car dans leur série, toutes les pseudarthroses de la jambe siégeaient au tiers moyen.

Dans notre série, cette technique est utilisée chez 14 patients.

Tableau 26 : Comparaison de nombre de DMO selon la littérature :

Série	Nombre de patient	Nombre de DOM
D .Yugue[26]	108	108
B.J.D. Tékpa [112]	104	47
Notre série	17	14

➤ **Greffe corticospongieuse autologue :[26]**

La greffe autologue peut être considérée comme le gold standard dans le traitement de la pseudarthrose, [115 ; 116] car elle est la seule greffe à posséder en même temps des propriétés ostéogéniques, ostéo-inductrices et ostéoconductrices. De ce fait, elle peut être utilisée dans les pseudarthroses avitales, celles présentant un défaut osseux, et même dans les pseudarthroses infectées.

Les principales sources de greffe autologue sont les crêtes iliaques antérieure et postérieure du bassin. [117]

Néanmoins, la morbidité potentielle au niveau du site donneur, chiffrée dans la littérature jusqu'à 30% [115] (hématomes, douleurs chroniques, infection), et sa disponibilité limitée ont forcé la recherche pour des substituts osseux, qui peuvent effectivement être une alternative adéquate si choisis de façon judicieuse. C'est-à-dire si la greffe peut fournir ce qui manque à l'hôte et inversement, si l'hôte dispose de ce qui n'est pas inhérent à la greffe. [118]

Le taux de consolidation, par la greffe osseuse autologue, observé dans la littérature est de 80% à 85%. [119]

Igor Kostic [65] dans son étude : 4 cas de PSA aseptique de la jambe ont traité par GCS .

Dans notre travail, les greffes cortico spongieuses ont été utilisées dans le traitement des pseudarthroses aseptique de la jambe chez 14 patients avec des résultats satisfaisants.

➤ **Greffe intertibiopéronière (GITP) : [26]**

GITP reste l'une des techniques chirurgicales du traitement des PSA de jambe, qui permet des résultats satisfaisantes, même en cas de PSA septique puisqu'il permet, à côté de la consolidation osseuse, d'assécher l'infection. [120]

BOUZIDI [94] dans son étude sur 25 cas de PSA de la jambe traité par GITP a rapporté des résultats satisfaisants dans 88 % des cas et un taux de consolidation de 92%.

La GITP donne lieu presque constamment à la consolidation du foyer de pseudarthrose : 98 % pour EVRARD [120] plus de 90 % pour VIDAL et COLL [121].

Tableau 27 : Comparaison de nombre de GITP selon différents auteurs :

Série	Nombre de patient	Nombre de GITP
R. Breda[107]	43	43
B.J.D. Tékpa[112]	104	14
Notre série	17	3

Cette technique a été pratiquée dans 3 cas dans notre série avec un bon résultat.

I. RESULTATS THERAPEUTIQUES :

1. Résultats fonctionnels

Pour l'évaluation des résultats fonctionnels, on a utilisé la classification d'ASAMI qui est basée sur cinq paramètres :

- Activité
- Boiterie
- Raideur articulaire
- Dystrophie
- Douleur

Pour mieux étudier ces résultats, nous avons fait une comparaison avec les résultats d'autres séries.

Tableau 28 : Comparaison des résultats fonctionnels selon les différents auteurs.

Auteurs	Excellente et Bon %	Moyen %	Mauvais %
M.Seydou [25]	92	4	4
BOUZIDI [94]	64	24	12
Notre série	30,7	54	15,4

Dans notre série, le taux de résultats globaux étaient satisfaisants (très bons, bons, moyen) dans 84,7 % des cas, ce qui est rejoint les résultats des autres séries.

2. Résultats osseux :

Pour l'évaluation des résultats osseux, on utilise souvent la classification d'ASAMI qui est basée sur trois paramètres, à savoir :

- Consolidation osseuse
- Déformation
- Raccourcissement

Le critère le plus important parmi ces paramètres c'est la consolidation.

Tableau 29 : Comparaison de la consolidation osseuse et son délai selon les différents auteurs :

Auteurs	Consolidation %	Délai de consolidation (mois)
Birjandinejad et al.[122]	94.7	4.78
Ateschrang Et al[123]	96.4	5
Notre série	88,3	4,9

Dans notre série, nous avons eu un taux de consolidation de 88,3%, qui se rapproche des résultats des autres auteurs.

Dans notre série, la majorité des malades ont repris une marche presque normale, en dépit d'une légère limitation de la mobilité de la cheville et du genou, et un raccourcissement du membre qui ne dépassent pas 2 cm dans la plupart des cas et qui reste sans véritable gêne fonctionnelle

J. Les complications :

Tableau 30 : Répartition des complications selon les séries.

Auteurs	Complications	Nombre de cas
M.Saydou [25]	Infection superficielle	2
<u>Santoro etAl[128</u>	Infection	7
Igor Kostic etA. [65]	Infection	1
	Rupture des vis	1
<u>P.Megas[104]</u>	Infection	1
CHAMMAMI B .[21]	Infection sur fiche FE	2
	Sepsis superficiel	2
	Nécrose cutané	1
Notre série	Infection superficielle	4
	Persistance PSA	2

Dans notre série la pseudarthrose était compliqué dans les délais immédiats dans **4 cas** par une infection superficielle soit 23,5 % ce qui concorde avec les données de la littérature.

Nous n'avons pas relevé, dans notre série de cas d'escarres, de thrombophlébites, d'infection urinaire ou d'embolie pulmonaire.

Ceci peut être expliqué par :

- l'âge jeune de nos patients,
- l'utilisation fréquente de l'anesthésie locorégionale dans notre série (65% des cas) ce qui diminue considérablement le taux des complications postopératoires.

CONCLUSION

La pseudarthrose aseptique de la jambe est une complication moins fréquente des fractures de la jambe mais très invalidante

On peut la définir comme toute fracture qui n'a pas consolidé après un traitement donné et ayant nécessité un geste complémentaire

Cette étude rétrospectif a porté sur 17 cas de pseudarthrose aseptique de la jambe traité dans le service de Traumato-orthopédie B4 du CHU Hassan de Fès sur une période de 8 ans allant de janvier 2009 à décembre 2016, a permis de montrer que les pseudarthroses de la jambe se voient essentiellement chez l'adulte jeune de sexe masculin en raison de leur grande exposition aux accidents sportifs et de la voie publique.

Le traitement des pseudarthroses aseptique de la jambe fait appel essentiellement aux différentes méthodes de l'ostéosynthèse associée à une décortication ostéo-musculaire et / ou à une greffe osseuse.

La consolidation a été obtenue dans 88,2% des cas au prix de séquelles fonctionnelles qui reste tolérables dans la majorité des cas, et aussi un retentissement économique et professionnel

RESUMES

RESUME

Il s'agit d'une étude rétrospective portant sur 17 cas de pseudarthrose aseptique de la jambe pris en charge dans le service de traumatologie orthopédie B4 au CHU HASSAN II de FES durant une période de 8 ans allant de janvier 2009 à décembre 2016.

L'âge moyen de nos patients était de 41 ans, avec une prédominance masculine soit un sexe ratio de 16 H/F. Les accidents de la voie publique (AVP) représentent l'étiologie la plus fréquente des fractures initiales de la jambe et trouvés chez 88,24 % de nos patients.

Tous nos patients ont bénéficié d'un traitement chirurgical pour la fracture initiale, soit par fixation externe utilisée chez 9 cas (52,95%) ou par enclouage centromédullaire utilisé dans 7 cas (41,2%), ou bien par plaque vissée utilisée dans 5,9%.

Le diagnostic de la pseudarthrose aseptique est basé sur les données cliniques et radiologiques.

La radiographie standard avec incidence face et profil est l'examen de première intention à demander devant une suspicion de pseudarthrose. Cet examen nous a permis de distinguer les trois types de la pseudarthrose aseptique dans notre étude, à savoir la pseudarthrose atrophique trouvée dans 9 cas soit 53 %, la pseudarthrose eutrophique dans 2 cas soit 11,8 % et la pseudarthrose hypertrophique dans 6 cas soit 35,3 %

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

Les résultats selon les critères d'ASAMI, ont été bons dans 29,4% des cas, moyen dans 17,6% des cas et mauvais dans 11,7% des cas, avec un taux de consolidation de 88,2 %.

ABSTRACT

This research presents the results of a retrospective study covering 17 cases of aseptic pseudarthrosis of the leg, treated by the traumatology orthopaedics B4 service in CHU Hassan II in Fes, Morocco, during 8 years (January 2009 – December 2016).

The average age of our patients is about 41 years with male prevalence, representing a ratio of 16:1.

Road traffic accidents on public highways represent the most common etiology of leg fractures, with an incidence of 88, 24% of the cases.

All our patients have been treated surgically for initial fracture, either by external fixation used for 9 cases (52, 95%), by centromedullary nailing used for 7 cases (41, 2%) or by screwed patch (plate) used for 5, 9%.

The diagnostic of aseptic pseudarthrosis was based on radiological and clinical data.

The examination method applied in cases with suspicion of pseudarthrosis was standard radiography from the front and in profile. This method allowed us also to distinguish the three types of aseptic pseudarthrosis in our case study. Atrophic pseudarthrosis was identified in 9 cases (53%); intermediate pseudarthrosis – in 2 cases (11,8%) and hypertrophic pseudarthrosis – in 6 cases (35,3%).

The treatment of aseptic pseudarthrosis implied contention either by an external fixator, screwed patch or nailing centromedullary associated with a bone graft and/or decortication osteo-muscular.

According to the criteria of ASAMI the results were good in 29, 4% of cases, average in 17, 6% of cases and bad in 11, 7% of cases, with a consolidation rate of 88,2%

ملخص

العنوان : العلاج الجراحي للتمفصل الكاذب غير المقيح للساق

الكلمات الرئيسية : التمفصل الكاذب – غير المقيح – الساق

يتعلق الامر بدراسة رجعية النطاق حول 17 حالة مصابة بالتمفصل الكاذب غير المقيح عولجت بمصلحة جراحة العظام و المفاصل B4 بالمستشفى الجامعي الحسن الثاني بفاس خلال الفترة الممتدة بين يناير 2009 و دجنبر 2016.

كان متوسط السن لدى المرضى هو 41 سنة غالبيتهم من الرجال بنسبة 16 رجل لكل امرأة . شكلت حوادث السير السبب الأكثر شيوعا للكسور الأولية الساق بنسبة 88.24% في حالة مرضانا .

جميع المرضى استفادوا من علاج جراحي بالنسبة للكسر الاولي . إما تثبيت خارجي وذلك في 9 حالات (52.95 %) او بمسمار داخل النخاع وذلك 7 في حالات (41.2%) أو بصفحة ملولبة بنسبة (5.9%) ارتكز تشخيص التمفصل الكاذب غير الكاذب على معطيات سريرية وشعاعية . تعتبر الصور الشعاعية الوجهية و الجانبية الفحص الأول الذي يجب إنجازه في حالة الاشتباه بتمفصل كاذب .

هذا الفحص مكننا من تمييز ثلاثة أنواع من التمفصل الكاذب غير المقيح في المجموعة

المدروسة . وهي :

التمفصل الكاذب الضموري عند 9 حالات 53 %

التمصل الكاذب المتوسط عند حالتين 11.85 %

التمفصل الكاذب التضخمي عند 6 حالات 53.3 %

في مجموعتنا ارتكز العلاج اما على التثبيت الخارجي أو بمسمار داخل النخاع أو بصفحة

ملولبة مقرونة بزراع عظمي أو/ و (تقشير عظمي ولحمي)

كانت النتائج جيدة بالنسبة ل 29 % من الحالات حسب معايير ASAMI متوسطة بنسبة %

17.6 و سيئة في 11.7 % من الحالات . كما بلغ معدل التحام العظم نسبة 88.2%

ANNEXES

Fiche d'exploitation :

Identité :

Nom et prénom :

Age :

Sexe :

Femme

Homme

Profession :

Mutuelle :

oui

non

Provenance :

urbain

rurale

N de Tel :

Adresse :

N d'entrée :

Date d'entrée :

ATCDS :

Médicaux :

Diabète

Prise médicamenteuse

Tabac

Autres

Chirurgicaux :

Oui

non

Toxico allergique :

Tabac

autre

Circonstances du traumatisme initial :

AVP

Accident de travail

Accident domestique

chute

Accident de sport

agression

Autres

Date de traumatisme initial :

Lieu de l'accident :

Mécanisme de l'accident : direct indirect

Examen initial :

Coté atteint : Droit gauche

Clinique : douleur déformation

IF

Lésions :

Cutanées: ouverture cutanée (Cou choix et Duparc)

Type 1

Type 3a

Type 2

3b

3c

Vasculo-nerveux : oui non

Osseux : oui non

Traumatismes associés : oui non

Radiographie initial :

Rx de jambe :

Face

Profil

Type de la fracture :

Simple

complexe

Siège: 1/3sup

1/3moyen

1/3inf

Trait: Déplacement :

- Transversal Oblique Spiroïde

Perte de substance osseuse :

- Oui non

PEC initiale :

Lieu du traitement :

Délai entre le traumatisme et le traitement :

Type de traitement :

- Moderne Traditionnel

Traitement moderne :

Médical :

- Antalgique ATB
 AINS Autres

Orthopédique :

Immobilisation plâtrée :

- oui non

Traction :

- Oui non

Chirurgical :

- ECM FE
 PV Autres

MDC actuel : IF œdème
 Douleur Autres :

Examen actuel :

Mobilité : oui non
Marche avec appui : Oui non
Douleur : Oui non
Défaut d'axe : Oui non

Signes radiologiques :

Rx standard :

- Persistance du trait de fracture : Perte de substance osseuse
- Fracture de matériel
- Défaut d'axe

Autres :

Type de PSA aseptique :

- Hypertrophique Eutrophique Atrophique

Scanner :

- Oui non

Artériographie :

- Oui non

Biologie :

- NFS CRP
- VS Prélèvement de pus
- Antibiogramme Bilan pré opératoire Autres :

Traitement de PSA aseptique:

Médical : Antalgique AINS autres :
 ATB anticoagulant

Orthopédique:

Oui non

Chirurgical :**Techniques opératoires :**

Type d anesthésies : locale Locorégionale AG

Position :

Voie d'abord : incision interne incision externe incision antérieure
 Incision postérieure

Matériels d'ostéosynthèses :

ECM PV FE Autres

Gestes associées :

Décortication ostéomusculaire Greffe osseuse Autres :

Suites post- opératoires :

Simple : Oui non

Complexe :

Infection Thrombose veineuse Autres :

Traitement : Oui non

Nombre d'intervention :

Durée d'hospitalisations :

Complications tardives :

Absence de consolidation Cal vicieux
 Irrégularité des membres Troubles trophiques Autres :

Evolution :

Traitement des complications :

Radio de contrôle :

Oui non

Temps du port du matériel :

1-4 mois 5-10 mois 11-16 mois 17-24 mois

Résultats après ablation du matériel :

1 / favorable : 2 / séquellaires :

Si 1 :

consolidation reprise du travail même qu'au paravent

Si 2 :

Jambe irréparable échec thérapeutique

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. **Matthews LS, Kaufer H, Sonstegard DA**
Manual sensing of fracture stability : a biomechanical. Acta Orthop Scand, 1974, 45, 373–381
- [2]. **Jarusombat W.**
Distraction Osteogenesis and External Fixator with Cancellous Bone Graft. The Thai Journal Of Orthopaedic Surgery JRCost 2010;34(3–4)
- [3]. **Service de chirurgie ostéo-articulaire(B4),CHU Hassan II ,fès,maroc**
- [4]. **P. Piriou, J.-N. Martin, C. Garreau de Loubresse, T. Judet**
Revue de chirurgie orthopédique
Traitement des pseudarthroses de jambe après enclouage centromédullaire : intérêt de la décortication ostéopériostée avec ostéosynthèse par plaque médiale
Masson, Paris, 2005
- [5]. **CHAKOUR K, MELASS S, KOUWACH M.**
Laboratoire d'anatomie de la faculté de médecine et de pharmacie de Fès.
- [6]. **GRAY'S ANATOMY.**
ELSEVIER , 2005 (39 ème EDITION)
- [7]. **ROUVIERE H .**
Anatomie Humaine Descriptive et Topographique . Masson . Paris,1984 (12 ème EDITION).
- [8]. **ALAIN BOUCHET, JACQUE CUILLERET**
-Anatomie topographique descriptive fonctionnelle du membre inférieur. 3ème édition, P 1594–1623
- [9]. **FH NETTER .**
Atlas d'anatomie humaine. Masson 2004.

- [10]. **A.LAHLAIDI VOLUME I D'ANATOMIE.**
Anatomie topographique des membres.
- [11]. **Le Minor JM, Billmann F (2007) .**
Aide-mémoire d'anatomie descriptive humaine
Appareil locomoteur. Ellipses, Paris
- [12]. **Sobotta :**
Atlas d'anatomie humaine .édition française.Tome4.Nomenclature anatomique française
- [13]. **Thoreux P., Bégué T., Masquelet A.-C.**
Fractures fermées de jambe de l'adulte.
EMC (Elsevier Masson SAS,Paris), Appareil locomoteur 2007, 14-086-A-1
- [14]. **Ronga M, Baldo F, Zappalà G, Cherubino P.**
Recombinant human bone morphogenetic protein-7 for treatment of long bone nonunion: An observational,retrospective, non-randomized study of 105 patients. Injury, Int. J. Care Injured 2006; 37:51-6
- [15]. **Meyrueis JP, Cazenave A**
Consolidation des fractures.
EMC-Rhumatologie Orthopédie 1 (2004) 138-162
- [16]. **Jacques Vaillant, Philippe Chopin, Marie-France Nguyen-Vaillant, Dominique Saragaglia**
Fractures de jambe et du cou de pied
Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation1999, 26-250-B-10

[17]. Sedel L, Vareilles JL.

Consolidation des fractures.

Editions techniques E.M.C (Paris - France) Appareil locomoteur 1992: 14-031-A-20, 11p

[18]. KEMPF.I et COLL :

Rappel des différents modes de consolidation des fractures.

Rev de Chir-Orthop 1983 ; T69 N : 5 337-380.

[19]. Mckee M.

Aseptic non-union.

In: Ruedi TP, Murphy WM, editors. AO-Principales of fracture management. Stuttgart and New York: Georg Thieme Verlag, 2000;P:748-62.

[20]. J Bishop A Palanca M Bellino

Assessment of compromised fracture healing. J Am Acad Orthop Surg 2012(20)

[21]. CHAMMANI. B.

Les pseudarthroses aseptiques de la jambe. A propos de 78 cas. Thèse de médecine Rabat 1997.

[22]. Arash Moghaddam, Claudia Ermisch, and Gerhard Schmidmaier

Non-Union Current Treatment Concept

Shafa Ortho J. 2016 February; 3(1):e4546

[23]. El BARDOUNI, M.MAHFOUD, M.OUDGHIRI, 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

[24]. Langlais F., Kerboull M.

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

[25]. Mr Seydou K Koné

Etude épidémiologique – clinique et thérapeutique des pseudarthroses aseptiques de la jambe dans le service de chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU Gabriel Touré A propos de 25 cas en 2007

[26]. Brilhault J, Favard L.

Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques.
EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005;2:217–47.

[27]. Mendicino SS, Rocket a, Wilber MR.

The use of bone grafts in the management of non-union.
The Journal of Foot and Ankle Surgery 1996;35(5):452–57.

[28]. Frolke JP.M, Patka P.

Definition and classification of fracture non-union. Injury, Int. J. Care Injured 2007;38:19–2.

[29]. Olsen S, Hahn D.

Surgical treatment of nonunions : A case for internal fixation. Injury, Int. J. Care Injured 2006;37:681–90.

[30]. Einhorn TA.

The cell and molecular biology of fracture healing. Clin Orthop Relat Res. 1998;(355 Suppl):S7–21. [PubMed: 9917622]

[31]. Schmidmaier G, Schwabe P, Wildemann B, Haas NP.

Use of bone morphogenetic proteins for treatment of non-unions and future perspectives. Injury. 2007;

- [32]. **Giannoudis PV, Einhorn TA, Schmidmaier G, Marsh D.**
The diamond concept--open questions. *Injury*. 2008;39
- [33]. **Rothman RH, Klemek JS, Toton JJ.**
The effect of iron deficiency anemia on fracture healing. *Clin Orthop Relat Res*. 1971;77:276-83. [PubMed: 5140454]
- [34]. **Moghaddam A, Zimmermann G, Hammer K, Bruckner T, Grutzner PA, von Recum J.**
Cigarette smoking influences the clinical and occupational outcome of patients with tibial shaft fractures. *Injury*. 2011;42(12):1435-42. doi: 10.1016/j.injury.2011.05.011. [PubMed: 21665205]
- [35]. **Keating JF, O'Brien PI, Blachut PA, Meek RN, Broekhuysen HM.**
Reamed interlocking intramedullary nailing of open fractures of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;(338):182-91. [PubMed: 9170379]
- [36]. **Clifford RP, Lyons TJ, Webb JK.**
Complications of external fixation of open fractures of the tibia. *Injury*. 1987;18(3):174-6. [PubMed: 3508844]
- [37]. **Ruedi TP, Luscher JN.**
Results after internal fixation of comminuted fractures of the femoral shaft with DC plates. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;(138):74-6. [PubMed: 445920]
- [38]. **Wolinsky PR, McCarty E, Shyr Y, Johnson K.**
Reamed intramedullary nailing of the femur: 551 cases. *J Trauma*. 1999;46(3):392-9. [PubMed: 10088839]
- [39]. **Ricci WM, Bellabarba C, Evanoff B, Herscovici D, DiPasquale T, Sanders R.**
Retrograde versus antegrade nailing of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 2001;15(3):161-9. [PubMed: 11265005]

- [40]. **Kontakis GM, Papadokostakis GM, Alpantaki K, Chlouverakis G, Hadjipavlou AG, Giannoudis PV.**
Intramedullary nailing for non-union of the humeral diaphysis: a review. *Injury*. 2006;37(10):953–60. doi: 10.1016/j.injury.2006.02.050. [PubMed: 16777105]
- [41]. **Ring D, Allende C, Jafarnia K, Allende BT, Jupiter JB.**
Ununited diaphyseal forearm fractures with segmental defects: plate fixation and autogenous cancellous bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-a(11):2440–5. [PubMed: 15523016]
- [42]. **McKibbin B.**
The biology of fracture healing in long bones. *J Bone Joint Surg Br*. 1978;60-B(2):150–62. [PubMed: 350882]
- [43]. **Macey LR, Kana SM, Jingushi S, Terek RM, Borretos J, Bolander ME.**
Defects of early fracture-healing in experimental diabetes. *J Bone Joint Surg Am*. 1989;71(5):722–33. [PubMed: 2659600]
- [44]. **Schoierer O, Bloess K, Bender D, Burkholder I, Kauczor HU, Schmidmaier G, et al.**
Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging can assess vascularity within fracture non-unions and predicts good outcome. *Eur Radiol*. 2014;24(2):449–59. doi: 10.1007/s00330-013-3043-3. [PubMed: 24145951]
- [45]. **Peter V. Giannoudis, Suri Gudipati, Paul Harwood, Nikolaos K. Kanakaris**
Long bone non-unions treated with the diamond concept: a case series of 64 patients
Injury, Int. J. Care Injured 46 S8 (2015) S48–S54
- [46]. **Farmanullah, Khan MS, Awais SM.**
Evaluation of management of tibial non-union defect with ilizarov fixator.
J Ayub Med Coll Abbottabad 2007;19(3).

[47]. Sanogo E4S5 CO.

Aspects épidémiologiques et évaluation du traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse fémorale à l'hôpital de Kati à propos de 15 cas.

Thèse Doctorat Médecine, Bamako;2005

[48]. Damsin JP.

Traitement des pseudarthroses congénitales de jambe par enclouage centro-médullaire et fixateur externe.

e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2004;3(4):57-60.

[49]. Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D.

Fracture healing: the diamond concept. *Injury*. 2007;**38 Suppl 4**:S3-6. [PubMed: 18224731]

[50]. Calori GM, Giannoudis PV.

Enhancement of fracture healing with the diamond concept: the role of the biological chamber. *Injury* 2011;42:1191-3.

[51]. Moghaddam A, Zietzschmann S, Bruckner T, Schmidmaier G.

Treatment of atrophic tibia non-unions according to 'diamond concept': Results of one- and two-step treatment. *Injury*. 2015;**46 Suppl 4**:S39-50. doi: 10.1016/S0020-1383(15)30017-6. [PubMed: 26542865]

[52]. Choquet O, Zetlaoui PJ.

Techniques d'anesthésie locorégionale du membre inférieur.

EMC-Anesthésie Réanimation 2004;1:294-322.

[53]. Gosling T, Schandelmaier P, Marti A, Hufner T, Partenheimer A, Krettek C.

Less invasive stabilization of complex tibial plateau fractures: a biomechanical evaluation of a unilateral locked screw plate and double Plating.

J Orthop Trauma 2004;18:546-51.

[54]. Ehlinger M, Adam P, Taglang G, Lefevre C, Bonnomet F.

Techniques chirurgicales de l'enclouage centromédullaire des os longs. EMC – Techniques chirurgicales – Orthopédie–Traumatologie 2012;7(4):1–12 [Article 44016].

[55]. Galois L, Belleville R, Mainard D.

Techniques d'ostéosynthèse des fractures diaphysaires de jambe de l'adulte. EMC – Techniques chirurgicales – Orthopédie–Traumatologie 2014;9(4):1–13 [Article 44870].

[56]. Van Cauwenberge H, Hauzeur J.P, Gillet Ph.

Actualités dans le traitement des pseudarthroses aseptiques Rev Med Liège 2007; 344 62 : 5–6 : 344–351

[57]. M.JAOUADELMAGHRAOUI

RESULTATS DUTRAITEMENT DES FRACTURES

OUVERTES DE LA JAMBES PAR FIXATEUR EXTERNE (A propos de 2 cas)

Année Thèse N° °/11 Fés

[58]. Ilizarov GA.

Pseudarthroses and defects of long tubular bones : treatment of marked defects, in Ilizarov GA (ed). Transosseous osteosynthesis. Springer–Verlag, Berlin, 1992, 478–479

[59]. Gillet Ph, Magotteaux J, Lemaire R.

La méthode d'Ilizarov, une révolution en orthopédie–traumatologie ? Rev Med Liege, 1987, 42, 417–424.

[60]. Younger EM, Chapman MW.

Morbidity at bone graft donorsites.

J Orthop Trauma 1989;3:192–5.

- [61]. **Migaud H, Senneville E, Gougeon F, Marchetti E, Amzallag M, Laffargue P.**
Risque infectieux en chirurgie orthopédique.
EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005;2:151–72.
- [62]. **Calori GM, Colombo M, Mazza EL, Mazzola S, Malagoli E, Mineo GV.**
Incidence of donor site morbidity following harvesting from iliac crest or RIA graft. *Injury*. 2014;45 **Suppl 6**:S116–20. doi: 10.1016/j.injury.2014.10.034.
[PubMed: 25457330]
- [63]. **Lemaire R.**
Management of nonunions: an overview, in Duparc J (ed). *Surgical Techniques in Orthopaedics and Traumatology*. Elsevier, Paris, 2000.
- [64]. **Reckling W, Waters CH.**
Treatment of non-unions of fractures of the tibial diaphysis by posterolateral cortical cancellous bone-grafting.
J Bone Joint Surg Am 1980;62: 936–41.
- [65]. **I. Kostic Et al.**
The diaphyseal aseptic tibial nonunions after failed previous treatment options managed with the reamed intramedullary locking nail
Journal Of Clinical Orthopaedics and Trauma(2017)
- [66]. **LeGré R, Samson P, Tomei F, et al.**
Traitement des pertes de substance du squelette jambier en traumatologie par transfert osseux libre vascularisé de crête iliaque.
A propos de 13 cas. *Rev Chir Orthop*, 1998, 84, 264271.
- [67]. **Aaron RK, Boyan BD, Ciombor D, et al.**
Stimulation of growth factor synthesis by electric and electromagnetic fields.
Clin Orthop, 2004, 419, 30–37.

[68]. Simonis RB, Parnell EJ, Ray PS, et al.

Electrical treatment of tibial non-union: a prospective, randomised, double-blind trial. *Injury*, 2003, 34, 357–362.

[69]. Kristiansen TK, Ryaby JP, McCabe J, et al.

Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, low intensity ultrasound. *J Bone Joint Surg Am*, 1997, 79, 961–973.

[70]. Garg NK, Gaur S, Sharma S.

Percutaneous autogenous bone marrow grafting in 29 cases of ununited fracture. *Acta Orthop Scand*, 1993, 64, 671–672.

[71]. Hernigou P, Poignard A, Manicom O.

The use of percutaneous autologous bone marrow transplantation in nonunion and avascular necrosis of bone. *J Bone Joint Surg*, 2005, 87–B, 896–902.

[72]. Hernigou P, Poignard A, Beaujean F.

Percutaneous autologous bone-marrow grafting for nonunions. Influence of the number and concentration of progenitor cells. *J Bone Joint Surg*, 2005, 87–A, 1430–1437.

[73]. Gangji V, Toungouz M, Hauzeur JP.

Stem cell therapy for osteonecrosis of the femoral head.

Expert Opin Biol Ther, 2005, 5, 437–42.

[74]. TAYON .B, ORENGO .P et ZAHLAOUJ

Généralité sur les fractures de l'adulte : consolidation osseuse

Encycl Med Paris Appareil Locomoteur 14031, A20, 1980

- [75]. **Kan-da Gao MD, Jian-hua Huang MD, Fan Li MD, Qiu-gen Wang MD, Hao-qing Li MD, Jie Tao MD, Jian-dong Wang MD, Xiao-ming Wu MD, Xiao-feng Wu MD, Zi-hui Zhou MD, Fang Wang MD, Hai-ming Lu MD**

Treatment of aseptic diaphyseal nonunion of the lower extremities with exchange intramedullary nailing and blocking screws without open bone grafts
Orthopaedic Surgery (2009), Volume 1, No. 4, 264-268

- [76]. **Bryce A.Cunningham, M.D.**

High Rate of Union for Aseptic Distal Tibial Nonunions in Adults Treated with Slow Gradual Compression via Circular External Fixation

Department of Orthopedic Trauma The University of Texas Health Science Center
Houston, TX (2018)

- [77]. **Swanson et al**

Results of a Systematic Approach to Exchange Nailing for the Treatment of Aseptic Tibial Nonunions

Orthop Trauma Volume 29, Number 1, January 2015

- [78]. **Byron E. Chalidis George E. Petsatodis Nick C. Sachinis Christos G. Dimitriou**

Reamed interlocking intramedullary nailing for the treatment of tibial diaphyseal fractures and aseptic nonunions.

Strat Traum Limb Recon (2009)

- [79]. **ROSEN. H.**

The traitement of non unions anal pseudarthroses of the humeral shaft
orthopedics clinics of North America 1990, 21-4 ; 725-742.

[80]. LYRITIS. G.

Effect of cortisone and of an anabolic steroid up on plasma hydroxy proline, during fracture healing in Rabbits. Acta. orth. Scand, 1975, 46-125-30.

Traitement des pseudarthroses femorales et tibiales septiques par allongement interne a propos de 24 cas. Revue chir. ortho. 1994, 80, 44-50.

[81]. HERBSMAN. H, KWON. K et COLL.

The influence of systemic factors on fracture healing - J Traum, 1966, 7585

[82]. I NAJIB. A

Ps. aseptique de la diaphyse humerale. Thèse de médecine N°266/1994. Rabat.

[83]. DUPLAY JEAN :

Les pseudarthroses diaphysaires aseptiques. Thèse de médecine de Nice 1983.

[84]. Bouchaba MOHAMED SERHIR.

Fractures bifocales de jambe a propos de 12 cas. Thèse de médecine No 94/1996. Rabat

[85]. Ilizarov GA, Gracheva VI.

Bloodless treatment of congenital pseudarthrosis of the crus With simultaneous elimination of shortening using dosed distraction. ortop Travmatol Protez.

[86]. Duparc J, Hutten D.

Classification des fractures ouvertes.

Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris : Expansion Scientifique Française 1981;6272.

[87]. Bonneville P.

Fractures diaphysaires de l'adulte (fractures pathologiques exclues).

EMC-Rhumatologie Orthopédie 2005;2:394-410

- [88]. **Migaud H, Senneville E, Gougeon F, Marchetti E, Amzallag M, Laffargue P.**
Risque infectieux en chirurgie orthopédique.
EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005;2:151–72
- [89]. **Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D. Current concept review.**
The management of open fractures.
J Bone Joint Surg Am 1990;72:299–304.
- [90]. **Galois L, Girard D, Diligent D, Gasnier J, Bensoussan D, Mainard D.**
Résultats de la greffe de moelle osseuse dans les pseudarthroses et retards de consolidation de jambe: à propos de 20 observations. Revue de Chir Ortho et Rép de l'appareil moteur 2004;90(6):121.
- [91]. **Phieffer LS, Goulet JA.**
Delayed unions of the tibia. J Bone Joint Surg Am 2006;88:206–16].
- [92]. **Bensaddik R.**
Les pseudarthroses de la jambe. Thèse Doctorat Médecine, Rabat;2006,n°6.
- [93]. **Bouzidi R, Bouabdellah M, Walha A, Zarrouk A, Mourali S, Labib H et al.**
La greffe intertibiao-péronière dans le traitement des pseudarthroses post-traumatique de la jambe : à propos de 25 cas. Tunisie orthopédique 2009;2(1):36–40
- [94]. **P. Bonneville, P. Cariven, N. Bonneville, P. Mansat, V. Martinel, L. Verhaeghe, M. Mansat**
Segmental tibia fractures: a critical retrospective analysis of 49 cases Rev Chir Orthop 2003, 89 :15–23.

- [95]. **G. Asencioa, A Poignard, M Ehlinger, P Bonneville, GM, HL, JH, ML, PG, PP, VV, FDe, IS.**
Les fractures métaphysaires distales du tibia de l'adulte. Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique. 2010; 96: p. 899–906.
- [96]. **Mme. TOUNSI AICHA**
LES FRACTURES DU QUART DISTAL DE LA JAMBE CHEZ L'ADULTE (A propos de 23 cas)
Thèse Doctorat Médecine, Fés; 2018
EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005;2:151–72.
- [97]. **Bahri A, Lahlou A, Abidallah D, El yazidi A, boutayeb F, wahbi S et al.**
Les pseudarthroses diaphysaires aseptiques de jambe. Revue marocaine de chirurgie orthopédique et traumatologique 1998;7.
- [98]. **Moyikoua A, Pena–Pitra B.**
La greffe intertibio–péronière dans les pseudarthroses infectées de jambe. Médecine d'Afrique Noire 1991;38:8–9.
- [99]. **Mendicino SS, Rocket a, Wilber MR.**
The use of bone grafts in the management of non–union. The Journal of Foot and Ankle Surgery 1996;35(5):452–57.
- [100]. **Dubrana F., Genestet M., Moineau G., Gérard R., Le Nen D., Lefèvre C.**
Fractures ouvertes de jambe. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris),
Appareil locomoteur, 2007; 14–086–A–20

[101].Philippe Charles *, Philippe Loriaut , Benjamin Dallaudière , Philippe Massin , Alexandre Pelissier , Thomas Rouanet , Patrick Boyer , Duc Vu Hoang , Vincent Orain

Traitement des fractures du tiers distal du tibia par enclouage centromédullaire et verrouillage par vis ASLS : résultats radiologiques

France 2016.

[102].M. Rang.

Lower limb fractures. In The story of orthopaedics. Philadelphia: WB Saunders; 2000.

[103].P. Megas *, E. Panagiotopoulos, S. Skriviliotakis, E. Lambiris

Intramedullary nailing in the treatment of aseptic tibial nonunion

2001 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

[104].D.Dallari,Et al.,Radiological

Assessment of the PRF/BMSC efficacy in the treatment of aseptic nonunions: A Retrospective study on 90 subjects,Injury (2016),

[105].M.Tall D.Bonkougou ,M.Sawadogo

Traitement des pseudarthroses diaphysaires des os long sur fracture négligée par décortication ostéo-musculaire 2014

[106].R. Breda, S. Rigal (1)

Consolidation des pseudarthroses de jambe au moyen d'une greffe inter tibiofibulaire : à propos d'une série de 43 patients

Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique (2013) 99, 166—171

[107].WU CC, SHIH CH :

Treatment for non-union of the shaft of the humerus: comparison of plates and seidel interlocking nails. Can J Surg, 1992, 35, 661-665.

[108].FATTAH HA, HALAWA EE, SHAFY TH :

Non union of the humeral shaft: a report of 25 cases. Injury, 1982, 14, 255-262.

[109].MCKEE MD, MIRANDA MA, RIEMER BL, BLASIER RB, REDMOND BJ, SIMS SH, WADDELL JP, JUPITER JB :

Management of humeral non-union after the failure of locking intramedullary nails. J Orthop Trauma, 1996, 10, 492-499.

[110].Meynard J.

Fixateur externe. EMC (Elsevier Masson SAS) , vétérinaire 1993;3500.

[111].B.J.D. Tékpa

Épidémiologie et traitement des pseudarthroses diaphysaires de jambe : à propos de 104 cas traités selon un algorithme précis en milieu précair
Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique 104 (2018) 193-197

[112]. Judet R, Judet J , Orlandini J, Patel A.

La décortication ostéo-musculaire. Rev Chir Orthop, 1967;53:43-63.

[113].T. Apard, N. Bigorre, P. Cronier, F. Duteille, P. Bizot, et P. Massin,

Two-stage reconstruction of post-traumatic segmental tibia bone loss with nailing Orthop. Traumatol. Surg. Res.2010; vol. 96, no 5, p. 549-553

[114].MK Sen T Miclau

Autologous iliac crest bone graft : Should it still be the gold standard for treating nonunions ?. Injury 2007

[115]./ RK * Marti C Van

der Werken RK Marti P Kloen Autogenous bone grafting in the treatment of nonunions. Concepts and cases in nonunion treatment 2011

[116].R Pfeifer P Kobbe M Kobbe

The reamer–irrigator–aspirator (RIA) system. Oper Orthop Traumatol 2011

[117].LR Blackrick JH Wilber RK Marti P Kloen

Bone–graft substitutes. Concepts and cases in nonunion treatment 2011

[118].Roussignol X, Costes S, Polard JL, Brunet P, Duparc F, Bégué T et al.

Evaluation du traitement des pseudarthroses par la technique des champs électromagnétiques : utilisation du système Orthopulse. A propos de 22 cas. Revue de chirurgie orthopedique et réparatrice de l'appareil moteur 2004;90(

[119].Evrard J.

Place de la greffe inter–tibio–péronière dans le traitement des fractures et pseudarthroses infectées de jambe.

Rev Chir Orthop 1992;78:389–98.

[120]. VIDAL J., BUSCAYRET CH., FINZI M. et MELKA J.

La greffe intertibio–péronière dans le traitement des retards de consolidation jambiers.

[121].Simonis RB, Parnell EJ, Ray PS, et al.

Electrical treatment of tibial non–union: a prospective, randomised, double–blind trial. Injury, 2003, 34, 357–362.

[122].Kristiansen TK, Ryaby JP, McCabe J, et al.

Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, low intensity ultrasound. J Bone Joint Surg Am, 1997, 79, 961–973.

- [123].Hubbard D. Surgical treatment of aseptic tibial nonunion. Operative Techniques in Orthopaedics, 1999;9(3):206–15.
- [124].Panagiotis M.
Classification of non–union. Injury, Int. J. Care Injured 2005;36:36–7.
- [125].Olsen S, Hahn D.
Surgical treatment of nonunions : A case for internal fixation. Injury, Int. J. Care Injured 2006;37:681–90.
- [126].Sanogo CO.
Aspects épidémiologiques et évaluation du traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse fémorale à l'hôpital de Kati à propos de 15 cas. Thèse Doctorat Médecine, Bamako;2005.
- [127].Aaron RK, Boyan BD, Ciombor D, et al.
Stimulation of growth factor synthesis by electric and electromagnetic fields. Clin Orthop, 2004, 419, 30–37.
- [128].JA Scolaro ML Schenker S Yannascoli
Cigarette smoking increases complications following fracture : A systematic review. J Bone Joint Surg Am 2014
- [129].L Gullihorn R Karpman L. Lippiello
Differential effects of nicotine and smoke condensate on bone cell metabolic activity. J Orthop Trauma 2005.
- [130].N. PASSUTI *, D. WAAST *, G. PIÉTU *, F. GOUIN *
Complications de la consolidation osseuse : les pseudarthroses
SYMPOSIUM — SO.F.C.O.T. 2003

[131].G. M. Calori, W. Albisetti, A. Agus, S. Iori, et L. Tagliabue,

Risk factors contributing to fracture non-unions Injury, 2007; vol. 38, p. S11-S18

[132]. I. Pountos, T. Georgouli, T. J. Blokhuis, H. C. Pape, et P. V. Giannoudis,

Pharmacological agents and impairment of fracture healing: what is the evidence? Injury. 2008; vol. 39, no 4, p. 384-394

[133].Eric Thein, François Chevalley, Olivier Borens.

Pseudarthroses aseptiques des os longs Rev Med Suisse 2013;

[134].LEVAI J. P, BOISGARDS

Fracture de la diaphyse fémorale de l'adulte.

Edition technique E. M. C (Paris- France)

Appareil locomoteur, 14- 078- A- 10, 1994, 12p