

Fractures fermées de jambe de l'adulte

P. Thoreux, T. Bégué, A.-C. Masquelet

Les fractures fermées de jambe sont les plus fréquentes des fractures des os longs. Il s'agit de fractures extra-articulaires, diaphysaires, touchant l'un ou les deux os de la jambe dont le démembrement n'a pas évolué depuis les traités de Boehler ou Merle d'Aubigné. Si leur diagnostic ne pose aucun problème, le dépistage de principe d'un syndrome de loges potentiel est devenu une nécessité absolue, cette complication étant, avec l'infection, la complication la plus redoutable des fractures de jambe. Même s'il s'agit de fractures fermées, la notion de contusion cutanée ou de traumatisme des parties molles doit être prise en compte dans les choix thérapeutiques et les éléments de surveillance. Le traitement par enclouage centromédullaire est devenu l'apanage pour cette pathologie, le traitement orthopédique et l'ostéosynthèse à foyer ouvert ne gardant que quelques indications. Même s'il s'agit d'une pathologie d'évolution globalement favorable, l'absence de récupération fonctionnelle non encore totale est fréquente à 1 an.

© 2007 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Fracture ; Jambe ; Tibia ; Contusion cutanée ; Syndrome de loges ; Infection osseuse ; Enclouage centromédullaire

Plan

■ Introduction	1
■ Généralités	1
Définition	1
Fréquence	2
Anatomie et vascularisation	2
Mécanismes de la consolidation	2
Mécanismes des fractures de jambe	2
Classification	3
■ Clinique	6
Interrogatoire	6
Examen clinique	6
■ Bilan complémentaire	6
Bilan diagnostique	6
Bilan évolutif	6
■ Formes cliniques	6
Fracture isolée de la diaphyse tibiale	6
Fracture isolée de la diaphyse fibulaire	7
Lésions étagées du membre inférieur	7
Fractures bilatérales	8
Formes du sujet âgé	8
■ Principes thérapeutiques	8
Méthodes	8
Indications	13
■ Évolution et complications	13
Complications initiales	14
Complications secondaires précoces	14

■ Introduction

L'anatomopathologie et les aspects cliniques des fractures diaphysaires de jambe n'ont guère changé depuis les traités de

Boehler ou de Merle d'Aubigné. Les indications thérapeutiques se sont en revanche considérablement modifiées au cours des trente dernières années. En effet, l'avènement de l'enclouage centromédullaire [1] avec éventuellement alésage et/ou verrouillage a progressivement remplacé le traitement orthopédique et les ostéosyntheses par plaque, les fixateurs externes n'ayant qu'une place réduite dans le traitement des fractures fermées. Bien que déjà utilisée en Allemagne par Hansman dès 1886, l'ostéosynthèse mini-invasive par plaque trouve un nouvel essor depuis une dizaine d'années avec le développement de la fixation biologique [2].

Les fractures fermées de jambe sont les fractures les plus fréquentes des os longs [3] dont les deux complications les plus redoutables restent la survenue d'un syndrome de loges, et l'infection. Cependant, l'incidence de ces deux complications reste faible, en règle inférieure à 5 %. En revanche, la fréquence de la non-récupération fonctionnelle intégrale à 1 an est non négligeable pour certains auteurs (44 % selon Skoog [4]).

■ Généralités

Définition

Il s'agit de fractures extra-articulaires, principalement diaphysaires, d'un ou des deux os de la jambe. Elles s'individualisent facilement des fractures articulaires des plateaux tibiaux et du pilon tibial. En revanche, les limites anatomiques avec les fractures sous-tubérositaires de jambe et les fractures extra-articulaires du quart inférieur du tibia varient selon les auteurs.

Boehler [5], dans son *traité des techniques du traitement des fractures*, ne précise pas les limites anatomiques des différents segments. Selon Merle d'Aubigné [6], il s'agit des fractures dont le trait est situé entre une ligne horizontale supérieure passant par le trou nourricier du tibia et une ligne inférieure située à trois travers de doigt, au-dessus de l'interligne tibiotalienne. Selon

Müller (classification de l'AO) [7], le segment métaphysoépiphysaire correspond à un carré dont le côté est égal à la plus grande largeur de l'épiphyse ; les limites du segment diaphysaire sont obtenues par la règle du carré.

Elles peuvent concerner :

- les deux os de la jambe et dans ce cas siéger en zone diaphysaire pour le tibia et la fibula ou en zone diaphysaire pour le tibia et à un niveau variable pour la fibula (tête, col, luxation tibiofibulaire, malléole latérale) ;
- uniquement la diaphyse tibiale ou fibulaire.

Elles peuvent être fermées, ouvertes ou contuses. En cas de contusion, il y a toujours un risque d'ouverture secondaire, transformant cette fracture fermée en fracture ouverte.

Fréquence

Leur fréquence est de 15 à 20 % de l'ensemble des fractures selon Merle d'Aubigné [6]. L'incidence actuelle des fractures de jambe, isolées ou entrant dans le cadre d'un polytraumatisme, est difficile à connaître. Une étude rétrospective américaine [8] sur 6 995 piétons accidentés entre octobre 1986 et septembre 1993 retrouve 599 fractures de jambe (soit 8,6 %). Au sein de ce groupe, la triade lésionnelle la plus fréquente est l'association d'une fracture de jambe et d'une atteinte crânienne et thoracique (34 %). L'étude épidémiologique suédoise de Bengner [9] sur une période de 34 ans retrouvait une incidence annuelle de 1 pour 2 000. Pour Schmidt [3], la fracture fermée de la jambe est la plus fréquente des fractures des os longs, responsable aux États-Unis de 77 000 hospitalisations et 825 000 consultations annuelles.

Anatomie et vascularisation

Aucune nouveauté concernant l'anatomie osseuse du tibia n'est à rapporter. En revanche, plusieurs auteurs, dont Borriore [10], se sont intéressés à l'anatomie globale du segment jambier pour préciser la position idéale des broches dans la technique d'ostéosynthèse utilisant le fixateur d'Ilizarov. Par ailleurs, les indications de lambeaux musculaires utilisés dans les fractures ouvertes reposent sur des bases anatomiques de vascularisation de ces muscles.

La vascularisation du tibia [11] est assurée par un triple système (Fig. 1) :

- l'artère nourricière centromédullaire, branche du tronc tibiofibulaire qui aborde le tibia à l'union du tiers supérieur et des deux tiers inférieurs. Elle donne un riche réseau qui irrigue toute la face endostée de la plaque métaphysaire et de l'os cortical ;
- les artères métaphysaires qui assurent la vascularisation de chaque métaphyse et s'anastomosent avec l'artère nourricière ;
- les artérioles périostées d'origine musculoaponévrotique qui se chargent de l'irrigation de toute la portion externe de la corticale. Ce réseau est beaucoup plus développé chez l'enfant.

Le tibia et la fibula sont unis par un système articulaire et ligamentaire aux articulations tibiofibulaires proximale et distale et par la membrane interosseuse. Le tibia assure le rôle biomécanique le plus important, la fibula ne prenant en charge que 10 à 20 % du poids du corps. Cette prise en charge par la fibula peut être augmentée selon l'orientation de la surface articulaire de l'articulation tibiofibulaire proximale (lorsqu'elle s'horizontalise) ou lorsqu'une tibialisation de la fibula est recherchée dans le traitement des pseudarthroses [12].

Mécanismes de la consolidation [13, 14]

Les mécanismes de la consolidation sont parfaitement bien décrits par Sedel [14]. On distingue quatre phases qui se répartissent entre une période d'union et une période de remodelage. La période d'union comprend d'abord une phase de réaction cellulaire qui dure environ 7 jours et au cours de laquelle n'interviennent absolument pas les extrémités osseuses. Cette phase est indispensable à la formation du cal mou (deuxième phase). Ce cal mou va être élaboré à partir d'un tissu de

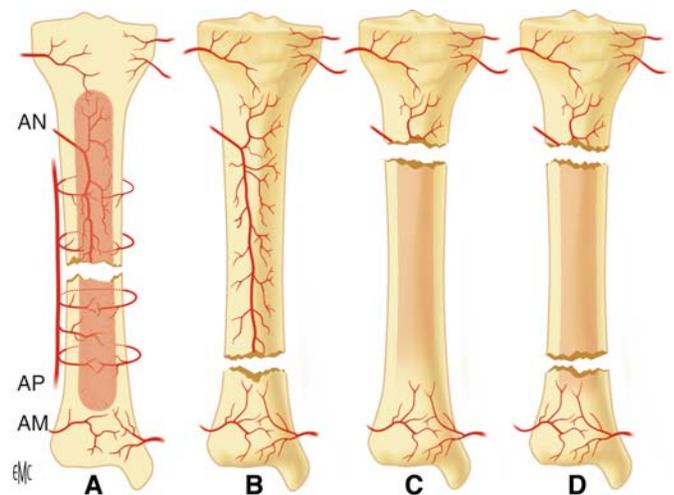


Figure 1. Les trois sources de vascularisation du tibia (selon McNab et De Haas [11]).

A. En cas de fracture, les vaisseaux endostaux, à direction longitudinale, sont interrompus, les vaisseaux périostiques, transversaux, persistent de part et d'autre du trait de fracture.

B, C. Le segment osseux distal privé de la vascularisation médullaire est d'autant plus étendu que le trait de fracture est haut situé.

D. Dans les fractures bifocales, la vascularisation du fragment intermédiaire est précaire. Le trait proximal rompt le plus souvent la continuité de l'artère nourricière. Le trait distal prive le réseau périoste de ses apports métaphysaires. AN : artère nourricière ; AP : artère périostée ; AM : artère métaphysaire.

granulation et va comporter d'une part un cal d'ancrage, d'autre part un cal en pont constituant le cal périphérique. Vers la fin du premier mois débute la minéralisation qui dure environ jusqu'à la seizième semaine et transforme le cal mou en cal dur. Cette phase est plus longue chez les adultes et en os cortical. La quatrième et dernière phase est une phase de remodelage qui correspond à la transformation de l'os néoformé immature en un os mature et fonctionnel.

Il faut signaler enfin la formation, parallèlement au cal périphérique d'ancrage, d'un cal médullaire, interne ou endosté, dont l'importance mécanique semble moindre chez l'homme.

De multiples facteurs interviennent sur la consolidation ; citons l'âge, le siège de la fracture, le type de traitement utilisé, la qualité de la vascularisation et des facteurs extérieurs tels que l'intoxication tabagique par exemple.

Le concept de la fixation interne biologique est en pleine expansion et est développé dans le chapitre des ostéosyntheses mini-invasives.

Mécanismes des fractures de jambe

Le mécanisme des fractures de jambe peut être traumatique, microtraumatique (fracture de fatigue) ou atraumatique (fracture pathologique).

Traumatique

- Le mécanisme peut être direct ou indirect.
 - En cas de traumatisme direct, la fracture se produit au point d'impact (pare-chocs, coup de pied, écrasement). Dans ce cas, il s'agit de fractures fréquemment ouvertes et toujours siège de lésions des parties molles avec décollement sous-cutané plus ou moins important. Dans le cadre des fractures fermées, il existe fréquemment une contusion cutanée qui peut, au cours de l'évolution, transformer ces fractures en fractures ouvertes.
 - En cas de traumatisme indirect, la fracture se produit à distance de l'impact, l'exemple le plus typique étant un mouvement de torsion sur pied bloqué. Dans ce cas, les lésions cutanées sont beaucoup moins fréquentes.
- Il peut s'agir d'un traumatisme à haute ou faible énergie cinétique.

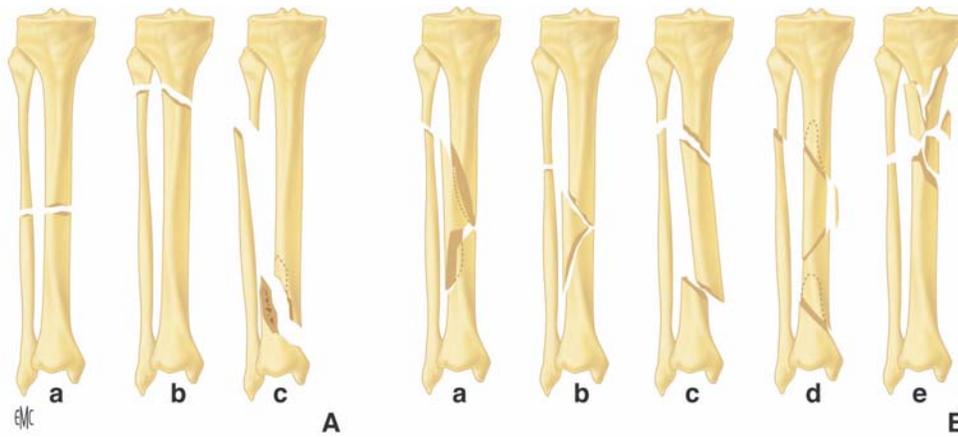


Figure 2. Les traits de fracture et leur siège.

A. Fractures simples (deux fragments). a. Transversale diaphysaire. b. Oblique courte métaphysaire haute. c. Spiroïde métaphysaire basse.

B. Fractures complexes (plus de deux fragments). a. Fracture avec troisième fragment en aile de papillon par torsion. b. Fracture avec un troisième fragment en aile de papillon par flexion. c. Fracture bifocale. d. Fracture comminutive par torsion. e. Fracture comminutive par flexion.

- Les mécanismes élémentaires intervenant sont : la compression (diaphyse soumise à deux forces de même direction selon l'axe longitudinal et de sens opposé), la traction (mécanisme exceptionnel inverse du précédent), la flexion, le cisaillement, la torsion.

Ces mécanismes peuvent être diversement associés.

- Les fractures peuvent également être analysées selon les circonstances de survenue : accident sportif (apanage du sujet jeune), chute (personne âgée), accident de la voie publique et choc direct.

Microtraumatisme (fracture de fatigue)

Il s'agit d'une fracture survenant sans traumatisme vrai sur un os de qualité normale et chez un sujet en bon état général. Elle est due à l'existence de microtraumatismes répétés et est souvent déclenchée par un changement d'activité physique ou sportive, en termes de quantité ou de qualité. La fréquence de la localisation tibiale parmi les fractures de fatigue varie de 4 % à près de 50 % selon les auteurs. Cette localisation est caractéristique du danseur de ballet et des sauteurs. Elle siège préférentiellement au tiers inférieur, sauf chez les danseurs où la forme du tiers moyen est habituelle. Le début de la symptomatologie douloureuse est en règle progressif, se manifestant au moment de l'impulsion et de la réception des sauts. La forme à début brutal est plus rare. La symptomatologie se résume à une douleur localisée et invalidante, s'accompagnant parfois d'une ecchymose. Cliniquement il existe une douleur élective sur la face antéromédiale du tibia s'accompagnant éventuellement d'un discret œdème local. Le reste de l'examen clinique est strictement normal tant en ce qui concerne l'examen des articulations de voisinage que de la force musculaire. Le diagnostic radiologique est souvent difficile car les signes sur les clichés standards sont toujours retardés par rapport à la clinique. La scintigraphie osseuse, qui montre une hyperfixation localisée, est l'examen qui a l'avantage d'une excellente sensibilité et d'une positivité précoce. Ses inconvénients sont son coût, son manque de spécificité (24 % de faux positifs) et la persistance d'une hyperfixation après consolidation osseuse. La visualisation du trait sur les radiographies nécessite fréquemment la réalisation de clichés focalisés comparatifs, répétés et parfois de tomographies. Le trait de fracture est le plus souvent une fissure perpendiculaire à l'axe diaphysaire, associée éventuellement à une réaction périostée. Le scanner est un examen d'une bonne sensibilité permettant également de confirmer le diagnostic. Le traitement est principalement le repos total ou partiel avec respect de la règle de la non-douleur. En cas de fracture transversale, la suppression de l'appui est impérative. Le traitement chirurgical se discute dans les fractures transversales du tiers moyen à trait incomplet dont on connaît la mauvaise réponse au traitement conservateur, et dans les fractures

transversales complètes pour lesquelles les techniques utilisées sont similaires à celles utilisées pour les fractures traumatiques classiques.

Non traumatique (fracture pathologique)

Métastases ^[15]

Les métastases de la diaphyse du tibia sont rares. On ne retrouve pas d'argument de fréquence même dans les statistiques importantes de métastases osseuses. Elles sont en règle de nature ostéolytique, se compliquant fréquemment de fractures spontanées. Leur traitement relève de l'ostéosynthèse par plaque ou par clou. L'ostéosynthèse par plaque est souvent préférée du fait de la possibilité d'injection concomitante de ciment acrylique dans la cavité médullaire qui permet une stabilité primaire autorisant la mise en charge immédiate. Les métastases de la fibula sont décrites mais sont encore plus rares. Elles ne sont qu'exceptionnellement chirurgicales.

Tumeur primitive

Toute tumeur primitive localisée de la diaphyse tibiale peut se compliquer d'une fracture spontanée qui est éventuellement la circonstance de découverte. Le traitement comporte, après l'étape diagnostique, un double aspect carcinologique et mécanique.

Causes diverses

Des fractures diaphysaires peuvent s'observer dans un certain nombre de circonstances : nécrose osseuse postradique, maladie de Paget, complication évolutive d'une pseudarthrose congénitale de l'enfance...

Classification

La classification peut s'appuyer sur de nombreux critères, isolés ou associés (mécanisme, type ou siège du trait de fracture, déplacement, état cutané).

Classification selon le trait (Fig. 2)

Trait unique déterminant une fracture simple ou bifragmentaire

Fracture transversale. Le trait est transversal, plus ou moins perpendiculaire à l'axe diaphysaire. Le trait siège à un niveau variable mais plus volontiers en zone médiadiaphysaire. Cette fracture est due le plus souvent à un mécanisme en flexion responsable d'une fracture transversale des deux os de la jambe ; le trait siège au même niveau sur le tibia et la fibula. Il existe toujours une atteinte associée de la membrane interosseuse. Les surfaces fracturaires sont en règle irrégulières, gage de stabilité après réduction.



Figure 3. Fracture comminutive des tiers proximal et moyen de jambe en cours de traitement orthopédique par plâtre cruropédieux.

Fracture spiroïde. Le trait dessine une spire qui détache deux fragments taillés en V : le fragment supérieur est taillé en V plein en avant et en dedans, creux en dehors et en arrière. Le siège du trait est variable au tibia, le plus souvent dans sa moitié inférieure (à l'union du tiers inférieur dans 45 % des cas selon Merle d'Aubigné [6]). Sur la fibula, le trait est habituellement plus haut situé dans le prolongement de la spire tibiale ; il peut également être situé à distance atteignant alors le col ou la région sus-malléolaire. Le mécanisme est toujours un mécanisme indirect par torsion. La membrane interosseuse serait souvent respectée, le mouvement hélicoïdal se produisant autour d'elle. Le respect de la membrane interosseuse est un gage de stabilité après réduction de la fracture.

Fracture oblique. Le trait est oblique avec une inclinaison variable par rapport à l'horizontale. On distingue les fractures obliques courtes qui se rapprochent des fractures transversales et les fractures obliques longues dont l'axe est proche de celui de la diaphyse et qui s'apparentent aux fractures spiroïdes. Le mécanisme causal est variable, corrélé à l'obliquité du trait.

Fracture à 3^e fragment (en « aile de papillon »). *Fracture spiroïde à 3^e fragment par torsion.* Le mécanisme est voisin de celui des fractures spiroïdes mais l'énergie du traumatisme est plus importante. Cette force poursuit son action en provoquant une ligne de rupture secondaire qui va détacher le 3^e fragment. Ce 3^e fragment est le plus souvent de siège postéromédial et situé alors au tiers inférieur (90 % dans la série de Kempf [16]). Dans les autres cas, il est détaché aux dépens de la face antérolatérale et est plus volontiers situé à l'union du tiers moyen et du tiers inférieur (78 % dans la série de Kempf). Le déplacement est nul ou minime, l'ouverture peu fréquente (4,5 % dans la série de Kempf) et la fibula toujours fracturée. L'existence de ce 3^e fragment en coin de torsion n'interfère pas sur la stabilité de la fracture qui est identique à celle des fractures spiroïdes. Le 3^e fragment garde ses attaches périostées et consolide habituellement, en particulier en cas de traitement orthopédique du fait de l'absence de déperiostage.

Fracture à 3^e fragment en coin de flexion. Elle s'apparente aux fractures transversales et est plus fréquente que les fractures par torsion (58 % contre 42 % dans la série de Kempf [16]). Le trait, initialement transversal, diverge en Y détachant ainsi le 3^e fragment. Il s'agit d'un mécanisme indirect en flexion, le trait de fracture démarrant sur la corticale opposée à la force et se propageant de part et d'autre pour détacher un fragment triangulaire. La taille du fragment est inversement proportionnelle à l'énergie du traumatisme. Le fragment est le plus souvent de siège antérolatéral (84 % selon Kempf). Il siège alors au tiers moyen de la diaphyse (76 % selon Kempf). Lorsqu'il est détaché aux dépens de la partie postéromédiale de la diaphyse, il est alors situé plus volontiers au tiers inférieur de la diaphyse (78 %). Par opposition aux fractures avec un 3^e fragment en coin de torsion, celle-ci est plus volontiers déplacée et ouverte

(27 % contre 4,5 %) et est éminemment instable. Le 3^e fragment, du fait du déplacement initial, peut avoir perdu ses attaches périostées et présenter un retard de consolidation, pouvant même aller jusqu'à la séquestration.

Fracture comminutive (Fig. 3)

La définition de ces fractures est variable selon les auteurs et correspond toujours à des fractures comprenant au moins quatre fragments. Les « vraies » fractures comminutives selon Kempf [17] sont des fractures où la comminution s'étend sur toute la circonférence osseuse et sur un segment de hauteur plus ou moins grand. Elles correspondent à l'éclatement d'un segment de cylindre diaphysaire. Ce sont les fractures les plus instables car il n'existe aucune console corticale entre les deux segments principaux. Elles exposent tout particulièrement au risque de télescopage et au raccourcissement. La comminution peut concerner un segment de diaphyse ou l'ensemble de la diaphyse : on parle alors de fracture comminutive pandiaphysaire. Leur incidence est très variable (Kempf [18] : 5,5 %, Piriou [19] : 17,6 %, Alho [20] : 20,4 %, Klemm [21] : 22 %). Pour d'autres, elles comprennent aussi les fractures à trait simple (transversale, oblique, à 3^e fragment) sur lequel se greffe une comminution (sur le 3^e fragment par exemple).

Fracture complexe, bifocale ou plurifocale

Les fractures bifocales isolent un segment annulaire intermédiaire non refendu du tibia entre deux traits de fracture. Ces fractures résultent en règle de traumatismes violents et directs. Leur fréquence varie selon les séries de 5,5 à 11 %, (Kempf [18] : 6,8 %, Piriou [19] : 6,9 %, Klemm [21] : 10,2 %, Bone [22] : 10,7 %, Ekeland [23] : 11 %). Les traits de fracture sont des traits simples, transversaux ou obliques courts. Le trait proximal siège le plus souvent au tiers supérieur en zone médullaire évasée. Le siège du trait distal est variable, conditionnant la taille du fragment intermédiaire. Il s'agit de fractures éminemment instables, présentant souvent des déplacements importants touchant les deux foyers. Le mécanisme causal est toujours violent, rendant compte de la fréquence des lésions ouvertes (Melis [24] : 42 %, Zucman [25] : 53 %, Woll [26] : 80 %) et la fréquence des lésions associées (Woll [26] : 84 %). Ces fractures sont caractérisées par une durée de consolidation plus longue (donnée confirmée par l'ensemble des séries), une vitesse de consolidation asymétrique entre les deux foyers, en règle plus lente au foyer distal (80 % cas [24, 26]) et l'évolution relativement fréquente de l'un des foyers vers la pseudarthrose (Woll [26] : 35 %). Ces fractures sont également plus fréquemment compliquées : Woll retrouve une incidence de 48 % de syndrome de loges nécessitant une aponévrotomie, 19 % gardant des séquelles sensitivomotrices malgré la décompression. On peut également observer des fractures à trois ou plusieurs étages. Cette classification selon le type du trait donne une idée sur la stabilité de la fracture : les

fractures transversales sont plus stables que les fractures spiroïdes, elles-mêmes plus stables que les fractures comminutives et bifocales. Cependant l'évaluation de la stabilité qui était fondamentale autrefois à l'époque du traitement orthopédique n'a plus la même raison d'être au temps de l'ostéosynthèse (par plaque ou par enclouage verrouillé). Cependant, rappelons, en cas d'enclouage centromédullaire non verrouillé, les fréquents raccourcissements des fractures spiroïdes et comminutives quels que soient leur siège, et les angulations dans le plan frontal ou sagittal des fractures ne siégeant pas au classique cylindre de frottement du tiers moyen.

Classification selon le siège du trait

La définition du siège du trait par tiers est habituelle mais on individualise classiquement, paradoxalement, le quart supérieur et le quart inférieur qui posent des problèmes tout autres. Dans l'analyse du siège du trait, l'existence d'un trait de refend articulaire est un élément fondamental à préciser compte tenu des répercussions sur les indications thérapeutiques. Les localisations métaphysaires sont à isoler du fait du particularisme des problèmes posés :

- la partie métaphysaire proximale correspond anatomiquement à l'anneau du soléaire avec un taux de complications vasculaires plus important qu'il faut rechercher systématiquement ;
- la partie métaphysaire distale est caractérisée par des retards de consolidation et des problèmes cutanés plus fréquents.

Classification selon le déplacement

Le type et l'importance du déplacement des fragments osseux dépendent principalement du mécanisme et par conséquent du type de la fracture et de l'importance du traumatisme initial. Il existe quatre types élémentaires de déplacement [27] (Fig. 4) :

- déplacement transversal ou baïonnette ;
- déplacement angulaire ou angulation ;
- déplacement longitudinal ou raccourcissement ;
- déplacement rotatoire ou décalage.

Ces déplacements élémentaires sont en règle associés à des degrés divers. La stabilité de la fracture dépend du type du trait et surtout de l'intégrité ou non de la membrane interosseuse. Le risque de déplacement secondaire est corrélé à cette atteinte de la membrane interosseuse.

Autres classifications

Certaines classifications sont ou ont été reconnues et utilisées à l'échelon international.

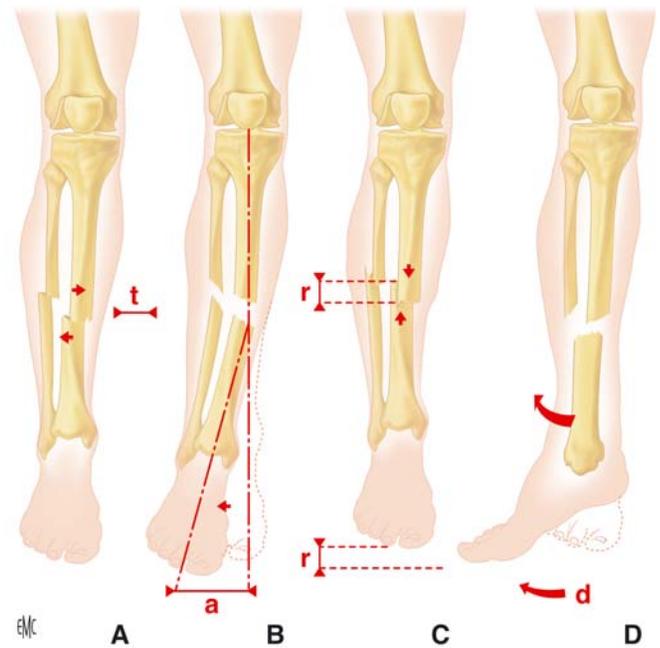


Figure 4. Les quatre déplacements élémentaires d'une fracture (d'après [27]).

- A.** Déplacement transversal ou « baïonnette » (t).
B. Déplacement angulaire ou « angulation » (a).
C. Déplacement longitudinal ou « raccourcissement » (r).
D. Déplacement-rotation ou « décalage » (d).

Classification de l'AO [7] (Fig. 5)

Elle repose sur une succession de chiffres dont la signification est toujours la même d'un segment de membre à l'autre. Le premier chiffre correspond au segment osseux concerné (jambe = 4). Le second chiffre correspond à la topographie de l'atteinte.

Il existe, pour la jambe, une division en quatre segments : segment proximal défini par un carré dont la hauteur est égale à la largeur maximale de l'épiphyse ; segment diaphysaire ; segment distal correspondant également à un carré dont la hauteur est égale à la largeur maximale de l'épiphyse ; segment malléolaire.

Au segment diaphysaire est attribué le chiffre 2 (par conséquent, atteinte diaphysaire de jambe = 42). Au sein de ce groupe 42 (jambe-diaphyse), on décrit trois groupes : groupe A

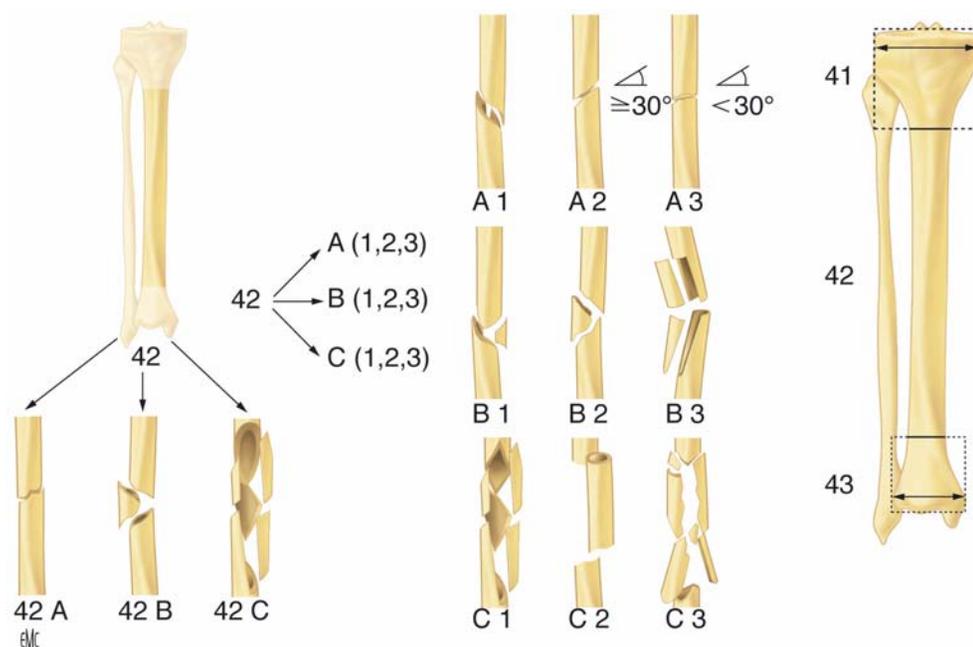


Figure 5. Classification de l'AO (d'après Müller).

(fracture simple), groupe B (fracture à coin), groupe C (fracture complexe). Chaque sous-groupe est lui-même divisé en trois selon le type du trait. Un dernier chiffre permet de définir la lésion de la fibula.

Classification de l'Orthopaedic Trauma Association (OTA)

Elle est décrite plus récemment et est fréquemment utilisée dans la littérature anglo-saxonne européenne [28].

Classifications pour l'évaluation des lésions cutanées

Plusieurs classifications sont reconnues pour évaluer les lésions cutanées (Cauchoix-Duparc [29], Gustillo...). Celles-ci sont décrites dans le chapitre sur les fractures ouvertes.

■ Clinique

Le diagnostic de fracture de jambe est en règle évident dès l'inspection d'un blessé présentant un traumatisme du membre inférieur avec impotence fonctionnelle et douleur du segment jambier. L'interrogatoire et l'examen clinique permettent de préciser plusieurs points, les deux plus importants étant l'état cutané et l'existence de complications vasculaires.

Interrogatoire

Il précise le mécanisme du traumatisme, direct ou indirect, et en cas de traumatisme direct, insiste sur la notion de traumatisme appuyé et prolongé, la cinétique du traumatisme, la topographie des douleurs, les antécédents médicaux et chirurgicaux du patient et les traitements en cours, la notion d'intoxication tabagique, l'heure du dernier repas. Il recherche des lésions associées, leur dépistage étant orienté par le mécanisme du traumatisme.

Examen clinique

Inspection

Elle suffit souvent pour affirmer :

- le siège de la fracture ;
- le type et l'importance du déplacement qui associent à des degrés divers l'angulation, la rotation le plus souvent externe du pied et le raccourcissement.

Elle permet l'analyse de l'état cutané :

- existence d'une ouverture punctiforme de type 1 dans la classification de Cauchoix-Duparc [29] qui conduit aux mêmes indications thérapeutiques que les fractures fermées et a le même pronostic ;
- existence d'une contusion cutanée, difficile à reconnaître et à apprécier en urgence compte tenu notamment de son polymorphisme clinique (simple infiltration œdémateuse, ecchymose précoce, hématome sous-dermique, lésion phlycténulaire) ;
- existence d'un décollement sous-cutané, qui peut également être responsable d'une nécrose ischémique cutanée avec ouverture secondaire du foyer ;
- état cutané préexistant et troubles trophiques (dermite ocre, ulcères variqueux...), élément fondamental chez les personnes âgées.

La rareté des complications vasculaires dans la localisation diaphysaire s'explique par le fait qu'il n'existe une ischémie du membre qu'en cas d'atteinte concomitante des trois artères jambières, éventualité fort rare.

En cas de fracture isolée du tibia, le diagnostic doit être évoqué devant une douleur importante circonscrite avec une impotence fonctionnelle totale et un œdème localisé, en règle sans déformation.

Palpation

Elle ne recherche pas la mobilité du foyer de fracture en règle évidente. En revanche elle permet, après avoir obtenu un alignement global du membre inférieur par mise en traction douce et progressive :

- la recherche des pouls périphériques (pédieux et tibial postérieur) ;

- un examen de la sensibilité et de la motricité des orteils et de la cheville ;
- l'appréciation de la tension des masses musculaires des loges antérolatérale et postérieures de la jambe. La constatation d'une tension importante liée à l'hématome amène à moduler certaines indications, notamment celles de l'alésage prôné par certains.

En cas de suspicion d'atteinte vasculaire, l'artériographie du membre inférieur explorant les trois axes jambiers doit en principe être réalisée en préopératoire. En cas d'impossibilité à obtenir une artériographie en urgence, cet examen est réalisé par le chirurgien en peropératoire.

En cas de suspicion d'atteinte nerveuse, aucun examen particulier n'est à envisager dans le cadre du bilan préopératoire. En revanche il est fondamental, notamment d'un point de vue médico-légal, de consigner de façon très précise l'examen clinique préopératoire.

Dépistage des lésions associées

Guidé par le type du traumatisme et l'interrogatoire, l'examen clinique ne manque pas de rechercher des lésions associées osseuses, ligamentaires ou viscérales. La fréquence des polytraumatismes parmi les patients présentant une fracture de jambe est très variable selon les séries (3,5 % à 23 %).

■ Bilan complémentaire

Bilan diagnostique

Il est indispensable avant toute décision thérapeutique. Il est réalisé en urgence dans le service de radiologie après réduction sommaire et immobilisation par une attelle transparente aux rayons X. Cette attelle est le plus souvent une attelle rigide, parfois gonflable. Seule la précarité de l'état hémodynamique d'un polytraumatisé peut conduire à réaliser ce bilan au bloc opératoire. Le bilan radiographique comporte des radiographies de la jambe (face + profil) prenant impérativement le genou et la cheville et réalisées par conséquent sur grandes cassettes. Il faut savoir qu'il est parfois nécessaire de refaire des clichés au bloc opératoire sous anesthésie générale, hors attelle et sous traction.

Ce bilan permet de préciser : le siège du trait sur le tibia et la fibula, son type et le nombre de fragments, l'importance du déplacement, l'existence de trait de refend, articulaire notamment, élément déterminant dans le choix de la méthode thérapeutique, l'existence de lésions associées (exemples : fracture de la malléole médiale, fracture bimalléolaire, fracture du plateau tibial, arrachement du massif des épines, atteinte de l'articulation tibiofibulaire proximale).

Bilan évolutif

La réalisation d'examen complémentaires se justifie dans le cadre du suivi évolutif pour vérifier au cours des premières semaines l'absence de déplacement secondaire, en particulier en cas de traitement orthopédique, et ultérieurement pour rechercher des signes de consolidation.

■ Formes cliniques

Fracture isolée de la diaphyse tibiale

(Fig. 6) [8, 30-32]

Les fractures isolées du tibia sont peu fréquentes et se rencontrent dans 10 à 20 % des fractures de jambe de l'adulte [8]. Le contexte traumatique est dominé par le sport et en particulier le football (42 % des fractures de jambe survenant dans le cadre de cette pratique sportive sont des fractures isolées de la diaphyse tibiale). L'épidémiologie de certaines séries [31] peut être différente du fait du traitement orthopédique en ambulatoire des formes non déplacées. Il s'agit le plus souvent d'une fracture à trait simple (transversal, oblique court ou

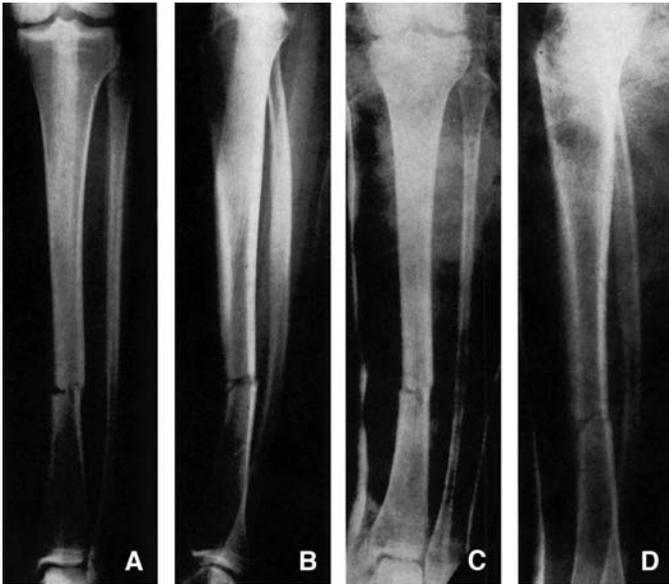


Figure 6. Fracture isolée du tiers moyen de la diaphyse tibiale avec les deux déplacements habituels en varus et recurvatum (A, B). Traitement orthopédique avec correction du recurvatum et persistance d'un varus de 5° (C, D).

spiroïde), siégeant en zone diaphysaire (Piriou [19], dans une série de 159 fractures de jambe, recense 16 fractures isolées dont 73 % à trait simple et une bifocale). Ces fractures ont un potentiel de déplacement important en varus ou en recurvatum. Le caractère isolé de l'atteinte tibiale ne peut être affirmé qu'après vérification clinique et radiographique de l'intégrité de l'articulation tibiofibulaire proximale [33]. Tout déplacement initial en varus impose la réalisation d'une ostéosynthèse, la continuité de la fibula empêchant en règle la réduction orthopédique. L'enclouage centromédullaire autorise dans ce type de fracture une remise en charge précoce. Le déplacement en recurvatum est mieux toléré du fait du secteur de mobilité de la tibiotalienne et l'indication chirurgicale moins systématique dans ce cas. Certains protagonistes du traitement chirurgical [8] invoquent un taux de pseudarthrose (8 à 10 %) et un taux de refracture (13,7 %) plus élevés que dans les fractures de jambe, l'absence d'atteinte de la fibula supprimant une part importante des contraintes compressives au tibia lors de la mise en charge et leur rôle ostéogénique. Pour Bonneville [31], l'existence d'un retard radiologique de consolidation doit rapidement faire envisager une dynamisation du montage +/- associée à une ostéotomie de la fibula, actes dont le patient a été d'emblée informé. Ces chiffres ne sont pas retrouvés par tous les auteurs (Sarmiento [34], McConnell [32]). Par ailleurs, l'étude de Bone [30] fait état d'un meilleur résultat fonctionnel à terme dans les fractures isolées du tibia traitées par enclouage par rapport à celles traitées orthopédiquement.

Fracture isolée de la diaphyse fibulaire

Les fractures de la diaphyse fibulaire ne sont responsables en règle que d'une douleur et d'une gêne fonctionnelle modérées liées au rôle de la fibula dans la transmission du poids du corps. Le traitement est purement symptomatique dépendant de la gêne fonctionnelle et de la douleur. L'abstention thérapeutique est possible mais une botte plâtrée de marche est parfois nécessaire jusqu'à consolidation.

Lésions étagées du membre inférieur

La fracture de jambe peut être associée à diverses lésions homolatérales.

Luxation tibiofibulaire proximale [33, 35, 36] (Fig. 7)

Alors que l'association fracture de l'ulna + luxation de la tête radiale est bien connue au membre supérieur sous le nom de



Figure 7. Fracture spiroïde du tiers distal du tibia associée à une luxation tibiofibulaire proximale. Traitement par enclouage centromédullaire verrouillé dynamique + vissage de l'articulation tibiofibulaire proximale.

fracture de Monteggia, il n'en est pas de même au membre inférieur de l'association fracture de la diaphyse tibiale et luxation de la tête fibulaire. L'incidence de cette complication est faible dans la littérature. Valenti et Nordin [33] rapportent six cas de luxation tibiofibulaire proximale dont deux associés à une fracture diaphysaire du tibia et une à une fracture métaphysaire. Ogden [35] présente une série de 43 luxations tibiofibulaires proximales dont six (soit 14 %) associées à une fracture diaphysaire. On utilise fréquemment une classification en quatre stades anatomiques reposant sur la position de la tête de la fibula (antérolatérale, postérolatérale, supérieure ou subluxée).

À l'atteinte du nerf fibulaire commun peut être associée une atteinte vasculaire de l'artère tibiale antérieure ou de la poplitée pouvant entraîner une ischémie aiguë [37].

Lésions ligamentaires du genou

L'association fracture du fémur-lésions ligamentaires du genou est bien connue (25 à 35 % des cas selon les séries) et systématiquement recherchée. En revanche, cette association au cours des fractures de jambe est moins classique. L'étude prospective de Matic [38] sur 229 patients opérés pour fracture de jambe retrouve 41 cas (17,34 %) de lésions ligamentaires du genou (objectivées par l'examen clinique sous anesthésie) ; cette incidence est plus élevée en cas de fracture ouverte.

Fracture de la cheville

L'étude rétrospective de Schweighofer [39] sur 820 cas de fractures de jambe retrouve 88 fractures de cheville (soit 10,7 %), toutes au décours de mécanismes par torsion. L'atteinte la plus fréquente est la fracture marginale postérieure (65 % des cas).

Fracture du fémur

L'association d'une fracture de la diaphyse fémorale et de la diaphyse tibiale est responsable du syndrome du « genou flottant » (*floating knee* dans la littérature anglo-saxonne). L'incidence varie de 4 à 11 % selon les séries (Ekland [23] : 4,4 %, Marchetti [40] : 5,2 %, Piriou [19] : 6,3 %, Bone [22] : 10,7 %). Cette lésion étagée du membre inférieur peut aussi être compliquée par la coexistence de lésions ligamentaires au genou et par l'ouverture d'un des foyers de fracture. La discussion porte essentiellement sur le choix du mode de traitement qui dépend de la durée opératoire prévisionnelle et souhaitée, et de

la chronologie choisie. L'ostéosynthèse première du fémur reste la règle sauf en cas d'ouverture stade III de la jambe. Le choix de la méthode thérapeutique devrait être identique à celui effectué pour une lésion isolée mais il peut être modulé pour limiter les changements d'installation et les pertes de temps chez un patient polytraumatisé.

Fractures bilatérales

Leur incidence varie selon les auteurs de 3 à 8 % (Kempf [18] : 0 %, Marchetti [40] : 0,6 %, Ekland [23] : 4,4 %, Wu [41] : 4,7 %, Piriou [19] : 5,7 %). Elles témoignent d'un traumatisme violent mais n'ont pas d'autre particularité.

Formes du sujet âgé [42-44]

L'incidence des fractures diaphysaires tibiales chez l'homme [45] se caractérise par deux pics, le premier chez le jeune adulte (15-34 ans) et le second au-delà de 85 ans (11 à 21 pour 10 000). Chez la femme, un seul pic est significatif entre 85 et 89 ans (6,9 /10 000) et après 90 ans (11,7 /10 000) alors que la fréquence est de 0,35 pour 10 000 entre 30 et 34 ans. Court Brown [8] apporte des détails sur l'épidémiologie des fractures du sujet âgé à partir d'une série de 523 cas : aucune caractéristique, en particulier anatomique, ne se dégage en fonction de l'âge. Bartlett [42] insiste sur la fréquence des accidents de piétons dont la gravité est liée aux lésions associées et la prédominance des chutes après 85 ans. Dans la série du symposium de la Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique (Sofcot) en 2002 [43], les fractures de la diaphyse tibiale représentent 1,2 % de l'ensemble (14 cas sur 1 126 patients inclus) : la moitié des patients a été traitée orthopédiquement ; les résultats sont fonctionnellement peu satisfaisants avec, en dehors de deux cas, une augmentation du degré de dépendance et quatre décès à 6 mois. Les choix thérapeutiques sont souvent beaucoup plus controversés chez la personne âgée, les protagonistes du traitement chirurgical arguant de la nécessité d'une déambulation et d'une récupération d'autonomie précoces, les autres défendant le traitement orthopédique ou par fixation externe en raison des risques cutanés sur des peaux fragiles avec des troubles trophiques préexistants et la mauvaise tenue du matériel d'ostéosynthèse en cas d'ostéoporose importante. Dans tous les cas, les facteurs médicaux associés (par exemple diabète, polyarthrite rhumatoïde, prises médicamenteuses, facteurs de risque anesthésiologiques) doivent être pris en compte. Par ailleurs, les limites de tolérance en terme de cal vicieux peuvent être plus souples que chez l'adulte jeune.

■ Principes thérapeutiques

Méthodes

Méthode orthopédique

Réduction

Réduction extemporanée (Fig. 8). Elle est à la base de la classique méthode de Boehler qui associe réduction et immobilisation plâtrée. Elle doit être réalisée sous anesthésie générale ou péridurale. Quelle que soit la technique utilisée, il est nécessaire d'utiliser une barre à genou permettant de maintenir le genou en flexion et ainsi de relâcher les muscles des loges postérieures. Ces manœuvres de réduction peuvent être réalisées par l'intermédiaire d'un cadre de Boehler ou d'une table orthopédique, qui nécessite la mise en place d'une broche de traction transcalcanéenne ou d'un étrier calcanéen. Cette traction permet le maintien de la réduction pendant toute la confection du plâtre. La qualité de la réduction doit être appréciée avant et après la réalisation de l'appareillage par des radiographies de face et de profil sur grandes cassettes, permettant d'apprécier l'axe global du segment jambier ; l'appréciation de la rotation peut être réalisée visuellement par l'angle formé par l'axe du pied avec le plan fémorotibial.

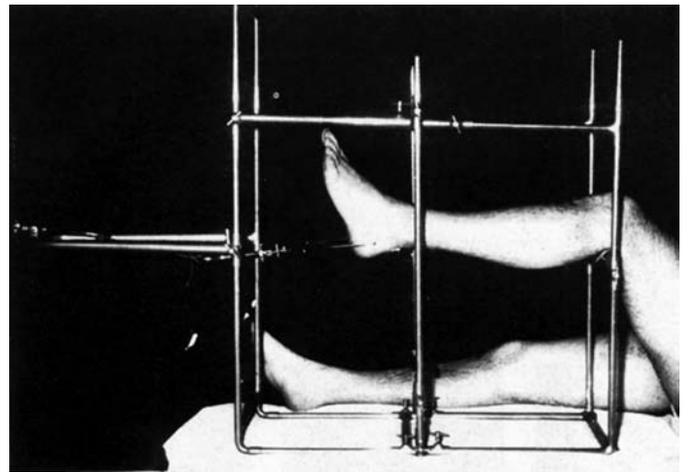


Figure 8. Réduction par cadre de Boehler à l'aide d'une broche ou par un étrier calcanéen.

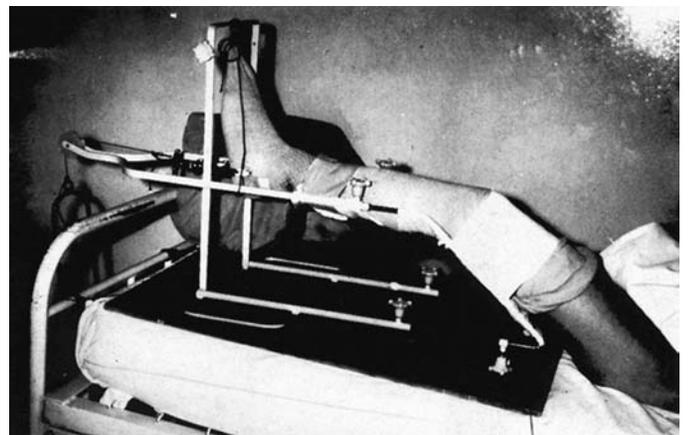


Figure 9. Réduction par extension continue sur attelle de Boppe.

Réduction par extension continue (Fig. 9). Le patient est installé dans son lit sur une attelle de Boppe et une traction continue est appliquée sur le calcanéus par l'intermédiaire d'une broche transcalcanéenne fixée à un étrier, lui-même relié à un système de traction permanent dans l'axe du segment jambier. La traction exercée est de l'ordre de 3 kg. L'installation doit être minutieuse (suspension de l'avant-pied, mise en place d'un coussinet sous le tendon d'Achille et sous le creux poplité, mollet dans le vide, planche sous l'attelle de Boppe et petite caisse en bois permettant un contre-appui pour le pied sain, évitant ainsi le glissement dans le lit) ; la qualité de cette installation doit être vérifiée quotidiennement. Cette phase d'extension continue dure en règle 3 à 4 semaines et est relayée par une immobilisation plâtrée classique.

Contention

Immobilisation plâtrée. L'immobilisation est assurée par un plâtre cruropédieux prenant les articulations de la cheville et du genou (pied à angle droit et genou à 20-30° de flexion), bloquant ainsi les rotations. Cet appareillage doit répondre aux règles habituelles de réalisation des appareillages plâtrés et implique la mise en route d'un traitement prophylactique de la thrombose veineuse. Ce premier appareillage est en règle réalisé sans rembourrage avec des bandes plâtrées classiques, plus faciles à travailler et permettant un meilleur moulage que les résines synthétiques (celles-ci étant éventuellement utilisées pour les plâtres ultérieurs). Cette méthode impose une surveillance clinique et radiologique excessivement rigoureuse et rapprochée :

- surveillance clinique : elle cherche à dépister un syndrome de loges dû à la réalisation d'un plâtre trop serré (il faut savoir que la fente du plâtre est impérative sur le plan médico-légal). L'éducation du patient doit être faite quant à la signification de douleurs importantes, la surveillance de la coloration et de

la mobilité des orteils et la nécessité d'une surélévation du membre pendant les premiers jours. Les contractions statiques du quadriceps et la mobilisation des orteils sont également conseillées. En cas de fonte importante de l'œdème, rendant l'appareillage inadapté, il convient de changer le plâtre. Si ce changement est impératif au cours des toutes premières semaines, il est nécessaire de le réaliser selon le même protocole, à savoir au bloc opératoire, sur cadre de Boehler ou table orthopédique ;

- surveillance radiologique : elle est répétée en particulier au cours des 15 premiers jours (contrôle radiographique de face et de profil à j5, j10 et j15). En effet la principale complication du traitement orthopédique est le déplacement secondaire.

L'imperfection de la réduction initiale ou la survenue d'un déplacement secondaire imposent en règle la réalisation d'une gypsotomie. La tolérance admise est d'environ 5° de varus, 5° de valgus, 10° de flectum ou de recurvatum, 10° de rotation interne, 15° de rotation externe et 2 cm de raccourcissement (Fig. 10). Les limites de tolérance du cal vicieux dépendent de l'âge du patient, du siège (plus le cal vicieux est bas situé, moins la tolérance est bonne car la répercussion est importante sur le travail de la tibiotalienne), et du type de fracture (la tolérance est plus grande dans le cadre d'une fracture bifocale). Néanmoins les progrès de l'ostéosynthèse ont conduit à une diminution franche de la tolérance des cals vicieux (Fig. 11). Seule la gypsotomie d'ouverture doit être pratiquée. Boehler réserve ses indications de gypsotomie à des angulations ne dépassant pas 15 à 20° (en cas de déformation plus importante, l'indication chirurgicale est systématique). La qualité de la correction passe par une préparation avec calcul sur les radiographies des angles de la déformation ; des repères métalliques sont mis en place sur le plâtre après avoir localisé sous scopie le sommet de la déformation. Le trait de la gypsotomie est ensuite dessiné sur le plâtre et il est alors réalisé une section horizontale opposée au sommet de la déformation, sur les trois quarts de la circonférence. On fait ensuite bâiller les berges de l'incision de l'angle voulu pour corriger la déformation et on intercale des bouts de liège, dont la hauteur en millimètres est égale à la valeur angulaire de la correction et qui vont maintenir l'écart. On solidarise ensuite, après contrôle radiologique de la correction, les deux segments du plâtre par quelques tours de bande plâtrée (Fig. 12).

Ce plâtre cruropédieux est en règle remplacé au bout de 6 à 8 semaines par une botte plâtrée libérant ainsi le genou.

Méthode de Carlo-Ré. Elle est encore appelée technique des broches à double épaisseur. Elle permet d'améliorer la qualité de



Figure 10. Consolidation en recurvatum d'une fracture spiroïde du tiers inférieur traitée orthopédiquement.

la réduction dans les fractures spiroïdes ou obliques en maintenant les surfaces fracturaires l'une contre l'autre. Elle nécessite une instrumentation particulière. De nombreuses variantes existent dans les systèmes de traction.

Méthode fonctionnelle de Sarmiento [46] (Fig. 13). Élève de Boehler, Sarmiento a mis au point une nouvelle méthode orthopédique dont le but était une reprise fonctionnelle précoce. Elle repose sur le principe que les parties molles (muscles et aponévroses de part et d'autre du foyer) peuvent jouer un rôle de contention hydraulique lorsqu'un système externe bien ajusté est employé. Son promoteur a montré que dans les fractures de jambe, les parties molles supportaient 80 % des contraintes, 17 % seulement passant par l'appareillage. La première phase du traitement est identique à la méthode de Boehler (à savoir réduction + immobilisation par plâtre cruropédieux) mais 2 à 3 semaines après l'accident, après la fonte de l'œdème initial, le plâtre cruropédieux est remplacé par un plâtre moulé prenant appui sur les reliefs épiphysaires (condyles

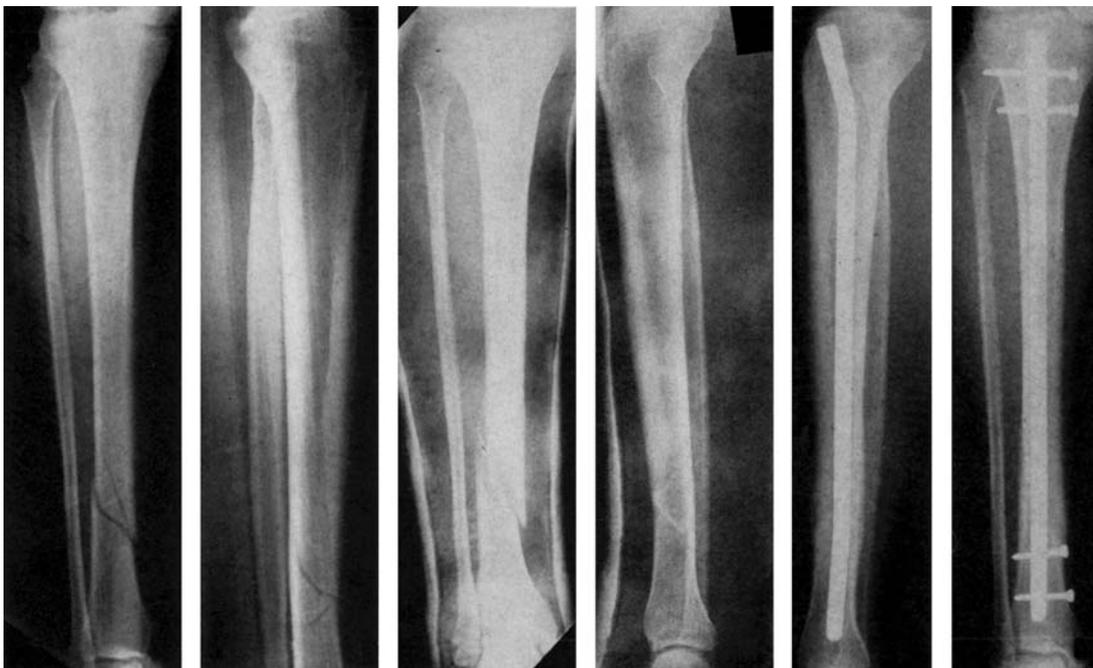


Figure 11. Fracture isolée spiroïde du tiers proximal de la diaphyse tibiale. Déplacement classique du traitement orthopédique initial. Réalisation d'un enclouage centromédullaire verrouillé statique. Consolidation en 3 mois.

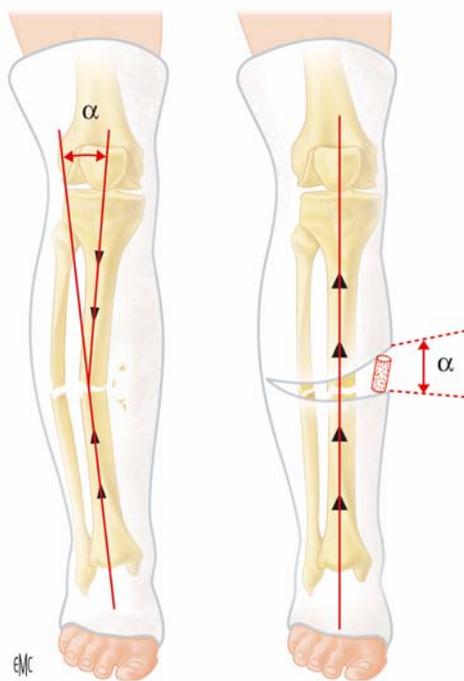


Figure 12. Gypsotomie d'ouverture.

fémoraux, tubérosité tibiale antérieure), bloquant ainsi les rotations mais libérant le genou. L'appareillage prend le talon sous forme d'une coque talonnière qui peut ou non autoriser la mobilisation de la tibiotalienne.

Avantages et inconvénients

Avantages. Les avantages du traitement orthopédique sont : l'absence de cicatrice, la diminution du coût global du traitement (notamment par la diminution de la durée d'hospitalisation, exception faite de la méthode par extension continue), la diminution du risque infectieux en l'absence d'escarre sous plâtre, le faible taux de pseudarthrose (2,5 % dans la série de Sarmiento, 0,19 % de pseudarthroses et 3,27 % de retards de consolidation parmi les 1 009 cas de Trojan [47]). Il évite également l'équin du pied lié à la douleur postopératoire en l'absence de toute immobilisation plâtrée et la nécessité d'une ablation secondaire du matériel.

Inconvénients. Les inconvénients de l'immobilisation plâtrée sont ceux que Leriche a décrits sous le nom de « la maladie des plâtrés » qui associe à des degrés divers, outre les risques thromboemboliques, la raideur articulaire, l'amyotrophie et les troubles trophiques. Ces inconvénients sont en partie limités en cas de méthode de Sarmiento. Malheureusement, cette méthode n'est indiquée que pour certains types de fractures (fractures spiroïdes du tiers moyen) et demande une bonne habitude des appareillages plâtrés.

Le second inconvénient est la lourdeur de la surveillance clinique et radiographique au cours des premières semaines. Par ailleurs, Sarmiento évoque le moindre remboursement par les assurances d'un traitement non chirurgical. En ce qui concerne la méthode d'extension continue, elle augmente considérablement la durée de l'hospitalisation et, outre une surveillance constante, impose une parfaite coopération du patient.

Méthodes chirurgicales

Synthèse interne

Ostéosynthèse à foyer ouvert. *Vissage.* Il est rarement réalisé de façon isolée, même s'il a pu l'être pour le traitement de fracture spiroïde ou oblique. Il minimise le déperistage mais ne permet pas de se passer d'immobilisation plâtrée. Il vient le plus souvent en complément d'une fixation externe pour améliorer la qualité de la réduction globale [48] ou comme premier temps d'une synthèse par plaque. Il peut, pour certains, être réalisé en percutané.

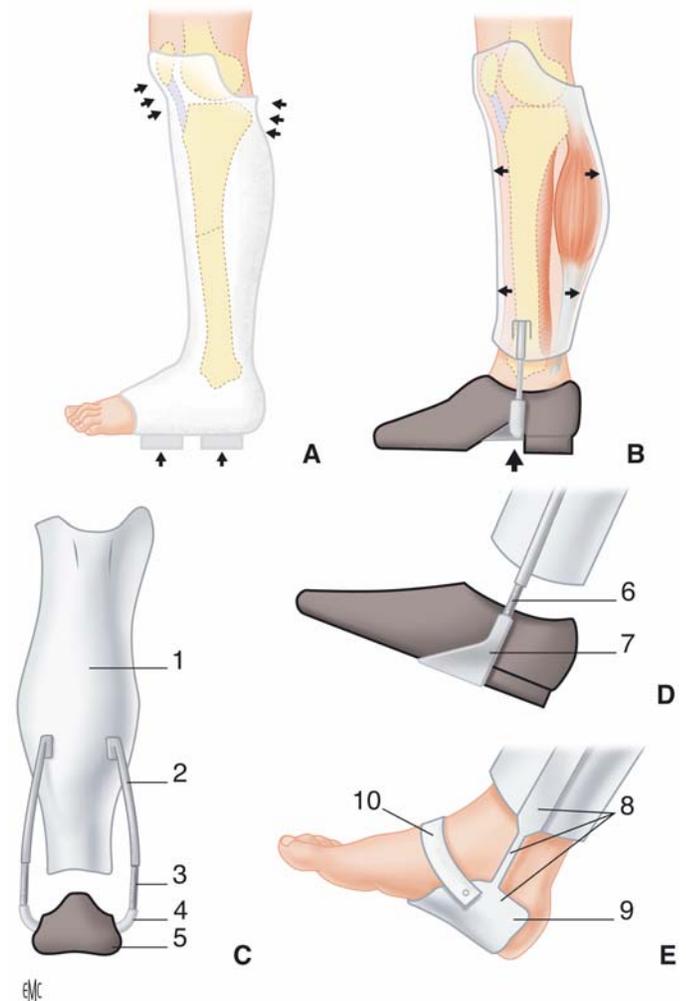


Figure 13. Méthode fonctionnelle de Sarmiento.

A, B. Conteneur hydraulique selon Sarmiento : plâtre bien moulé sur les reliefs anatomiques.

C. Appareil de Sarmiento en plâtre ou en thermoplastique (les câbles peuvent être sortis des montants de l'étau et la chaussure enlevée).

D. La chaussure peut être enlevée.

E. La coque plastique se met à l'intérieur de la chaussure, sous le talon et la médiotarsienne. 1. Jambière ; 2. étrier solidarisé par une bande de plâtre ; 3. câble souple d'acier torsadé ; 4. étau solidaire de la chaussure ; 5. chaussure ; 6. câble en métal ; 7. étau métallique sous la semelle ; 8. plastique ; 9. coque plastique sous-talonnière ; 10. Velcro passant devant le cou-de-pied.

Cerclage percutané. Très peu utilisé en France, il est exclusivement réservé aux fractures spiroïdes dont la longueur de spire est le double de la largeur du tibia. Il nécessite théoriquement l'ablation des fils métalliques à la 6^e semaine du fait d'un risque d'englobement de ces derniers. En revanche l'immobilisation doit être poursuivie jusqu'à consolidation.

Ostéosynthèse par plaque vissée [19, 49, 50] (Fig. 14–16). Bien que moins fréquemment utilisée depuis l'existence de l'enclouage centromédullaire, certaines écoles restent encore fidèles à ce type d'ostéosynthèse. Une compression au foyer est en règle recherchée soit par l'utilisation d'une plaque autocompressive, soit par la réalisation d'un vissage en compression préalable complété par une plaque de neutralisation. Le montage doit être suffisamment rigide pour permettre une mobilisation immédiate des articulations sus- et sous-jacentes. La plaque peut être mise sur la face médiale, latérale ou postérieure (réservée aux fractures du quart inférieur du tibia). Il est de règle d'utiliser des plaques de longueur suffisante pour avoir huit corticales de part et d'autre du foyer de fracture. Le seul avantage de la voie antérolatérale est la couverture de la plaque par des tissus mous limitant les risques de complications cutanées secondaires. Son inconvénient principal est de majorer le déperistage et la dévascularisation des

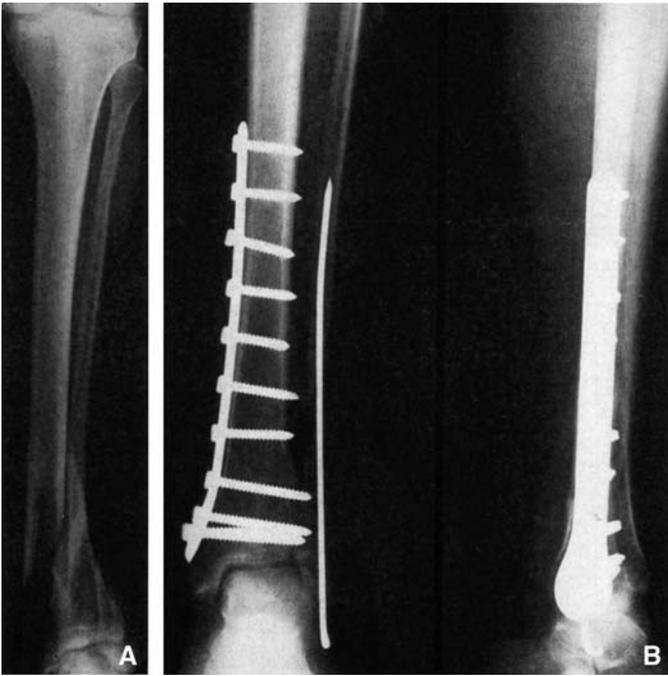


Figure 14.
A. Fracture spiroïde du tiers distal des deux os de la jambe.
B. Synthèse par plaque tibiale diaphysoépiphysaire et clou fibulaire.

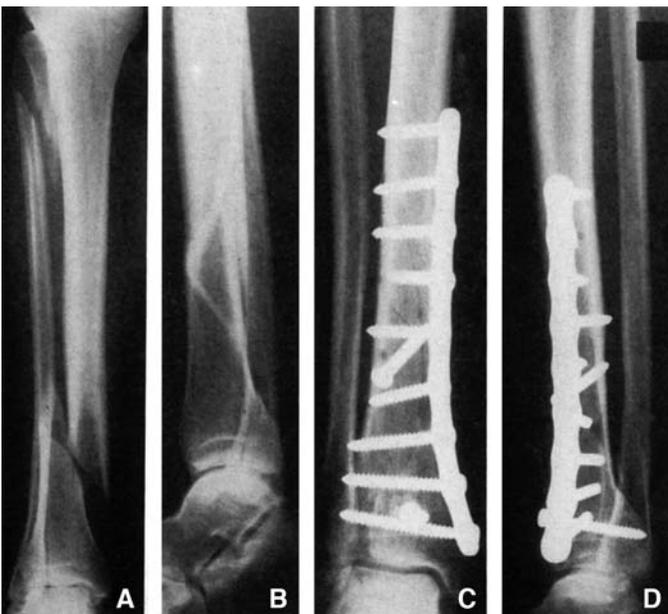


Figure 15.
A à C. Fracture spiroïde du tiers distal du tibia avec trait de refend à la limite de la visibilité et fracture marginale postérieure.
D. L'existence du trait de refend a fait préférer une synthèse à foyer ouvert par plaque.

fragments. Le déperiochage peut être limité grâce à l'utilisation de la table orthopédique qui permet la réduction du foyer de fracture par manœuvre à distance sans l'utilisation de daviers réducteurs, la plaque étant posée sur un foyer réduit.

De nouveaux matériaux sont à l'étude (plaques en carbone, plaques à rigidité variable, plaques en produit biodégradable).

Ostéosynthèse par miniabord et ostéosynthèse mini-invasive [2, 51]. La philosophie de l'ostéosynthèse a évolué depuis 15 ans vers la réalisation d'une ostéosynthèse dite « biologique ». Cette dernière repose sur le meilleur respect de la vascularisation lors de l'acte chirurgical (absence de déperiochage des fragments, en particulier pour les fractures comminutives), le respect de l'architecture osseuse au contact de l'implant, l'optimisation de la consolidation dans la zone à

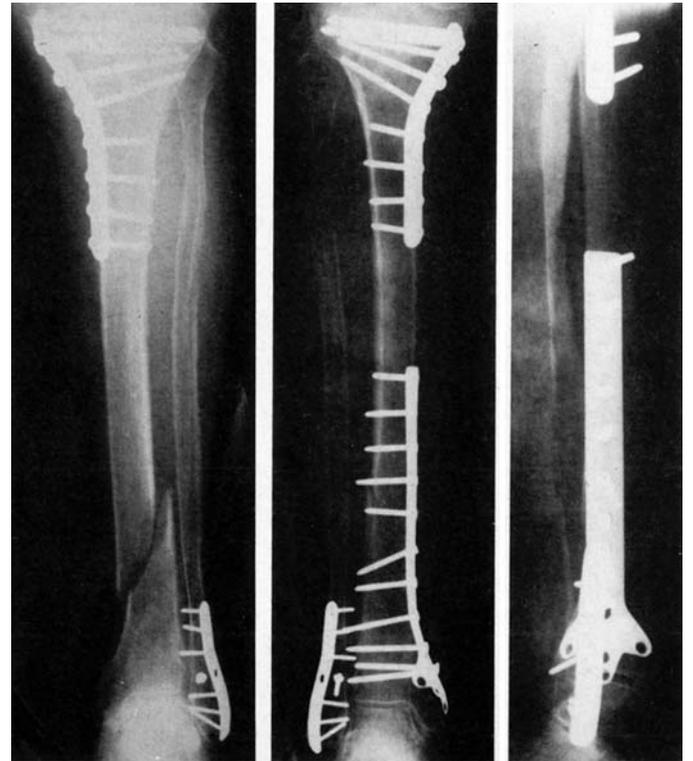


Figure 16. Ostéosynthèse par plaque de nécessité en raison de la présence de matériel au niveau de l'extrémité proximale du tibia (mis en place plusieurs années auparavant). Une ostéosynthèse à foyer fermé aurait imposé l'ablation du matériel.

risque au contact de l'implant, l'amélioration de la tolérance tissulaire vis-à-vis de l'implant en utilisant du titane et la diminution des risques fracturaires lors de l'ablation de l'implant (par diminution de la résorption osseuse au contact de la plaque). Tous ces principes sont intégrés dans la conception des plaques DCP et LC-DCP (*dynamic compression plate* et *limited contact DCP*) qui correspondent à l'évolution des plaques à compression de l'AO. La mise en place de ces implants tente de se rapprocher de celle d'un fixateur externe en respectant au maximum les processus physiologiques de la consolidation, d'où la mise en place par miniabord respectant l'hématome fracturaire, ne déperiochant pas les fragments et limitant les complications cutanées. L'absence de contrôle visuel du caractère anatomique de la réduction implique l'utilisation d'un certain nombre d'astuces ou d'artifices bien décrits par Krettek [50] pour éviter les cals vicieux. Les résultats des séries de plaques percutanées font état de délais de consolidation identiques à ceux de l'ostéosynthèse centromédullaire [52].

Ostéosynthèse à foyer fermé [53-56]. L'ostéosynthèse à foyer fermé regroupe toutes les techniques de synthèse centromédullaire dont l'origine remonte aux travaux de G. Küntscher dans les années 1940.

Enclouage centromédullaire (Fig. 17). Cette technique de stabilisation des fractures sans abord du foyer, respectant ainsi la vascularisation périostée, a connu plusieurs périodes. Initialement il s'agissait d'un enclouage simple, sans alésage ni verrouillage, limité aux fractures transversales et obliques courtes du tiers moyen. Il s'agissait alors d'un enclouage d'alignement n'évitant habituellement pas l'immobilisation plâtrée postopératoire, la bonne stabilité du foyer de fracture n'existant que si le clou avait été mis à « frottement dur ».

Dans un second temps est née la notion d'alésage qui permettait l'extension des indications aux fractures situées aux limites du tiers moyen grâce à l'augmentation de la longueur du cylindre de frottement. L'augmentation du diamètre du clou utilisé pouvait également permettre une remise en charge plus précoce, dictée par les directives du concepteur. L'enclouage avec alésage ne résolvait pas les risques de raccourcissement et de trouble rotatoire en cas de fracture siégeant en dehors du cylindre de frottement ou en cas de fracture comminutive. Les



Figure 17.
A, B. Fracture bifocale comminutive du tiers moyen.
C, D. Échec du traitement orthopédique.
E, F. Enclouage centromédullaire non verrouillé avec saillie de l'extrémité proximale du clou.

avantages et inconvénients de l'alésage sont fréquemment discutés par ses protagonistes (meilleure stabilité primaire, diminution des délais de reprise d'appui, consolidation plus précoce) et ses détracteurs (destruction de la vascularisation endostée, risque accru de syndrome de loges). Une méta-analyse réalisée en 2000 par Bhandari [57] met en exergue, au travers des études prospectives randomisées retenues, une différence significative du taux de pseudarthrose, diminuée d'au moins un tiers par l'alésage, ainsi que du taux de faillite de matériel (fracture de vis de verrouillage ou de clou), diminuée de plus d'un tiers. Il n'existe pas de différence significative en ce qui concerne les autres complications (cals vicieux, infection, embolie pulmonaire et syndrome de loges) ; selon les auteurs, l'effet avéré de l'alésage tibial vis-à-vis de la survenue d'un syndrome de loges dans le cadre des fractures de jambe ne peut en aucun cas être retenu. L'étude multicentrique de Gaebler [58], à propos de 467 cas de fractures traitées par clou non alésé de petit diamètre, permet une bonne mise au point sur les avantages et limites de ce choix thérapeutique. Les avantages en termes de diminution du risque infectieux et de pseudarthrose ne s'avèrent réels que pour les fractures ouvertes ; en revanche, le taux de cal vicieux est élevé (5,6 %) et pour les fractures fermées, un diastasis aussi faible que 3 mm multiplie par 12 le risque de retard de consolidation ($p < 0,001$) et par 4 le risque de pseudarthrose ($p = 0,057$). Cette orientation vers des techniques sans alésage (en particulier pour les fractures ouvertes) a conduit les promoteurs à développer de nouveaux implants plus rigides, comme les clous sans fente [59]. Enfin, certains auteurs [60] ont étudié, par étude expérimentale chez le chien, les effets de l'alésage (classique, limité et sans alésage) sur la porosité corticale de l'os et la formation osseuse. L'augmentation de porosité par rapport à un groupe témoin se voit dans les trois groupes mais c'est le groupe avec alésage limité qui se distingue par la moindre porosité, les groupes avec alésage classique et sans alésage étant superposables. Par ailleurs, il n'y avait pas de différence significative entre les trois groupes en termes de formation osseuse à 11 semaines.

La naissance du verrouillage proximal et/ou distal a permis d'obtenir un montage stable pour la majorité des fractures diaphysaires de jambe quel que soit leur siège. Le verrouillage proximal ne pose en règle aucun problème technique, le système de visée étant solidaire du clou lui-même. Selon le fabricant, on peut avoir deux vis de verrouillage transversales ou une vis transversale et une vis antéropostérieure, cette dernière pouvant exposer à des complications vasculaires par lésion de l'artère

poplitée. Le verrouillage distal est techniquement plus difficile car il se produit, lors de l'introduction du clou dans le canal médullaire, une déformation de celui-ci à type de torsion qui rend impossible un verrouillage distal automatique par l'intermédiaire d'un système de visée fixé à l'extrémité proximale du clou. On est donc conduit à utiliser pour le verrouillage distal :

- un cadre de visée solidaire de l'amplificateur (technique de Grosse et Kempf) qui impose alors d'une part une immobilisation absolue du segment jambier et d'autre part une manipulation très fine de l'amplificateur ;
- un cadre de visée solidaire du clou lui-même (système de Russel-Taylor) qui n'évite pas une manipulation parfois longue de l'amplificateur ;
- un viseur externe dont l'utilisation repose sur l'alignement de mires.

Ce verrouillage aboutit à un montage statique quand il est réalisé aux deux extrémités ou à un verrouillage dynamique lorsqu'il n'est réalisé qu'à une seule extrémité. Le verrouillage dynamique est réservé aux fractures simples du tiers proximal ou du tiers distal et aux fractures du tiers moyen pour lesquelles il existe un risque d'impaction avec ascension du clou au genou. Ce verrouillage dynamique peut être réalisé en proximal ou en distal selon le siège de la fracture. Le montage statique est utilisé pour toutes les autres fractures, en particulier les fractures comminutives et plurifocales. On parle de dynamisation quand il est procédé à l'ablation d'un des verrouillages d'un montage statique. Il a été longtemps pratiqué de façon fréquente par l'école strasbourgeoise vers la 6^e semaine pour favoriser la corticalisation lors de la remise en charge. Il est actuellement moins couramment pratiqué car il ne semble guère modifier les délais de consolidation. Le verrouillage dont l'avantage [1] est de stabiliser le foyer de fracture et d'éviter la survenue de déplacements secondaires a pour inconvénients ses difficultés en distal allongeant la durée de l'acte opératoire et les doses d'irradiation pour l'opérateur, et de pérenniser un écart interfragmentaire éventuellement survenu lors de l'enclouage ; la consolidation précoce du foyer fibulaire risque alors de rendre la dynamisation secondaire inefficace. Dans les formes distales des fractures de jambe, certains auteurs se sont interrogés sur l'utilité de la synthèse simultanée de la fibula pour augmenter la stabilité rotationnelle ; l'étude de Kumar [61] apporte, grâce à une étude biomécanique sur os cadavériques, la preuve que l'ostéosynthèse de la fibula n'augmente pas la stabilité rotationnelle d'une fracture de jambe située à 7 cm de l'interligne tibiotalien et traitée par enclouage centromédullaire statique.

Autres méthodes d'ostéosynthèses centromédullaires [40, 41, 62, 63]. Les difficultés du verrouillage distal sont l'une des raisons du développement de plusieurs autres méthodes de synthèse centromédullaire :

- l'enclouage de De La Caffinière [62] assurant un enclouage flexible par des clous d'un diamètre de 4 à 5 mm qui repose sur les mêmes principes que l'enclouage selon Ender pour les fractures de l'extrémité proximale du fémur. Il existe un système de verrouillage proximal, le blocage distal des clous s'effectuant dans le spongieux ;
- l'enclouage en faisceau élastique de Marchetti [40], le système comprenant une partie primaire verrouillable à la partie proximale et des clous secondaires dont le verrouillage distal est obtenu par divergence de ceux-ci ;
- les clous rectangulaires de Wu [41] qui ont tous les avantages des clous de Ender mais dont la forme rectangulaire donne, d'après les études biomécaniques, une meilleure stabilité aux différents foyers de fractures ;
- les clous à clavette de Langlais.

“ À retenir

Avantages et inconvénients du foyer fermé

- Les avantages principaux du foyer fermé, par rapport à l'ostéosynthèse à foyer ouvert, sont l'absence d'aggravation des lésions cutanées périfracturaires en cas de contusion, le respect de l'hématome et de la vascularisation, en particulier périostée, le rôle inducteur du produit d'alésage, l'absence de spongialisation corticale telle qu'on l'observe sous les plaques d'ostéosynthèse et la diminution très importante du risque de refracture après ablation du matériel.
- Les inconvénients sont les difficultés techniques et les pièges plus nombreux que pour les synthèses par plaque, et la plus grande fréquence des cals vicieux. Par ailleurs, certains ont insisté [64] sur la fréquence des douleurs antérieures du genou après enclouage.

Synthèse externe

Elle peut être réalisée à foyer ouvert ou à foyer fermé et utiliser des systèmes monoplan (type Orthofix® ou tubulaire de Howmédica®), biplan, en cadre ou en V (type fixateur de Hoffmann) ou circulaire (type Ilizarov).

La méthode d'Ilizarov, par la reprise d'appui immédiate qu'elle permet théoriquement, a soulevé, il y a une dizaine d'années, l'intérêt des traumatologues. Malgré cet avantage, inconstant dans nos pays, et son coût faible, la lourdeur de mise en place et de surveillance régulière des fiches ainsi que quelques graves complications vasculonerveuses liées la plupart du temps à une insuffisance de connaissance anatomique [65, 66] ont rendu son utilisation exceptionnelle en traumatologie d'urgence [67].

Indications [68]

Indications des synthèses centromédullaires

Elles sont largement répandues. Leurs deux principales contre-indications sont l'existence d'une lésion associée telle qu'une fracture des plateaux tibiaux, et pour certains auteurs, la présence d'un trait de refend articulaire.

Indications de l'alésage

Ce sont :

- les fractures du tiers moyen pour éviter le blocage du clou ;
- les canaux médullaires étroits pour permettre la mise en place d'un clou d'un diamètre qui autorise la mise en charge en fonction du type de fracture ;

- les fractures siégeant à la limite du tiers moyen pour éviter le verrouillage grâce à une extension du cylindre de frottement.

Indications du verrouillage

Ce sont :

- un montage dynamique pour les fractures du tiers moyen, pour les fractures obliques courtes quel que soit leur siège ou en cas de persistance d'un diastasis au foyer ;
- un montage statique pour les autres types de fracture au tiers supérieur ou tiers inférieur, et pour les fractures comminutives et plurifocales.

L'enquête multicentrique internationale de Bhandari [69] auprès de 577 chirurgiens sur les préférences de traitement des fractures de jambe fait état de 96,3 % de choix d'un enclouage centromédullaire pour les fractures fermées à basse énergie, de 96 % pour les fractures fermées à haute énergie et de 80 % pour les fractures fermées avec syndrome de loges, le choix d'un alésage associé diminuant en cas de haute énergie et de syndrome de loges. Il est intéressant de noter que l'origine géographique du chirurgien intervient de façon significative dans les choix, l'école nord-américaine étant un plus ardent protagoniste de l'alésage.

Ostéosynthèses par plaque (diaphysaire, diaphyséoépiphysaire)

Elles sont réservées, en dehors de question d'école, aux contre-indications des enclouages (fracture à trait de refend articulaire, lésions associées du segment jambier) et pour certains aux fractures des deux extrémités pour lesquelles la réduction par enclouage centromédullaire n'est pas toujours satisfaisante. Cette technique peut parfois être intéressante en cas d'ostéoporose majeure en association à l'utilisation simultanée d'un cimentage de la diaphyse pour augmenter la tenue des vis. Par ailleurs, elle reste une option thérapeutique certaine pour le traitement des pseudarthroses.

Indications du fixateur externe

Elles sont rares dans les fractures fermées. Il est réservé aux fracas pandiaphysaires et aux formes avec contusion cutanée importante. Certains [70] proposent également, en cas de polytraumatisme, une synthèse première par fixateur externe quel que soit le type de fracture, y compris pour les fractures fermées sans contusion cutanée, du fait de la rapidité du geste ; dans un second temps, vers le 15^e jour postopératoire, il est procédé à l'ablation du fixateur externe et à la réalisation d'une synthèse interne, en règle à foyer fermé [71].

Indications du traitement orthopédique

Elles sont devenues rares à l'heure actuelle compte tenu de sa lourdeur et des exigences de réduction [72-74] ; il est réservé aux fractures sans déplacement ou en cas de terrain particulier (patient âgé, artéritique avec troubles trophiques ou en cas de contre-indication anesthésiologique exceptionnelle) même si certains [34, 46] en sont encore de fervents défenseurs.

Autres indications

Dans les formes avec contusion cutanée majeure, il existe une contre-indication formelle aux synthèses à foyer ouvert, mais il faut savoir que, outre une synthèse externe, on peut également proposer un enclouage sans alésage avec surveillance de l'état cutané.

La synthèse de la fibula peut être utile pour redonner la longueur du segment jambier en cas de fracas diaphysaire, en l'absence de possibilité de verrouillage ou en cas de fracture juxtamalléolaire externe pour restaurer la pince bimalléolaire.

■ Évolution et complications

L'étude prospective de Skoog [4] sur 64 fractures de jambes isolées met cependant en exergue le fait que malgré un taux faible de complications, près de la moitié des patients présentent encore, 1 an après leur accident, une limitation des

“ À retenir

Résultats

- Plusieurs méta-analyses récentes [57, 69, 75] permettent l'évaluation objective et comparative des principales méthodes, en termes de risque infectieux, de délai de consolidation et autres complications. Littenberg [75] a identifié 2 886 patients traités pour une fracture fermée de jambe (2 005 traités orthopédiquement ou fonctionnellement, 474 traités par plaque et 407 traités par enclouage) : le délai de consolidation le plus court (médiane 13 semaines) est obtenu par l'ostéosynthèse par plaque ; le taux d'infection est de 0 à 2 % pour le traitement orthopédique et l'enclouage et de 0 à 15 % pour la synthèse par plaque, ce risque infectieux étant plus péjoratif que le gain de consolidation obtenu par l'ostéosynthèse par plaque pour les auteurs.
- Quel que soit le traitement choisi, une intervention différée (> 12^e heure) est responsable d'un taux significativement plus élevé de complications (infection, retard de consolidation, pseudarthrose) sans péjorer par ailleurs le résultat fonctionnel à long terme [76].

possibilités fonctionnelles et une diminution des scores de qualité de vie et de performance professionnelle (même si seulement 5 % des sujets sont toujours en arrêt de travail).

Complications initiales

Complications cutanées

Elles constituent le problème essentiel des fractures de jambe et sont envisagées dans le chapitre sur les fractures ouvertes, même si le problème des contusions cutanées associées constitue la frontière entre fractures fermées et fractures ouvertes.

Complications vasculaires

Elles sont plus rares que dans les fractures métaphysoépiphysaires proximales du tibia ou dans les luxations du genou. On peut observer différents types de lésions artérielles (Cone [77]) : dilacération avec hémorragie de la paroi, lésion intimale avec thrombus, dissection intimale, hématome intramural. Le plus souvent, il s'agit d'une simple compression dans les fractures à grand déplacement, la réduction entraînant la disparition de la symptomatologie. Néanmoins, il est prudent après toute ischémie vraie, même régressive, de réaliser un bilan artériographique à la recherche d'une lésion intimale. Il faut par ailleurs savoir que le thrombus peut survenir plusieurs heures après l'accident. Par conséquent, même en présence de pouls, il faut savoir dépister les signes cliniques d'ischémie à type de douleur, pâleur, froideur, paresthésie ou anesthésie en particulier au niveau de la première commissure de la face dorsale du pied, une paralysie débutante prédominant en règle sur l'extenseur de l'hallux. En présence de ces éléments, un doppler artériel et/ou une artériographie du membre inférieur est réalisée.

En cas de lésion vasculaire, il est réalisé un geste chirurgical rétablissant la continuité avec ou sans interposition de greffon veineux, ce geste étant réalisé après stabilisation du foyer de fracture.

À part, citons les complications iatrogènes des verrouillages proximaux antéropostérieurs, exceptionnelles en raison du développement de clou à verrouillage proximal transversal.

Complications nerveuses

Les lésions nerveuses vont souvent de pair avec les lésions artérielles par atteinte d'un pédicule. Il peut s'agir d'une lésion par compression, contusion, étirement ou plus rarement



Figure 18. Système de contrôle de pressions (Stryker).

rupture. Les lésions associées de la fibula au col ou les luxations tibiofibulaires proximales imposent un examen particulièrement précis dans le territoire du nerf fibulaire commun. Toute anomalie préopératoire doit être consignée dans le dossier et le compte rendu opératoire.

En dehors des cas où un geste vasculaire ou sur les parties molles (lambeau de couverture) s'impose, l'exploration et l'éventuelle réparation des lésions nerveuses sont exceptionnellement réalisées en urgence.

Syndrome de loges

La survenue d'un syndrome de loges est plus fréquente en postopératoire, mais il faut savoir qu'il peut exister, de façon initiale, en particulier en cas de traumatisme appuyé et prolongé.

Complications secondaires précoces

Complications locales

Syndrome de loges

Les fractures de jambe sont l'étiologie essentielle des syndromes de loges dont la fréquence est de 1 à 5,5 % selon les séries. Ils peuvent même être beaucoup plus fréquents dans certaines formes (48 % dans la série de fracture bifocale de Woll [26]). Il est immédiatement suspecté sur un seul des signes suivants : douleur du mollet classiquement importante mais pouvant être tout à fait banale, et caractéristique lorsqu'elle est augmentée par l'étirement des muscles de la loge concernée (il faut savoir d'ailleurs que la douleur peut être totalement absente) ; hypoes-thésie de la première commissure de la face dorsale du pied ; diminution de force musculaire de l'extenseur propre du gros orteil ou de l'ensemble des extenseurs du pied et de la cheville. La palpation de la tension des loges musculaires est rarement déterminante dans ce contexte postopératoire. Au moindre doute, il est impératif et urgent de réaliser au lit du malade une prise des pressions intramusculaires dans au moins deux des quatre loges (plus fréquemment loges antérieure et postérieure superficielle) sans anesthésie à l'aide d'un système de contrôle de pressions (Fig. 18) ; il est souvent utile en cas de valeurs de pression limites de réaliser un examen comparatif. La corrélation entre les données cliniques et la valeur comparative des pressions intramusculaires doit conduire, en cas de suspicion de syndrome de loges, à la réalisation immédiate d'une aponévrotomie des quatre loges réalisée en règle à ciel ouvert, sous peine de voir évoluer un syndrome de Volkmann du membre inférieur avec notamment une griffe définitive des orteils. Les séquelles sont potentialisées en cas de lésion des parties molles dans le cadre des fractures ouvertes [78].

Des syndromes de loges ont été décrits à la jambe controlatérale qui est mise en position gynécologique forcée pour faciliter le contrôle radiologique lors de l'enclouage. Anglen [79] en rapporte deux cas, les autres étant décrits au décours de chirurgie urologique, gynécologique ou générale.

Certains auteurs pensent que les techniques d'enclouage centromédullaire avec ou sans alésage favorisent la survenue d'un syndrome de loges postopératoire ; il faut citer le travail prospectif de Roger [80] qui a réalisé sur 11 patients une prise de pression en préopératoire et 12 heures après l'intervention : aucune modification significative des pressions n'a pu être mise en évidence. Des cas ont été décrits après ostéosynthèse par plaque (un cas dans la série de Piriou [19]). Par ailleurs, comme nous l'avons déjà signalé, la méta-analyse réalisée par Bhandari en 2000 [56] à partir d'études prospectives randomisées ne retrouve pas de différence significative de l'incidence des syndromes de loges après enclouage centromédullaire avec ou sans alésage.

Il faut bien distinguer des syndromes de loges les complications nerveuses du membre inférieur le plus souvent par compression et en rapport avec l'installation du patient, en particulier sur la table orthopédique [81].

Complications cutanées (désunion, nécrose)

Elles surviennent de façon préférentielle en cas de traumatisme appuyé et/ou d'ostéosynthèse par plaque, en règle au cours des 8 premiers jours suivant l'accident. La contusion et l'état cutané préopératoire sont des éléments fondamentaux : Piriou [19] retrouve 3 % de nécrose après ostéosynthèse par plaque sur peau parfaite et 36,6 % en cas de contusion initiale. La contusion initiale doit impérativement être une contre-indication à l'utilisation d'une plaque.

Hématome

Le diagnostic est purement clinique. Il peut nécessiter ou non un geste d'évacuation. Les principaux diagnostics différentiels, pour les loges postérieures, sont la phlébite et le syndrome de loges. Dans les traitements par plaque, l'hématome est presque toujours synonyme de survenue de nécrose et/ou d'infection (86 % des hématomes dans la série de Piriou [19]). Par conséquent, la reprise chirurgicale est le plus souvent préférable.

Infection

L'infection précoce survient au cours du premier mois postopératoire ; c'est la complication la plus redoutable des fractures de jambe ; elle est corrélée à l'état cutané initial. Son incidence a diminué depuis l'avènement des antibiotiques qui en ont également modifié l'évolution et le pronostic. Les germes en cause sont très variables mais on retrouve une forte prépondérance de *Staphylococcus aureus*. L'incidence de cette complication est directement liée à l'état cutané et le taux global moyen (toutes séries et tous stades confondus) est de l'ordre de 4 %. L'ensemble des séries de clous affiche un taux moyen d'infection précoce inférieur aux séries de plaques [19, 82, 83].

On distingue classiquement les infections superficielles et profondes mais cette distinction est souvent difficile en pratique.

Il faut distinguer la collection localisée bien circonscrite, sans signes généraux ni radiographiques, siégeant par exemple sur la cicatrice sous-rotulienne d'un enclouage, à distance du foyer de fracture. Dans ce cas, le traitement peut comporter une simple évacuation de la collection associée à une antibiothérapie adaptée. En cas d'infection du foyer lui-même, surtout si elle s'accompagne de signes généraux et biologiques, la reprise chirurgicale d'urgence est impérative. Outre la mise à plat de l'abcès, elle impose l'excision des parties molles infectées, un lavage abondant et la mise en route d'une antibiothérapie adaptée. À ce stade précoce, il est de règle de laisser en place le matériel d'ostéosynthèse quel qu'en soit le type. Le drainage est constant avec surveillance régulière des prélèvements bactériologiques [84, 85]. Citons les risques d'ostéoarthritis du genou dans les ostéosyntheses centromédullaires par voie proximale.

Par ailleurs, il faut insister sur le fait que le meilleur traitement de l'infection précoce est préventif, notamment grâce à la

réalisation d'une antibioprofylaxie, aussi bien pour les fractures ouvertes que fermées, sous forme d'une dose flash ou d'une prescription de 24 à 48 heures.

Déplacement secondaire

On isole, au cours d'un traitement orthopédique, les déplacements secondaires qui témoignent d'une fracture instable. Un défaut technique de réalisation du plâtre (plâtre insuffisamment moulé avec présence de couches d'air entre les bandes, utilisation de velbandes, chambre visible sur la radiographie) peut parfois être retrouvé. Le déplacement peut également survenir après la fonte de l'œdème initial.

La survenue d'un déplacement secondaire dans les suites d'une ostéosynthèse s'accompagne en règle d'un démontage ; il peut être dû à un montage insuffisant, à une remise en charge trop précoce ou à un os de mauvaise qualité. Le démontage peut correspondre à une expulsion de vis ou à une rare fracture ou inflexion du matériel. On retrouve 7 % de fractures de plaques dans la série de Piriou [19], pratiquement toujours liées à un appui intempestif. L'incidence des ruptures de clou est très faible dans certaines séries (Kempf [18] : 0,7 %, Klemm [21] : 0,5 %), parfois plus élevée dans d'autres séries (Alho [20] : 5,1 %). Les expulsions de vis de verrouillage sont plus fréquentes (Kempf [18] : 6,8 %) mais le plus souvent sans traduction clinique. La prévention de ces déplacements secondaires après ostéosynthèse repose sur la prise d'un nombre suffisant de corticales en cas de synthèse par plaque (en règle huit corticales) et sur la réalisation de montage statique pour toute fracture instable en cas d'enclouage. Même avec les techniques d'enclouage statique, l'appui doit en règle être différé en cas de fracture instable (en particulier fracture comminutive, fracture plurifocale).

Complications générales

Phlébite et embolie pulmonaire

Leur fréquence est variable selon les publications : de 0 à 4,5 % pour les phlébites et de 0 à 2 % pour les embolies pulmonaires. Elles sont au mieux prévenues par la prescription systématique d'une prophylaxie antithrombotique souvent réalisée actuellement par des héparines de bas poids moléculaire. Cette prophylaxie est indispensable jusqu'à une reprise de la marche normale en appui complet. L'un des avantages de l'ostéosynthèse est la possibilité de mobilisation précoce de la cheville, du pied et du genou, élément capital pour limiter la stase veineuse mais ne permettant pas néanmoins de se passer de thromboprofylaxie. En ce qui concerne les embolies graisseuses, elles sont beaucoup plus rares qu'au fémur et seule la série de Béjui [86] retrouve 2 % d'embolie graisseuse.

Autres infections

Elles peuvent être urinaires, bronchopulmonaires ou autres. Leur incidence est exceptionnellement signalée dans les revues de la littérature.

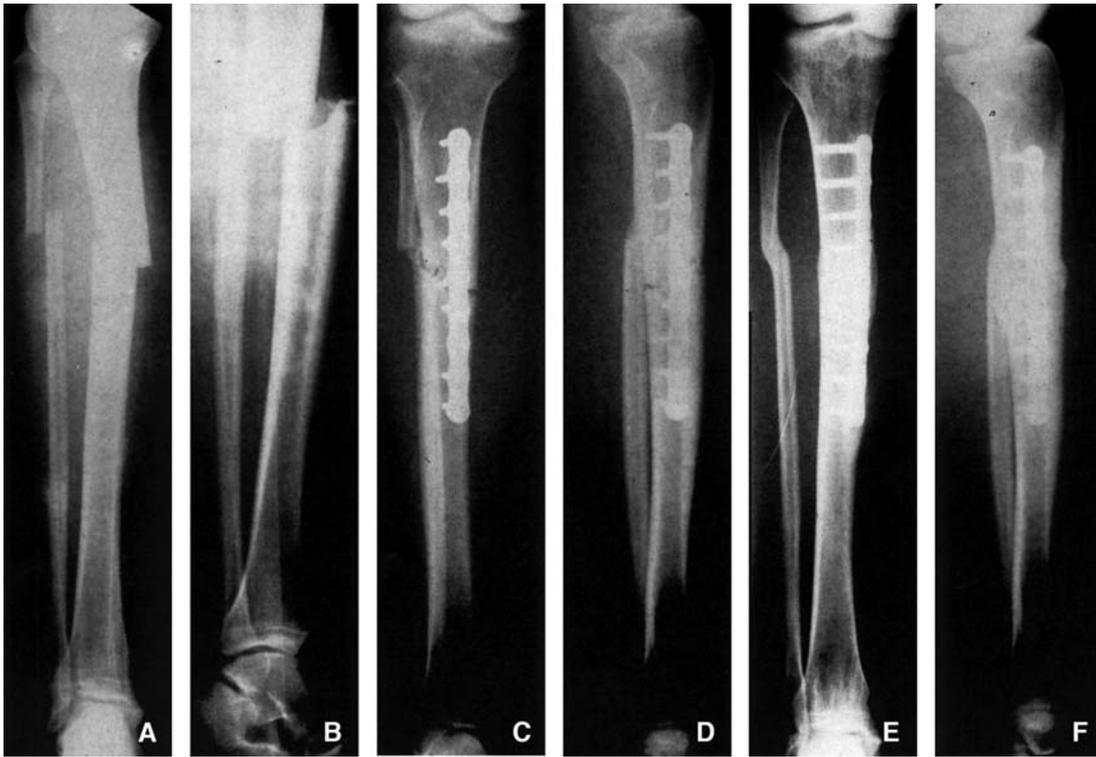
Complications diverses

De nombreuses complications ont pu être décrites (complications cardiaques type infarctus, décès...) ; elles sont heureusement exceptionnelles en cas de fracture isolée des deux os de la jambe.

Complications secondaires tardives

Retard de consolidation et pseudarthrose (Fig. 19-21)

Définition, fréquence, facteurs prédictifs. La pseudarthrose est l'absence définitive de consolidation aboutissant classiquement à la création d'une néoarticulation. Un délai de 6 mois est reconnu par la majorité des auteurs pour parler de pseudarthrose. En Amérique du Nord, le délai consacré par la Food and Drug Administration (FDA) est de 9 mois [81, 85]. Elle est à distinguer du retard de consolidation qui est l'absence de consolidation dans les délais habituels mais où la guérison peut encore survenir car il existe des signes d'évolutivité. La définition du retard de consolidation est très variable selon les auteurs : classiquement compris entre 20 et 26 semaines ; il

**Figure 19.**

A à D. Fracture transversale à la jonction tiers proximal/tiers moyen (A, B) synthésée par plaque (C, D). Pseudarthrose atrophique.

E, F. Apport osseux spongieux par voie médiale à 6 mois. Consolidation.

correspond pour d'autres au moment où une nouvelle attitude thérapeutique est envisagée. On distingue les pseudarthroses atrophiques (dites « avasculaires ») où il existe une sorte d'involution des berges osseuses, dont le traitement est souvent difficile, et les pseudarthroses hypertrophiques (ou « hypervasculaires ») ou en « pattes d'éléphant » où il existe une hypertrophie des berges fracturaires et qui sont souvent dues à une consolidation contrariée, notamment par un défaut d'immobilisation ou de stabilité du montage. Les facteurs favorisant la pseudarthrose sont : l'ouverture ou les contusions cutanées et l'énergie du traumatisme, la perte de substance osseuse, le type de fracture (par exemple 3^e fragment par coin de flexion), le siège (quart distal), un déplacement initial important, une absence ou une insuffisance d'immobilisation, le déperiochage peropératoire. L'incidence de la pseudarthrose varie selon les séries et le traitement initial utilisé. Sarmiento [87], dans une série de 960 patients traités orthopédiquement, retrouve 98,5 % de consolidation per primam avec 6 % de consolidation différée ; les facteurs de retard de consolidation étant les circonstances de la fracture (incidence doublée dans les accidents de la voie publique par rapport aux chutes), la nature comminutive (9 % retard de consolidation) ou bifocale (21 % retard de consolidation) de la fracture. Dans les séries d'ostéosynthèses par plaque, l'incidence varie de 0 à 11 %, en sachant que le taux de 11 % correspond à une série de fractures ouvertes. Dans les séries d'ostéosynthèse par clou, l'incidence varie de 0,6 à 8,2 % [77]. La revue de littérature de la conférence d'enseignement de Phieffer [88] retrouve un taux d'incidence combinée (à partir de 22 séries et 5 517 fractures) de pseudarthrose de 2,5 % et de retard de consolidation de 4,4 % ; ces valeurs seraient plus faibles si les fractures fermées à basse énergie étaient isolées des fractures ouvertes à haute énergie.

Certains auteurs [89, 90] se sont attachés à identifier des facteurs prédictifs de réintervention après traitement chirurgical des fractures de jambe, la première cause de réintervention étant le retard de consolidation. Dans l'étude de Bhandari [90], trois facteurs prédictifs ont pu être individualisés à partir d'une série de 200 fractures : un trait de fracture transversal, l'absence de contact cortical (sur au moins deux corticales) sur le cliché postopératoire et l'existence d'une lésion cutanée quelle qu'elle soit. Ces trois facteurs permettent de subdiviser les patients en plusieurs catégories (risque faible, modéré, élevé et très élevé) selon qu'ils possèdent zéro, un, deux ou trois facteurs prédictifs. L'étude d'Audigé [89], intéressante par le détail de son analyse

uni- puis multivariable, retrouve une fois encore comme éléments prédictifs l'état cutané (selon la classification de l'AO), le diastasis postopératoire et la localisation sur la partie distale de la diaphyse, les autres facteurs n'étant corrélés qu'au travers de ceux-ci.

Critères diagnostiques. Le diagnostic de retard de consolidation puis de pseudarthrose repose sur des critères cliniques et radiographiques, le faisceau d'arguments aboutissant au diagnostic étant éminemment variable selon les chirurgiens [91] :

- critères cliniques : mobilité du foyer de fracture (valable en cas de traitement orthopédique ou de clou d'alignement non verrouillé), douleur lors de la palpation du foyer de fracture, douleur lors de la mise en charge ou lors de la mobilisation en torsion du squelette jambier (ce dernier critère pouvant être d'appréciation difficile en cas de rigidité importante du matériel), accessoirement, augmentation de la chaleur locale ;
- critères radiographiques : il s'agit de la persistance d'une solution de continuité avec un cal peu ou pas visible. Il faut savoir que l'estimation de la valeur du cal est parfois difficile, notamment après traitement chirurgical, et impose la réalisation de radiographies de trois quarts et éventuellement de tomographies. Les paramètres radiologiques évalués regroupent la continuité corticale (sur différentes incidences), la diminution de la solution de continuité sur des clichés successifs et la taille du cal. D'autres examens tels la scintigraphie ou l'examen tomodensitométrique peuvent s'avérer utiles pour apprécier la taille du cal mais peuvent difficilement être préconisés comme examens de surveillance de routine compte tenu de la fréquence de cette pathologie.

Whelan [92] a réalisé une étude inter- et intraobservateur d'appréciation de la consolidation après ostéosynthèse centro-médullaire. Il confirme l'absence d'échelle de gradation d'évaluation du cal. Sur les quatre critères retenus (1. interprétation subjective de la consolidation, 2. extension et qualité du cal, 3. nombre de corticales pontant le cal et 4. nombre de corticales avec solution de continuité), la concordance globale interobservateur est moyenne ($\kappa = 0,6$) ; le meilleur critère de concordance est celui du nombre de corticales pontant le cal ($\kappa = 0,75$). Les auteurs recommandent l'évaluation, lors de chaque visite de contrôle d'une fracture de jambe traitée par enclouage, du nombre de corticales pontant le cal sur des clichés de face et de profil. De nouvelles méthodes sont à l'étude (ultrasons, réactions vibratoires mécaniques [93, 94]) qui permettraient le dépistage précoce des pseudarthroses.



Figure 20.

A, B. Pseudarthrose hypertrophique d'une fracture du quart distal de la jambe associée à une fracture bimalléolaire synthésée.
C. Ablation des vis distales fracturées.
D. Décortication et apport osseux par voie médiale.

Principes thérapeutiques. Ils reposent sur la stimulation de l'ostéogenèse et la mise en compression du foyer. La stimulation de l'ostéogenèse peut être réalisée par alésage, apport osseux, décortication ou pour certains par électrostimulation. La mise en compression du foyer est réalisée par la dynamisation d'un clou, la mise en appui ou l'utilisation de plaques en compression.

Indications. Elles dépendent de la méthode thérapeutique initiale.

• En cas de pseudarthrose sur enclouage centromédullaire verrouillé (cas de figure le plus fréquent à l'heure actuelle dans le cadre des fractures diaphysaires fermées de jambe), il est le plus souvent réalisé un nouvel enclouage avec alésage [95-98]. C'est par ailleurs le traitement de choix pour les pseudarthroses après traitement non chirurgical. On y associe une ostéotomie de la fibula en cas d'espace interfragmentaire



Figure 21.

A, B. Pseudarthrose serrée d'une fracture du tiers moyen traitée par enclouage d'alignement.
C, D. Reprise par changement de clou avec alésage et ostéotomie de la fibula.

et le montage est en règle dynamique. Les ostéotomies de première intention de la fibula ont été discutées par certains [99] en cas d'enclouage après fracture isolée du tibia. En revanche, en cas d'antécédents septiques, le traitement de la pseudarthrose par alésage et enclouage centromédullaire est grevé d'un taux de récurrence infectieuse de 22 à 38 %, même en cas de consolidation. Lorsque la pseudarthrose s'accompagne d'une fracture d'un clou centromédullaire, Gosling [100] a décrit une technique astucieuse avec mise au point d'un ancillaire d'extraction du fragment distal.

- En cas de pseudarthrose après ostéosynthèse par plaque, on réalise volontiers un apport osseux spongieux intrafocal [101], avec ou sans décortication [102] (décortication difficile dans les formes atrophiques), sans nécessité d'ostéotomie de la fibula. Une technique mini-invasive avec repérage sous scopie et apport osseux à la seringue a été décrite par Bushnell [103]. Les ostéotomies de première intention de la fibula ont été discutées par certains [99] en cas d'enclouage après fracture isolée du tibia.
- La greffe intertibiofibulaire est une technique particulière pour les pseudarthroses de jambe. Elle est très rarement réalisée de première intention ou en l'absence de sepsis car elle fait perdre l'élasticité de la fibula et altère la fonction de la mortaise tibiofibulaire. Elle nécessite impérativement une fibula solide ou au moins synthésée ; elle est réalisée avec des greffons corticospongieux ou spongieux pur.
- Le fixateur d'Iizarov peut trouver sa place dans le traitement des pseudarthroses du fait de ses possibilités de compression-distraction favorables à l'ostéogenèse [104-106].
- Les pseudarthroses de la fibula sont rares et exceptionnellement symptomatiques ; Shen [107] retrouve 15 cas sur 335 fractures de jambe (soit 4,5 %) dont seulement quatre étaient symptomatiques et ont été traités par résection de la pseudarthrose hypertrophique.
- Des procédés récents méritent d'être signalés :
 - L'utilisation d'ondes de choc bien connue pour le traitement des lithiases urinaires (lithotrypsie) est possible sur l'os et entraîne une stimulation de la néovascularisation, une stimulation des ostéoblastes et une formation d'os.

Après une phase d'expérimentation animale, des essais cliniques ont été réalisés chez l'homme : Wang et al. [108] ont traité par ondes de choc de façon prospective 72 pseudarthroses diaphysaires dont 19 pseudarthroses du tibia. La consolidation était évaluée par des critères cliniques et radiologiques (radiographies et tomographies). Les résultats font état de délais de consolidation similaires à ceux des techniques chirurgicales, sans les risques inhérents à l'acte chirurgical. Cette technique est plus efficace pour les pseudarthroses hypertrophiques ou avec une perte de substance que dans les pseudarthroses atrophiques ;

- l'utilisation de facteurs biochimiques susceptibles d'induire la différenciation des cellules souches mésenchymateuses en cellules ostéoprogénitrices (comme par exemple la *bone morphogenetic protein* [BMP], ou RHBMP-7) ou de stimuler le processus de la consolidation osseuse est une voie en pleine évolution, mais qui nécessite des évaluations précises car les premiers résultats sont contradictoires dans le traitement des pseudarthroses.

Cal vicieux [44, 87, 109-111] (Fig. 22)

On appelle cal vicieux la consolidation d'une fracture avec une déformation osseuse susceptible d'entraîner des conséquences fonctionnelles. Les cals vicieux sont dus à un défaut de réduction initiale ou à un déplacement secondaire négligé. L'incidence des cals vicieux est très variable selon d'une part les chiffres retenus comme définition du cal vicieux et d'autre part les méthodes et les séries. Les limites de tolérance actuellement retenues sont inférieures aux chiffres autrefois classiques : 10° pour le varus et les troubles sagittaux, 15° pour le valgus (le valgus pouvant être compensé par un varus de l'articulation sous-talienne), 10° de rotation interne, 15° de rotation externe (une hyperrotation externe gênant peu le passage du pas) et 2 cm de raccourcissement. En revanche, les chiffres retenus pour définir l'existence d'un cal vicieux sont moindres dans la littérature nord-américaine et notamment les méta-analyses récentes [57] : 5° pour l'angulation, 10° pour la rotation et 1 cm pour le raccourcissement.

Dans les séries d'ostéosynthèses par plaque, l'incidence des cals vicieux varie de 1 à 22 %. Les cals vicieux en varus correspondent fréquemment à des fractures basses et sont dus à un cintrage excessif de la plaque. Les cals vicieux en valgus sont souvent dus à une reprise intempestive de la marche (30 % dans le groupe des fractures reprises dans la série de Piriou [19]). Dans les séries d'ostéosynthèses par clou, les chiffres varient de 0 à 37 % selon les critères retenus. La série de Boucher [109] qui utilise un système d'acquisition tridimensionnelle analysant notamment les troubles rotatoires fait état de 77 % de cals vicieux (soit dix patients sur 13) ; si les critères retenus avaient été 5° de variation dans un plan, l'incidence des cals vicieux aurait été proche de 100 %. La série de Sarmiento [87] évaluant 1 000 fractures diaphysaires traitées fonctionnellement insiste sur le rôle de la fracture associée de la fibula en cas de raccourcissement final supérieur à 20 mm ; il est cependant certain que seules les fractures dont le raccourcissement initial était inférieur à 12 mm pouvaient prétendre à ce traitement.

Le retentissement fonctionnel à long terme des cals vicieux a été analysé de façon très précise par Milner [111] à partir de 164 dossiers (issus d'une cohorte de 1 400 fractures de jambe traitées orthopédiquement) revus avec un recul moyen de 36 ans. L'incidence des cals vicieux est élevée : pour les déviations frontales, on note 29 % de cals vicieux avec un angle supérieur à 5° et 4 % avec un angle supérieur à 10°. Pour les déviations sagittales, on note 34 % de cals vicieux avec un angle supérieur à 5° et 9 % avec un angle supérieur à 10°. Une anomalie rotatoire supérieure à 10° est observée dans 25 % des cas et supérieure à 20° dans 3 %. Un raccourcissement supérieur à 1 cm est mesuré dans 21 % des cas et supérieur à 2 cm dans 5 %. Cette étude est tout à fait rassurante quant au retentissement fonctionnel du cal vicieux, tant au genou qu'à la cheville : aucune corrélation statistiquement significative n'est mise en évidence en termes d'arthrose clinique et/ou radiographique (au genou ou à la cheville) et de raideur articulaire. Seule une



Figure 22. Exemple de cal vicieux dans les suites d'un traitement orthopédique (réalisé du fait de lésions d'eczéma). Pas d'indication chirurgicale du fait d'une bonne tolérance fonctionnelle.

raideur objective de l'articulation sous-talienne est corrélée à un trouble de l'axe global du membre inférieur. Cependant, les échantillons ne permettent pas d'étudier séparément avec une puissance statistique suffisante le groupe des cals vicieux les plus importants. Ces données corroborent totalement celles publiées préalablement par Kristensen [112] et Merchant [113].

Le bilan clinique et radiographique a pour but essentiel d'apprécier le retentissement fonctionnel, critère essentiel d'indication chirurgicale. La quantification du cal vicieux est faite cliniquement en cas d'anomalie rotatoire, même si la précision n'est que relative et radiographiquement pour les autres types de déformation ; les mesures sont faites le plus souvent sur des radiographies après avoir recherché le plan de déformation minimale et maximale ; les imprécisions des mesures aboutissant à une sous-estimation des cals vicieux ont été soulignées par Boucher [109]. La technique décrite par

Milner [110] et utilisant la radiographie de la jambe controlatérale et son axe tibial comme « patron » permet d'améliorer la précision du calcul pour les déformations non rotatoires. Le scanner, en l'absence de matériel, est la seule méthode permettant de mesurer l'anomalie de torsion tibiale de façon précise.

Sur le plan thérapeutique, la correction idéale se fait au siège de la déformation. Elle peut alors être soumise à des aléas de consolidation, en cas de diaphyse scléreuse. Lorsqu'elle est réalisée au niveau métaphysaire, elle est en règle plus facile mais expose à une déformation en Z en cas de cal vicieux frontal par exemple. Elle a un intérêt en cas d'ancien foyer septique. Elle est réalisée en zone métaphysaire supérieure ou inférieure, selon le siège de la fracture. L'ostéotomie idéale est plane oblique, permettant ainsi la correction de l'ensemble des déformations, mais il s'agit d'une technique de réalisation difficile. En cas d'ostéotomie cunéiforme, beaucoup préfèrent, malgré le raccourcissement engendré, l'ostéotomie de fermeture qui facilite la consolidation. Outre la prise du greffon, l'ostéotomie d'ouverture a l'inconvénient de la mise en tension des parties molles rétractées. Une ostéotomie de la fibula est impérative lorsque celui-ci fait obstacle à la réduction. Plusieurs méthodes de fixation peuvent être utilisées : agrafes, plaque, clou. Un apport osseux de principe peut être discuté, selon l'importance du cal.

Un retentissement sévère du cal vicieux sur l'articulation tibiotaliennne, relativement rare, pourrait amener à discuter l'arthrodèse.

Le meilleur traitement doit être préventif grâce à la qualité de la réduction préopératoire, à la mise en place soigneuse, en cas d'enclouage, du guide-clou au centre de la plaque épiphysaire inférieure, grâce à la réalisation de verrouillage statique pour les fractures instables et à l'absence d'appui immédiat, même soulagé, pour les fractures instables.

Infection

L'infection au stade tardif entre dans le cadre des ostéites ou des pseudarthroses supprimées ; sa plus grande fréquence en cas de fractures ouvertes fait qu'elle est traitée dans ce chapitre (cf. Encyclopédie médicochirurgicale, 14-086-A-20). L'incidence de

cette complication dans les fractures fermées est très variable, de 0 à 4,4 % (Court Brown [114] : 1,8 %, Bone [22] : 4,4 %).

Raideur articulaire

Elle peut toucher l'articulation du genou et surtout la tibiotaliennne et est essentiellement observée après traitement orthopédique ; elle est rarement quantifiée dans les séries d'ostéosynthèses mais la position d'équin antalgique après ostéosynthèse peut être difficile à récupérer, d'où l'intérêt d'une immobilisation postopératoire transitoire en position anatomique de la tibiotaliennne. Selon Sarangi [115], il existe un lien constant entre raideur et algodystrophie. Par ailleurs la raideur n'est pas proportionnelle à la gravité de la fracture et à l'existence de lésions vasculaires. On peut observer des raideurs du genou au décours des enclouages centromédullaires par saillie de l'extrémité du clou. Signalons ici la fréquence des douleurs antérieures du genou en cas de traitement par enclouage ; leur incidence varie dans la littérature de 16 % [20] à plus de 60 % [31] mais Bonneville [31] insiste sur leur faible intensité, leur constante disparition à l'ablation du clou et le rôle de la protrusion corticale antérieure dans leur genèse. L'étude ultrasonographique postopératoire du tendon patellaire [64] ne trouve pas de différence significative en termes d'épaisseur tendineuse, de vascularisation, de trophicité tendineuse en fonction de la voie d'abord (transtendineuse ou paratendineuse) et de l'existence de douleurs.

Algodystrophie

L'algodystrophie est un syndrome fréquemment méconnu dont l'incidence est sous-estimée. Les signes cliniques sont composés de douleurs et de troubles trophiques.

Le diagnostic positif repose essentiellement sur la positivité de la scintigraphie. Dans une étude prospective, Sarangi [115] retrouve 30 % d'algodystrophie au moment de la consolidation sans corrélation avec la méthode thérapeutique ou la gravité de la fracture. Il remarque l'absence d'augmentation du délai de consolidation mais en revanche un retard à la reprise du travail.

“ Points forts

- Les fractures fermées de jambe sont les plus fréquentes des fractures des os longs. Elles ont un potentiel évolutif plus simple que les fractures ouvertes mais il ne faut pas omettre néanmoins le risque de complications redoutables telles que l'infection et le syndrome de loges. Par ailleurs, seul un patient sur deux environ a une récupération fonctionnelle ad integrum à 1 an.
- Il faut distinguer les fractures par traumatisme direct, apanage des accidents de la voie publique et du sujet jeune, qui même si elles ne sont pas ouvertes, sont souvent associées à une contusion cutanée et à des lésions des parties molles, et les fractures par traumatisme indirect, apanage des accidents sportifs et des chutes touchant pour ces dernières les sujets plus âgés.
- Le diagnostic ne pose en règle aucun problème. La classification utilisée pour les fractures fermées de jambe repose sur la nature et la topographie du ou des traits.
- Les deux éléments fondamentaux au stade du bilan préthérapeutique sont l'évaluation de l'état cutané et des parties molles (surtout en cas de choc direct et de traumatisme à haute énergie) et la recherche systématique d'un syndrome de loges.
- Les avantages principaux du foyer fermé, par rapport à l'ostéosynthèse à foyer ouvert sont : l'absence d'aggravation des lésions cutanées périfracturaires en cas de contusion, le respect de l'hématome et de la vascularisation, en particulier périostée, le rôle inducteur du produit d'alésage, l'absence de spongialisation corticale telle qu'on l'observe sous les plaques d'ostéosynthèse, et la diminution très importante du risque de refracture après ablation du matériel.
- Les inconvénients sont les difficultés techniques et les pièges plus nombreux que pour les synthèses par plaque, et la plus grande fréquence des cals vicieux.
- Les complications secondaires tardives des fractures de jambe comprennent essentiellement le retard de consolidation et/ou la pseudarthrose et les cals vicieux. Dans les deux cas, les critères retenus comme définition de ces complications ou critères d'évaluation sont très variables dans la littérature, rendant difficile la comparaison entre les séries.
- Le diagnostic de retard de consolidation doit reposer sur un faisceau d'arguments cliniques et radiographiques. Les éléments les plus simples du diagnostic sont la recherche d'une douleur au niveau du foyer lors de diverses sollicitations (mise en charge, palpation, torsion du squelette jambier) et l'évaluation du nombre de corticales pontant le cal sur des clichés de face et de profil.
- Les critères retenus pour parler de cal vicieux sont plus sévères actuellement que par le passé et plus sévères dans la littérature nord-américaine. En Europe, les chiffres retenus sont de 10° pour le varus et les troubles sagittaux, de 15° pour le valgus (qui peut être compensé au niveau de la sous-taliennne), 10° de rotation interne, 15° de rotation externe et 2 cm de raccourcissement. L'appréciation précise des troubles rotatoires du squelette jambier impose la réalisation d'un scanner.

Déminéralisation

Elle est constante et peut, selon Ulivieri [116], atteindre 50 %. Elle débute aux alentours du 30^e jour après la fracture et est maximale au 120^e jour. La persistance d'une ostéoporose locale peut favoriser, selon Sarangi, une refracture.

Refracture

Une refracture correspond à une nouvelle fracture au même endroit après consolidation du foyer initial. Elle est à distinguer de la fracture en bout de plaque survenant en cas de reprise d'appui intempêtif ou d'os ostéoporotique et de la mobilisation secondaire du foyer survenant après ablation de plaque en cas de pseudarthrose serrée passée inaperçue.

La refracture est une complication exceptionnelle après enclouage centromédullaire (0,07 % dans une étude multicentrique européenne sur 1 022 enclouages fémoraux et tibiaux). En cas d'ostéosynthèse par plaque, il semble que les refractures soient plus fréquentes en l'absence d'ablation du matériel. Néanmoins, cet incident reste très faible : 0,6 % avant ablation du matériel dans la série de Piriou [19], 0 % dans une série de l'AO regroupant 1 550 cas avec ablation du matériel.



Références

- [1] Kempf I, Grosse A, Lafforgue D. L'apport du verrouillage dans l'enclouage centro-médullaire des os longs. *Rev Chir Orthop* 1978;**64**: 635-51.
- [2] Perren S. Evolution of the internal fixation of long bone fractures: the scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 2002;**84**:1093-110.
- [3] Schmidt AH, Finkemeier CG, Tornetta P. Treatment of closed tibial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2003;**85**:352-68.
- [4] Skoog A, Soderqvist A, Tornkvist H, Ponzer S. One-year outcome after tibial shaft fractures: results of a prospective fracture registry. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:210-5.
- [5] Boehler L. *Technique du traitement des fractures*. Paris: Les Éditions Médicales de France; 1944.
- [6] Merle d'Aubigné R. Traumatismes de la jambe. In: *Nouveau précis de pathologie chirurgicale*. Paris: Masson; 1998. p. 639-50.
- [7] Müller ME, Nazarians S, Koch P. *Classification AO des fractures. Tome 1*. Berlin: Springer Verlag; 1990.
- [8] Court Brown CM, McBirnie J. The epidemiology of tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1995;**77**:417-21.
- [9] Bengner U, Ekbohm T, Johnell O, Nilsson BE. Incidence of femoral and tibial shaft fractures. Epidemiology 1950-1983 in Malmo, Sweden. *Acta Orthop Scand* 1990;**61**:251-4.
- [10] Borriero F, Jouve JL, Louis R. Anatomic basis for implantation of the Ilizarov system in the leg. *Surg Radiol Anat* 1988;**10**:283-9.
- [11] McNab I, De Hass WG. The role of periosteal blood supply in the healing of fractures of the tibia. *Clin Orthop Relat Res* 1974;**105**:27-33.
- [12] Sedel L, Meunier A, Nizard R. Biomécanique de l'os. Applications au traitement des fractures. *EMC* (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-031-A-30, 1993 : 12p.
- [13] Perren S. The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP). *Injury* 1991;**22**(suppl1):1-41.
- [14] Sedel L, Vareilles JL. Consolidation des fractures. *EMC* (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-031-A-20, 1992 : 11p.
- [15] Hutten D, Duparc J. Métastases des os longs et des ceintures. In: *Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Tome 2. Chap 4*. Laboratoires UNICET; 2000.
- [16] Kempf Y, Grosse A, Lootvoet L, Copin G, Pagliano G. Les fractures de jambe à 3^e fragment. *Rev Chir Orthop* 1973;**59**:43-60.
- [17] Kempf I, Lootvoet L, Grosse A, Copin G, Pagliano G. Les fractures comminutives de jambe. Proposition de classification et étude thérapeutique. *Rev Chir Orthop* 1972;**58**:123-9.
- [18] Kempf I, Grosse A, Taglang G, Bernhard L, Moui Y. L'enclouage centro-médullaire avec verrouillage des fractures récentes du fémur et du tibia. Étude statistique à propos de 835 cas. *Chirurgie* 1991;**117**: 478-87.
- [19] Piriou P. Traitement des fractures récentes de jambe par plaque vissée. À propos de 159 cas. [thèse médecine], Paris, 1992.
- [20] Alho A, Ekland A, Stromsoe K, Folleras G, Thoresen BO. Locked intramedullary nailing for displaced tibial shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1990;**72**:805-9.
- [21] Klemm KW, Börner M. Interlocking nailing of complex fractures of the femur and tibia. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**212**:89-100.
- [22] Bone LB, Johnson KD. Treatment of tibial fractures by reaming and intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Am* 1986;**68**:877-87.
- [23] Ekland A, Thoresen BO, Alho A, Stromsoe K, Folleras G, Haukebo A. Interlocking intramedullary nailing in the treatment of tibial fractures. A report of 45 cases. *Clin Orthop Relat Res* 1988;**231**:205-15.
- [24] Melis GC, Sotgiu F, Lepori M, Guido P. Intramedullary nailing in segmental tibial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1981;**63**:1310-8.
- [25] Zucman J, Maurer P. Two-level fractures of the tibia: Results in thirty-six cases treated by blind nailing. *J Bone Joint Surg Br* 1969;**51**:686-93.
- [26] Woll TS, Duwelius PJ. The segmental tibial fracture. *Clin Orthop Relat Res* 1992;**281**:204-7.
- [27] Poileux F. Généralités sur les fractures, les luxations, les entorses. In: Poileux F, editor. *Sémiologie chirurgicale. Tome 1*. Paris: Flammarion; 1968. p. 85-117.
- [28] Orthopaedic Trauma Association. Fracture and dislocation compendium. *J Orthop Trauma* 1996;**10**(suppl):50-5.
- [29] Duparc J, Hutten D. Classification des fractures ouvertes. In: *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°14*. Paris: Masson; 1981. p. 62-72.
- [30] Bone LB, Sucato D, Stegelann PM. Displaced isolated fractures of the tibial shaft treated with either cast or intramedullary nailing. An outcome analysis of matched pairs of patients. *J Bone Joint Surg Am* 1998;**80**:1084-5.
- [31] Bonneville P, Bellemore Y, Foucras L, Hezard L, Mansat M. Fractures de jambe à fibula intacte : intérêts de l'enclouage centro-médullaire. *Rev Chir Orthop* 2000;**86**:29-37.
- [32] McConnell T, Court-Brown C, Sarmiento A. Isolated tibial shaft fracture. *J Orthop Trauma* 2000;**14**:306-8.
- [33] Valenti P, Nordin JY. Dislocation of the superior tibio-fibular joint. A study of 6 cases and review of the literature. *French J Orthop Surg* 1989;**1**:87-93.
- [34] Sarmiento A, Sharpe FE, Ebramzade HE, Normand P, Shankwiler JA. Factors influencing the outcome of closed tibial fractures treated with functional bracing. *Clin Orthop Relat Res* 1995;**315**:8-24.
- [35] Ogden JA. Subluxation and dislocation of the proximal tibio-fibular joint. *J Bone Joint Surg Am* 1974;**56**:145-54.
- [36] Shelbourne KD, Pierce RO, Ritter MA. Superior dislocation of the fibular head associated with a tibia fracture. *Clin Orthop Relat Res* 1981;**160**:172-4.
- [37] Tricoire JL, Lefebvre D. Anatomic study of a particular type of vascular lesion associated with tibial fractures. *Surg Radiol Anat* 1989;**11**: 295-300.
- [38] Matic A, Kasic M, Hudolin I. Knee ligament injuries associated with leg fractures. Prospective study. *Unfallchirurg* 1992;**95**:469-70.
- [39] Schweighofer F, Wildburger R, Hofer HP, Passler JP. External torsion fractures of the tibia combined with ankle joint fractures. *Zentralbl Chir* 1992;**117**:465-7.
- [40] Marchetti PG, Vicenzi G, Impallomeni C. A new nail for elastic intramedullary fixation in fractures and pseudarthrosis of the femur and tibia. *Orthopaedics* 1994;**2**:403-16.
- [41] Wu YS, Zhang FB. The treatment of tibial and fibular fractures with the rectangular intramedullary nail. *Orthopaedics* 1994;**2**:437-46.
- [42] Bartlett CS, Weiner LS. Tibia and pilon. In: Koval KJ, Zukerman JD, editors. *Fractures in the elderly*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1998. p. 217-32.
- [43] Bonneville P, Feron JM. Les fractures des sujets âgés de plus de 80 ans. Symposium. *Rev Chir Orthop* 2003;**89**(suppl2):2S129-2S182.
- [44] Rosen H, Koval KJ. Non union/Malunion. In: Koval KJ, Zukerman JD, editors. *Fractures in the elderly*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1998. p. 261-76.
- [45] Singer BR, McAuchan GL, Robinson CM, Christie J. Epidemiology of fractures in 15 000 adults. The influence of age and gender. *J Bone Joint Surg Br* 1998;**80**:243-8.
- [46] Sarmiento A, Gersten LM, Sobol PA, Shankwiler JA. Tibial shaft fractures treated with functional braces. Experience with 780 fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1989;**71**:602-9.
- [47] Trojan E. Traitement orthopédique des fractures de jambe fermées et ouvertes. In: *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°14*. Paris: Masson; 1981. p. 7-22.
- [48] Vidal J, Nakach G, Ter Schiporst P, Orst G, Daures JP. Association fixateur externe et synthèse interne dans les fractures et pseudarthroses de jambe : principales indications et résultats. *Rev Chir Orthop* 1988;**74**:61-8.

- [49] Bezes H, Bocchio JJ. 153 ostéosynthèses du tibia par plaques vissées AO pour fractures diaphysaires de jambe par accident de ski. *J Chir (Paris)* 1971;**102**:201-11.
- [50] Clifford RP, Beachamp CG, Kellam JF, Webb JK, Tile M. Plate fixation of open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 1988;**70**:644-9.
- [51] Krettek C, Miclau T, Grün O, Schandelmaier P, Tscherner H. Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures. Technical note. *Injury* 1998;**29**(suppl3):SC29-SC39.
- [52] Schuster A, Gautier E, Jakob R. Minimally invasive percutaneous plate fixation for tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1999;**81**:236-7.
- [53] Bombart M, Decoulx J, Dubouset J, Kempf I, Zucman J. Enclouage à foyer fermé des diaphyses tibiales et fémorales. Forum sous la direction de R. Merle d'Aubigné. Hôpital Cochin. avril 1970. *Rev Chir Orthop* 1970;**56**:775-86.
- [54] Goodman SB. The basic science of intramedullary fixation of lower extremity fractures. *Orthopaedics* 1994;**2**:233-9.
- [55] Raschke MJ, Mann JW, Oedekoven G, Claudi BF. Segmental transport after unreamed intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1992;**282**:233-40.
- [56] Tarr RR, Wiss DA. The mechanics and biology of intramedullary fracture fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**212**:10-7.
- [57] Bhandari M, Guyatt GH, Tong D, Adili A, Shaughnessy SG. Reamed versus non reamed intramedullary nailing of lower extremity long bone fractures: a systematic overview and meta-analysis. *J Orthop Trauma* 2000;**14**:2-9.
- [58] Gaebler C, Berger U, Schandelmaier P, Greitbauer M, Schauwecker H, Applegate B, et al. Rates and odds ratios for complications in closed and open tibial fractures treated with unreamed, small diameter tibial nails: a multicenter analysis of 467 cases. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:415-23.
- [59] Laforest P, Karger C, Bouslama F, Taglang G, Grosse A, Kempf I. Performances mécaniques des clous de tibia de Grosse et Kempf non fendus de faible diamètre. *Rev Chir Orthop* 1994;**80**:36-43.
- [60] Hupel T, Weinberg J, Aksenov S, Schemitsch E. Effect of unreamed, limited reamed, and standard reamed intramedullary nailing on cortical bone porosity and new bone formation. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:18-27.
- [61] Kumar A, Charlebois S, Cain E, Smith R, Daniels A, Crates J. Effect of fibular plate fixation on rotational stability of simulated distal tibial fractures treated with intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Am* 2003;**85**:604-8.
- [62] De La Caffinière JY. *L'ostéosynthèse centro-médullaire flexible verrouillée*. Montpellier: Sauramps Médical; 2000.
- [63] Pankovich AM, Tarabishy IE, Yelda S. Flexible intramedullary nailing of tibial shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1981;**160**:185-95.
- [64] Vaisto O, Toivanen J, Paakkala T, Jarvela T, Kannus P, Jarvinen M. Anterior knee pain after intramedullary nailing of a tibial shaft fracture: an ultrasound study of the patellar tendons of 36 patients. *J Orthop Trauma* 2005;**19**:311-6.
- [65] Braitto W, Montanari C, Caracciolo F, Paroni G, Domenella G. False aneurysm of the anterior tibial artery in lower leg fractures treated with the Ilizarov external fixator. *Ital J Orthop Traumatol* 1992;**18**:135-9.
- [66] Guarniero R, Aguiar ET, Montenegro NB. Vascular complications of the Ilizarov method. *Rev Hosp Chir Fac Med Sao Paulo* 1993;**48**:17-21.
- [67] Tucker HL, Kendra JC, Kinnebrew TE. Management of unstable open and closed tibial fractures using the Ilizarov method. *Clin Orthop Relat Res* 1992;**280**:125-35.
- [68] Vives P, Massy E, Dubois P. Faut-il choisir le clou ou la plaque pour traiter une fracture de jambe? *Rev Chir Orthop* 1975;**61**:693-703.
- [69] Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Tornetta P, Hanson B, Weaver B, et al. Surgeons' preferences for the operative treatment of fractures on the tibial shaft: an international survey. *J Bone Joint Surg Am* 2001;**83**:1746-52.
- [70] Weise K, Weller S, Ochs U. Change in treatment procedure after primary external fixator osteosynthesis in polytrauma patients. *Actuel Traumatol* 1993;**23**:149-68.
- [71] Matzoukis J, Thomine JM, Khallouk K, Biga N. Enclouage verrouillé de jambe secondaire après fixation externe (25 cas). *Rev Chir Orthop* 1991;**77**:555-61.
- [72] Alho A, Benterud JG, Hogevooldh E, Ekeland A, Stromsoe K. Comparison of functional bracing and locked intramedullary nailing in the treatment of displaced tibial shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1992;**277**:243-50.
- [73] Den Outer AJ, Meeuwis JD, Hermans J. Conservative versus operative treatment of displaced non comminuted tibial shaft fractures. A retrospective comparative study. *Clin Orthop Relat Res* 1990;**252**:231-7.
- [74] Hooper GJ, Keddell RG, Penny ID. Conservative management or closed nailing for tibial shaft fractures A randomised prospective trial. *J Bone Joint Surg Br* 1991;**73**:83-5.
- [75] Littenberg B, Weinstein LP, McCarran M, Mead T, Swiontkowski MF, Rudicel SA, et al. Closed fractures of the tibial shaft. A meta-analysis of three methods of treatment. *J Bone Joint Surg Am* 1998;**80**:174-83.
- [76] Bhandari M, Adili A, Leone J, Lachowski R, Kwok D. Early versus delayed operative management of closed tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1999;**368**:230-9.
- [77] Cone JB. Vascular injury associated with fracture dislocation of the lower extremity. *Clin Orthop Relat Res* 1989;**243**:30-5.
- [78] Vandervelpen G, Goris L, Broos PL, Rommem PM. Functional sequelae in tibial shaft fractures with compartment syndrome following primary treatment with urgent fasciotomy. *Acta Chir Belg* 1992;**92**:34-40.
- [79] Anglen J, Banovetz J. Compartment syndrome in the well leg resulting from fracture-table positioning. *Clin Orthop Relat Res* 1994;**301**:239-42.
- [80] Roger DJ, Tromanhauser S, Kropp WE, Durham J, Fuchs M. Compartment pressures of the leg following intramedullary fixation of the tibia. *Orthop Rev* 1992;**21**:1221-5.
- [81] France MP, Aurori BF. Pudendal nerve palsy following fracture table traction. *Clin Orthop Relat Res* 1992;**276**:272-6.
- [82] Lortat-Jacob A, Soutour JM, Beauvils P. Infection après enclouage centro-médullaire pour fracture diaphysaire du fémur et du tibia. *Rev Chir Orthop* 1986;**72**:485-94.
- [83] Patzakis MJ, Wilkins J, Wiss DA. Infection following intramedullary nailing of long bones. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**212**:182-91.
- [84] Lortat-Jacob A, Hardy P, Benoit J. La réintervention précoce pour infection en chirurgie orthopédique du membre inférieur. *Rev Chir Orthop* 1990;**76**:321-8.
- [85] Witvoet J. Traitement de l'infection précoce dans les fractures de jambe. *Rev Chir Orthop* 1968;**54**:101-5.
- [86] Béjui J, Carret JP, Fischer LP, Berger E, Bertrand HG, Lille R. Étude critique de l'enclouage du tibia avec alésage et à foyer fermé. À propos d'une série continue de 100 cas. *Rev Chir Orthop* 1982;**68**(suppl2):126-30.
- [87] Sarmiento A. On the behavior of closed tibial fractures: clinical/radiological correlations. *J Orthop Trauma* 2000;**14**:199-205.
- [88] Phieffer LS, Goulet JA. Delayed unions of the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 2006;**88**:205-16.
- [89] Audigé L, Damian G, Bhandari M, James K, Thomas R. Path analysis of factors for delayed healing and nonunion in 416 operatively treated tibial shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2005;**438**:221-32.
- [90] Bhandari M, Tornetta P, Sprague S, Najibi S, Petrisor B, Griffith L, et al. Predictors of reoperation following operative management of fractures of the tibial shaft. *J Orthop Trauma* 2003;**17**:353-61.
- [91] Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Tornetta P, Sprague S, Schemitsch EH. A lack of consensus in the assessment of fracture healing among orthopaedic surgeons. *J Orthop Trauma* 2002;**16**:562-6.
- [92] Whelan DB, Bhandari M, McKee MD, Guyatt GH, Kreder HJ, Stephen D, et al. Interobserver and intraobserver variation in the assessment of the healing of tibial fractures after intramedullary fixation. *J Bone Joint Surg Br* 2002;**84**:15-8.
- [93] Benirschke SK, Mirels H, Jones D, Tencer AF. The use of resonant frequency measurements for the noninvasive assessment of mechanical stiffness of the healing tibia. *J Orthop Trauma* 1993;**7**:64-71.
- [94] Fellingner M, Leitgeb N, Szyzkowitz R, Peicha G, Passler J, Seggl W, et al. Early detection of delayed union in lower leg fractures using a computerised analysis of mechanical vibration reactions of bone for assessing the state of fracture healing. *Arch Orthop Trauma Surg* 1994;**113**:93-6.
- [95] Kempf I, Grosse A, Rigaut P. The treatment of noninfected pseudarthrosis of the femur and tibia with locked intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**212**:142-54.
- [96] Kessler SB, Hallfeldt KK, Perren SM, Schweiberer L. The effects of reaming and intramedullary nailing on fracture healing. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**212**:18-25.
- [97] Klein MP, Rahn BA, Frigg R, Kessler R, Perren SM. Reaming versus non-reaming in medullary nailing interference with cortical circulation of the canine tibia. *Arch Orthop Trauma Surg* 1990;**109**:314-6.
- [98] Tornqvist H. Tibia non unions treated by interlocked nailing: increased risk of infection after previous external fixation. *J Orthop Trauma* 1990;**4**:109-14.

- [99] Fromm B, Niethard FV. Primary osteotomy of the fibula in the treatment of post-traumatic tibial pseudarthrosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1992; **130**:507-11.
- [100] Gosling T, Allami M, Koenemann B, Hankmeier S, Krettek C. Minimally invasive exchange tibial nailing for a broken solid nail: case report and description of a new technique. *J Orthop Trauma* 2005; **19**:744-7.
- [101] Blick SS, Brumback RJ, Lakatos R, Poka A, Burgess AR. Early prophylactic bone grafting of high-energy tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1989; **240**:21-41.
- [102] Judet T, Richard L, Arnault O, De Thomasson E, Boury G. Traitement des pseudarthroses du tibia par décortication ostéopériostée de Robert Judet. *Acta Orthop Belg* 1992; **58**(suppl1):182-6.
- [103] Bushnell B, Dahners L. The syringe technique for minimally invasive bone grafting. *J Orthop Trauma* 2005; **19**:650-5.
- [104] Canuti M, Valenti C, Chiriconi A. Considerations on the principles of treatment of aseptic pseudarthrosis of the leg with the Ilizarov method. *Arch Putti Chir Organi Mov* 1989; **37**:107-20.
- [105] Catagni M, Guerreschi F, Holman JA, Cattaneo R. Distraction osteogenesis in the treatment of stiff hypertrophic nonunions using the Ilizarov apparatus. *Clin Orthop Relat Res* 1994; **301**:159-63.
- [106] Paley D. Treatment of tibial non union and bone loss with the Ilizarov technique. *Instr Course Lect* 1990; **39**:185-97.
- [107] Shen WJ, Shen YS. Fibular nonunion after fixation of the tibia in lower leg fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993; **287**:231-2.
- [108] Wang CJ, Chen HS, Chen CE, Yang KD. Treatment of nonunions of long bone fractures with shock waves. *Clin Orthop Relat Res* 2001; **387**:95-101.
- [109] Boucher M, Leone J, Pierrynowski M, Bhandari M. Three-dimensional assessment of tibial malunion after intramedullary nailing: a preliminary study. *J Orthop Trauma* 2002; **16**:473-83.
- [110] Milner SA. A more accurate method of measurement of angulation after fracture of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 1997; **79**:972-4.
- [111] Milner SA, Davis TR, Muir KR, Greenwood DC, Doherty M. Long-term outcome after tibial shaft fracture: is mal union important? *J Bone Joint Surg Am* 2002; **84**:971-80.
- [112] Kristensen KD, Kiaer T, Blicher J. No arthrosis of the ankle 20 years after malaligned tibial-shaft fracture. *Acta Orthop Scand* 1989; **70**:208-9.
- [113] Merchant TC, Dietz FR. Long-term follow-up after fractures of the tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg Am* 1989; **71**:599-606.
- [114] Court Brown CM, Keating JF, McQueen MM. Infection after intramedullary nailing of the tibia. Incidence and protocol for management. *J Bone Joint Surg Br* 1992; **74**:770-4.
- [115] Sarangi PP, Ward AJ, Smith EJ, Staddon GE, Atkins RM. Algodystrophy and osteoporosis after tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1993; **75**:450-2.
- [116] Ulivieri FM, Bossi E, Azzoni R, Ronzani C, Trevisan C, Montesano A, et al. Quantification by dual photonabsorptiometry of local bone loss after fracture. *Clin Orthop Relat Res* 1990; **250**:291-6.

P. Thoreux, Praticien hospitalier (patricia.thoreux@avc.aphp.fr).

T. Bégué, Professeur des Universités, praticien hospitalier.

A.-C. Masquelet, Professeur des Universités, praticien hospitalier.

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital Avicenne, 125, route de Stalingrad, 93009 Bobigny, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Thoreux P., Bégué T., Masquelet A.-C. Fractures fermées de jambe de l'adulte. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-086-A-10, 2007.

Disponibles sur www.emc-consulte.com



Arbres
décisionnels



Iconographies
supplémentaires



Vidéos /
Animations



Documents
légaux



Information
au patient



Informations
supplémentaires



Auto-
évaluations