

Fracture de la diaphyse fémorale de l'adulte

F. Bonnomet, P. Clavert, J.-M. Cognet

La fracture de la diaphyse fémorale est un grand classique de la traumatologie. Elle touche en particulier le sujet jeune, de sexe masculin, volontiers au décours d'un traumatisme routier violent et dans un contexte polytraumatologique fréquent. Dans ce cas, les lésions osseuses, viscérales, thoraciques et neurocérébrales fréquemment associées déterminent le pronostic et la prise en charge de la fracture entre dans un contexte pluridisciplinaire. On la rencontre aussi chez le sujet âgé, plutôt de sexe féminin. Elle survient dans ce contexte à la suite d'une simple chute et est alors volontiers isolée. Dans ce contexte gériatrique, comme pour les fractures de l'extrémité supérieure du fémur, c'est l'état médical et mental initial qui détermine le pronostic et la qualité osseuse qui dicte les indications thérapeutiques. Quel que soit le sujet concerné, l'abondant réservoir en particules graisseuses que constitue la vaste cavité médullaire fémorale et la richesse du système veineux intramédullaire favorisent l'embolisation graisseuse dans la circulation veineuse pouvant entraîner la constitution d'un véritable syndrome d'embolie graisseuse, conduisant alors à une défaillance respiratoire, cardiaque puis multiviscérale. La prévention de la survenue d'un tel syndrome est un élément déterminant dans la prise en charge du patient. Le traitement de la fracture de la diaphyse fémorale est chirurgical et fait appel le plus souvent à l'enclouage centromédullaire antérograde, technique mise au point il y a plus de 60 ans par Gerhard Künscher et dont la popularité à travers le monde tient beaucoup aux possibilités de verrouillage développées à Strasbourg par Arsène Grosse et Ivan Kempf en 1978. Mais des techniques nouvelles apparaissent comme l'enclouage rétrograde, utile dans les fractures du fémur distal, ou l'ostéosynthèse par plaque à vis bloquées dont les qualités mécaniques nettement supérieures aux plaques conventionnelles et les possibilités d'implantation par des techniques mini-invasives semblent prometteuses, notamment chez le sujet âgé.

© 2006 Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Fracture de la diaphyse fémorale ; Embolie graisseuse ; Polytraumatisme ; Enclouage centromédullaire ; Ostéosynthèse par plaque ; Chirurgie mini-invasive

Plan

■ Généralités	1
Épidémiologie	1
Anatomie-Biomécanique	2
■ Diagnostic	3
Circonstances	3
Classifications des fractures du fémur	3
Prise en charge diagnostique	5
Complications immédiates	5
Lésions associées	6
Complications secondaires	8
■ Traitement	9
Méthodes	9
Indications	13
■ Conclusion	19

■ Généralités

Épidémiologie

L'incidence moyenne des fractures de la diaphyse fémorale est estimée à environ 10/100 000 habitants [1] mais elle est très variable selon le sexe et l'âge des individus.

Avant 35 ans la prédominance masculine est très nette (H/F = 5,5) [2] avec une incidence pouvant atteindre 39/100 000 habitants chez l'homme entre 15 et 24 ans [1]. Chez l'homme de moins de 35 ans, c'est la localisation fracturaire diaphysaire la plus fréquente après les deux os de la jambe (ratio = 1/2) à égalité avec les deux os de l'avant-bras et avant l'humérus (ratio = 2/1 à 3/1). Dans cette population cependant, ce sont les fractures métaphysaires qui dominent : cheville (ratio = 1/6), poignet (ratio = 1/5 à 1/6), coude (ratio = 1/3).

Après 80 ans en revanche, la prédominance féminine est écrasante (F/H = 9,4) [2], l'incidence atteignant également la valeur 39/100 000 habitants chez la femme après 85 ans [1]. Chez la femme âgée, c'est la fracture diaphysaire la plus fréquente [2] mais elle reste cependant plus rare que les fractures de l'extrémité supérieure du fémur (ratio = 1/12) et de l'humérus (ratio = 1/2) ou celles du poignet (ratio = 1/4).

Anatomie-Biomécanique

Le fémur présente des variations morphologiques significatives en fonction des origines ethniques et le sexe des sujets étudiés. En revanche, les variations droite-gauche sont peu importantes, mais elles existent et sont fonction du niveau d'activité physique du sujet.

Anatomie descriptive

Le fémur est un os long, pair, constituant à lui seul le squelette de la cuisse. Il est formé par un cylindre d'os cortical dont l'épaisseur mesure 4 ou 5 mm (elle atteint 9 à 10 mm sur la ligne âpre). Le périoste est particulièrement adhérent à la ligne âpre et se décolle plus facilement en regard des faces de la diaphyse. La diaphyse fémorale est prismatique triangulaire et présente donc à décrire trois faces et trois bords. La face antérieure est lisse, convexe en avant. Elle est recouverte dans ses trois-quarts supérieurs par le muscle vaste intermédiaire (muscle crural) auquel elle donne insertion. Au-dessous, cette face donne insertion aux muscles articulaires du genou. Les faces latérale et médiale sont lisses et elles aussi convexes en dehors. Plus larges dans leur portion supérieure, elles s'effilent vers le bas pour se terminer en pointe et se poursuivre par les faces latérales des condyles fémoraux. Chacune de ces faces répond à l'un des chefs du quadriceps. Alors que les fibres musculaires des vastes latéral et médial ne font que recouvrir la diaphyse fémorale sans s'y insérer, le vaste intermédiaire déborde sur chaque face en s'y attachant.

Le bord postérieur, ou ligne âpre, est épais, saillant et rugueux, séparant la face latérale de la face médiale. Sa lèvre latérale donne insertion au vaste latéral et sa berge médiale au vaste médial. Entre ces deux lèvres, les trois muscles adducteurs et la courte portion du muscle biceps vont successivement s'insérer de haut en bas. Simple à la partie moyenne, la ligne âpre se divise à ses deux extrémités. En bas, c'est une simple bifurcation divergente. Entre leur surface d'écartement se trouve le triangle poplité. En haut, la ligne âpre se divise en trois branches divergentes. Le muscle grand fessier se fixe sur la branche latérale. La branche centrale donne insertion au muscle pectiné. Enfin la branche médiale marque la partie supérieure d'insertion du muscle vaste médial. C'est au voisinage de la ligne âpre, à sa division supérieure, que se trouve son principal foramen vasculaire nourricier [3]. Par ailleurs, le bord latéral et le bord médial sont à peine marqués, rendant les limites entre les trois faces peu claires.

Axes de la diaphyse fémorale (Fig. 1)

En position anatomique, la diaphyse fémorale est orientée obliquement de haut en bas et de dehors en dedans. L'obliquité du fémur est toujours plus accentuée chez la femme que chez l'homme, du fait de la conformation du bassin (diamètre transversal et courbure plus marqués chez la femme).

L'axe anatomique du fémur est la ligne droite qui s'étend du milieu de l'échancrure intercondylienne au bord supérieur du grand trochanter. Elle forme un angle moyen de 9° par rapport à la verticale et de 81° par rapport à l'horizontale.

L'axe mécanique est la verticale passant par le centre de rotation de la tête fémorale et le milieu de l'échancrure intercondylienne. Il forme un angle de 3° par rapport à la verticale et de 87° sur l'horizontale. L'ensemble de ces axes est fixé à partir de 8 ans chez le sujet marchant [4].

Par ailleurs, la diaphyse fémorale est concave en arrière. La courbure moyenne du fémur varie en fonction des auteurs entre 109 cm et 134 cm ; cette courbure augmente avec l'âge du fait des modifications architecturales osseuses. Ces modifications sont plus importantes chez la femme après 45 ans. De plus, il existe une augmentation de la courbure fémorale correspondant au niveau d'utilisation du membre, ce qui explique de petites variations morphologiques entre les deux côtés d'un même sujet [5-7].

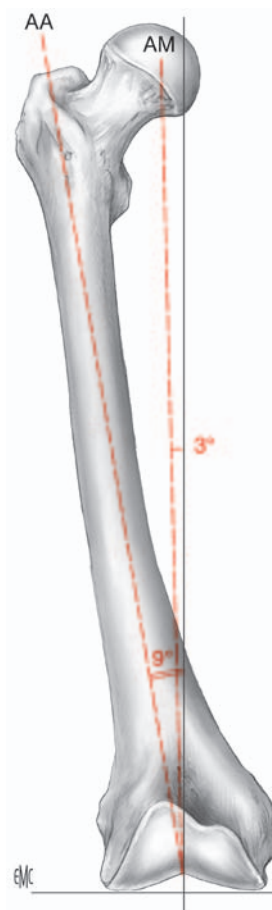


Figure 1. Axes du fémur. AA : axe anatomique ; AM : axe mécanique.

Enfin, le fémur présente sur son axe vertical une torsion, qui fait que le plan transversal de son extrémité supérieure n'est pas entièrement parallèle au plan transversal de son extrémité inférieure, mais forme avec ce dernier un angle aigu ouvert en dedans.

Biomécanique

Comme tous les os longs, les propriétés mécaniques de la diaphyse fémorale ne sont pas uniformes et varient suivant la direction selon laquelle on les évalue (anisotropie). L'os est 1,5 fois plus résistant en compression qu'en traction, du fait du caractère variable de son module d'élasticité. Le module de Young diminue de l'endoste au périoste, c'est-à-dire des zones de faible déformation vers les zones de forte déformation [8]. Il est également variable en fonction de l'âge, du sexe et du type d'os : spongieux ou cortical. Il varie également en fonction du type de force appliqué. L'os est très peu résistant en torsion et en compression radiale [9]. De plus, l'os est caractérisé par ses propriétés viscoélastiques. L'os a une plus grande résistance pour les efforts rapides que pour les efforts lents, ce qui signifie qu'il faut plus d'énergie pour rompre un os lentement que rapidement [8].

Pour une charge axiale, les deux zones en traction et en compression s'enroulent l'une autour de l'autre en spirale de haut en bas de la diaphyse dans le sens antihoraire pour le fémur droit et dans le sens horaire pour le fémur gauche. Le fémur se fléchit sur toute sa hauteur de telle façon qu'à chaque niveau, la valeur maximale de la compression excède celle de la traction. De ce fait, l'endroit le plus sollicité de la diaphyse fémorale se situe à 10 cm en dessous du petit trochanter [8].

Avec l'âge, le diamètre transversal de la diaphyse fémorale augmente. Ceci permet une meilleure répartition des contraintes, limitant les effets de l'ostéoporose d'une part et la perte d'os cortical au profit de l'os spongieux d'autre part [9]. Par ailleurs, il existe une diminution physiologique de la masse musculaire après la trentaine, s'accompagnant d'une diminution des contraintes appliquées sur la diaphyse fémorale [10, 11]. Cette diminution de l'épaisseur de l'os cortical est péjorative

lorsqu'une force en compression axiale est appliquée, mais ne modifie pas la résistance osseuse aux contraintes en flexion et en torsion [9].

Cependant, ces données sont à moduler en fonction du sexe du sujet. Les femmes ont une capacité moins grande d'accroître le diamètre transversal de leur fémur et, du fait de l'ostéoporose, ont une densité osseuse inférieure [12-14]. De plus, même si on assiste à une diminution de la masse musculaire avec l'âge, cette dernière est moins importante que la perte osseuse. Il en résulte une majoration des contraintes axiales, ce qui augmente le risque fracturaire.

Ces données biomécaniques permettent de comprendre que les fractures sont préférentiellement de type transversal chez le sujet jeune du fait de la prédominance des chocs directs dans le mécanisme fracturaire alors qu'elles sont plus fréquemment de type spiroïde chez la personne âgée, dans des zones de changement de contraintes traction-compression. De plus, le mécanisme de la chute (en torsion) éventuellement conjugué à la présence d'une arthrose bloque l'éventuel échappement de cette contrainte rotatoire dans l'articulation sus- ou sous-jacente.

■ Diagnostic

Circonstances

Les circonstances sont variables, fonction des populations concernées [1].

Le plus souvent (75 %) c'est un traumatisme violent, volontiers routier et à haute énergie, survenant chez un sujet jeune. On comprend dans ce contexte la prédominance des fractures transversales, obliques courtes ou comminutives, la particularité saisonnière (juillet-septembre) et la fréquence des lésions associées (autres fractures, polytraumatisme) qui participent à la gravité initiale et au pronostic. On peut même, dans ce contexte, assimiler la fracture de la diaphyse fémorale à un véritable marqueur de l'énergie traumatique.

Plus rarement (25 %), le traumatisme causal est de basse énergie, le plus souvent une chute. Les patients concernés sont alors volontiers plus âgés, la fracture est plus fréquemment spiroïde [15, 16], isolée au fémur et survient volontiers en hiver [1]. Dans ce contexte, c'est souvent l'état médical préfracturaire qui influence le pronostic [16-18].

Classifications des fractures du fémur

Généralités

Classiquement, les fractures du fémur sont classées en fonction du type de trait et de son siège sur la diaphyse.

On distingue ainsi pour chacun des trois segments diaphysaires (proximal, moyen et distal) :

- la fracture simple ou bifragmentaire : il peut s'agir d'une fracture transversale ou oblique courte, siégeant le plus souvent à la partie moyenne ou à la jonction des parties moyenne et proximale de la diaphyse, survenant surtout après traumatisme par choc direct. Plus rarement, il s'agit d'une fracture spiroïde, volontiers située au segment distal dont les corticales résistent moins aux contraintes en rotation. Après ostéosynthèse, l'instabilité axiale ou rotatoire de ce type fracturaire est habituellement absente ou faible ;
- la fracture complexe ou plurifragmentaire constituée le plus souvent d'une fracture oblique longue ou spiroïde détachant un troisième fragment intact et non refendu, survenant plutôt dans un mécanisme associant torsion et flexion. Sa complexité reste relative dans la mesure où, après réduction, l'absence de comminution permet le maintien d'un contact et d'un appui entre les deux segments principaux offrant la possibilité de retrouver aisément la longueur de la diaphyse. Après ostéosynthèse, l'instabilité axiale est réduite et la stabilité rotatoire dépend de la taille et de la situation du troisième fragment ;

- la fracture comminutive qui, à l'inverse, du fait de la comminution d'un des segments, ne permet plus ce contact efficace et génère une instabilité axiale et rotatoire importante après ostéosynthèse dont il faut tenir compte dans le montage réalisé ;
- la fracture bifocale dont la forme et la stabilité dépendent du type des traits principaux et de l'état du fragment intermédiaire (intact, refendu, comminutif).

Classification de Winqvist et Hansen

Cette analyse de la comminution éventuelle du trait de fracture est la base de la classification de Winqvist et Hansen [19, 20] qui distingue quatre types :

- type I : comminution minimale ou nulle ;
- type II : troisième fragment détaché mais avec possibilité de contact cortical des segments principaux sur plus de 50 % de la circonférence du foyer ;
- type III : comminution plus importante avec conservation possible d'un contact cortical entre les segments principaux cependant inférieur à 50 % ;
- type IV : comminution totale avec perte de contact cortical entre les segments principaux.

Le mérite de cette classification est sa simplicité. Elle est cependant incomplète et maintenant moins utilisée que la classification de l'AO [21] qui tient compte de façon hiérarchisée de la situation et du type de trait sur la diaphyse fémorale.

Classification de l'AO (Fig. 2)

Description

Elle repose tout d'abord sur une définition stricte de la diaphyse fémorale. Sa limite proximale est constituée par une ligne transversale située sous le petit trochanter. À sa partie distale, elle est limitée par une ligne transversale située à une distance de l'interligne fémorotibial égale à la largeur de cette interligne selon la règle classique du carré épiphysaire.

Dans cette approche, la diaphyse fémorale est définie par le chiffre 32 (3 pour le fémur, 2 pour la région diaphysaire).

Chaque fracture est ensuite analysée selon :

- la complexité du trait :
 - groupe A : fracture simple, bifragmentaire avec maintien d'un contact de plus de 90 % ;
 - groupe B : fracture multifragmentaire avec persistance d'un contact après réduction réalisant la classique fracture à coin de flexion ou de torsion ;
 - groupe C : fracture comminutive sans contact possible entre les segments principaux ;
- la forme du trait et/ou la constitution des fragments :
 - groupe A : spiroïde (A1), oblique de plus de 30° (A2), transversal ou oblique de moins de 30° (A3) ;
 - groupe B : à coin de torsion intact (B1), à coin de flexion intact (B2), à coin fragmenté (B3) ;
 - groupe C : complexe spiroïde (C1), complexe à segment (s) intermédiaire (s) (C2), complexe non spiroïde (C3) ;
- la localisation sur la diaphyse du foyer pour les groupes A et B : tiers proximal (1), tiers moyen (2) et tiers distal (3), ou l'état du (des) fragment (s) intermédiaire (s) pour le groupe C.

Commentaires

Comme le rappelle Bonneville dans sa Conférence d'enseignement [22], une classification doit être établie sur des bases épidémiologiques colligeant des lésions fracturaires réellement rencontrées pour aboutir à des indications thérapeutiques précises. Il souligne ainsi à juste titre :

- la logique parfois imprécise de la classification de l'AO dont l'adjonction chiffrée unitaire (deuxième chiffre) repose sur des critères de siège anatomique pour les types A et B et des critères descriptifs des fragments intermédiaires pour le type C ;
- son caractère parfois virtuel puisque certains sous-groupes clairement identifiés sont en pratique exceptionnels ou inexistant (A12, C23 ou C32 par exemple) ;

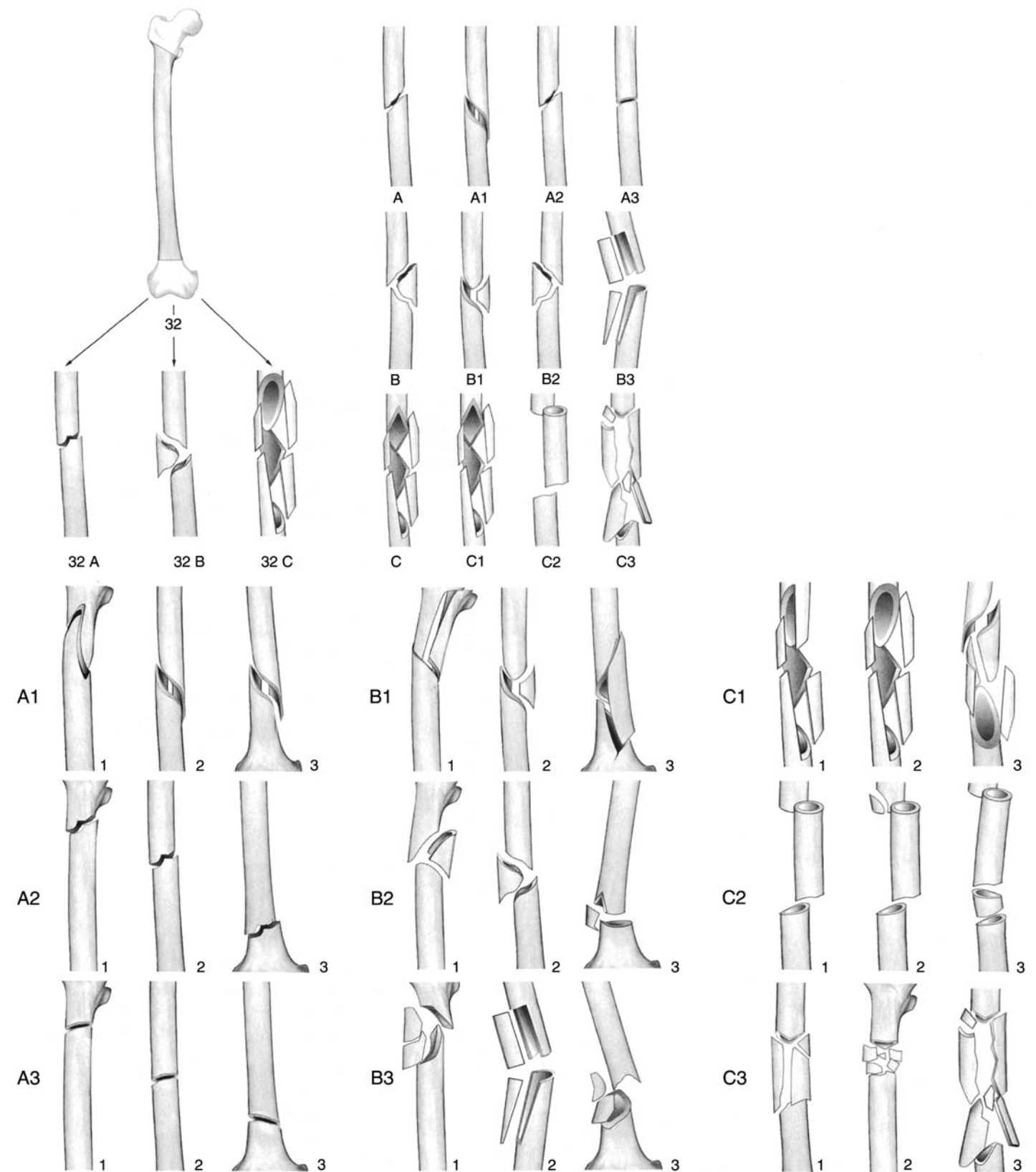


Figure 2. Classification des fractures du fémur selon l'AO [21]. 32. Fémur diaphysaire.

A. Fracture simple.

B. Fracture à coin.

C. Fracture complexe.

32A. Fracture diaphysaire simple : A1. spiroïde ; A2. oblique supérieure ou égale à 30° ; A3. transversale inférieure à 30°. 32B. Fracture à coin : B1. de torsion intacte ; B2. de flexion intacte ; B3. fragmenté. 32C. Fracture complexe : C1. comminutive spiroïde ; C2. complexe bifocale ; C3. comminutive non spiroïde. A1-1 : zone trochantérienne ; A1-2 : zone moyenne ; A1-3 : zone distale. A2-1 : zone trochantérienne ; A2-2 : zone moyenne ; A2-3 : zone distale. A3-1 : zone trochantérienne ; A3-2 : zone moyenne ; A3-3 : zone distale. B1-1 : zone trochantérienne ; B1-2 : zone moyenne ; B1-3 : zone distale. B2-1 : zone trochantérienne ; B2-2 : zone moyenne ; B2-3 : zone distale. B3-1 : zone trochantérienne ; B3-2 : zone moyenne ; B3-3 : zone distale. C1-1 : à deux fragments intermédiaires ; C1-2 : à trois fragments intermédiaires ; C1-3 : à plus de trois fragments intermédiaires. C2-1 : à un segment intermédiaire ; C2-2 : à un segment et coin de flexion intermédiaires ; C2-3 : à deux segments intermédiaires ; C3-1 : à deux-trois fragments intermédiaires ; C3-2 : avec fracas localisé ; C3-3 : avec fracas étendu.

- ses limites en prenant l'exemple des fractures supracondyliennes comminutives étendues à la diaphyse classées dans les fractures de l'extrémité distale du fémur mais qui, sur le plan thérapeutique, sont plus proches des fractures diaphysaires.

On peut aussi citer l'absence, dans cette classification, de l'association fracture du col fémoral et fracture diaphysaire, non exceptionnelle et posant des problèmes mécaniques et tactiques sur lesquels nous allons revenir. Enfin, si l'évaluation de sa reproductibilité a déjà été réalisée de façon générale pour les fractures des os longs [23, 24] ou plus précisément pour certaines localisations articulaires ou para-articulaires, à notre connaissance cette classification n'a pas fait l'objet d'une telle étude concernant spécifiquement les fractures du fémur, en dehors d'une étude portant sur les traumatismes balistiques [25].

Malgré ces quelques remarques, cette classification fait actuellement référence en offrant une description précise et assez étendue des formes fracturaires les plus fréquemment rencontrées pour la diaphyse fémorale.

“ À retenir

La fracture du fémur est un classique de la traumatologie. On la rencontre à tout âge mais deux populations prédominent :

- l'homme jeune, volontiers fracturé à la suite d'un traumatisme violent (accident de la voie publique, défenestration...) responsable de lésions associées entrant parfois dans un tableau de polytraumatisme. Le mécanisme est souvent direct avec un trait de fracture transversal ou oblique, voire comminutif. La fracture de la diaphyse fémorale peut être assimilée à un marqueur de l'énergie traumatique ;
- la femme âgée, dont la fracture favorisée par l'ostéoporose fait plutôt suite à une simple chute (domestique ou malaise) et dont le trait est, compte tenu du mécanisme et des modifications osseuses liées à l'âge, souvent spiroïde. Le pronostic est surtout dominé par l'état médical initial avant la fracture.

Prise en charge diagnostique

Le diagnostic de la fracture de la diaphyse fémorale est souvent évident : douleur majeure, déformation de la cuisse, attitude vicieuse, impotence fonctionnelle totale.

Bilan clinique

Il obéit à un schéma bien établi :

- évaluation de l'importance des lésions cutanées (plaies, dermabrasion, brûlure) et des parties molles (impact cutané témoignant d'une contusion appuyée et tension des muscles de la cuisse pouvant faire craindre la survenue d'un syndrome de loge) ;
- appréciation de l'état hémodynamique (mesure de la tension artérielle, surveillance de la saturation du sang artériel en oxygène [SaO₂]) ;
- recherche d'une lésion de l'axe artériel : palpation systématique des pouls distaux (pédieux, tibial postérieur), état des téguments (pâleur, froideur) chez un patient réchauffé ;
- recherche d'une lésion du nerf sciatique : sensibilité de la plante du pied et mobilité des orteils chez un patient conscient ;
- examen général à la recherche d'une lésion associée : crânio-cérébrale, abdominothoracique, rachis, bassin, membres y compris le reste du membre homolatéral (hémarthrose, jambe, cheville, pied).

Mesures immédiates

Dans le même temps et sans attendre la réalisation de l'imagerie, on procède :

- à l'alignement du membre et à son maintien de façon simple mais efficace (cales, caissette de dérotation, traction collée si l'état de la jambe le permet) ;
- à la pose de la voie veineuse pour assurer le remplissage macromoléculaire et l'administration d'antalgiques ;
- au prélèvement d'un bilan biologique comportant le groupage, la numération formule sanguine et la gazométrie artérielle au moindre doute et/ou risque de syndrome d'embolie graisseuse (SEG) ;
- à un bloc du nerf fémoral, particulièrement en cas de risque de mobilisation de la cuisse volontaire ou non : agitation, transport, bilan prolongé avec manipulations répétées, stabilisation fracturaire retardée.

Bilan radiographique

Il comprend un cliché de face et de profil de la diaphyse fémorale. Il faut également systématiquement obtenir un cliché de bassin de face, de la hanche homolatérale de face et des clichés de face et de profil du genou à la recherche d'une fracture fémorale bifocale ou d'une irradiation distale ou proximale du trait diaphysaire principal. Ce complément de bilan permet également d'éliminer une lésion associée classique (fracture du col fémoral, arrachement des épines tibiales). Si une imagerie scanographique thoracoabdominale ou cérébrale est indiquée, quelques coupes sur le bassin et l'articulation coxofémorale homolatérale en fenêtre osseuse doivent être réalisées.

Complications immédiates

Choc hypovolémique

La déperdition sanguine au cours d'une fracture de la diaphyse fémorale est estimée à environ 1,3 l en moyenne [26] et est à l'origine d'une baisse tensionnelle constante. La compensation par des solutés macromoléculaires est donc systématique. Cependant, il est clairement admis qu'une fracture isolée et non compliquée du fémur ne peut conduire seule à l'installation d'un véritable état de choc hypovolémique [27] dont l'existence doit faire rechercher une autre lésion hémorragique (plaie vasculaire, lésion viscérale ou cérébrale, fracture associée notamment de l'anneau pelvien).

Ouverture cutanée

Elle est présente dans 10 à 20 % des fractures du fémur [22]. Le plus souvent, il s'agit d'une ouverture de dedans en dehors provoquée par l'issue d'un fragment vulnérant, de stade I ou II et plus rarement de stade IIIA dans la classification de Gustilo et al. [28, 29] avec un foyer fracturaire peu exposé et peu souillé. Après parage, la couverture du foyer par les téguments et le tissu musculaire abondant de la cuisse est habituellement possible, sans geste de couverture complémentaire.

Plus rarement, il s'agit d'une ouverture cutanée de dehors en dedans survenant au décours d'un accident grave de la circulation (deux-roues, piétons) ou de fracture d'origine balistique : guerre, rixe, accident de chasse [30, 31]. La comminution osseuse, l'exposition large et la saignée du foyer de même que les lésions de l'axe vasculaire et/ou nerveux sont ici plus fréquentes (stades IIIB et IIIC selon Gustilo).

Mais soulignons aussi que l'absence d'ouverture cutanée n'est pas synonyme de bénignité. Ainsi comme le souligne Bonneville [32], les lésions de contusion cutanée ou des enveloppes prises dans la classification de Tscherné et Gotzen [33] sont des éléments de gravité non négligeables, susceptibles de modifier la prise en charge et le pronostic de la fracture.

Lésion vasculaire et nerveuse

La fracture diaphysaire du fémur se complique dans 1 à 5 % des cas d'une lésion vasculaire grave, pouvant intéresser l'artère fémorale superficielle, l'artère poplitée ou la veine fémorale commune [34]. Les traumatismes à haute énergie, les lésions

balistiques [35] et les fractures du tiers distal [36] exposent particulièrement à ces lésions. Il s'agit le plus souvent d'une plaie ou d'une section vasculaire mais les lésions artérielles intimes et les pseudoanévrismes sont également rencontrés [37]. Le pronostic dépend de l'âge du patient, de sa volémie, de la gravité des lésions osseuses et des parties molles et de l'importance du syndrome ischémique [38]. Il dépend donc directement de la précocité du diagnostic de la lésion vasculaire et de la rapidité de la levée du syndrome ischémique. Si l'axe artériel est rétabli dans les 6 premières heures, le risque d'amputation finale est de 10 % alors qu'il peut atteindre plus de 50 % si ce rétablissement n'intervient qu'après 12 heures. Mais l'état de l'axe veineux est également déterminant car le pronostic est meilleur en cas de lésion artérielle réparée si la veine fémorale est intacte ou reperméabilisée [35].

Une absence ou une asymétrie des pouls distaux persistant malgré l'alignement en traction du membre, ou l'existence d'un hématome anormalement important de la cuisse doivent conduire à la réalisation d'une angiographie qui diagnostique, localise et caractérise la lésion vasculaire afin de permettre sa réparation après la stabilisation fracturaire. L'examen clinique prend une part importante dans le diagnostic de ces lésions vasculaires comme le montrent Abou-Sayed et Berger [34] qui insistent sur son caractère prédictif significatif.

La lésion nerveuse est plus rare. Elle intéresse le nerf sciatique essentiellement, beaucoup plus rarement le nerf fémoral. Elle peut être isolée et provoquée par un fragment acéré notamment en cas de fracture diaphysaire distale [39]. Elle est en fait le plus souvent associée à une lésion vasculaire dans le cadre de traumatisme à haute énergie ou d'une origine balistique. Elle nécessite une prise en charge spécifique et spécialisée [40].

Embolie graisseuse et syndrome d'embolie graisseuse

Il est maintenant habituel de distinguer « embolie graisseuse » et « syndrome d'embolie graisseuse » [41]. L'embolie graisseuse est définie par la présence de microglobules lipidiques dans le parenchyme pulmonaire et la circulation générale survenant après fracture des os longs ou polytraumatisme.

Le SEG est l'association, à des degrés de gravité variables, d'un cortège de symptômes respiratoires, hématologiques, neurologiques et cutanés, dont l'apparition est liée à l'obstruction du réseau microcirculatoire par ces particules lipidiques [42, 43]. Si la présence d'embolies graisseuses est fréquente après fracture des os longs (jusqu'à 90 % des cas d'après Gitin et al. [44]), la survenue d'un SEG est fort heureusement plus rare : 0,26 % avec décès dans 20 % des cas pour Robert et al. [45], 0,9 % avec décès dans 7 % des cas pour Bulger et al. [41], 4 % sans décès pour Pinney et al. [46].

Dans le cadre des fractures de la diaphyse fémorale, son étiopathogénie est discutée. Son origine n'est pas univoque et plusieurs éléments sont clairement établis. La participation de phénomènes mécaniques semble prépondérante [47] avec le passage de particules graisseuses dans la circulation favorisé par :

- l'abondant réservoir en particules graisseuses que constitue la vaste cavité médullaire fémorale ;
- la richesse et le calibre du système veineux intramédullaire, surdimensionné de 6 à 8 fois par rapport au système artériel, offrant une large porte d'entrée à la circulation générale ;
- l'élévation de la pression dans la cavité médullaire dont l'origine peut être multiple : mécanisme fracturaire, mobilisation du foyer de fracture (transport), manœuvres instrumentales (alésage, enclouage) qui sont particulièrement importantes et sur lesquelles nous revenons dans le cadre du traitement.

Le drainage veineux conduit ces particules vers le cœur droit puis la circulation artérielle pulmonaire. La réalité de ce passage peut être visualisée par échographie transœsophagienne [48, 49]. Le retentissement sur la fonction respiratoire de l'accumulation de ces particules bloquées dans la microcirculation pulmonaire est dépendant de données quantitatives (importance des embolies, répétition des embolies) et qualitatives (tolérance pulmonaire éventuellement altérée par un traumatisme thoracique ou une hypovolémie associés).

Tableau 1.

Critères cliniques et biologiques du syndrome d'embolie graisseuse (d'après [51]).

Critères cliniques majeurs	Rash pétéchial Signes respiratoires : tachypnée, dyspnée, râles crépitants bilatéraux, hémoptysie, syndrome alvéolaire diffus radiographique (aspect de tempête de neige, poumon blanc) Signes neurologiques : confusion, somnolence, coma Tachycardie > 120/min
Critères cliniques mineurs	Température > 39,4 °C Anomalies au fond d'œil : pétéchies, embolies graisseuses Ictère Oligurie Baisse des plaquettes > 50 % par rapport à l'admission
Critères biologiques	Baisse de l'hémoglobinémie > 20 % par rapport à l'admission Vitesse de sédimentation > 71 mm à la première heure Macroglobules lipidiques sériques

Les manifestations systémiques associées (neurologiques et viscérales) sont la conséquence du passage secondaire des microglobules lipidiques dans la circulation artérielle. Ce passage peut survenir selon diverses modalités : persistance d'un foramen ovale, shunt artérioveineux pulmonaire physiologique, passage à travers la circulation capillaire pulmonaire par déformation et/ou désagrégation des microglobules, globules « poussés » par l'hypertension artérielle pulmonaire engendrée par l'obstruction capillaire pulmonaire.

Ces phénomènes mécaniques ne sont pas les seuls responsables et des phénomènes métaboliques surviennent également : activation de la lipase pulmonaire avec libération d'acides gras libres initiateurs d'un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) [47], apparition de substances procoagulantes initiateurs de phénomènes de coagulation intravasculaire disséminée (CIVD) [50], activation de médiateurs de l'inflammation [50] générateurs de dommages cellulaires, l'ensemble de ces phénomènes aboutissant au redoutable tableau de défaillance multiviscérale.

L'expression clinique et biologique du SEG est variable, pouvant aboutir à un tableau caractéristique associant les critères décrits par Gurd [51] (Tableau 1). Le SEG survient habituellement dans les 24 premières heures qui suivent la fracture. C'est dire l'importance de la prévention précoce systématique de sa survenue dans le cadre des fractures du fémur, tout particulièrement en cas de polytraumatisme, de fracture fémorale bilatérale ou de traumatisme thoracique associé (remplissage vasculaire maintenant la normovolémie, oxygénation selon la SaO₂, monitoring adapté à l'état du patient, au besoin invasif). C'est insister aussi sur la nécessité d'une stabilisation précoce sur laquelle nous reviendrons.

Lésions associées

Anneau pelvien et acetabulum homolatéral

L'association d'une fracture diaphysaire fémorale et d'une fracture de l'anneau pelvien ou de l'acetabulum homolatéral n'est pas une entité exceptionnelle [52], en particulier dans les traumatismes à haute énergie. Brainard et al. [53] retrouvent cette association chez le piéton renversé dans 13 % des cas tandis que Riemer et al. [54] la dénombrent dans près d'un tiers des cas sur une série de 153 fractures fémorales communitives (Winquist III et IV) causées par un traumatisme violent.

L'importante morbidité de cette association semble également nettement liée aux autres lésions associées osseuses ou viscérales. D'ailleurs la notion de « hanche flottante » définie par Liebergall et al. [52] qui, comme pour les notions de « genou ou de coude flottant », sous-entendait des complications spécifiques, est remise en cause par Müller et al. [55] qui considèrent que cette association ne génère pas en tant que telle des complications nerveuses, vasculaires ou évolutives plus marquées que chacune des fractures prises isolément. De ce fait, ils suggèrent une prise en charge individuelle de ces fractures dans le cadre de leur association.

Par ailleurs, comme le souligne Bonnevalle [22], il faut distinguer :

- l'association fracture diaphysaire fémorale-fracture de l'acétabulum homolatéral où l'éventuelle luxation de la tête fémorale constitue le problème le plus urgent à traiter ;
- l'association fracture du fémur-rupture de l'anneau pelvien, associant deux lésions particulièrement hémorragiques provoquant souvent une importante instabilité hémodynamique et qui réclame, outre l'ostéosynthèse fémorale, la stabilisation urgente de la lésion pelvienne, en particulier dans les lésions de type C ou B avec ouverture de l'anneau pelvien [21].

Extrémité supérieure du fémur

Il convient de distinguer dans cette association homolatérale à une fracture diaphysaire, la localisation métaphysaire d'une part et la localisation cervicale d'autre part. L'association diaphyse-métaphyse supérieure constitue en réalité une forme particulière de fracture bifocale du fémur dont les modalités de diagnostic et de traitement sont assez bien établies.

En revanche, la prise en charge de l'association fracture diaphysaire-fracture du col fémoral est plus complexe. Elle survient dans 2 à 6 % des cas, essentiellement dans le cadre de traumatisme à haute énergie [56-62] et sa prise en charge thérapeutique est plus discutée. En effet, le diagnostic de la fracture du col n'est pas toujours évident dans un contexte où la fracture diaphysaire souvent comminutive est plus « bruyante » et où des clichés de bonne qualité de la hanche ne sont pas toujours demandés. De plus, il s'agit souvent d'une fracture peu déplacée, volontiers basicervicale [63] dont le trait peut être initialement incomplet, mal visible sur des radiographies standards du fait de la rotation externe du fémur proximal (les radiographies en rotation interne de la hanche sont impossibles à réaliser du fait de la fracture diaphysaire). La fréquence de méconnaissance initiale de cette association est d'ailleurs importante : 19 % selon Swionkowski [64], 31 % selon Riemer et al. [65] ou Bennet et al. [66], 43 % selon Yang et al. [57]. Par ailleurs, elle peut être iatrogène et survenir au décours de l'enclouage d'une fracture fémorale isolée dans une proportion faible [67] mais non négligeable [57, 68]. De ce fait, tout enclouage doit être conduit avec la plus grande prudence car il est susceptible d'induire la fracture du col ou de l'aggraver si elle était initialement méconnue ou au stade de simple fissure.

Enfin la violence et les circonstances du traumatisme (accident routier, traumatisme du tableau de bord) expliquent la fréquence des traumatismes du genou contemporains de cette association (jusqu'à 50 % selon Alho [69]), pouvant intéresser le fémur distal [60], les condyles fémoraux, les ligaments du genou, la rotule ou le tibia proximal [56, 66].

Pour toutes ces raisons, il paraît indispensable, devant toute fracture du fémur de disposer, en plus des incidences diaphysaires, d'un cliché de bassin de face et d'un cliché de genou de face et de profil. Et si un scanner abdominopelvien ou cérébrospinal est nécessaire, des coupes complémentaires avec fenêtres osseuses au niveau de la hanche doivent être systématiques [57].

Lésions ligamentaires du genou

Il s'agit d'une lésion associée classique mais dont le diagnostic est souvent méconnu et retardé. La fréquence des lésions du pivot central (10 à 20 %) et des ligaments collatéraux (15 à 20 %) doit faire systématiquement évoquer, jusqu'à preuve du

Tableau 2.

Fréquence des lésions ligamentaires du genou après fracture du fémur et pertinence de l'examen clinique comparé à l'imagerie par résonance magnétique (IRM) (d'après [70]).

	LCA	LCP	LCM	LCL
Fréquence	19 %	7 %	19 % (complète) 41 % (partielle)	15 % (complète) 30 % (partielle)
Sensibilité	60 %	100 %	78 %	83 %
Spécificité	94 %	100 %	71 %	58 %

LCA : ligament croisé antérieur ; LCP : ligament croisé postérieur ; LCM : ligament collatéral médial ; LCL : ligament collatéral latéral. Sensibilité = n vrais positifs/ n vrais positifs + n faux négatifs ; spécificité = n vrais négatifs/ n vrais négatifs + faux positifs.

contraire, une lésion ligamentaire devant toute fracture fémorale traumatique (non balistique). Un examen clinique minutieux du genou après stabilisation diaphysaire à la recherche d'une hémarthrose ou d'une laxité est indispensable, son efficacité en termes de sensibilité et de spécificité d'après Dickson et al. [70] étant particulièrement nette pour les ruptures du ligament croisé postérieur (Tableau 2). De ce fait, il est nécessaire dans tous les cas de disposer d'une radiographie de bonne qualité du genou de profil à la recherche d'un arrachement des épines tibiales postérieures, témoin d'une rupture du croisé postérieur. Si ce cliché manque au bilan initial, il doit faire partie des incidences de contrôle après stabilisation fémorale.

De façon isolée ou en association avec ces lésions ligamentaires, il faut également retenir la fréquence non négligeable des lésions méniscales associées, aux alentours de 15 % pour le ménisque médial et de 25 % pour le ménisque latéral [70, 71].

Polyfracture

Il est fréquent que la fracture du fémur survenant dans le cadre d'un traumatisme violent ne soit pas isolée et soit associée à d'autres fractures. Parmi tous les tableaux possibles, certains sont plus fréquents :

- la fracture bilatérale du fémur constitue une association classique pouvant survenir dans 2 à 10 % des cas selon les séries [72-74]. Elle est caractérisée par une morbidité et une mortalité accrues liées aux lésions associées fréquentes (thorax, abdomen, crâne) mais aussi au risque de SEG important du fait des deux foyers fracturaires fémoraux ;
- l'association d'une fracture tibiale et fémorale homolatérale constitue le classique genou flottant de Blake et McBryde (1975). On la rencontre dans 10 à 20 % des fractures du fémur [22], particulièrement dans le cadre de traumatismes sévères. L'existence contemporaine d'autres lésions graves (fracture du bassin, lésion ligamentaire du genou, lésion vasculaire), la fréquence de l'ouverture cutanée d'un des deux foyers (fémur 15 % et tibia 44 % pour Theodoratos et al. [75], fémur 22 % et tibia 69 % pour Anastopoulos et al. [76], fémur 25 % et tibia 58 % pour Gregory et al. [77]) et le risque important d'amputation pouvant atteindre 20 à 30 % des cas [76, 78] ou de mortalité (4 % selon Theodoratos et al. [75]) témoignent de la violence du traumatisme responsable de ce type d'association.

Polytraumatisme

Par définition, le polytraumatisé est un blessé grave qui présente plusieurs lésions dont une au moins met en jeu à court terme le pronostic vital. Le score ISS (Injury Severity Score) [78] permet de définir et de caractériser le polytraumatisé [79]. La fracture du fémur peut, selon sa gravité (comminution du foyer, écrasement de la cuisse, ouverture et délabrement cutané) et les associations locales classiques rencontrées (bilatéralité, anneau pelvien, lésion vasculaire fémorale), prendre une place importante dans la sévérité du polytraumatisme. Mais ce sont surtout les autres lésions (système nerveux central, systèmes cardiovasculaire et respiratoire, abdomen) qui déterminent souvent le pronostic final. La prise en charge de la fracture du fémur ne concerne plus seulement le chirurgien traumatologue. La

concertation pluridisciplinaire permet de hiérarchiser les gestes nécessaires au sauvetage du patient et de déterminer de manière consensuelle le choix du moment et de la méthode retenus pour stabiliser la fracture du fémur.

Complications secondaires

Complications thromboemboliques

La maladie thromboembolique est une complication classique en traumatologie du membre inférieur. Elle ne constitue donc pas une complication spécifique de la fracture du fémur qui conjugue cependant parfaitement la triade conditionnelle établie par Virchow (1856), incluant la lésion intinale veineuse, la stase et l'hypercoagulabilité [80]. La lésion intinale peut parfaitement exister après fracture diaphysaire fémorale, au niveau de la cuisse mais aussi de la jambe en cas de lésion étagée. La stase veineuse résulte de la fracture (immobilisation, hypovolémie) ou de lésions associées (paralysie, coma). L'hypercoagulabilité est un phénomène immédiat après traumatisme ; il est directement proportionnel à sa sévérité et est engendré par une chute de l'antithrombine III et une élévation de la D-dimère xanthine phosphate. Parmi tous les facteurs de risque fréquemment cités, certains semblent particulièrement favorisants [81, 82] : obésité, âge supérieur à 40 ans, transfusion de plus de 4 culots globulaires, durée d'intervention chirurgicale supérieure à 2 heures, traumatisme craniocérébral, traumatisme grave du membre inférieur, plaie veineuse, ventilation assistée supérieure à 3 jours.

Ainsi, il est difficile de connaître précisément la part de la fracture diaphysaire fémorale dans l'incidence des thromboses veineuses après fracture du fémur du fait des lésions associées, fréquemment pourvoyeuses pour leur propre compte et de l'intrication des facteurs favorisants. Par ailleurs, le mode de détection est important, selon qu'il est clinique (recherche de signes de phlébite) ou paraclinique (échodoppler, phlébographie), compte tenu de l'importante fréquence des thromboses veineuses profondes (TVP) asymptomatiques pourtant responsables d'embolie pulmonaire (en particulier en cas de caillot flottant proximal). Il est cependant admis que la fréquence des TVP après fracture de la diaphyse fémorale est de l'ordre de 40 %. Mais dans l'étude de Geerts et al. [83], sa fréquence atteint 80 % en l'absence de prophylaxie, la fracture du fémur constituant un facteur de risque statistiquement significatif.

C'est dire l'importance que revêt la prévention qui doit comporter une thromboprophylaxie adaptée par héparine de bas poids moléculaire et des mesures mécaniques adaptées à l'état du patient (mobilisation précoce, déambulation, pressothérapie, bas de contention) tout en sachant qu'il faut en attendre une nette diminution mais pas une disparition du risque de TVP.

Infection

Généralités

Pour tout traumatisé et notamment celui présentant une fracture du fémur, outre les facteurs de risque infectieux propres à chaque patient (antécédent infectieux local, diabète, lésion dermatologique de proximité, foyers infectieux à distance, obésité, tabac...) s'ajoutent des facteurs spécifiques au traumatisme (ouverture cutanée, contamination du foyer de fracture notamment tellurique, lésions vasculaires ou tissulaires) et au traitement réalisé (ostéosynthèse par plaque à foyer ouvert) [84]. Le risque augmente encore si la fracture survient dans le cadre d'un polytraumatisme car de nouveaux facteurs favorisant l'infection apparaissent [85] : gravité du traumatisme [86] avec un score ISS > 30, durée d'hospitalisation prolongée, admission en unité de soins intensifs (USI) et durée prolongée d'hospitalisation en USI, nécessité d'intubation et de ventilation assistée, mise en place d'un cathéter veineux central, transfusions sanguines multiples (proportionnalité du risque avec le nombre de poches transfusées), traumatisme vertébro-médullaire, multiplicité des gestes chirurgicaux (proportionnalité du risque avec le nombre d'interventions réalisées mais réduction du risque si

la première intervention est réalisée dans les premières 24 heures), splénectomie. L'infection est d'ailleurs une cause majeure de décès chez le patient polytraumatisé (44 % dans la série de Papia et al. [85]).

Manifestations

L'infection peut se manifester sous diverses formes :

- elle peut être précoce et aiguë, sous forme d'une collection inflammatoire sur l'abord chirurgical ou sur l'ouverture cutanée éventuelle (fracture ouverte). Le diagnostic est assez évident et il ne faut pas céder à des arguments faussement rassurants (absence de fièvre, bilan inflammatoire modérément perturbé alors que l'antibioprophylaxie est éventuellement poursuivie) pour ne pas réintervenir. Cette reprise précoce permet le plus souvent le nettoyage de la zone infectée et l'identification du germe en cause ;
- elle peut être retardée de quelques semaines, alors que le patient a quitté le service d'hospitalisation. Les signes cliniques peuvent être plus frustes, se résumant parfois à une douleur locale sans signes inflammatoires locaux ou généraux. Outre le bilan inflammatoire perturbé (élévation de la *C reactive protein* [CRP]), des modifications radiographiques assez évocatrices permettent de suspecter le diagnostic : retard de consolidation, ostéolyse autour des vis, chambre de décollement autour du clou, apposition périostée, opacité des parties molles. La reprise chirurgicale s'impose en ayant deux objectifs : l'un est biologique, reposant sur le nettoyage de la zone infectée, la couverture du foyer de fracture et la mise en évidence du germe en vue d'adapter l'antibiothérapie ; l'autre est mécanique, reposant sur la stabilisation du foyer de fracture dont la mobilité quasi constante dans ce contexte contribue à l'entretien des phénomènes infectieux. La consolidation du foyer et la guérison de l'infection sont indissociables et sont généralement contemporaines ;
- elle peut être enfin beaucoup plus tardive en prenant différents aspects : ostéite, pseudarthrose infectée, fistulisation chronique. La stratégie thérapeutique dépend de nombreux facteurs : état de consolidation de la fracture, importance de la perte de substance osseuse engendrée par l'infection ou les gestes d'éradication de l'os infecté, état des enveloppes et possibilité de couverture de la zone infectée.

Prévention

La méthode thérapeutique de choix de l'infection reste la prévention. Parmi les mesures directement dépendantes de la fracture du fémur, il faut retenir la nécessité :

- d'une antibioprophylaxie adaptée aux conditions locales et au geste réalisé selon les critères actualisés de la Société française d'anesthésie-réanimation (SFAR) [87] ;
- pour les fractures ouvertes, d'un nettoyage et d'un parage soigneux avec au besoin des prélèvements bactériologiques en fin de parage ;
- et d'une fixation précoce, en particulier pour les patients à risque (fracture souillée, polytraumatisé), même en cas d'impossibilité d'une fixation interne habituelle en ayant recours à un fixateur externe, éventuellement provisoire dans l'attente d'une ostéosynthèse interne secondaire [88-90].

Pseudarthrose

La pseudarthrose est une complication classique des fractures des os longs. Sa survenue dans les suites d'une fracture du fémur est cependant plus rare qu'après fracture de jambe [91]. Des facteurs mécaniques et biologiques sont habituellement cités et leur intrication augmente son risque de survenue [92]. Parmi tous ces facteurs il faut retenir :

- l'ouverture du foyer provoquant la fuite de l'hématome fracturaire et augmentant le risque infectieux ;
- le type d'ostéosynthèse, en particulier l'ostéosynthèse par plaque à foyer ouvert du fait de la perte de l'hématome fracturaire, du dépériostage du foyer et du mécanisme lent et essentiellement cortical de la consolidation ;

- l'imperfection dans la réalisation de l'ostéosynthèse, notamment en cas de maintien d'un écart interfragmentaire, d'aggravation du trait de fracture ou d'instabilité du montage ;
- la localisation et la complexité de la fracture qui influencent le choix et la stabilité de l'ostéosynthèse ou augmentent le risque d'imperfection technique (fracture distale ou proximale, fracture bifocale ou comminution majeure) ;
- et les associations lésionnelles qui modifient souvent le mode de prise en charge du patient.

Le retard de consolidation doit être évoqué sur le plan clinique devant la persistance d'une douleur mécanique au niveau du foyer fracturaire. Sur le plan radiographique, outre le maintien du trait dont les berges ont tendance à se résorber en se densifiant, on constate souvent des modifications traduisant la mobilité du montage telles qu'une chambre claire autour des vis ou du clou avec lignes denses réactives à distance. Il est classique de considérer qu'après 6 mois d'une telle évolution la pseudarthrose est avérée. Très souvent, la suspicion laisse alors place à la certitude : appui impossible, sensation de mobilité du foyer ressentie par le patient, sclérose et ostéoporose autour du foyer (pseudarthrose atrophique) ou aspect hypertrophique en « patte d'éléphant », démontage ou rupture de l'ostéosynthèse...

Le type de traitement dépend essentiellement de l'aspect de la pseudarthrose. Schématiquement, la pseudarthrose atrophique d'origine biologique réclame l'apport osseux tandis que la pseudarthrose hypertrophique plutôt d'origine mécanique requiert un geste de stabilisation [93]. Quoi qu'il en soit, il est désormais admis que tout retard de consolidation ou l'amorce d'une pseudarthrose doit faire l'objet d'un traitement rapide : il n'est en effet plus nécessaire d'attendre les 6 mois de délai nécessaires au diagnostic pour traiter un foyer dont l'ostéogénèse ne semble pas se dérouler convenablement. Cette attitude interventionniste est d'ailleurs recommandée pour toute fracture diaphysaire [32].

Cal vicieux

La consolidation vicieuse constitue probablement une des complications secondaires les plus fréquentes, à condition qu'elle soit recherchée de façon précise. Elle est surtout citée dans la littérature lors du traitement par enclouage du fait, d'une part d'un contrôle plus difficile de la réduction par cette technique d'ostéosynthèse à foyer fermé, et d'autre part de la prépondérance de cette technique vis-à-vis de l'ostéosynthèse par plaque à foyer ouvert. Les anomalies rencontrées peuvent être axiales (raccourcissement ou allongement), frontales (varus le plus souvent), sagittales (recurvatum essentiellement) et rotationnelles.

Les raccourcissements et cals vicieux angulaires sont assez facilement mis en évidence par des clichés radiographiques standards, même si certaines associations sont parfois difficiles à analyser. La notion de différence de longueur est peu étudiée mais elle reste généralement faible [94] et peut être facilement compensée quand elle se limite à 1 ou 2 cm. En revanche, un raccourcissement de 3 ou 4 cm est moins tolérable et doit conduire à une reprise précoce si le diagnostic est fait avant consolidation ou discuter cette reprise en cas de diagnostic plus tardif.

La fréquence des anomalies angulaires est variable (0 à 37 %) selon les valeurs prises en compte pour les définir [95]. La localisation distale [95-97] ou proximale [95], la comminution ou l'instabilité de la fracture [95, 97] semblent être les facteurs favorisants essentiels. Il est en revanche difficile de déterminer la valeur angulaire au-delà de laquelle le retentissement sur l'articulation sus- ou sous-jacente est préjudiciable. Retenons simplement qu'une angulation est d'autant moins tolérée qu'elle se situe à proximité de la hanche et surtout du genou et qu'au-delà de la valeur réelle de l'angulation retrouvée au niveau du foyer, c'est surtout la modification de l'axe global du fémur qu'il faut considérer avant d'envisager une correction.

Concernant les cals vicieux rotatoires, leur mise en évidence est plus difficile. Le scanner semble la méthode la plus fiable [94]. Dans leur étude, Jaarsma et al. [98] retrouvent 28 % de troubles rotationnels de plus de 15° et précisent que 62 % de

ces troubles ne sont pas détectables à l'examen clinique en décubitus dorsal et 48 % en décubitus ventral. Pourtant, ils peuvent être gênants, en particulier en cas de rotation externe vicieuse.

Raideur et douleur articulaire

En dehors de l'association lésionnelle fracture du col-fracture de la diaphyse fémorale qui peut laisser des séquelles coxofémorales, les douleurs de hanches sont rares après fracture du fémur. Elles peuvent cependant survenir au décours du traitement par enclouage antérograde :

- il peut s'agir d'une douleur trochantérienne en rapport avec la saillie anormale du clou ou liée à une souffrance tendineuse au point d'introduction du clou avec parfois une ossification en regard [99] ;
- plus exceptionnellement, des douleurs articulaires peuvent annoncer la survenue d'une nécrose aseptique de la tête fémorale provoquée par la lésion de l'artère circonflexe (point d'introduction du clou médial et postérieure dans la fossette digitale) [100].

Au genou, en dehors de certaines associations lésionnelles (fracture de rotule, lésion ligamentaire méconnue...) ou d'une gêne éventuellement provoquée par les vis de verrouillage distal d'un clou antérograde, les douleurs sont l'apanage des enclouages rétrogrades. La saillie même infime du clou peut provoquer un conflit avec la patella lors des mouvements de flexion du genou. Mais ces douleurs peuvent également exister en dehors de tout défaut technique compte tenu de l'introduction par voie intra-articulaire du clou. En marge des douleurs, le genou peut également être le siège d'une limitation de mobilité dans certaines circonstances :

- fracture ouverte en particulier distale ou plaie du genou associée ;
- ostéosynthèse par fixateur externe ;
- mobilisation initiale insuffisante du genou après ostéosynthèse ;
- fracture comminutive avec multiples fragments intermédiaires volontiers à l'origine d'un cal volumineux.

Dans sa forme commune diagnostiquée dans les premières semaines après la fracture, la mobilisation sous anesthésie suffit généralement. Plus rarement un geste d'arthrolyse est nécessaire, en particulier si une cause articulaire paraît évidente. En cas de raideur ancienne et importante, une libération plus ou moins extensive de l'appareil extenseur selon Judet est alors indiquée [101].

■ Traitement

Méthodes

Le traitement orthopédique a longtemps occupé une place dans les possibilités thérapeutiques du traitement des fractures de la diaphyse fémorale. Ses importants inconvénients et ses nombreuses contraintes (alitement prolongé en traction continue, maintien aléatoire de la réduction, contrôles radiographiques itératifs, cal vicieux, raideur du genou...) font que, sous nos latitudes et en dehors de situations exceptionnelles, il est maintenant totalement abandonné au profit de méthodes chirurgicales plus performantes.

Enclouage centromédullaires

L'enclouage centromédullaire proximodistal (ou antérograde) à foyer fermé s'est imposé au fil du temps comme la technique d'ostéosynthèse de référence dans le traitement des fractures diaphysaires du fémur.

Cette technique, publiée par Gerhardt Küntscher en 1940 devant le Congrès allemand de chirurgie, fut appliquée pour la première fois en France selon les principes recommandés par l'auteur, le 20 décembre 1944 au Centre de traumatologie de Strasbourg fraîchement libéré. L'extraordinaire progrès apporté par cette technique se résume parfaitement par l'hommage particulier rendu en 1980 à Küntscher, lors d'une séance de l'Académie de chirurgie, par Robert Merle d'Aubigné [102] qui

“ À retenir

Prendre en charge une fracture du fémur n'est pas simplement en faire le diagnostic. C'est aussi être capable d'en connaître les conséquences et les associations lésionnelles et de les apprécier en fonction du contexte. Il faut ainsi toujours songer que :

- l'hypovolémie est de règle mais elle ne peut être seule la cause d'un état de choc qui doit faire évoquer une lésion hémorragique associée (osseuse, viscérale, thoracique, cérébrale) ;
- si l'embolisation de particules graisseuses est inéluctable, le syndrome d'embolie graisseuse ne doit pas être une fatalité. Il faut constamment y penser et systématiquement le prévenir en assurant une stabilité hémodynamique et respiratoire au patient et une stabilisation mécanique précoce au foyer de fracture ;
- la fracture du fémur est localement évidente (déformation, douleur) mais elle ne doit pas faire ignorer une lésion ostéoarticulaire de voisinage (ligament du genou, col fémoral), qu'il faut savoir systématiquement rechercher cliniquement et radiographiquement ;
- dans un contexte polytraumatologique, la fracture du fémur doit s'inscrire dans un schéma thérapeutique global et multidisciplinaire.

déclara : « Si un seul nom devait être retenu dans le traitement des fractures, comme bienfaiteur de l'humanité, ce serait celui du créateur de cette méthode, Gerhardt Küntscher ».

Cette technique s'est imposée à travers le monde bénéficiant tout particulièrement des progrès dans l'alésage du fût diaphysaire grâce à la mise au point d'alésours souples par Pohl (1950) et du verrouillage du clou par Grosse, Lafforgue et Kempf en 1978 [103].

En marge de l'enclouage à foyer fermé antérograde avec alésage sont apparues ces dernières années deux autres techniques pour le traitement des fractures diaphysaires : l'enclouage rétrograde à partir du genou et l'enclouage verrouillé sans alésage.

Enclouage antérograde verrouillé avec alésage

Cette technique constitue la référence dans le traitement des fractures de la diaphyse fémorale. Elle est rigoureuse, précise et parfaitement reproductible [104]. Elle permet d'assurer un montage stable (mobilisation du genou et de la hanche et appui partiel immédiats possibles), parfois immédiatement solide (c'est-à-dire permettant un appui total immédiat) en préservant la vascularisation osseuse musculopériostée et en stimulant la consolidation, d'une part grâce au maintien in situ de l'hématome fracturaire, d'autre part grâce à l'apport osseux naturel au niveau fracturaire provoqué par l'alésage [105].

Le verrouillage par vis du clou permet :

- d'assurer une stabilité rotatoire efficace dans les fractures distales ou proximales et en cas de fracas ou de comminution du foyer ;
- d'éviter le télescopage des fragments et le raccourcissement du fémur (Fig. 3).

Le verrouillage proximal est facilité par l'utilisation d'un cadre de visée, monté sur la partie proximale du clou. Le verrouillage distal s'effectue sous contrôle de l'amplificateur de brillance au moyen d'un cadre fixé sur l'appareil de radioscopie. Pour limiter l'usage de la radioscopie, d'autres systèmes de verrouillage distal ont été imaginés (palettes expansibles, brins souples précontraints pour diverger dans la diaphyse) mais les performances de ces clous dans le cadre des fractures du fémur sont décevantes [106, 107]. Le verrouillage par vis mis au point par Grosse, Lafforgue et Kempf [103] reste donc le seul véritablement fiable au fémur.

La technique initiale prévoyait donc d'adapter les modalités du verrouillage au type de fracture rencontré [108] :

- les fractures transversales ou obliques courtes (sans risque de télescopage des fragments) du tiers moyen de la diaphyse (en zone isthmique) ne réclamaient aucun verrouillage particulier du fait de l'enclavement transversal et longitudinal du clou. Un clou standard de Küntscher ou un clou de Grosse et Kempf sans vis de verrouillage était alors recommandé ;
- le montage dynamique (verrouillage distal ou proximal) était proposé pour les fractures simples, sans risque de télescopage des fragments (fractures transversales ou obliques courtes), situées en dessous ou au-dessus de l'isthme fémoral ;
- le montage statique (verrouillage distal et proximal) était recommandé en cas de risque d'instabilité axiale et/ou rotatoire aux deux extrémités (fractures comminutives, bifocales, spiroïdes, fracas). Une fois la consolidation amorcée,

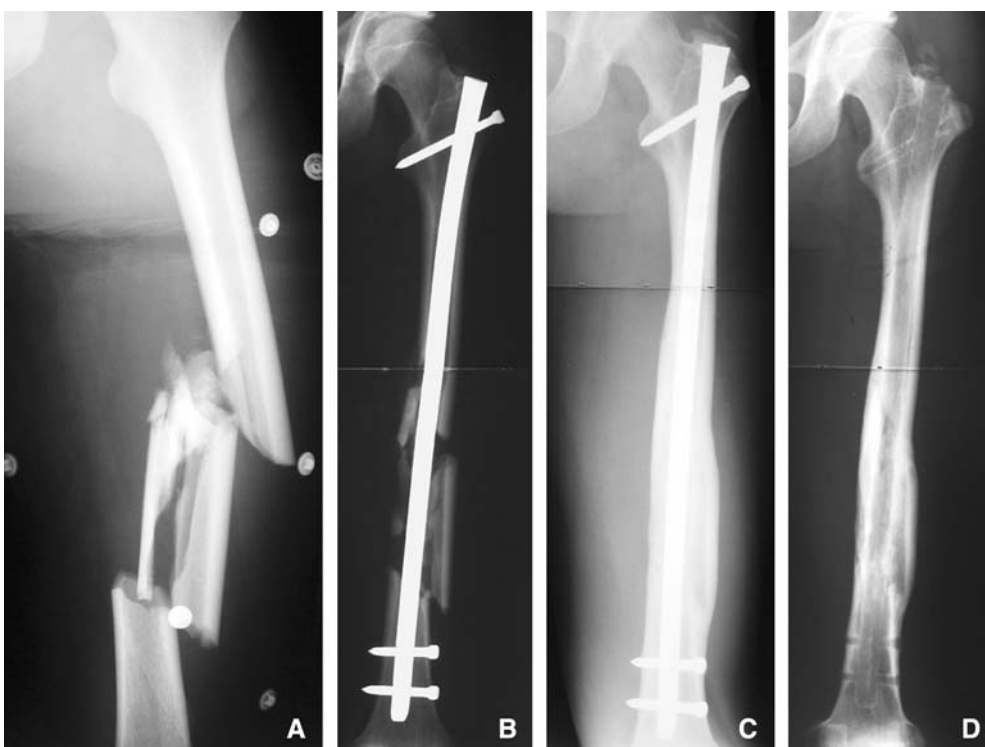


Figure 3. Homme de 19 ans, piéton renversé par une voiture.

- A.** Fracture bifocale fermée du fémur gauche.
B. Enclouage verrouillé statique.
C. Consolidation obtenue sans déverrouillage.
D. Vue après ablation du matériel à 18 mois.

la dynamisation était systématique et destinée à améliorer l'effet de la mise en charge sur l'ostéogénèse. Le déverrouillage du clou était alors réalisé aux alentours de la 6^e semaine, les vis distales ou la vis proximale étant ôtée selon la situation du trait pour maintenir un effet antirotatoire.

En pratique, les constatations cliniques [109, 110] et expérimentales [111] ont peu à peu modifié les attitudes. Actuellement, en dehors des fractures transversales du tiers moyen, le montage statique est assez systématique et le déverrouillage est réservé aux retards de consolidation ou aux distractions manifestes du foyer [112].

Les grandes séries publiées utilisant le plus souvent le clou de Grosse et Kempf (GK) rapportent un taux de consolidation remarquable supérieur à 98 % [20, 96], y compris en cas de fracture ouverte [96, 113, 114].

Le taux d'infection postopératoire est faible, inférieur à 2 % [20, 91, 96] même dans certaines séries de fractures ouvertes où la fréquence se maintient aux alentours de 3 % [113, 115]. Le risque semble cependant plus important en cas d'ouverture cutanée (2,8 % contre 6 %) d'après Jenny et al. [116]. De plus, ce risque semble plus marqué en cas d'ouverture majeure ou compliquée (grade IIIB et C de Gustilo) [117] comparée aux fractures ouvertes d'autres grades [114].

Les performances de l'enclouage antérograde se confirment également dans les fractures du tiers distal et même les fractures supracondyliennes [118] pour lesquelles certains proposent cependant l'enclouage rétrograde à partir du genou [119]. Pour les fractures proximales, l'évolution s'est faite vers l'utilisation d'un verrouillage proximal cervicocéphalique (clou Gamma long, clou de Russell-Taylor, clou AO avec lame hélicoïdale proximale) permettant de stabiliser plus efficacement les fractures sous-trochantériennes, les fractures diaphysaires irradiées au massif trochantérien ou les fractures bifocales comportant une fracture trochantérienne [120-123].

Enclouage antérograde sans alésage

Le but de l'alésage est de permettre la mise en place d'un clou de plus gros diamètre, permettant ainsi un enclavement longitudinal plus important et une augmentation significative de la résistance mécanique du clou (proportionnelle à la puissance 4 du diamètre d'un clou creux). Nous l'avons vu également, l'alésage est bénéfique sur le plan biologique en contribuant à l'apport osseux au niveau fracturaire.

Cependant, des effets néfastes ont été décrits [124] :

- l'alésage semble entraîner une augmentation de pression dans le fût diaphysaire [125] provoquant une augmentation du risque d'embolisation graisseuse [49]. Les conséquences sont d'autant plus nettes que le sujet présente une prédisposition à l'apparition d'un SEG, notamment en cas de traumatisme thoracique, de polytraumatisme [126, 127] ou d'alésage prolongé (fracture bilatérale) [73, 74] ;
- l'alésage semble provoquer des lésions de nécrose endostée du fait de cette élévation de pression [128] conjuguée à la destruction des vaisseaux endostés et à l'élévation thermique locale [129].

De ce fait, plusieurs auteurs ont eu recours à l'enclouage sans alésage nécessitant des clous de plus petit diamètre, volontiers en titane du fait du risque accru de rupture des clous en acier, avec des résultats encourageants en termes de consolidation [130], de temps opératoire et de déperdition sanguine moindre [131] et d'absence de complications respiratoires [132, 133].

Cependant, l'enclouage avec alésage conserve de nombreux avantages :

- l'introduction du clou sans alésage provoque aussi une élévation de pression [134] et l'absence d'alésage n'est donc pas une garantie totale du maintien d'une pression basse dans le fût [135] ;
- des modifications géométriques des têtes d'alésoirs [136] et un alésage plus doux [137] peuvent réduire significativement la pression et la température engendrées par l'alésage ;

- l'extravasation du contenu médullaire dans le foyer de fracture, dont les conséquences positives sur la consolidation ont été rappelées [105], est plus importante en cas d'alésage [138] ;
- dans leur méta-analyse qui résume les principales publications comparant l'enclouage avec et sans alésage, Forster et al. [139] démontrent nettement la supériorité mécanique de l'alésage : la consolidation est plus rapide et le risque de pseudarthrose moins important, tandis que le risque de difficultés opératoires ou de réintervention est moindre ;
- enfin, les conséquences de l'alésage sur la fonction respiratoire des sujets exposés à une détresse ventilatoire soulèvent quelques controverses : différentes études cliniques ou expérimentales ne retrouvent aucune différence significative en présence ou en l'absence d'alésage [140-143]. Chez le polytraumatisé et le traumatisé thoracique, il semble que ce soit pour beaucoup l'instabilité tensionnelle qui influe sur le risque de survenue de complications respiratoires en cas d'alésage [144].

L'enclouage antérograde verrouillé est la technique de référence dans le traitement des fractures de la diaphyse fémorale. Le recours à l'alésage est assez systématique dans notre expérience en dehors de circonstances particulières :

- fracture du fémur avec signe d'embolisation graisseuse ;
- fracture du fémur avec contusion thoracique, la controverse dans les publications incitant plutôt à la prudence ;
- fractures bilatérales du fémur avec une hémodynamique instable et/ou une gazométrie perturbée.

Enclouage rétrograde

Swiontkowski [64] a été le premier à proposer de réaliser un enclouage rétrograde pour traiter une fracture diaphysaire du fémur dans le cadre d'une association à une fracture homolatérale du col fémoral. Par la suite, Sanders et al. [145], Gregory et al. [77], Helfet et Lorich [119] et Moed et al. [146] en ont étendu les indications : fracture supracondylienne notamment en cas de présence de matériel d'ostéosynthèse ou prothétique à la hanche [22], association acétabulum-diaphyse fémorale, amputation traumatique, genou flottant.

L'enclouage rétrograde pour les fractures médiodiaphysaires du fémur a connu également un succès important sur le territoire nord-américain en raison du plus grand nombre de patients obèses. En effet dans ce cas, l'utilisation de la table orthopédique, la mise en adduction du membre inférieur et l'introduction antérograde du clou sont beaucoup plus difficiles, voire impossibles.

L'installation se fait le plus souvent sur table conventionnelle, sans traction, un appui sous le genou permettant d'obtenir une flexion de 30°. L'abord du genou peut être transtendon patellaire ou parapatellaire. Le point d'entrée idéal se situe au milieu de l'échancrure, à 1,2 cm de l'insertion fémorale du ligament croisé postérieur [147]. Un alésage peut être nécessaire en fonction du type de clou choisi (plein ou creux) et du niveau de la fracture. Dans les fémurs ostéoporotiques et à canal médullaire élargi, l'alésage est déconseillé pour ne pas compromettre la tenue du clou déjà précaire chez le sujet âgé. Un ancillaire permet une visée automatique des orifices de verrouillage distaux et proximaux. Pour les vis les plus distales, un contre-écrou peut parfois être nécessaire chez les patients souffrant d'ostéoporose afin d'améliorer la stabilité de la vis.

Cette technique chirurgicale a pour but d'aligner et de stabiliser la fracture sans obtenir une réduction anatomique parfaite. Elle est plus généralement destinée aux sujets fragiles (sujets âgés ou polytraumatisés) chez lesquels l'opérateur veut éviter un temps opératoire trop long, et une déperdition sanguine importante [119]. La reprise de l'appui s'effectue en fonction de la stabilité du montage obtenu.

Les études comparatives prospectives [148, 149] ou rétrospectives [150] rapportent un taux de consolidation identique entre clou rétrograde et clou antérograde [151], avec cependant un délai de consolidation un peu plus long pour l'enclouage rétrograde noté par Ostrum et al. [149]. En revanche, l'enclouage rétrograde aboutit, selon Tornetta et Tiburzi [148], à un taux plus important de raccourcissement, notamment en raison de



Figure 4. Homme de 68 ans, chute dans les escaliers en état d'ébriété.

- A.** Fracture fermée distale du fémur (vue de face).
B. Fracture fermée distale du fémur (vue de profil).
C. Enclouage verrouillé rétrograde (vue de face).
D. Enclouage verrouillé rétrograde (vue de profil).
E. Consolidation (vue de face à 6 mois).
F. Consolidation (vue de profil à 6 mois).

l'absence de table orthopédique. Dans cette série, la fréquence des cals vicieux en rotation est également deux fois plus importante, particulièrement pour des fractures instables. Cependant, la fréquence des cals vicieux angulaires semble identique dans les deux méthodes [95]. Il faut aussi signaler que les cals vicieux rotatoires ne sont pas l'apanage de l'enclouage rétrograde : c'est en effet pour l'enclouage antérograde que l'étude scanographique postopératoire de Jaarsma et al. [98] retrouve 28 % d'anomalies rotationnelles.

Il semble enfin que l'enclouage rétrograde aboutisse plus fréquemment à des gonalgies séquellaires avec une fréquence pouvant atteindre 27 % des cas pour Moed et Watson [152] et 29 % pour Herscovici et Whiteman [153].

Une récente et complète analyse de la littérature [154] conclut que l'enclouage rétrograde est une méthode de traitement efficace pour les fractures du fémur distal et une option moins recommandée pour les fractures diaphysaires, du fait de problèmes de consolidation et de douleurs du genou plus importants qu'après enclouage antérograde. Mais il faut souligner que le verrouillage proximal du clou n'est pas toujours aisé : s'il est réalisé latéralement dans le plan frontal, au tiers moyen de la diaphyse, la visée peut être délicate puisqu'elle se situe dans la zone la plus large de la cuisse. Et si le verrouillage est antéro-postérieur, le risque de lésion du nerf fémoral n'est pas négligeable.

Le recours à l'enclouage rétrograde doit donc être réservé à des indications particulières :

- enclouage antérograde impossible (fracture sous une prothèse totale de hanche stable) ou risqué (escarre trochantérienne) ;

- fracture périprothétique sur prothèse totale de genou stable si le modèle prothétique le permet (pas de quille centromédullaire au niveau fémoral) ;
- association fracture du fémur distal-fracture de jambe ;
- fracture du fémur distal du sujet âgé (Fig. 4).

L'enclouage centromédullaire est une référence dans le traitement des fractures de la diaphyse fémorale. Sa technique a évolué au fil du temps permettant d'optimiser ses performances et d'élargir ses indications. Elle va continuer sans doute à évoluer dans un avenir très proche, notamment par l'apport de la navigation qui permettra sans doute d'améliorer la réduction de la fracture et de réduire la durée d'exposition aux rayons des opérateurs ou de s'affranchir de l'amplificateur de brillance.

Ostéosynthèses par plaque

Plaques à compression

Le principe de ce type de synthèse est d'obtenir une réduction anatomique censée aboutir à la consolidation « per primam ». Les différents fragments osseux sont réduits le plus souvent à l'aide de daviers et/ou de broches provisoires. La plaque est apposée sur l'os et un vissage compressif permet d'obtenir un contact intime entre la plaque et l'os. Un vissage compressif interfragmentaire peut également être réalisé au travers de la plaque ou en dehors de celle-ci.

Les avantages sont la réduction anatomique du foyer de fracture, la possibilité de réaliser la synthèse sans installation sur

table orthopédique et sans utilisation de l'amplificateur de brillance pendant l'intervention. La mobilisation du genou peut être débutée rapidement après l'intervention.

Mais les inconvénients de ce type de synthèse sont nombreux :

- l'abord chirurgical extensif impose de relever le vaste latéral et de ligaturer les nombreux vaisseaux perforants. La perte sanguine peut être importante et le risque infectieux est augmenté pouvant atteindre 9 % selon Bostman et al. [155] ;
- l'abord direct du foyer de fracture nécessite souvent le déperiochage d'une partie du fémur et élimine l'hématome périfracturaire (facteur favorisant la consolidation). Par le passé, certains auteurs ont proposé d'ajouter systématiquement à l'ostéosynthèse un apport osseux par greffe iliaque pour pallier cet effet péjoratif sur la consolidation mais au prix d'un alourdissement du geste réalisé [156, 157]. D'autres, plus récemment, ont privilégié l'aspect biologique de l'ostéosynthèse en limitant au maximum le déperiochage des fragments, la plaque pontant le foyer de fracture comminutif sans chercher à réduire parfaitement tous les fragments [158, 159] ;
- le cal obtenu de type unitif est d'apparition lente. En pratique, ce type de montage impose de laisser le patient sans appui pendant 2 à 3 mois au minimum. Malgré ces précautions, la fréquence des pseudarthroses est élevée (9 % pour Rozbruch et al. [158], 14 % des cas pour Rüedi et Lüscher [156]) et les fractures itératives après ablation du matériel ne sont pas rares (9 % selon Rüedi et Lüscher) [156].

En conséquence, l'ostéosynthèse des fractures diaphysaires du fémur par abord du foyer et mise en place d'une plaque à compression est actuellement de moins en moins utilisée. Certains la réservent encore aux contre-indications ou aux impossibilités techniques de réalisation d'un enclouage.

Plaques à vis bloquées

Il s'agit de l'évolution des plaques à compression proposée par l'AO. Ces plaques, disponibles depuis 2001 [160], diffèrent des plaques à compression par la présence d'orifices de verrouillage dotés de pas de vis. Les vis dont la tête comporte un pas de vis répondant au pas de vis situé sur la plaque viennent se bloquer dans la plaque et n'ont aucun effet compressif entre l'os et la plaque. Le blocage de la vis dans la plaque accroît de façon importante la stabilité du montage [161-164] que l'on peut comparer d'un point de vue biomécanique à un « fixateur externe-interne ». Les plaques à vis bloquées peuvent ne comporter que des orifices pour vis bloquées (plaques *less invasive stabilization system* : LISS) ou une association d'orifices pour vis bloquées et non bloquées (plaques LCP). Les plaques LISS sont dotées d'un ancillaire associé à des guides de visée permettant leur mise en place par abord mini-invasif : c'est la technique dite du *mini invasive percutaneous plate osteosynthesis* (MIPPO), décrite initialement par Krettek [165] indépendamment de l'utilisation d'implants à vis bloquées. Les plaques LCP peuvent également être mises en place par abord mini-invasif mais ne bénéficient pas actuellement d'ancillaire spécifique.

Les avantages de ces plaques sont nombreux : la possibilité de glisser la plaque sous le vaste latéral diminue les complications de façon importante et la stabilité du montage permet la remise en charge de façon précoce, y compris chez le sujet âgé à l'os porotique [166]. Actuellement, les patients opérés dans notre service avec ce type d'implant sont remis en charge à 48 heures.

Les résultats obtenus avec ce type d'implants, en particulier dans les fractures distales du fémur, semblent encourageants comparés à d'autres implants plus anciens [162, 166-169].

Les inconvénients sont le coût actuellement élevé, la courbe d'apprentissage inhérente à toute nouvelle technique opératoire et les questions qui se posent actuellement concernant la difficulté d'ablation de ce type de matériel, le blocage de certaines vis pouvant s'avérer définitif.

Il est cependant probable que le système LCP, combinant vis à compression et vis bloquées, va très probablement devenir le

système de référence dans les années à venir en termes d'ostéosynthèse par plaque en même temps que vont disparaître les plaques à vissage compressif.

Fixation externe

Comme pour toute fracture diaphysaire, la fixation externe fait partie de l'arsenal thérapeutique. Cependant, son utilisation au fémur nécessite quelques réflexions :

- pour des raisons d'encombrement du corps du fixateur et du fait des trajets vasculonerveux ou de la situation des muscles de la cuisse, le fixateur ne peut être positionné qu'en situation frontolatérale. Les fiches sont bien entendu non transfixiantes mais elles traversent le muscle vaste latéral induisant fréquemment des problèmes de tolérance mécanique (mobilisation du genou douloureuse et risque accru de raideur) et biologique (écoulement à l'orifice des fiches avec risques de surinfection et de perte de tenue dans l'os). Ces problèmes de tolérance sont également majorés du fait de la durée de maintien du fixateur souvent importante liée au délai de consolidation de la fracture (140 à 160 j) ;
- il est établi que l'efficacité d'un fixateur externe est d'autant plus importante que son corps est à proximité de l'os et que les groupes de fiches restent proches l'un de l'autre tout en étant positionnés près du foyer de fracture. À la cuisse plus qu'ailleurs (jambe, bras, avant-bras), ces conditions sont souvent mal réalisables, réduisant ainsi les qualités biomécaniques du fixateur ;
- la réduction de la fracture est fréquemment laborieuse du fait du déplacement initial important, de la situation profonde de la diaphyse et de l'environnement musculaire puissant. Il faut obtenir un alignement et un contact interfragmentaire suffisants pour qu'ils puissent être maintenus par le fixateur, souvent au prix de manœuvres externes multiples, sous contrôles scopiques répétés, au cours de séances opératoires prolongées. La réduction parfaite est rarement obtenue, sauf pour les fractures largement ouvertes permettant un accès facile au foyer avec possibilité de simplification des traits par une ostéosynthèse minimale.

Pour toutes ces remarques, il paraît raisonnable de limiter l'utilisation de la fixation externe à certaines indications particulières :

- fractures ouvertes graves : délabrement musculaire avec exposition large et souillure du foyer, origine balistique notamment de gros calibre, plaie vasculaire associée ;
- polytraumatisme ou polyfracture avec détresse vitale.

Dans ces indications, le fixateur peut être utilisé comme moyen d'ostéosynthèse d'attente avant de pouvoir éventuellement réaliser une ostéosynthèse interne si l'état général ou local le permet [88-90, 170]. Concernant l'enclouage réalisé secondairement à une fixation externe provisoire, l'analyse récente de la littérature menée par Bandhari et al. [171] montre un taux de consolidation évalué à 98 % avec un risque infectieux modéré (3,6 %) même si l'enclouage est réalisé sans intervalle libre après ablation du fixateur externe.

Indications

La fracture de la diaphyse fémorale, nous l'avons vu, peut survenir dans des contextes extrêmement variés influençant son mode de traitement. Nous proposons de discuter les indications thérapeutiques selon la situation de la fracture mais aussi en fonction du contexte, de l'existence de complications immédiates ou en présence d'associations lésionnelles.

En fonction de la situation de la fracture

L'enclouage centromédullaire constitue le mode d'ostéosynthèse de référence. Nous l'avons vu, en dehors des fractures transversales du tiers moyen, le montage statique est assez systématique et le déverrouillage est réservé aux retards de consolidation ou aux distractions manifestes du foyer. Le recours à l'alésage est assez systématique mais il doit rester raisonnable. La technique initiale prévoyait un alésage généreux

“ À retenir

L'enclouage centromédullaire antérograde à foyer fermé est la technique de référence pour l'ostéosynthèse des fractures du fémur.

L'alésage préalable du fût fémoral est favorable sur le plan mécanique en permettant d'augmenter le diamètre du clou utilisé et sur le plan biologique en inondant le foyer de fracture de produit d'alésage. Mais il provoque également le passage de particules lipidiques dans la circulation générale, augmentant ainsi le risque de syndrome d'embolie graisseuse. Il est donc préférable d'utiliser un clou non alésé en cas de :

- fracture du fémur avec signe d'embolisation graisseuse ;
- fracture du fémur avec contusion thoracique ;
- fractures bilatérales du fémur avec une hémodynamique instable et/ou gazométrie perturbée.

Les possibilités de verrouillage cervicodiaphysaire permettent d'élargir les indications de l'enclouage aux fractures proximales du fémur. L'introduction du clou à partir du genou (enclouage rétrograde) permet de conserver les avantages de l'enclouage en cas :

- d'enclouage antérograde impossible (fracture sous une prothèse totale de hanche stable) ou risqué (escarre trochantérienne) ;
- de fracture périprothétique sur prothèse totale de genou stable si le modèle prothétique le permet (pas de quille centromédullaire au niveau fémoral) ;
- d'association fracture du fémur distal-fracture de jambe.

L'ostéosynthèse par plaque retrouve des indications depuis l'apparition des plaques à vis bloquées et grâce au développement des techniques mini-invasives, notamment dans le cadre des fractures distales du sujet âgé.

Enfin la fixation externe est réservée à des indications bien particulières :

- fractures ouvertes graves : délabrement musculaire avec exposition large et souillure du foyer, origine balistique, notamment de gros calibre, plaie vasculaire associée ;
- polytraumatisme ou polyfracture avec détresse vitale.

qui permettait d'augmenter le diamètre, l'enclavement transversal et longitudinal du clou. Mais actuellement, le verrouillage permet de limiter cet alésage tout en conservant les vertus mécaniques de l'enclouage et en limitant le risque d'aggravation de la fracture. Dans certaines circonstances, l'alésage est proscrit et l'enclouage est non alésé en cas de :

- fracture du fémur avec signe d'embolisation graisseuse ;
- fracture du fémur avec contusion thoracique ;
- fracture bilatérale avec gazométrie perturbée et/ou hémodynamique instable.

Si la fracture est proximale ou irradie au massif trochantérien, le verrouillage proximal est cervicodiaphysaire. Parmi les matériels disponibles, le clou Gamma long a notre préférence : il allie en effet l'efficacité démontrée du clou Gamma court dans les fractures du massif trochantérien et celle du clou verrouillé de Grosse et Kempf dans les fractures diaphysaires.

Si la fracture est spiroïde, il ne faut pas hésiter à agrandir l'abord cutané proximal pour réduire la spire avec un davier (puis par cerclage métallique) afin de rendre le fémur parfaitement continu avant la pose du clou (Fig. 5).

Si la fracture est distale, l'enclouage antérograde reste possible à condition que les vis de verrouillage soient situées au-delà du

foyer (certains clous ont des orifices de verrouillage plus distaux) et que la qualité osseuse soit suffisante. Chez le sujet âgé, la tenue des vis peut être précaire. L'alternative est alors l'enclouage rétrograde et plus récemment l'ostéosynthèse mini-invasive par plaque à vis bloquées.

En fonction du contexte

Fracture isolée

Le problème soulevé par ce contexte n'est pas celui du matériel d'ostéosynthèse retenu mais du moment où cette ostéosynthèse doit être réalisée. Il est clairement établi que chez le patient monofracturé, la stabilisation doit intervenir dans les 10 premières heures qui suivent la fracture. Passé ce délai, le risque d'embolie graisseuse apparaît clairement [22, 46]. Si les conditions locales fracturaires le permettent, c'est un enclouage antérograde qui doit être réalisé. Si la gazométrie est normale, l'alésage est pour nous alors systématique.

Polytraumatisme

La prise en charge de la fracture du fémur dans le cadre d'un polytraumatisme a longtemps été discutée. Elle semble maintenant clairement définie [172-176]. Il convient de déterminer, comme le suggèrent Pape et al. [172], à quelle catégorie appartient le sujet polytraumatisé :

- patient stable : polytraumatisé sans traumatisme thoracique (classé en fait dans la même catégorie qu'un patient monofracturé) ;
- patient instable : polytraumatisé sévère avec traumatisme thoracique important ;
- patient en détresse : polytraumatisé avec dysfonctionnement cardiorespiratoire majeur résistant à la réanimation.

En marge de ces trois stades, ces auteurs distinguent également le patient limite (*borderline*), intermédiaire entre le patient stable et instable. Dans cette catégorie on retrouve notamment le polytraumatisé sévère et instable sans traumatisme thoracique ou le polytraumatisé de gravité moyenne avec un traumatisme thoracique important.

La prise en charge de la fracture est alors adaptée à la gravité du polytraumatisme (Tableau 3) : ostéosynthèse immédiate par enclouage alésé ou non, fixation externe temporaire au bloc opératoire, voire en salle de déchoquage permettant de contrôler rapidement et efficacement la fracture sans aggraver l'état du patient (*damage control orthopedic surgery*).

Cette attitude maintenant assez consensuelle appelle cependant quelques remarques :

- la classification des patients polytraumatisés, présentée ici de façon simplifiée, utilise, entre autres, différents scores extrêmement précis et surtout répandus outre-Atlantique (Injury Severity Score [86], Abbreviated Severity Score [177], Organ Injury Scaling [178]). Le patient considéré comme *borderline* est celui auquel nous sommes fréquemment confrontés mais son état intermédiaire conduit en fait à une attitude qui paraît moins dogmatique que pour les patients stables ou instables. Ces patients peuvent être ostéosynthésés dans les 24 premières heures, sous surveillance peropératoire attentive de la pression artérielle pulmonaire, l'enclouage étant mené avec précautions (alésage modéré pour permettre la mise en place du clou de plus petit diamètre, à vitesse lente, avec têtes d'alésoir au dessin adapté) et pouvant à tout moment être interrompu et converti en une fixation externe [174]. Dans ce cas, compte tenu du débat concernant l'alésage, c'est un enclouage non alésé qu'il faut réaliser [173, 176]. La décision de la fixation fémorale peut aussi intervenir à l'issue de certains gestes vitaux (contrôle d'une hémorragie, drainage thoracique) et d'une réévaluation clinique et biologique (Fig. 6) après une courte période de réanimation [172] ;
- concernant les patients pour lesquels la fixation temporaire a été décidée (*damage control orthopedic surgery*), le choix du

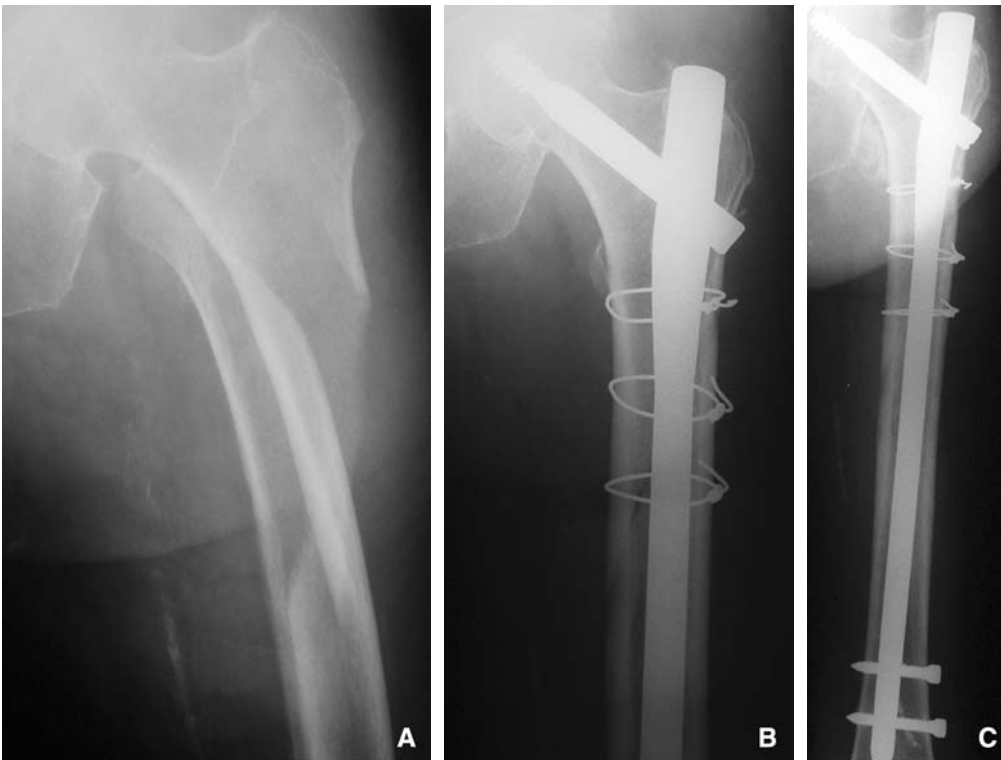


Figure 5. Femme de 87 ans, chute de sa hauteur.
A. Fracture spiroïde fermée du fémur gauche.
B. Clou Gamma long avec simplification du trait spiroïde par cerclages.
C. Contrôle à la consolidation.

Tableau 3.

Recommandations pour la prise en charge de la fracture du fémur chez un patient polytraumatisé (selon [172]).

Patient	Traitement recommandé	
Stable	Immédiat	Ostéosynthèse selon les conditions locales (enclouage avec alésage autorisé)
Intermédiaire	Immédiat/contrôlé	Enclouage non alésé (surveillance PAP)
Instable	Contrôlé	Fixation externe au bloc opératoire (aucune ostéosynthèse intramédullaire)
En détresse	Contrôlé	Fixation externe (en salle d'urgence si possible)

PAP : pression artérielle pulmonaire.

moment où une réintervention pour fixation interne définitive est réalisée est important. L'activation de phénomènes métaboliques et inflammatoires liés au traumatisme est source de complications diverses survenant les premiers jours et une réintervention précoce peut conduire à la défaillance multiviscérale (*second hit* des auteurs anglo-saxons). Une période d'attente et de surveillance de 4 jours au moins paraît souhaitable et il n'y a aucun avantage à réintervenir plus tôt [174, 179]. Harwood et al. [180] préconisent la surveillance des paramètres de l'inflammation (leucocytémie, pouls, fréquence respiratoire ou PCO_2 , température) afin de décider du moment opportun pour la réintervention ;

- concernant les patients présentant un traumatisme craniocérébral, l'hypertension intracrânienne contre-indique la fixation fémorale interne. En revanche, pour un patient hémodynamiquement stable et dont la pression intracrânienne est contrôlée, l'enclouage centromédullaire (avec ou sans alésage) n'est pas contre-indiqué [181].

Fracture pathologique métastatique

L'enclouage centromédullaire répond bien aux exigences d'une fracture pathologique métastatique diaphysaire du fémur [182]. Il faut sans aucun doute procéder au préalable à une exploration radiologique complète de tout le fémur du fait de

la fréquente association d'un foyer diaphysaire et métaphysaire supérieur. Le montage doit armer l'ensemble de la diaphyse et être statiquement verrouillé. Ce mode d'ostéosynthèse permet une remise en charge rapide et une radiothérapie précoce qui a une action complémentaire en vue d'une consolidation acceptable et compatible avec la survie du patient. Dans ce contexte, l'alésage permet d'augmenter le diamètre du clou et donc la solidité du montage. Cependant, compte tenu de l'hypervascularisation fréquente du foyer métastatique, l'alésage peut être source de pertes sanguines plus importantes et surtout d'un SEG ou d'arrêt cardiorespiratoire [183, 184]. Si l'enclouage alésé n'est pas contre-indiqué, il est préférable dans ce contexte d'aléser prudemment et lentement tout en surveillant attentivement les constantes hémodynamiques. Le choix du type de clou verrouillé peut être discuté en fonction du siège de la métastase (clou classique ou à verrouillage cervicocéphalique). Le clou verrouillé cervicocéphalique permet de mieux stabiliser le fémur qu'un enclouage verrouillé classique, en cas d'apparition secondaire d'une lésion trochantérienne. En cas d'enclouage préventif avant fracture, certains clous ont une courbure mal adaptée à un fémur intact et il est préférable de choisir un modèle qui tienne compte de cette courbure.

À moyen terme, les risques essentiels sont le démontage ou la rupture du matériel par non-consolidation ou progression de la lésion métastatique, particulièrement en cas de métastase d'origine rénale [185]. En cas de localisation sous-trochantérienne, l'alternative est la prothèse de hanche de reconstruction mécaniquement plus efficace [182].

L'alternative à l'enclouage est le curetage métastatique avec comblement par du ciment polyméthyle méthacrylate (PMMA) complété par une ostéosynthèse par plaque. Cette solution est particulièrement utile, en particulier dans les localisations distales. Mais ce geste n'est pas non plus exempt de complications hémodynamiques ou mécaniques.

Fracture du sujet âgé

Les sujets âgés (et notamment les femmes) constituent une population particulièrement exposée aux fractures du fémur. La morbidité et la mortalité sont comparables à celles rencontrées au cours des fractures du massif trochantérien ou les fractures du col pour Bouchard et al. [18].

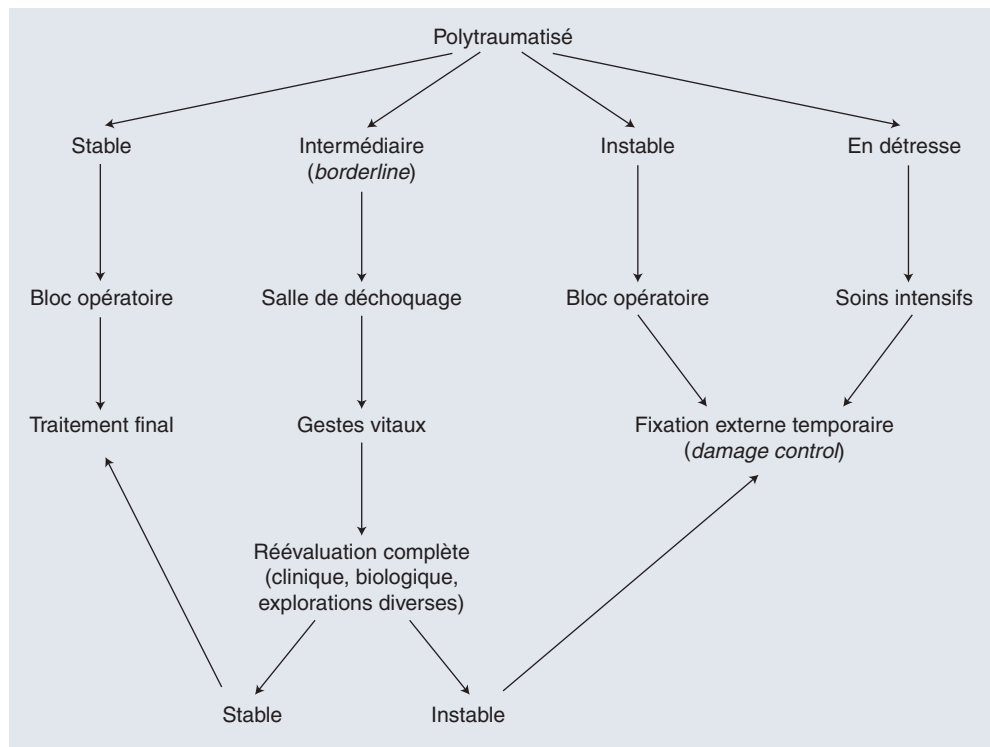


Figure 6. Arbre décisionnel. Protocole de prise en charge pour la fixation d'une fracture du fémur chez un patient polytraumatisé [172, 176].



Figure 7. Femme 78 ans, chute en descendant du bus, prothèse totale du genou en place depuis 5 ans.

A, B. Fracture distale du fémur avec maintien de l'ancrage prothétique (vue de face et de profil).

C, D. Ostéosynthèse par plaque *locking compression plate* (LCP) (vue de face et de profil).

Les fractures du tiers proximal ou trochantérodiaphysaires sont fréquentes et répondent parfaitement à l'ostéosynthèse par clou à verrouillage cervicocéphalique (clou Gamma long) [120, 123].

Les fractures diaphysaires, volontiers spiroïdes, sont traitées par enclouage antérograde verrouillé statique. L'ostéoporose peut poser des problèmes de tenue des vis de verrouillage distal [16].

Les fractures distales de la diaphyse posent également ce problème. Alors que le verrouillage distal du clou prend ici toute son importance, la tenue des vis dans un os porotique, à corticales amincies est souvent précaire. Des vis adaptées à la médiocrité osseuse peuvent être utilisées (vis de Vecsei). L'enclouage rétrograde peut être une solution alternative [154] tout en sachant que les risques de flottement du clou dans une métaphyse porotique et de verrouillage distal précaire persistent. Nous proposons volontiers dans cette indication le recours à

l'ostéosynthèse mini-invasive par plaque à vis bloquées dont la tenue mécanique est particulièrement intéressante [162, 166-169] et l'utilisation est aisée en cas de fracture sur prothèse de genou stable et bien ancrée (Fig. 7).

En fonction des complications immédiates

Fractures ouvertes

Comme pour toute fracture, l'ouverture cutanée implique une prise en charge assez stéréotypée :

- parage au bloc opératoire permettant l'excision des tissus dévitalisés, l'ablation des débris et corps étrangers éventuels, le lavage pulsé du foyer fracturaire et des enveloppes. Ce n'est qu'à son terme qu'il est possible de conclure au stade de gravité de l'ouverture [28, 29] et de réaliser des prélèvements

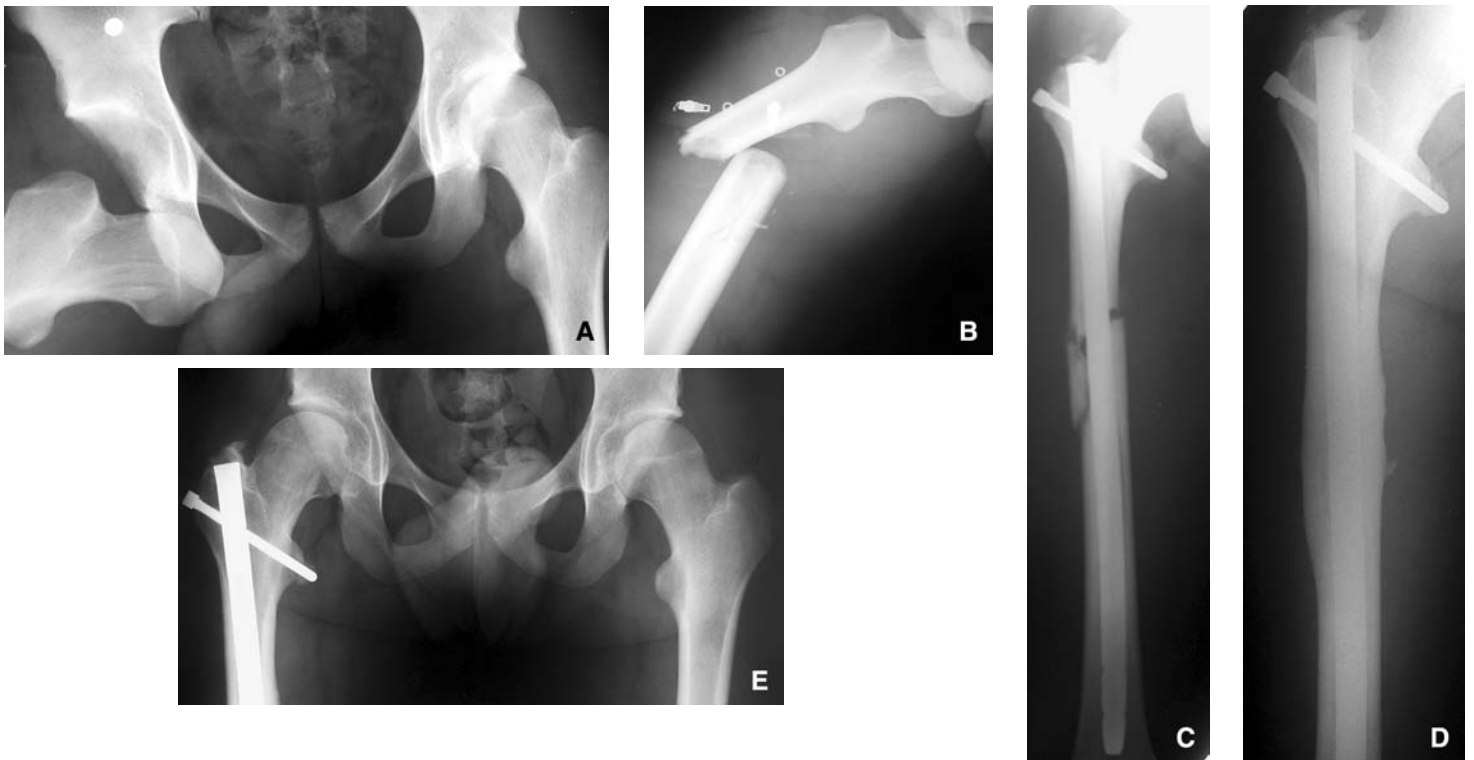


Figure 8. Homme de 21 ans, accident de moto.

- A.** Luxation obturatrice de la hanche droite.
B. Association avec une fracture de la diaphyse fémorale homolatérale, ouverte (stade 2 de Gustilo).
C. Clou verrouillé dynamique supérieur après réduction de la luxation.
D. Aspect de consolidation (noter que le caractère dynamique du clou a permis la consolidation malgré l'écart interfragmentaire initial).
E. Pas de nécrose de la tête fémorale à 2 ans.

bactériologiques du site, particulièrement si la fermeture est impossible ;

- prévention du tétanos (vérification des dates de vaccination, séroprévention ou revaccination si nécessaire) ;
- antibioprofylaxie systématique dont les modalités varient selon les équipes et le contexte. On peut proposer le schéma suivant : pour les fractures de stades I à IIIA, on utilise une céphalosporine de 1^{re} ou de 2^e génération. En cas de souillure tellurique, on peut l'associer au métronidazole ou choisir l'association amoxicilline-acide clavulanique. En cas d'allergie, les quinolones représentent une bonne alternative aux céphalosporines. Par définition, une antibioprofylaxie n'excède pas 48 heures, mais il est fréquent en cas d'ouverture importante (stades II et IIIA), que le traitement soit poursuivi jusqu'au 5^e jour sans qu'aucune preuve ne soit faite quant à son utilité. Pour les fractures plus graves (stades IIIB/C), le schéma peut être analogue (en associant éventuellement un aminoside) mais il est adapté ensuite à l'évolution et aux résultats des prélèvements bactériologiques après parage.

Concernant la stabilisation de la fracture, la fixation interne est réalisée si le foyer peut être couvert par les enveloppes musculaires ou cutanées. Si une technique d'enclouage est adaptée à la situation de la fracture, on peut recommander l'utilisation d'un clou non alésé en cas de risque de contamination pandiaphysaire du fût par l'alésage (fracture initialement exposée et souillée mais foyer couvert après parage). Sinon, l'enclouage avec alésage peut être réalisé comme pour une fracture fermée. Le recours à la fixation externe ne se conçoit que dans les fractures ouvertes très graves (délabrement musculaire avec exposition large, souillée et non couvrable du foyer, origine balistique notamment de gros calibre, plaie vasculaire associée). Elle peut être d'attente et reprise par une ostéosynthèse interne une fois la situation locale simplifiée.

Fracture avec plaie vasculaire et/ou nerveuse

Ces lésions surviennent essentiellement dans un contexte de fracture ouverte grave (stade IIIC). Certaines règles sont essentielles à connaître :

- il faut autant que possible réaliser la réparation vasculaire et/ou nerveuse sur une cuisse dont la fracture est stabilisée ;
- les éventuelles souillures ou exposition persistante du foyer dictent le choix du type d'ostéosynthèse mais ce choix doit aussi tenir compte des impératifs liés à la technique de réparation vasculonerveuse ou engendrés par l'éventuelle ischémie (aponévrotomie de décharge). La simplification du trait de fracture (raccourcissement par exemple) peut aussi simplifier la réparation vasculaire/nerveuse ;
- en cas de plaie vasculaire, il faut toujours choisir le mode d'ostéosynthèse qui diminue le plus le délai entre l'heure du traumatisme et celle de la repermeabilisation vasculaire. Si la situation et les lésions des enveloppes le permettent, l'enclouage est une solution efficace et rapide [34] ;
- la réparation d'une plaie nerveuse tronculaire peut être envisagée en urgence dans un contexte favorable : compétences microchirurgicales, pas d'autre lésion urgente à traiter (abdomen, polyfracture, crâne). L'alternative est la réparation secondaire avec ou sans greffe.

En fonction des lésions associées

Anneau pelvien et acetabulum homolatéral

En cas d'association d'une fracture diaphysaire et d'une fracture acétabulaire, la stabilisation du fémur précède le traitement de la fracture de l'acetabulum, qui peut intervenir au besoin secondairement après une mise en traction devenue efficace grâce au rétablissement de la continuité fémorale. La situation est différente en cas de luxation coxofémorale associée dont la réduction est prioritaire. Selon le type de luxation et la situation du grand trochanter, l'abord direct de l'extrémité proximale du fémur permet la réduction (davier, vis de Schantz ou manœuvre du petit clou) puis l'enclouage antérograde s'effectue de façon classique (Fig. 8).

En cas d'association d'une fracture diaphysaire et d'une rupture de l'anneau pelvien [186], l'attitude thérapeutique dépend de la stabilité tensionnelle du patient et de la lésion pelvienne.

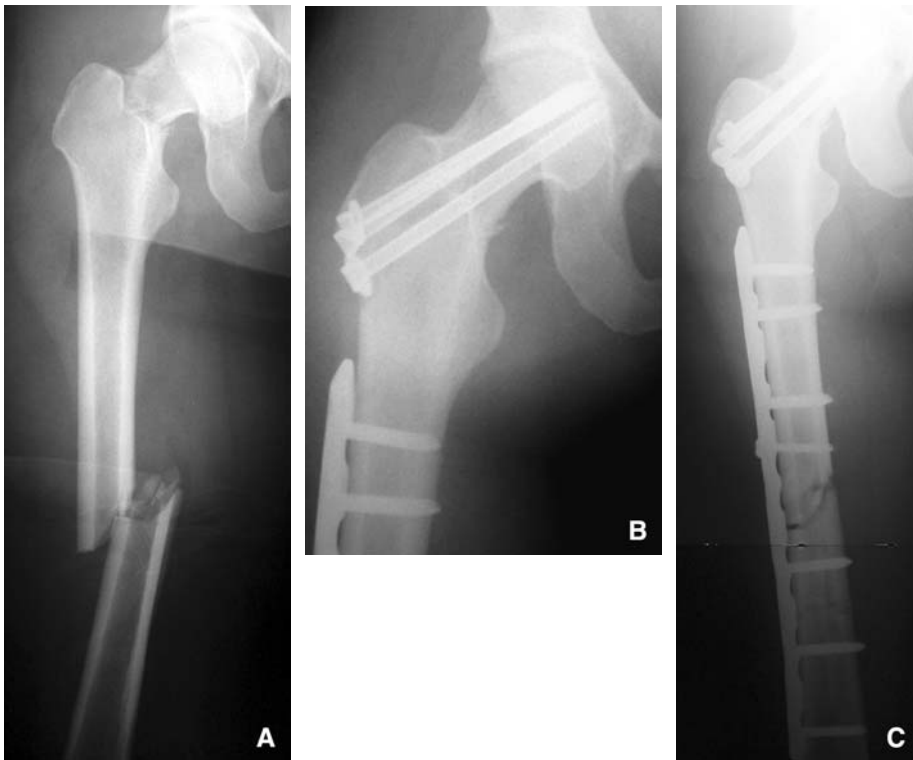


Figure 9. Femme, 31 ans, défenestration du troisième étage.

A. Association fracture diaphysaire du fémur et fracture Garden 3 basicervicale.

B. Ostéosynthèse du col par triple vissage.

C. Ostéosynthèse mini-invasive de la diaphyse par plaque LCP.

En cas d'instabilité hémodynamique majeure, la fixation externe compressive de l'anneau pelvien (fixateur externe ou *pelvic clamp*) est prioritaire et précède l'ostéosynthèse fémorale le plus souvent réalisée par fixateur externe compte tenu des risques attribués à l'enclouage dans ce contexte instable. En fonction de l'évolution tensionnelle après fixation pelvienne, l'enclouage sans alésage peut être envisagé avec prudence.

En l'absence d'instabilité hémodynamique, la fracture du fémur peut être traitée par enclouage avec alésage. En cas d'instabilité verticale de l'anneau (type C), l'ostéosynthèse du fémur précède la stabilisation de la lésion pelvienne dont la réduction nécessite une traction sur un fémur en continuité. Avant l'enclouage, l'arc antérieur est maintenu par un fixateur externe et l'ostéosynthèse de l'arc postérieur intervient dans un second temps. Dans les lésions partiellement stables (type B), on procède d'abord à une stabilisation de la lésion pelvienne par fixation externe à ancrage sus-acétabulaire. Une fois le bassin stabilisé, on procède à l'enclouage sur table orthopédique.

Extrémité supérieure du fémur

En cas de fracture trochantérienne associée à une fracture diaphysaire, l'enclouage centromédullaire à verrouillage proximal cervicocéphalique constitue la solution de choix. Le traitement est alors assez similaire à celui d'une fracture diaphysaire proximale isolée et notre préférence va au clou Gamma long.

La situation est plus discutée concernant l'association fracture céphalique-fracture diaphysaire. La priorité est la réduction et la stabilisation de la fracture du col fémoral du fait des risques de complications spécifiques bien connues (pseudarthrose, démontage, nécrose aseptique de la tête fémorale). Comme pour l'association précédente, il peut paraître tentant de stabiliser col et diaphyse par un enclouage à verrouillage proximal cervicocéphalique mais ce matériel permet difficilement de conjuguer les impératifs de réduction et de stabilisation des deux foyers en même temps. Tout d'abord, la vis cervicocéphalique efficace pour l'ostéosynthèse d'une fracture du massif trochantérien est moins performante pour stabiliser une fracture du col. Par ailleurs, le verrouillage cervicocéphalique intervient avant l'enclouage centromédullaire : la proximité du point d'introduction du clou avec le foyer cervical, les manœuvres nécessaires sur l'ensemble du membre pour la réduction diaphysaire (rotation, traction, adduction) et le fait que le positionnement du dispositif d'ostéosynthèse du col soit dépendant de la pose

du clou sont autant d'éléments péjoratifs pour la fracture cervicale. Il est donc recommandé de dissocier les deux ostéosyntheses selon diverses modalités. L'enclouage centromédullaire antérograde verrouillé par clou de Grosse et Kempf associé au vissage du col (indépendant du clou) est possible mais l'encombrement du clou peut gêner le positionnement optimal des vis qui ne peuvent être qu'au nombre de deux et la stabilisation du col est réalisée après celle de la diaphyse (on peut éventuellement stabiliser provisoirement, avant l'enclouage de la diaphyse, la fracture du col par des broches qui serviront ensuite de guide pour un vissage canulé).

Il nous paraît préférable d'effectuer chronologiquement l'ostéosynthèse du col par vissage ou vis-plaque à compression puis celle de la diaphyse par clou rétrograde ou plaque diaphysaire (au mieux à vis bloquées et par technique mini-invasive) (Fig. 9).

Lésions étagées du membre inférieur

La discussion porte essentiellement sur le choix du mode de traitement en fonction de la durée opératoire prévue et sur la chronologie des interventions.

De manière générale, s'il s'agit de fractures fermées, l'ostéosynthèse du fémur est prioritaire. En cas de fracture ouverte associée à une fracture fermée du fémur, la fracture ouverte est prioritaire dans ses formes graves (stades III). Si l'ouverture est mineure, sans exposition ni souillure importante du foyer, l'ostéosynthèse du fémur est réalisée en premier en prenant soin de couvrir la plaie d'un pansement bétadiné et en veillant à bien maintenir l'alignement de la partie distale du membre.

Concernant le choix thérapeutique, la plupart du temps chaque lésion doit être traitée comme si chacune d'entre elles était isolée. Certaines adaptations sont cependant possibles :

- l'association d'une fracture diaphysaire de jambe et du fémur peut être traitée par enclouage rétrograde du fémur et enclouage antérograde du tibia, ces deux interventions étant menées par la même incision cutanée [77, 187, 188]. Cependant, comme le souligne Bonneville [22], cette option apparemment séduisante expose à l'aggravation de lésions ligamentaires fréquentes dans ce contexte ;
- le traitement de chaque lésion prise séparément nécessite souvent des installations successives qui allongent le temps opératoire et participent au refroidissement du patient. Certains proposent donc une installation sur table radiotransparente, avec un drapage unique du membre. L'enclouage du tibia est réalisé sans recours à la distraction par la table



Figure 10. Homme de 17 ans, accident de moto, fracture fermée des deux diaphyses fémorales.

A. Fracture transversale simple du tiers moyen du fémur gauche.

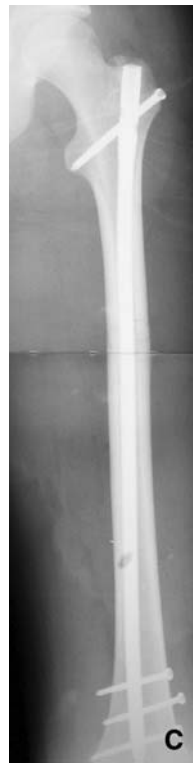
B. Fracture transversale avec troisième fragment de la jonction tiers moyen-tiers inférieur du fémur droit.

C. Clou verrouillé statique non alésé du fémur gauche.

D. Clou verrouillé statique non alésé du fémur droit.

E. Fémur gauche consolidé après dynamisation distale (vue à 1 an).

F. Fémur droit consolidé sans dynamisation (vue à 1 an).



orthopédique (un aide opératoire est indispensable pour aider la réduction au moment de l'introduction du guide d'alésage et de l'enclouage), la jambe reposant sur un coussin triangulaire. Le fémur, quant à lui, est distracté temporairement par fixateur avant d'être encloué. Cette tactique défendue par Krettek [189] paraît intéressante, en particulier chez le polyfracturé/polytraumatisé [190] ;

- les lésions ligamentaires du genou doivent systématiquement être identifiées. En dehors des lésions instables (pentades, luxations), leur traitement peut être secondaire mais rapidement programmé du fait des conséquences possibles sur la rééducation et la récupération fonctionnelle du patient.

Fracture bilatérale

La morbidité et la mortalité postopératoires sont plus importantes en cas de fracture bilatérale. Cela ne s'explique pas uniquement par le fait que ces patients entrent souvent dans le cadre d'un traumatisme plus grave que les patients monofracturés. La fréquence plus élevée des complications est donc certainement liée à la seconde fracture [74], non pas tant pour des raisons locales mais pour des causes hémodynamiques et respiratoires [191].

En fonction du contexte polytraumatologique éventuel, la fracture bilatérale du fémur peut être prise en charge telle que nous l'avons décrite plus haut. En dehors de ce contexte se pose le problème du risque engendré par l'alésage intramédullaire bilatéral sur ce terrain plus fragile [73]. Même si l'alésage raisonnable permet de limiter ce risque [192], il est prudent dans ce contexte d'avoir recours à l'enclouage non alésé (Fig. 10).

Conclusion

En interrompant la continuité de l'os le plus volumineux de l'organisme, la fracture de la diaphyse fémorale occupe une place importante en traumatologie. Sa particularité repose sur des contextes de survenue possible très différents (gériatrie, polytraumatologie) et sur des complications spécifiques (SEG) et variées (associations traumatiques et fracturaires). Sa prise en charge thérapeutique parfois complexe est liée à ces particularités et explique l'éventail des traitements qui peuvent être proposés.

☆ Les auteurs saluent la mémoire d'Eugène Schvingt (1925-1996), pionnier de l'enclouage en France, et remercient Arsène Grosse et Ivan Kempf de leur avoir transmis leur expérience et leurs connaissances sur les fractures du fémur, contribuant ainsi largement à la rédaction de cet article.



■ Références

- [1] Salminen ST, Pilhjamäki HK, Harri K, Avikainen VJ, Böstman OM. Population based epidemiologic and morphologic study of femoral shaft fracture. *Clin Orthop Relat Res* 2000;**372**:241-9.
- [2] Singer BR, McLauchlan GJ, 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.
- [3] Schiessel A, Zweymuller K. The nutrient artery canal of the femur: a radiological study in patients with primary total hip replacement. *Skeletal Radiol* 2004;**33**:142-9.
- [4] Tardieu C, Damsin J. Evolution of the angle of obliquity of the femoral diaphysis during growth - correlations. *Surg Radiol Anat* 1997;**19**:91-7.
- [5] Egol K, Chang E, Cvitkovic J, Kummer F, Koval K. Mismatch of current intramedullary nails with the anterior bow of the femur. *J Orthop Trauma* 2004;**18**:410-5.
- [6] Harper M, Carson W. Curvature of the femur and the proximal entry point for an intramedullary rod. *Clin Orthop Relat Res* 1987;**220**:155-61.
- [7] Zuber K, Schneider E, Eulenberger J, Perren S. Shape and dimension of the femoral cavity with regard to fit of intramedullary implants. *Unfallchirurg* 1988;**91**:314-9.
- [8] Poitout D. Propriétés mécaniques du tissu osseux. Applications anatomo-cliniques. In: Poitout D, editor. *Biomécanique orthopédique*. Paris: Masson; 1987. p. 330-5.
- [9] Stein M, Thomas C, Feik S, Wark J, Clement J. Bone size and mechanics at the femoral diaphysis across age and sex. *J Biomech* 1998;**31**:1101-10.
- [10] Frost H. On our age-related bone loss: insights from a new paradigm. *J Bone Miner Res* 1997;**12**:1539-46.
- [11] Burr D. Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. *J Bone Miner Res* 1997;**12**:1547-51.
- [12] Ruff C, Hayes W. Subperiosteal expansion and cortical remodeling of the human femur and tibia with aging. *Science* 1982;**217**:945-8.
- [13] Ruff C, Hayes W. Sex differences in age-related remodeling of the femur and tibia. *Orthop Res* 1988;**6**:886-96.
- [14] Martin RP, Atkinson P. Age and sex-related changes in the structure and strength of the human femoral shaft. *J Biomech* 1977;**10**:223-31.
- [15] Salminen ST, Pilhjamäki HK, Avikainen VJ, Kyrö A, Böstman OM. Specific features associated with femoral shaft fractures caused by low-energy trauma. *J Trauma* 1997;**43**:117-22.
- [16] Bonneville P, Laques D, Fabre P, Mansat P, Rongières M, Bellumore Y, et al. Fractures diaphysaires fémorales au-delà de 70 ans. Intérêts de l'enclouage centromédullaire par clou de Grosse et Kempf ou gamma long. *Rev Chir Orthop* 2002;**88**:41-50.
- [17] Moran CG, Gibson MJ, Cross AT. Intramedullary locking nails for femoral shaft fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Br* 1990;**72**:19-22.
- [18] Bouchard JA, Barei D, Cayer D, O'Neil J. Outcome of femoral shaft in the elderly. *Clin Orthop Relat Res* 1996;**332**:105-9.
- [19] Winquist RA, Hansen Jr. ST. Comminuted fractures of the femoral shaft treated by intramedullary nailing. *Orthop Clin North Am* 1980;**11**:633-48.
- [20] Winquist RA, Hansen Jr. ST, Clawson DK. Closed intramedullary nailing of femoral fractures: a report of 520 cases. *J Bone Joint Surg Am* 1984;**66**:529-39.
- [21] Muller ME, Nazarian S, Koch P. *Classification AO des fractures*. Berlin: Springer-Verlag; 1987.
- [22] Bonneville P. Fracture récente de la diaphyse fémorale de l'adulte. In: *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°82. Conférences d'enseignement*. Paris: Elsevier; 2003. p. 105-22.
- [23] Johnstone DJ, Radford WJ, Parnell EJ. Interobserver variation using the AO/ASIF classification of long bone fractures. *Injury* 1993;**24**:163-5.
- [24] Newey ML, Ricketts D, Roberts L. The AO classification of long bone fractures: an early study of its use in clinical practice. *Injury* 1993;**24**:309-12.
- [25] Shepperd LE, Zalavras CG, Jaki K, Shean C, Patzakis MJ. Gunshot femoral shaft fractures: is the current classification system reliable? *Clin Orthop Relat Res* 2003;**408**:101-9.
- [26] Lieurance R, Benjamin JB, Rappaport WD. Blood loss and transfusion in patients with isolated femur fractures. *J Orthop Trauma* 1992;**6**:175-9.
- [27] Ostrum RF, Verghese GB, Santner TJ. The lack of association between femoral shaft fractures and hypotensive shock. *J Orthop Trauma* 1993;**7**:338-42.
- [28] Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of 125 open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976;**58**:453-68.
- [29] Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984;**24**:742-6.
- [30] Tejan J, Lindsey R. Management of civilian gunshot injuries of the femur. A review of the literature. *Injury* 1998;**29**:18-22.
- [31] Versier G, Ollat D. Blessures des membres et du rachis par projectiles. *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-032-A-10, 2005 : 10p.
- [32] Bonneville P. Fractures diaphysaires de l'adulte. *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-031-A-60, 2005 : 14p.
- [33] Tscherne H, Gotzen L. *Fractures with soft tissue injuries*. Berlin: Springer-Verlag; 1984.
- [34] Starr AJ, Hunt JL, Reinert CM. Treatment of femur fracture with associated vascular injury. *J Trauma* 1996;**40**:17-21.
- [35] Dajani OM, Haddad FF, Hajj HA, Sfeir RE, Khoury GS. Injury of the femoral vessels-the Lebanese War experience. *Eur J Vasc Surg* 1988;**5**:293-6.
- [36] Abou-Sayed H, Berger DL. Blunt lower-extremity trauma and popliteal artery injuries: revisiting the case for selective arteriography. *Arch Surg* 2002;**137**:585-9.
- [37] Kluger Y, Gonze PD, DiChritiana DG, Townsend RN, Raves JJ, Young JC, et al. Blunt vascular injury associated with closed mid-shaft femur fracture: a plea for concern. *J Trauma* 1994;**36**:222-5.
- [38] Johansen K, Daines M, Howey T, Helfet D, Hansen Jr. ST. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *J Trauma* 1990;**30**:568-72.
- [39] Takami H, Takahashi S, Ando M. Sciatic nerve injury associated with fracture of the femoral shaft. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999;**119**:103-4.
- [40] Kline DG, Kim D, Midha R, Harsh C, Tier R. Management and results of sciatic nerve injuries: a 24-year experience. *Neurosurg* 1998;**89**:13-23.
- [41] Bulger EM, Smith DG, Ronald V, Jurkovich GJ. Fat embolism syndrome: a 1-year review. *Arch Surg* 1997;**132**:435-9.
- [42] Mellor A, Soni N. Fat embolism. *Anaesthesia* 2001;**56**:145-54.
- [43] Robinson CM. Current concepts of respiratory insufficiency syndromes after fracture. *J Bone Joint Surg Br* 2001;**83**:781-91.
- [44] Gitin TA, Seidel T, Cera PJ, Glidewel OJ, Smith PL. Pulmonary microvascular fat: the significance? *Crit Care Med* 1970;**10**:273-86.
- [45] Robert JH, Hoffmeyer P, Broquet PE, Cerutti P, Vasey H. Fat embolism syndrome. *Orthop Rev* 1993;**22**:567-71.
- [46] Pinney SJ, Keating JF, Meek RN. Fat embolism syndrome in isolated femoral fractures: does timing of nailing influence incidence? *Injury* 1998;**29**:131-3.
- [47] Barré J, Lepouse C, Segal P. Embolies et chirurgie fémorale intramédullaire. *Rev Chir Orthop* 1997;**83**:9-21.
- [48] Pell AC, Christie J, Keating JF, Sutherland GR. The detection of fat embolism by transoesophageal echocardiography during reamed intramedullary nailing. A study of 24 patients with femoral and tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1993;**75**:921-5.
- [49] Christie J, Robinson CM, Pell AC, McBirnle J, Burnett R. Transcardiac echocardiography during invasive intramedullary procedures. *J Bone Joint Surg Br* 1995;**77**:450-5.
- [50] Robinson CM, Ludlam CA, Ray DC, Swann DG, Christie J. The coagulative and cardiorespiratory response to intramedullary nailing of isolated fractures. *J Bone Joint Surg Br* 2001;**83**:963-73.
- [51] Gurd A. Fat embolism: an aid to diagnosis. *J Bone Joint Surg Br* 1970;**52**:732-7.
- [52] Liebergall M, Lowe J, Whitelaw GP, Wetzler MJ, Segal D. The floating hip. Ipsilateral pelvic and femoral fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1992;**74**:93-100.
- [53] Brainard BJ, Slauterbeck J, Benjamin JB. Fracture patterns and mechanisms in pedestrian motor-vehicle trauma: the ipsilateral dyad. *J Orthop Trauma* 1992;**6**:279-82.
- [54] Riemer BL, Butterfield SL, Burke 3rd CJ, Matthews D. Immediate plate fixation of highly comminuted femoral diaphyseal fractures in blunt polytrauma patients. *Orthopedics* 1992;**15**:907-16.
- [55] Müller EJ, Siebenrock K, Ekkernkamp A, Ganz R, Muhr G. Ipsilateral fractures of the pelvis and the femur-floating hip? A retrospective analysis of 42 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999;**119**:179-82.
- [56] Wolinski PR, Johnson KD. Ipsilateral femoral neck and shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1995;**318**:81-90.

- [57] Yang KH, Han DY, Park HW, Kang HJ, Park JH. Fracture of the ipsilateral neck of the femur in shaft nailing. The role of diagnosis. *J Bone Joint Surg Br* 1998;**80**:673-8.
- [58] Laporte C, Benazet JP, Scemama P, Castelain C, Saillant G. Fractures homolatérales de la diaphyse et du col fémoral : éléments de choix thérapeutique. *Rev Chir Orthop* 1999;**85**:24-32.
- [59] Chen CH, Chen TB, Cheng YM, Chang JK, Lin SY, Hung SH. Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft. *Injury* 2000;**31**:719-22.
- [60] Barei DP, Schildhauer DA, Nork SE. Noncontiguous fractures of the femoral neck, femoral shaft and distal femur. *J Trauma* 2003;**55**:80-6.
- [61] Bhandari M. Evidence-based orthopaedic trauma. Ipsilateral femoral neck and shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2003;**17**:138-40.
- [62] Hung SH, Hsu CY, Hsu SF, Huang PJ, Cheng YM, Chang JK, et al. Surgical treatment for ipsilateral fractures of the hip and femoral shaft. *Injury* 2004;**35**:165-9.
- [63] Alho A. Concurrent ipsilateral fractures of the hip and the shaft of the femur: a systematic review of 722 cases. *Ann Chir Gynaecol* 1997;**86**:326-36.
- [64] Swiontkowski MF. Ipsilateral femoral shaft and hip fractures. *Orthop Clin North Am* 1987;**18**:73-84.
- [65] Riemer BL, Butterfield SL, Ray RL, Daffner RH. Clandestine femoral neck fractures with ipsilateral diaphyseal fractures. *J Orthop Trauma* 1993;**7**:443-9.
- [66] Bennet FS, Zinar DM, Kilgus DJ. Ipsilateral hip and femoral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993;**296**:168-77.
- [67] Bonneville P, Glasson JM, Determe P, Bellumore Y, Mansat M. Fracture cervicale iatrogène après enclouage diaphysaire fémoral. *Rev Chir Orthop* 1999;**85**:397-403.
- [68] Simonian PT, Chapman JR, Selzuick HS, Benirschke SK, Claudi BF, Swiontkowski MF. Iatrogenic fractures of the femoral neck during closed nailing of the femoral shaft. *J Bone Joint Surg Br* 1994;**76**:293-7.
- [69] Alho A. Concurrent ipsilateral fractures of the hip and femoral shaft: a meta-analysis of 659 cases. *Acta Orthop Scand* 1996;**67**:19-28.
- [70] Dickson KF, Galland MW, Barrack RL, Neitzchman HR, Harris MB, Myers L, et al. Magnetic resonance imaging of the knee after ipsilateral femur fracture. *J Orthop Trauma* 2002;**8**:567-71.
- [71] De Campos J, Vangness T Jr, Merritt PO, Sher J. Ipsilateral knee injury with femoral fracture. Examination under anesthesia and arthroscopic evaluation. *Clin. Orthop.* 194;**300**:178-82.
- [72] Wu CC, Shih CH. Simultaneous bilateral fracture femoral shaft fractures. *J Trauma* 1992;**32**:289-92.
- [73] Copeland CE, Mitchell KA, Brumback RJ, Gens DR, Burgess AR. Mortality in patients with bilateral femoral fractures. *J Orthop Trauma* 1998;**12**:312-5.
- [74] Nork SE, Agel J, Russell GV, Mills WJ, Holt S, Chip Routh ML. Mortality after reamed intramedullary nailing of bilateral femur fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2003;**415**:272-8.
- [75] Theodoratos G, Papanikolaou A, Apergis E, Maris J. Simultaneous ipsilateral diaphyseal fractures of the femur and tibia: treatment and complications. *Injury* 2001;**32**:313-5.
- [76] Anastopoulos G, Assimakopoulos A, Exarchou E, Pantazopoulos T. Ipsilateral fractures of the femur and the tibia. *Injury* 1992;**23**:439-41.
- [77] Gregory P, DiCicco J, Karpik K, DiPasquale T, Herscovici D, Sanders R. Ipsilateral fractures of the femur and the tibia: treatment with retrograde nailing and unreamed tibia nailing. *J Orthop Trauma* 1996;**10**:309-16.
- [78] Paul GR, Sawka MW, Whitelaw GP. Fractures of the ipsilateral femur and tibia: emphasis on intraarticular and soft tissue injury. *J Orthop Trauma* 1990;**4**:309-14.
- [79] Laplace C, Duranteau J, Court C, Sales JP, Nordin JY. Polytraumatisme de l'adulte. Stratégie de la prise en charge hospitalière. Encycl. Méd. Chir. (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie-Traumatologie, 14-033-A-10, 2001 : 14p.
- [80] Rogers FB. Venous thromboembolism in trauma patients: a review. *Surgery* 2001;**130**:1-2.
- [81] Gearhart MM, Luchette FA, Proctor MC, Lutomski DM, Witsken C, James L, et al. The risk assessment profile score identifies trauma patients at risk for deep vein thrombosis. *Surgery* 2000;**128**:631-7.
- [82] Knudson MM, Ikossi DG, Khaw L, Morabito D, Speetzen LS. Thromboembolism after trauma. An analysis of 1 602 episodes from the American College of Surgeons National Trauma Data Bank. *Ann Surg* 2004;**240**:490-6.
- [83] Geerts HG, Code KI, Jay RM, Chen E, Szalai JP. A prospective study of venous thromboembolism after major trauma. *N Engl J Med* 1994;**331**:1601-6.
- [84] Migaud H, Senneville E, Gougeon F, Marchetti E, Amzallag M, Laffargue P. Risque infectieux en chirurgie orthopédique. *Encycl. Méd. Chir.* (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie-Traumatologie, 44-005, 2005 : 16p.
- [85] Papia G, McLellan BA, El-Helou P, Louie M, Rachlis A, Szalai P, et al. Infection in hospitalized patients: incidence, risk factors and complications. *J Trauma* 1999;**27**:923-7.
- [86] Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The Injury Severity Score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974;**14**:187-94.
- [87] SFAR. Recommandations pour la pratique de l'antibioprophylaxie en chirurgie : actualisations 1999. Actualisation des recommandations issues de la Conférence de consensus de décembre 1992. www.sfa.org.
- [88] Nowotarski PJ, Turen CH, Brumback RJ, Scaboro JM. Conversion of external fixation to intramedullary nailing for fractures of the shaft of the femur in multiply injured patients. *J Bone Joint Surg Am* 2000;**82**:781-8.
- [89] Scalea TM, Boswell SA, Scott JD, Mitchell KA, Kramer ME, Pollack AN. External fixation as a bridge to intramedullary nailing for patients with multiple injuries and with femur fractures: damage control orthopedics. *J Trauma* 2000;**48**:613-23.
- [90] Scalea TM, Boswell SA, Scott JD, Mitchell KA, Kramer ME, Pollack AN. External fixation as a bridge to intramedullary nailing for patients with multiple injuries and with femur fractures: damage control orthopedics. *J Orthop Trauma* 2004;**18**(suppl8):S2-S12.
- [91] Gouin F, Tesson A, Piétu G, Waast D, Passuti N. Étude prospective et rétrospective sur les complications après enclouage centro-médullaire des os porteurs (table ronde de la SOFCOT 2004 dirigée par D Mainard) : complications de l'enclouage de fémur et de tibia. *Rev Chir Orthop* 2005;**91**(suppl5):2S158-2S161.
- [92] Meyrueis JP, Cazenave A. Consolidation des fractures. Encycl. Méd. Chir. (Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-031-A-20, 2004 : 18p.
- [93] Brihault J, Favard L. Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. Encycl. Méd. Chir. (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie-Traumatologie, 44-050, 2005 : 24p.
- [94] Bonneville P, Andrieu S, Bellumore Y, Challé JJ, Rongières M, Mansat M. Troubles torsionnels et inégalités de longueur après enclouage. Évaluation par scanner de 189 fractures. *Rev Chir Orthop* 1998;**84**:397-410.
- [95] Ricci WM, Bellabarba C, Lewis R, Evanoff B, Herscovici D, DiPasquale T, et al. Angular malalignment after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:90-5.
- [96] Wolinski PR, McCarty E, Shyr Y, Johnson K. Reamed intramedullary nailing of the femur: 551 cases. *J Trauma* 1999;**46**:392-9.
- [97] Simon P, Fortunato N. Étude prospective et rétrospective sur les complications après enclouage centro-médullaire des os porteurs (table ronde de la SOFCOT 2004 dirigée par D Mainard) : complications de l'enclouage centromédullaire du fémur en fonction de la fracture. *Rev Chir Orthop* 2005;**91**(suppl5):2S170-2S172.
- [98] Jaarsma RL, Pakvis DF, Verdronschot N, Biert J, van Kampen A. Rotational malalignment after intramedullary nailing of femoral fractures. *J Orthop Trauma* 2004;**18**:403-9.
- [99] Dodenhoff RM, Dainton JN, Hutchins PM. Proximal thigh pain after femoral nailing. *J Bone Joint Surg Br* 1997;**78**:738-41.
- [100] Hernigou P, Karray M, Nouisri L. Ostéonécrose de la tête fémorale après enclouage de la diaphyse fémorale chez l'adulte. *Rev Chir Orthop* 1995;**81**:622-5.
- [101] Jouffroy P, Judet T. Libération de l'appareil extenseur selon Judet pour raideur sévère du genou en extension. Encycl. Méd. Chir. (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie-Traumatologie, 44-840, 2000 : 6p.
- [102] Merle D'Aubigné R. À propos du procès verbal. À propos du travail de M. Piganol et Coll. sur l'ostéosynthèse des fractures de la diaphyse fémorale. *Chirurgie* 1980;**106**:617-8.
- [103] Kempf I, Grosse A, Laffargue D. L'apport du verrouillage dans l'enclouage centromédullaire des os longs. *Rev Chir Orthop* 1978;**64**:635-51.
- [104] Kempf I, Pidhorz L. Enclouage des fractures de la diaphyse fémorale. Encycl. Méd. Chir. (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie-Traumatologie, 44-705, 2000 : 6p.
- [105] Frölke JP, Bakker FC, Patka P, Haarman HJ. Reaming debris in osteotomized sheep tibiae. *J Trauma* 2001;**50**:65-70.
- [106] Babis GC, Papagelopoulos PJ, Tsarouchas J, Zoubos AB, Sappas G, Pantazopoulos T. Fixation of femoral shaft fractures with a flexible bundle-type nail. *Clin Orthop Relat Res* 2000;**380**:226-33.

- [107] Anastopoulos G, Tsoutsanis A, Papaeliou A, Hatzistamatiou K, Babis G, Assimakopoulos A. The Marchetti-Vicenzi elastic locked nail for the treatment of femoral shaft fractures: a review of 100 consecutive cases. *Injury* 2001;**32**:307-12.
- [108] Kempf I, Grosse A, Beck G. Closed locked intramedullary nailing. Its application to comminuted fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1985;**67**:709-20.
- [109] Wiss DA, Fleming CH, Matta JM, Clark D. Comminuted and rotationally unstable fractures of the femur treated with interlocking nail. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**212**:35-47.
- [110] Brumback JR, Uwagie-Ero S, Lakatos RP, Poka A, Bathon GH, Buirgess AR. Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part II: fracture-healing with static interlocking fixation. *J Bone Joint Surg Am* 1988;**70**:1453-62.
- [111] Dagenat D, Moncade N, Cordey J, Rahn BA, Kempf I, Perren SM. Effets de la dynamisation d'un enclouage verrouillé statique. Expérimentation in vivo. *Rev Chir Orthop* 1988;**74**(suppl2):100-4.
- [112] Brumback RJ. The rationales of interlocking nailing of the femur, tibia and humerus; an overview. *Clin Orthop Relat Res* 1996;**324**:292-320.
- [113] Grosse A, Christie J, Taglang G, Court-Brown C, McQueen M. Open adult femoral shaft fracture treated by early intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Br* 1993;**75**:562-5.
- [114] Baixauli Sr. F, Baixauli EJ, Sanchez-Alepuz E, Baixauli Jr. F. Interlocked intramedullary nailing for treatment of open femoral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1998;**350**:67-73.
- [115] Williams MM, Askins V, Hinckes EW, Zych GA. Primary reamed intramedullary nailing of open femoral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1995;**318**:182-90.
- [116] Jenny JY, Jenny G, Kempf I. Infection after intramedullary nailing of lower limb fractures. A review of 1 464 cases over 15 years. *Acta Orthop Scand* 1994;**65**:94-6.
- [117] Brumback RJ, Ellison PS, Poka A, Lakatos R, Bathon GH, Burgess AR. Intramedullary nailing of open fractures of the femoral shaft. *J Bone Joint Surg Am* 1989;**71**:1324-31.
- [118] Dominguez I, Moro Rodriguez E, De Pedro Moro JA, Cebrian Parra JL, Lopez-Duran Stern L. Antegrade nailing for fractures of the distal femur. *Clin Orthop Relat Res* 1998;**350**:74-9.
- [119] Helfet DL, Lorich DG. Retrograde intramedullary nailing of supracondylar femoral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1998;**350**:80-4.
- [120] Rodriguez Alvarez J, Casteleiro Gonzolez C, Laguna Aranda R, Ferrer Blanco M, Cuervo Dehesa M. Indications for use of the long Gamma nail. *Clin Orthop Relat Res* 1998;**350**:62-6.
- [121] Garnavos C, Peterman A, Howard PW. The treatment of difficult proximal fractures with the Russel-Taylor reconstruction nail. *Injury* 1999;**30**:407-15.
- [122] Roberts CS, Nawab A, Wang M, Voor MJ, Seligson D. Second generation intramedullary nailing of subtrochanteric femur fractures: a biomechanical study of fracture site motion. *J Orthop Trauma* 2002;**16**:231-8.
- [123] Sehat K, Baker RP, Pattison G, Price R, Harries WJ, Chesser TJ. The use of long Gamma nail in proximal femoral fractures. *Injury* 2005;**36**:1350-4.
- [124] Giannoudis PV, Pape HC, Cohen AP, Krettek C, Smith RM. Systemic effect of femoral nailing. From Küntscher to the immune reactivity era. *Clin Orthop Relat Res* 2002;**404**:378-86.
- [125] Müller CA, Baumgart F, Wahl D, Perren SM, Pfister U. Technical innovations in medullary reaming: reamer design and intramedullary pressure increase. *J Trauma* 2000;**49**:440-5.
- [126] Pape HC, Regel G, Dwenger A, Krumm K, Schweitzer G, Krettek C, et al. Influences of different methods of intramedullary femoral nailing on lung function in patients with multiple trauma. *J Trauma* 1993;**35**:709-16.
- [127] Kropfl A, Naglik H, Primavesi C, Hertz H. Unreamed intramedullary nailing of femoral fractures. *J Trauma* 1995;**38**:717-26.
- [128] Danckwardt-Lillieström G. Reaming of the medullary cavity and its effect on diaphyseal bone: a fluorochromic, microangiographic and histologic study on the rabbit tibia and dog femur. *Acta Orthop Scand* 1969;**128**:1-53 [suppl].
- [129] Leunig M, Hertel R. Thermal necrosis after tibial reaming for intramedullary nail fixation. A report of 3 cases. *J Bone Joint Surg Br* 1996;**78**:584-7.
- [130] Giannoudis PV, Furlong AJ, Macdonald DA, Smith RM. Reamed against unreamed nailing of the femoral diaphysis: a retrospective study of healing time. *Injury* 1997;**28**:15-8.
- [131] Shepperd LE, Shean CJ, Gelalis ID, Lee J, Carter VS. Prospective randomized study of reamed versus unreamed femoral intramedullary nailing: an assessment of procedures. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:28-33.
- [132] Abbas D, Faisal M, Butt MS. Unreamed femoral nailing. *Injury* 2000;**31**:711-7.
- [133] Herscovici D, Ricci WM, McAndrews P, DiPasquale T, Sandres R. Treatment of femoral shaft fracture using unreamed interlocked nails. *J Orthop Trauma* 2000;**14**:10-4.
- [134] Kropfl A, Berger U, Neureiter H, Hertz H, Schlag G. Intramedullary pressure and bone marrow fat extravasation in unreamed femoral nailing. *J Trauma* 1997;**42**:946-54.
- [135] Neudeck F, Obertacke U, Wozasek G, Thurnher M, Schlag G, Schmit-Neuerburg KP. Pathologic consequences of various osteosynthesis procedures in polytrauma patients. Part I: Experimental studies of intramedullary pressure development in reamed and unreamed intramedullary nailing and plate osteosynthesis of the femur. *Aktuelle Traumatol* 1994;**24**:114-20.
- [136] Müller C, McIff T, Rahn BA, Pfister U, Weller S. Intramedullary pressure, strain on the diaphysis and increase in cortical temperature when reaming the femoral medullary cavity. A comparison of blunt and sharp reamers. *Injury* 1993;**24**(suppl3):S22-S30.
- [137] Müller C, McIff T, Rahn BA, Pfister U, Perren SM, Weller S. Influence of the compression force on the intramedullary pressure development in reaming of the medullary cavity. *Injury* 1993;**24**(suppl3):S36-S39.
- [138] Kropfl A, Davies J, Berger U, Hertz H, Schlag G. Intramedullary pressure and bone marrow fat extravasation in reamed and unreamed femoral nailing. *J Orthop Res* 1999;**17**:261-8.
- [139] Forster MC, Aster AS, Ahmed S. Reaming during antegrade femoral nailing: is it worth it? *Injury* 2005;**36**:445-6.
- [140] Wozacek GE, Simon P, Redl H, Schlag G. Intramedullary pressure changes and fat extravasation during intramedullary nailing. An experimental study in sheep. *J Trauma* 1994;**36**:202-7.
- [141] Bosse MJ, MacKenzie EJ, Riemer BL, Brumback RJ, McCarthy ML, Burgess AR, et al. Adult respiratory distress syndrome, pneumonia and mortality following thoracic injury and a femoral fracture treated either with intramedullary nailing with reaming or with a plate. *J Bone Joint Surg Am* 1997;**79**:799-809.
- [142] Weresh MJ, Stower MD, Bosse MJ, Jeray K, Kellam JF, Sims SH, et al. Pulmonary gas exchange during intramedullary fixation of femoral shaft fractures. *J Trauma* 1999;**46**:863-8.
- [143] Anwar IA, Battistella FD, Neiman R, Olson SA, Chapman MW, Moehring HD. Femur fractures and lung complications. A prospective randomized study of reaming. *Clin Orthop Relat Res* 2004;**422**:71-6.
- [144] Bone LB, Anders MJ, Rohrbacher BJ. Treatment of femoral fractures in the multiply injured patient with thoracic injury. *Clin Orthop Relat Res* 1998;**347**:57-61.
- [145] Sanders R, Koval KJ, DiPasquale T, Helfet DL, Frankle M. Retrograde reamed femoral nailing. *J Orthop Trauma* 1993;**7**:293-302.
- [146] Moed BR, Watson JT, Cramer KE. Unreamed retrograde intramedullary nailing fractures of the femoral shaft. *J Orthop Trauma* 1998;**12**:334-42.
- [147] Krupp RJ, Malkani AL, Goodin RA, Voor MJ. Optimal entry point for retrograde femoral nailing. *J Orthop Trauma* 2003;**17**:100-5.
- [148] Tornetta 3rd P, Tiburzi D. Antegrade or retrograde reamed femoral nailing. A prospective, randomised trial. *J Bone Joint Surg Br* 2000;**82**:652-4.
- [149] Ostrum RF, Agarwal A, Lakatos R, Poka A. Prospective comparison of retrograde and antegrade femoral intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 2000;**7**:496-501.
- [150] Ricci WM, Bellabarba C, Lewis R, Evanoff B, Herscovici D, DiPasquale T, et al. Angular malalignment after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:90-5.
- [151] Ricci WM, Bellabarba C, Evanoff B, Herscovici D, DiPasquale T, Sanders R. Retrograde versus antegrade nailing of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:161-9.
- [152] Moed BR, Watson JT. Retrograde intramedullary nailing, without reaming, of fractures of the femoral shaft in multiply injured patients. *J Bone Joint Surg Am* 1995;**77**:1520-7.
- [153] Herscovici Jr. D, Whiteman KW. Retrograde nailing of the femur using intercondylar approach. *Clin Orthop Relat Res* 1996;**332**:742-6.
- [154] Papadoskostakis G, Papakostidis C, Dimitriou R, Giannoudis PV. The role and efficacy of retrograde nailing for the treatment of diaphyseal and distal femoral fractures: a systematic review of the literature. *Injury* 2005;**36**:813-22.
- [155] Bostman O, Varjonen L, Vainionpää S, Majola A, Rokkanen P. Incidence of local complications after intramedullary nailing and after plate fixation of femoral shaft fractures. *J Trauma* 1989;**29**:639-45.
- [156] Rüedi TP, Lüscher N. Results after internal fixation of comminuted fractures of the femoral shaft with DC plates. *Clin Orthop Relat Res* 1979;**138**:74-6.

- [157] Reimer B, Foglesong ME, Miranda MA. Femoral plating. *Orthop Clin North Am* 1994;**25**:625-33.
- [158] Rozbruch R, Müller U, Gautier E, Ganz R. The evolution of femoral shaft plating technique. *Clin Orthop Relat Res* 1998;**354**:195-208.
- [159] Kesemenli C, Subasi M, Necmioglu S, Kapukaya A. Treatment of multifragmentary fractures of the femur by indirect reduction (biological) and plate fixation. *Injury* 2002;**33**:691-9.
- [160] Frigg R. Locking compression plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the dynamic compression plate and the point contact fixator (PC-Fix). *Injury* 2001;**32**(suppl2):63-6.
- [161] Marti A, Frankhauser C, Frenk A, Cordey J, Gasser B. Biomechanical evaluation of the Less Invasive Stabilization System for the internal fixation of distal femur fractures. *J Orthop Trauma* 2001;**15**:482-4.
- [162] Althausen PL, Lee MA, Finkemeier CG, Meehan JP, Rodrigo JJ. Operative stabilization of supracondylar femur fractures above total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2003;**18**:834-9.
- [163] Schütz M, Sudkamp NP. Revolution in plate osteosynthesis: new internal fixator systems. *J Orthop Sci* 2003;**8**:252-8.
- [164] Zlowodzki M, Williamson S, Cole PA, Zardiackas LD, Kregor PJ. Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system, angled blade plate, and retrograde intramedullary nail for the internal fixation of distal femur fractures. *J Orthop Trauma* 2004;**18**:494-502.
- [165] Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Tschernig H. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. *Injury* 1997;**28**(suppl1):A20-A30.
- [166] Wong MK, Leung F, Chow SP. Treatment of distal femoral fractures in the elderly using a less-invasive plating technique. *Int Orthop* 2005;**29**:117-20.
- [167] Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M, Cole PA, Alonso J. Distal femoral fracture fixation using the less invasive stabilization system (LISS): the technique and early results. *Injury* 2001;**32**(suppl3):32-47.
- [168] Schütz M, Müller M, Krettek C, Höntzsch D, Regazzoni P, Ganz R, et al. Minimally invasive fracture stabilization of distal femoral fractures with the LISS: a prospective multicenter study. Results of a clinical study with special difficult cases. *Injury* 2001;**32**(suppl3):48-54.
- [169] Markmiller M, Konrad G, Sudkamp N. Femur-LISS and distal femoral nail for fixation of distal femoral fractures: are there differences in outcome and complications? *Clin Orthop Relat Res* 2004;**426**:252-7.
- [170] Bonnevalle P, Mansat P, Carriven P, Bonnevalle N, Ayl J, Mansat M. La fixation externe monoplan dans les fractures récentes du fémur. *Rev Chir Orthop* 2005;**91**:446-56.
- [171] Bandhari M, Zlowodzki M, Tornetta III P, Schmidt A, Templeman DC. Intramedullary nailing following external fixation in femoral and tibial shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2005;**19**:140-4.
- [172] Pape HC, Giannoudis P, Krettek C. The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance Damage Control Orthopaedic Surgery. *Am J Surg* 2002;**183**:622-9.
- [173] Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S, Zellz B, Garapati R, Grimme K, et al. Changes in the management of femoral shaft in polytrauma patients: from early total care to damage control orthopedic surgery. *J Trauma* 2002;**53**:452-62.
- [174] Giannoudis PV. Aspects of current management: surgical priorities in damage control in polytrauma. *J Bone Joint Surg Br* 2003;**85**:478-83.
- [175] Olson SA. Pulmonary aspects of treatment of long bone fractures in polytrauma patients. *Clin Orthop Relat Res* 2004;**422**:66-70.
- [176] Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S, Zelle B, Garapati R, Grimme K, et al. Changes in the management of femoral shaft in polytrauma patients: from early total care to damage control orthopedic surgery. *J Orthop Trauma* 2004;**18**(suppl8):S13-S23.
- [177] Garthe E, States JD, Mango NK. Abbreviated injury scale unification: the case for the unified injury system for global use. *J Trauma* 1999;**47**:309-23.
- [178] Moore EE, Cogbill TH, Malangoni MA, Jurkovich GJ, Shackford SR, Champion HR, et al. Organ injury scaling. *Surg Clin North Am* 1995;**75**:293-303.
- [179] Pape HC, Van Griensven M, Rice J, Gänsslen A, Hildebrand F, Zech S, et al. Major secondary surgery in blunt trauma patients and perioperative cytokine liberation: determination of the clinical relevance of biomechanical markers. *J Orthop Trauma* 2001;**50**:989-1000.
- [180] Harwood PJ, Giannoudis PV, Van Griensven M, Krettek C, Pape HC. Alterations in the systemic inflammatory response after early total care and damage control procedures for femoral shaft fracture in severely injured patients. *J Trauma* 2005;**58**:446-54.
- [181] Bandhari M, Guyatt GH, Khara V, Kulkarni A, Sprague S, Schemitsch EH. Operative management of lower extremity fractures in patients with head injuries. *Clin Orthop Relat Res* 2003;**407**:187-98.
- [182] Bauer HC. Controversies in the surgical management of skeletal metastases. *J Bone Joint Surg Br* 2005;**87**:608-17.
- [183] Kerr PS, Jackson M, Atkins RM. Cardiac arrest during intramedullary nailing for femoral metastases. *J Bone Joint Surg Br* 1993;**75**:972-3.
- [184] Barwood SA, Wilson JL, Molnar RR, Choong PF. The incidence of acute cardiorespiratory and vascular dysfunction following intramedullary nail fixation of femoral metastasis. *Acta Orthop Scand* 2000;**71**:147-52.
- [185] Wedin R, Bauer HC, Wersäll P. Failures after operation for skeletal metastatic lesions of long bones. *Clin Orthop Relat Res* 1999;**358**:128-39.
- [186] Bonnevalle P, Ascensio G, Bertin R. Fractures du bassin (Symposium de la SOFCOT 1996 dirigée par JY Nordin) : traumatismes associés (rachis-cotyle-fémur). *Rev Chir Orthop* 1997;**83**(suppl3):87-9.
- [187] Ostrum RF. Treatment of floating knee injuries through a single percutaneous approach. *Clin Orthop Relat Res* 2000;**375**:43-50.
- [188] Oh CW, Oh JK, Min WK, Jeon JH, Kyung HS, Ahn HS, et al. Management of ipsilateral femoral and tibial fractures. *Int Orthop* 2005;**29**:245-50.
- [189] Krettek C. Recent advances in the fixation of fractures of the long bones of the leg. *Eur Instr Course Lect* 1999;**4**:1-1.
- [190] Simon P, Cognet JM. Technique d'ostéosynthèse des fractures de jambe de l'adulte. *Encycl. Méd. Chir. (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie*, 44-870, 2006 : 16p.
- [191] Giannoudis PV, Cohen A, Hinsche A, Stratford T, Matthews SJ, Smith RM. Simultaneous bilateral femoral fractures: systemic complication in 14 cases. *Int Orthop* 2000;**24**:264-7.
- [192] Bonnevalle P, Cauhepe C, Alqoh F, Bellumore Y, Rongièrès M, Mansat M. Risques et résultats de l'enclouage simultané des fractures bifémorales. À propos d'une série rétrospective de 40 cas. *Rev Chir Orthop* 2000;**86**:598-607.

F. Bonnomet, Professeur des Universités, praticien hospitalier (Francois.Bonnomet@chru-strasbourg.fr).

Centre de Chirurgie orthopédique et de la main (CCOM), 10 avenue Achille Baumann, 67400 Illkirch Graffenstaden, France.

P. Clavert, Maître de conférences des universités, praticien hospitalier.

Centre de Chirurgie orthopédique et de la main (CCOM), 10 avenue Achille Baumann, 67400 Illkirch Graffenstaden, France.

Institut d'anatomie normale, Faculté de médecine, Université Louis Pasteur, 67070 Strasbourg cedex, France.

J.-M. Cognet, Praticien hospitalier.

Centre de Chirurgie orthopédique et de la main (CCOM), 10 avenue Achille Baumann, 67400 Illkirch Graffenstaden, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Bonnomet F., Clavert P., Cognet J.-M. Fracture de la diaphyse fémorale de l'adulte. EMC (Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-078-A-10, 2006.

Disponibles sur www.emc-consulte.com



Arbres
décisionnels



Iconographies
supplémentaires



Vidéos /
Animations



Documents
légaux



Information
au patient



Informations
supplémentaires



Auto-
évaluations