



Les fractures sous-trochantériennes et inter-trochantériennes du fémur proximal

Revue de la littérature et étude rétrospective
au sein du CHU de Liège

*Travail de fin d'études réalisé par **Fergus BONNEVIE** en vue de l'obtention du
diplôme de Master de Spécialisation en **Chirurgie Orthopédique***

Promoteur : Dr C-A Valcu

Année académique 2022-2023

Remerciements

Ce travail clôture six longues années d'assistantat en Orthopédie. Des années riches en apprentissages, en émotions, de nombreux beaux moments mais également des moments plus difficiles. L'assistantat m'a permis de rencontrer et de m'entourer de nombreuses personnes que j'apprécie grandement et que je respecte, qui m'ont épaulées et permis d'évoluer en tant que chirurgien Orthopédiste.

Je tiens à remercier mes proches qui m'ont soutenu et supporté au long de ces années. Tout particulièrement ma compagne Laura pour un support inégalable au quotidien et une aide précieuse dans la finalisation de ce travail. Merci à mes parents Dominique et Catherine qui m'ont permis de réaliser des études de médecine.

Je tiens à remercier mon promoteur, le Dr. Valcu pour son aide précieuse au long de ce travail et sa relecture. Merci au Dr. Walin pour l'aide dans la récolte de données et la relecture de nombreuses radiographies. Merci à Hélène pour la mise en page.

Finalement, je tiens à remercier l'équipe de biostatistique du CHU de Liège, tout particulièrement Mr. Papadopoulos et Mme. Maes pour l'analyse statistique de l'étude réalisée.

Table des matières

1	<i>Introduction</i>	4
2	<i>L'anatomie du fémur proximal</i>	6
2.1	Anatomie osseuse	6
2.2	Anatomie myotendineuse	8
2.3	Anatomie vasculaire	9
3	<i>Les fractures sous et inter-trochantériennes</i>	10
3.1	Étiologie	11
3.2	Classification des fractures sous- et inter-trochantériennes	13
3.3	Traitements des fractures sous- et inter-trochantériennes et revue de la littérature	15
3.4	Choix de l'implant	15
3.5	Techniques de réduction	20
3.6	La place du cerclage dans les fractures sous- et inter-trochantériennes	25
3.7	Pronostic et complications des fractures inter- et sous-trochantériennes	30
4	<i>Étude au sein du CHU</i>	33
4.1	Méthodologie	33
4.2	Analyse statistique	40
4.3	Résultats	41
4.4	Discussion	53
5	<i>Conclusion</i>	57
	<i>Bibliographie</i>	58

1 Introduction

Les fractures du fémur proximal font partie des fractures les plus fréquentes rencontrées par le chirurgien orthopédiste. Il s'agit de la 3^{ème} fracture la plus fréquente après les fractures du radius distal et les fractures vertébrales. Il existe une distribution bimodale de ces fractures au sein de la population : d'une part les hommes jeunes lors de traumatisme à haute vitesse et d'autre part les femmes âgées et ostéoporotiques lors d'une chute de leur hauteur (1). Il existe plusieurs sous-types de fractures du fémur proximal : les fractures du col fémoral, les fractures trochantériennes et les fractures sous-trochantériennes. Ce travail portera spécifiquement sur les fractures sous-trochantériennes et inter-trochantériennes qui constituent une entité complexe des fractures du fémur proximal. En effet, ces fractures présentent un risque plus important de complication avec un taux de reprise chirurgicale atteignant 10% (2) mais pouvant aller jusqu'à 20% (3). Il a bien été démontré que le traitement de choix de ces fractures est l'enclouage centromédullaire verrouillé qui présente un avantage biologique et biomécanique par rapport aux implants extra-médullaires (1, 2, 4). Néanmoins, il existe des avis divergents concernant le type d'implant utilisé, la technique d'ostéosynthèse, les aides utilisées pour la réduction fracturaire ainsi que pour la prise en charge post-opératoire. Plusieurs questions restent en suspens :

- Devons-nous utiliser un clou long ou un clou court ?
- Un clou cervico-médullaire classique ou en mode Reconstruction ?
- Devons-nous aborder ces fractures pour obtenir une réduction anatomique ou les enclouer en acceptant une réduction suboptimale ?

Un des facteurs le plus débattu au sein de la communauté orthopédique est le fait d'aborder ou non le foyer fracturaire (1,2,5,6,7). Les fractures sous- et inter-trochantériennes présentent la plupart du temps un déplacement important lié aux mouvements déformants des puissants muscles avoisinants. Ainsi, une réduction anatomique à foyer fermé est souvent difficile, voire impossible à obtenir. C'est donc ici que les avis divergent. Certains auteurs préconisent d'éviter à tout prix l'abord chirurgical direct de la fracture, et d'accepter une réduction suboptimale à foyer fermé. D'autres prônent l'abord à foyer ouvert afin de réduire

ces fractures de manière anatomiquement à l'aide de daviers, éventuellement augmenté d'un cerclage avant de réaliser l'ostéosynthèse.

Au cours de ma pratique, j'ai été surpris de constater l'évolution post-opératoire parfois surprenante de ces fractures. D'une part, des fractures réduites anatomiquement à l'aide d'un cerclage mis en place à foyer ouvert et dont les radiographies post-opératoires sont excellentes évoluent parfois vers une pseudarthrose. D'autre part certaines fractures ostéosynthésées à foyer fermé et gardant un déplacement interfragmentaire résiduel conséquent, même avec une absence complète de contact interfragmentaire, vont parfois consolider. Cette discordance entre les attentes de notre traitement et le résultat obtenu peut alors être frustrante et les bases de biologie et de traumatologie ne sont pas faciles à comprendre. C'est ceci qui m'a amené à faire mon travail de fin d'étude sur ce sujet à controverse qu'est la prise en charge des fractures sous-trochantériennes.

Ce travail sera divisé en 3 parties : un rappel anatomique et biomécanique du fémur proximal, une revue de littérature sur les options thérapeutiques des fractures sous et inter-trochantériennes et une étude rétrospective portant sur ces fractures traitées au sein du CHU de Liège entre 2015 et 2021. Les principaux objectifs de cette étude sont de trouver :

- Le type d'implant qui donne le taux de complication le plus faible
- la qualité de réduction que nous devons obtenir afin de réaliser une ostéosynthèse à foyer fermée
- si les fractures traitées à foyer ouvert avec une meilleure réduction évoluent mieux que les fractures traitées à foyer fermé
- si l'on peut prédire le risque de complication sur base de critères radiologiques pré- et post-opératoires

2 L'anatomie du fémur proximal

2.1 Anatomie osseuse

Le fémur proximal présente 2 zones anatomiques différentes. D'une part la zone intra-capsulaire qui comprend le col et la tête fémorale, de l'autre la zone extra-capsulaire qui comprend la région trochantérienne et sous-trochantérienne (8). La limite anatomique entre ces deux zones est la ligne intertrochantérienne où s'insère la capsule articulaire. Selon la zone où surviendra la fracture, on se retrouvera face à des entités pathologiques bien distinctes requérant un traitement différent. Les fractures intra-capsulaires ne seront pas discutées dans ce travail.

Les fractures extra-capsulaires du fémur proximal peuvent survenir dans 2 zones anatomiques distinctes :

- La région trochantérienne : entre le grand et le petit trochanter
- La région sous-trochantérienne : fractures situées dans la zone allant du petit trochanter jusqu'à 5cm sous ce dernier.

A noter qu'au-delà de 5cm sous le petit trochanter, on parlera alors de fractures diaphysaires proximales.

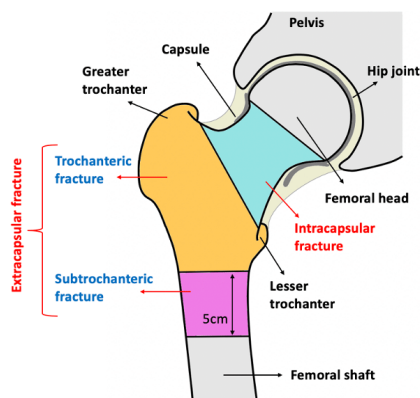


Figure 1 : zones de survenue des fractures du fémur proximal (8)

Afin de comprendre le concept de stabilité de ces fractures trochantériennes et sous-trochantériennes, il faut analyser l'orientation et l'épaisseur de l'os trabéculaire de la région métaphyso-diaphysaire du fémur proximal (8, 9, 10). L'os trabéculaire est ainsi orienté suite aux contraintes soumises au fémur proximal lors de la mise en charge du membre inférieur.

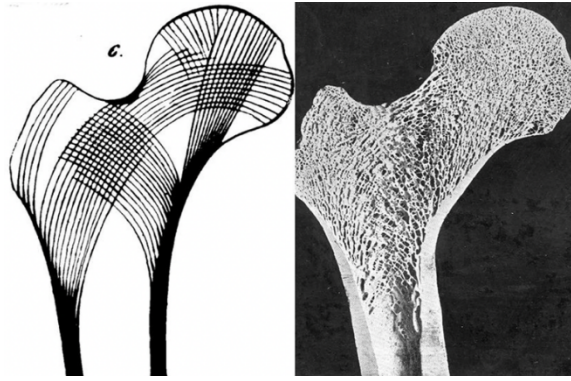


Figure 2 : orientation des travées osseuses au niveau du fémur proximal (11)

On retrouve plusieurs épaissements de l'os trabéculaire secondaires aux contraintes en compression mais également en tension. La région la plus dense en épaissement trabéculaires, et donc la plus significative au niveau résistance du fémur proximal, est celle de la zone postéro-médiale du col fémoral s'étendant vers la diaphyse médiale. Ces trabéculations sont secondaires aux forces compressives primaires et constituent la zone du Calcar fémoral (10,11). Vu la localisation de ces épaissements de l'os trabéculaire, on comprend donc aisément pourquoi le cortex postéro-médial ainsi que le cortex latéral sous l'origine du vaste externe constituent des éléments primordiaux pour la stabilité du fémur proximal (10,11). De fait, une atteinte de ces zones implique moins de support osseux lors des contraintes axiales au niveau du fémur proximal et augmentent le risque d'impaction de la fracture après l'ostéosynthèse.

Ainsi, l'analyse des radiographies en préopératoire va permettre de retrouver plusieurs critères radiologiques permettant de confirmer l'instabilité d'une fracture trochantérienne (8, 9) :

- la fracture du mur cortical latéral,
- la perte du support cortical médial,
- une comminution postéro-médiale,
- la médialisation de la diaphyse fémorale (signe une perte du support latéral).

L'importance de cette anatomie appliquée spécifiquement aux fractures sous- et inter-trochantériennes est primordiale. En effet, ces fractures impliquent intrinsèquement une atteinte des murs corticaux médial et latéral, deux éléments primordiaux de la stabilité du

fémur proximal. De plus s'il s'agit d'une fracture comminutive, le degré d'instabilité augmentera davantage (10,11). C'est également sur base de ces principes de stabilité que les traitements des fractures sous-trochantériennes ont évolués. En effet, l'ajout d'un cerclage lors de l'ostéosynthèse a pour objectif de restaurer le mur médial et latéral afin d'améliorer la stabilité de ces fractures (1,6,12,13,14). Néanmoins, l'augmentation de stabilité grâce au cerclage est obtenue aux dépens de la biologie de la fracture en perdant les bénéfices d'une ostéosynthèse à foyer fermé. C'est sur ces bases que l'addition d'un cerclage est tant débattue au sein de la communauté orthopédique.

2.2 Anatomie myotendineuse

Une des difficultés du traitement des fractures sous-trochantériennes est liée aux contraintes énormes auxquelles sont soumises les fragments fémoraux principaux (1,2,5,7). Une bonne connaissance anatomique des insertions musculaires au niveau du fémur proximal permet de comprendre les mouvements déformants.

Au niveau du fragment proximal, les muscles moyen et petit fessiers vont causer une abduction. L'ilio-psaos va le déplacer en flexion et les courts rotateurs externes de la hanche en rotation externe. Ces mouvements sont représentés à la figure 3.

Au niveau du fragment distal, le droit interne et les adducteurs vont causer une médialisation et une adduction de la diaphyse fémorale mais vont également causer un raccourcissement du segment fémoral.

L'ensemble de ces forces agissant en synergie vont donc causer la déformation caractéristique en varus, rotation externe et recurvatum des fractures sous et inter-trochantériennes (7,9). Ceci explique les difficultés que l'on peut présenter pour réduire ces fractures. De plus, les actions de ces muscles, puissants pour certains, expliquent les

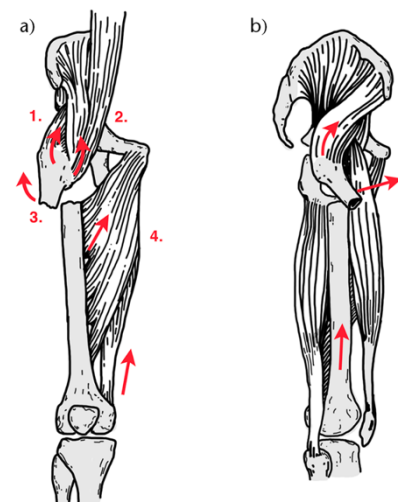


Figure 3 : Mouvements déformants lors d'une fracture sous trochantérienne (7).

contraintes mécaniques importantes auxquelles sont soumis les implants utilisés (7).

2.3 Anatomie vasculaire

La région trochantérienne est très bien vascularisée car il s'agit de la zone métaphysaire du fémur proximal qui est constituée en grande partie d'os trabéculaire (8). Sa vascularisation dépend principalement des artères circonflexes médiale et latérale.

La région sous-trochantérienne quant à elle est constituée d'une prédominance d'os cortical et présente une vascularisation moins riche que la région métaphysaire. Sa vascularisation dépend majoritairement de l'artère circonflexe latérale qui présente des branches descendantes vers la région sous-trochantérienne alors que l'artère circonflexe médiale présente un trajet ascendant vers le col fémoral (3,15). L'artère circonflexe médiale étant dominante vu son apport vasculaire à la tête fémorale, la circonflexe latérale est plus grêle et l'apport vasculaire à la zone sous-trochantérienne est moindre. Ceci peut donc participer à la consolidation plus lente des fractures sous-trochantériennes (3). La vascularisation de la hanche est représentée à la figure 4.

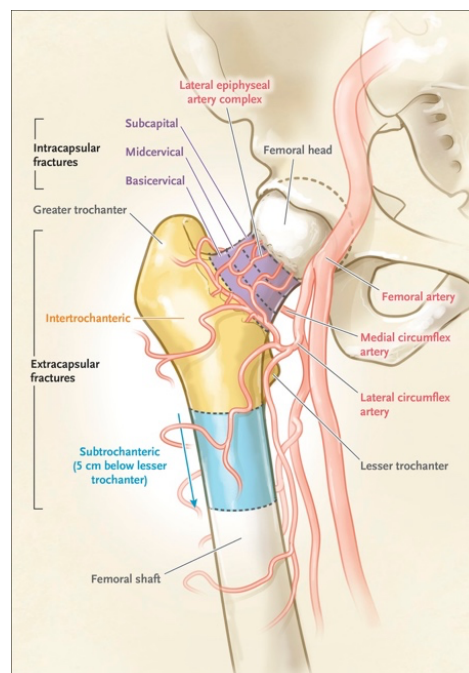


Figure 4 : anatomie vasculaire du fémur proximal (15)

3 Les fractures sous et inter-trochantériennes

La région sous trochantérienne est soumise à des forces compressives et en distraction les plus importantes du squelette humain, qui atteignent des valeurs nettement supérieures au poids du patient (7, 16).

La figure 5 montre la pression appliquée aux différentes zones du fémur en pounds per square inch (Psi). On remarque que le cortex médial de la zone sous-trochantérienne est soumise à des contraintes allant jusqu'à 1200 Psi, ce qui équivaut à environ 85 Kg/cm² ou plus de 8 MegaPascals (7). Ainsi, les implants utilisés pour traiter les fractures sous-trochantériennes doivent être capables de tolérer ces contraintes cycliques énormes jusqu'à consolidation de la fracture. Il est donc logique que la comminution ou la non réduction du mur médial va augmenter de manière significative les contraintes au niveau du matériel d'ostéosynthèse. De plus, une réduction insuffisante avec persistance d'un varus va majorer les contraintes en compression au niveau du mur médial et les contraintes en tension au niveau de la corticale latérale lors de la mise en charge (7).

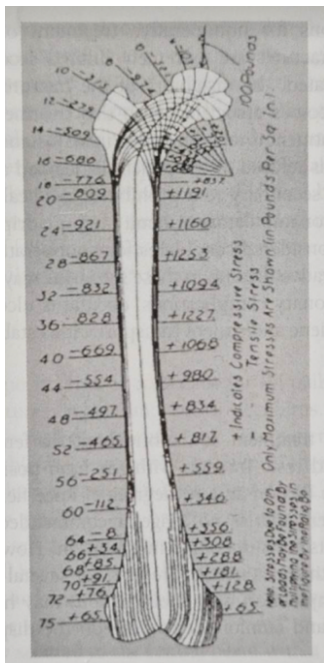


Figure 5 : Pression exercée au niveau des différentes portions du fémur lors des contraintes physiologiques (7)

3.1 Étiologie

On retrouve une distribution bimodale des fractures sous- et inter-trochantériennes. D'une part des patients jeunes sujets à un traumatisme à haute énergie, avec une prépondérance masculine. D'autre part les patients âgés et ostéoporotiques sujets à un traumatisme à basse énergie, avec une prépondérance féminine (1,2,7,9). Même si la zone topographique est la même, le spectre lésionnel sera différent en fonction de la population suite à l'énergie responsable de la fracture. Les patients jeunes présentent plus fréquemment des fractures comminutives ou multifragmentaires. Il faudra par ailleurs être prudent chez les patients victimes de traumatismes à haute énergie car les lésions associées sont fréquentes (fracture du col fémoral ipsilatéral, lésions ligamentaires du genou...) (7).

Par ailleurs, la région sous-trochantérienne est sujette aux fractures pathologiques. Les métastases osseuses des cancers ostéophiles ont un certain tropisme pour la région sous-trochantérienne (7). De plus, on rencontre fréquemment des fractures sous-trochantériennes sur prise chronique de biphosphonates. Ces fractures sont une entité à distinguer car elles surviennent sur un terrain métabolique défavorable et ont tendance à consolider plus difficilement (17). Les femmes seraient 4 fois plus à risque que les hommes et ces fractures surviennent chez des patients plus jeune d'environ 10 ans par rapport aux fractures traumatiques « typiques » de la personne âgée (18). Le traitement le plus à risque pour ces fractures atypiques est l'Alendronate (Fosamax) et le Denosumab, néanmoins de telles fractures ont également été décrites sur prise prolongée d'IPP et de glucocorticoïdes (18). Classiquement, ce sont des patients qui présenteront une fracture sous-trochantérienne sur un traumatisme mineur, voir simplement à la marche avec l'impression que leurs jambes se dérobent. Souvent, le patient rapportera une douleur de hanche les semaines ou mois précédant la fracture. Comme le montre la figure 6, les radiographies objectiveront un épaissement de la corticale latérale du fémur, au niveau du trait de fracture, signe pathognomonique de la fracture atypique (18,19). Le traitement de ces fractures suivra les mêmes principes que les fractures sous-trochantériennes classiques mais elles sont plus sujettes aux retards de consolidation et aux pseudarthroses (18). Il paraît également judicieux d'arrêter le traitement par biphosphonates (18). Il est également impératif de réaliser une radiographie du fémur controlatéral, surtout si le patient présente une plainte douloureuse.

En effet, il n'est pas rare de retrouver des signes radiologiques pré-fracturaires sur le fémur controlatéral qui pourrait justifier un enclouage prophylactique (18). Certaines études retrouvent des signes radiologiques controlatéraux chez 28% à 53% des patients présentant une fracture atypique (18).

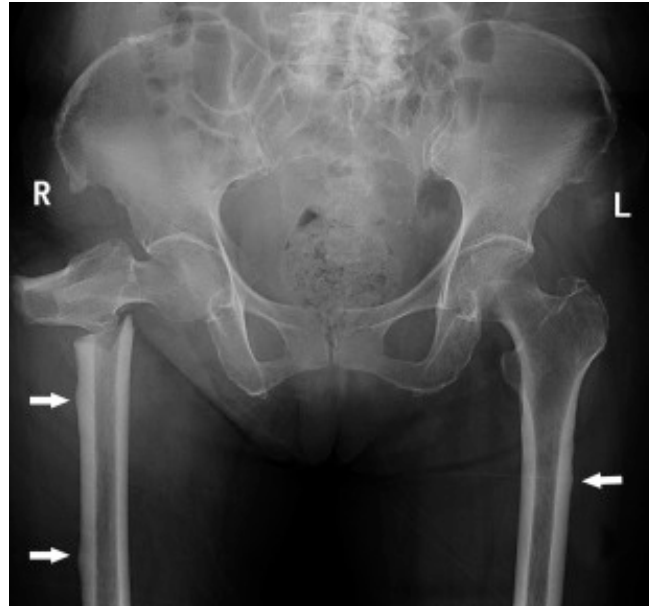


Figure 6 : fracture sous-trochantérienne pathologique du fémur proximal droit sur traitement chronique par biphosphonates. Présence d'un épaissement de la corticale latérale du fémur proximal gauche lié à la modification du turn-over osseux (18)

3.2 Classification des fractures sous- et inter-trochantériennes

Il existe plus de 15 systèmes de classification différents basés sur la localisation du trait de fracture, le nombre de fragments, l'importance de la comminution ou même sur la stabilité perçue de la fracture (16). Ces systèmes de classification ont bien entendu évolué avec le temps. Celle la plus largement reconnue à l'heure actuelle est celle de l'AO/OTA, illustrée à la figure 7, car elle a l'avantage d'avoir un meilleur taux de reproductibilité (7).

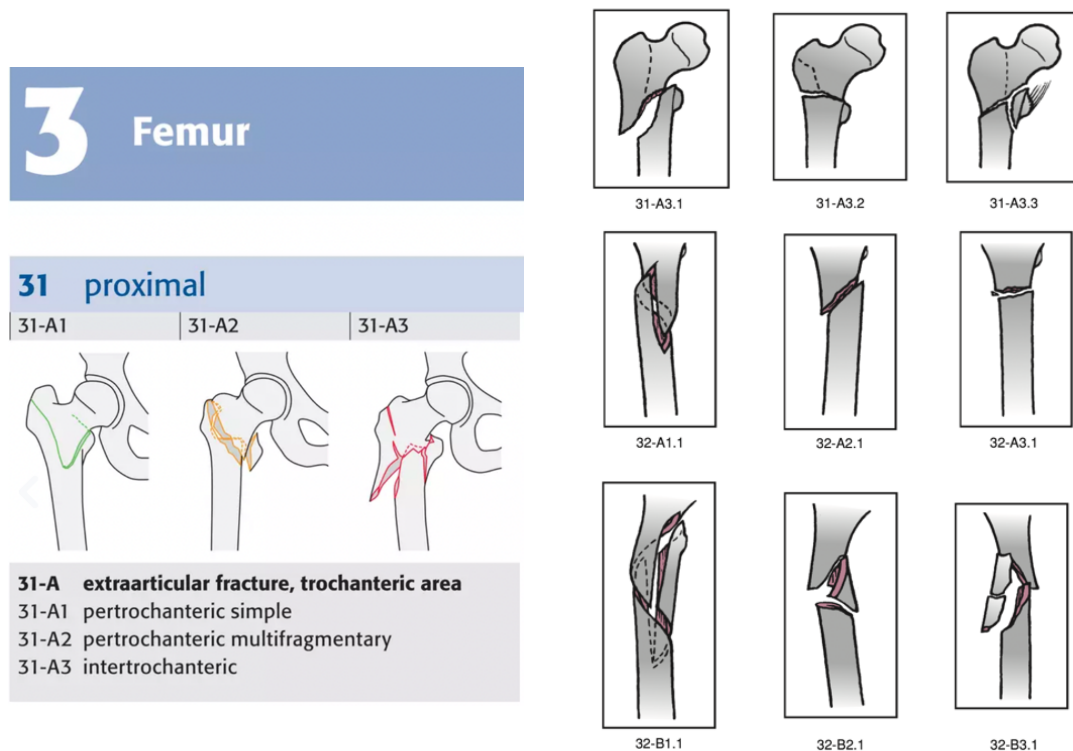


Figure 7 : Classification AO/OTA des fractures du fémur proximal et des fractures sous-trochantériennes (7)

Dans cette classification, les fractures 31.A1 et 31.A2 correspondent aux fractures perthrochantériennes avec un trait de fracture principal perpendiculaire au col fémoral. Le mur cortical latéral reste intact ce qui les distingue des fracture inter-trochantériennes (10). Les fractures 31.A3 surviennent dans la zone inter-trochantérienne et entreprennent la corticale latérale sous la crête du vaste externe. Le support cortical latéral est donc également atteint, augmentant l'instabilité de ces fractures (10). Le trait de fracture principal peut être oblique, transverse ou oblique inverse (orienté perpendiculairement à la ligne intertrochantérienne). Il peut s'agir de fractures simples ou de fractures comminutives avec éventuellement une

extension proximale ou distale. Ainsi, on distingue 3 sous-catégories selon l'orientation du trait de fracture et la compétence du mur médial :

- 31 A3.1 : fracture reverse oblique simple
- 31 A3.2 : fracture transverse simple
- 31 A3.3 : fracture comminutive ou multifragmentaire

Finalement, les fractures sous-trochantériennes sont celles où le « centre de la fracture » est situé dans la zone sous-trochantérienne (9). La classification AO/OTA distingue ensuite les fractures sous-trochantériennes en sous-groupes selon l'orientation, le nombre de fragments et le degré de comminution (7).

La classification de Russel-Taylor, illustrée à la figure 8, décrite en 1992 mérite tout de même d'être citée (7, 16). Elle se base sur l'extension de la fracture vers la fossette piriforme et vers le petit trochanter. L'objectif de cette classification était principalement de guider le chirurgien quant au choix de la technique d'ostéosynthèse : clou centro-médullaire (droit initialement, nécessitant un point d'entrée piriforme) versus lame-plaque extra-médullaire (16). A l'heure actuelle, vu le constat que ces fractures doivent être traitées par enclouage centro-médullaire et surtout avec le développement de clous à point d'entrée trochantérien, ce système de classification perd de son intérêt. Cependant, il reste utile pour décider du point d'entrée optimal pour réaliser l'enclouage centromédullaire (7, 16).

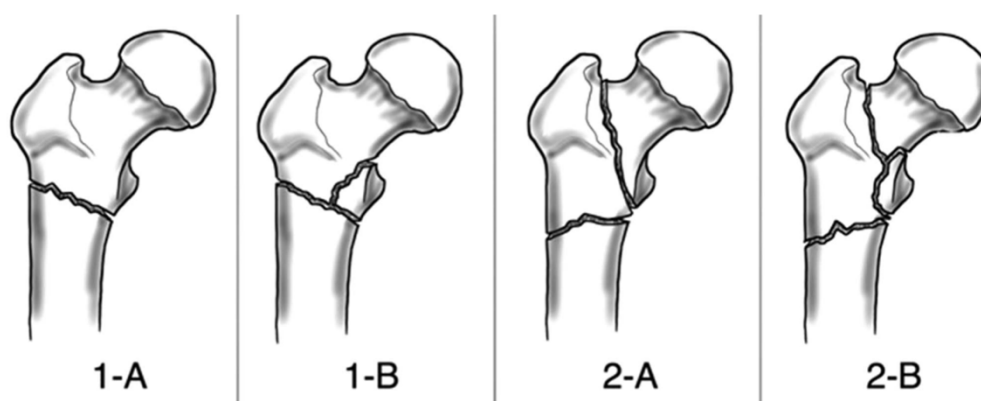


Figure 8 : Classification de Russel-Taylor (16)

3.3 Traitements des fractures sous- et inter-trochantériennes et revue de la littérature

De par leurs particularités anatomiques et biomécaniques, les fractures sous-trochantériennes constituent un véritable challenge pour le chirurgien. Suite à la large gamme d'implants dont nous disposons à l'heure actuelle, la première étape est de choisir celui qui convient le mieux au patient et à la fracture. Ensuite, il faut parvenir à réduire ces fractures ce qui n'est pas aisé suite au déplacement souvent majeur. Il existe de nombreuses techniques permettant de réduire ces fractures à foyer fermé, de manière minimal invasive en percutané ou à foyer ouvert. Il faudra juger de la nécessité à recourir à un abord du foyer de fracture afin d'améliorer la réduction, avec les conséquences biologiques qui s'en suivent, ou de se contenter d'une moins bonne réduction. Après analyse de la littérature, il n'existe pas de consensus quant à la réduction acceptable de ces fractures. Doit-on à tout prix éviter de les aborder ? Ou à l'inverse, a-t-on un seuil très bas de tolérance quant à la mal-réduction ? La littérature ne permettant pas une réponse claire à ces questions, un des objectifs de ce travail est d'essayer de trouver un cut-off quant à une réduction acceptable ne nécessitant pas d'aborder la fracture.

3.4 Choix de l'implant

Les fractures extra-articulaires du fémur proximal peuvent être traitées par des dispositifs intra-médullaires ou extra-médullaires. Concernant les fractures sous- et inter-trochantériennes, de nombreuses études démontrent la supériorité des dispositifs centromédullaires en terme de diminution du taux de complication et de reprise chirurgicale (4, 7, 20, 21). Les dispositifs extra-médullaires « dynamiques » de type DHS ou CHS se sont avérés insuffisants pour traiter les fractures sous-trochantériennes suite à leur instabilité inhérente (4,20,21). Il a été démontré que les fractures traitées par clous centro-médullaires présentaient moins de déplacement secondaire en varus et que les clous résistaient à des contraintes plus importantes tant en intensité qu'en fatigue suite à leur bras de levier plus court (7). De plus, ils vont mieux résister aux contraintes en tension qui existent au niveau de la corticale latérale du fémur lors de la mise en charge axiale du membre (4,7,20). Pour contrecarrer ces contraintes en tension au niveau de la corticale latérale du fémur et pour

prévenir la médialisation de la diaphyse fémorale, les dispositifs extra-médullaires ont été augmentés d'une plaque trochantérienne supplémentaire. Une étude rétrospective à large échelle réalisée en Norvège en 2012 a démontré une amélioration significative des résultats par rapport aux implants extra-médullaires utilisés seuls (20).

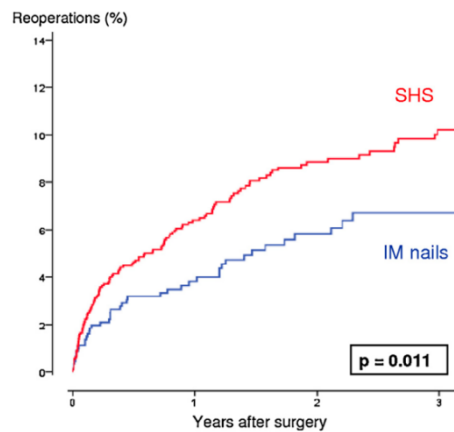


Figure 9 : étude Norvégienne comparant les DHS et CHS aux clous centromédullaires pour le traitement des fractures sous- et inter-trochantériennes (20)

Néanmoins, le taux de complication et de reprise chirurgicale de ces dispositifs restait considérablement plus élevé que lors de l'utilisation de dispositifs centromédullaires (20). En raisonnant sur des bases théoriques et en terme de consolidation, la plupart des fractures sous-trochantériennes ne sauront pas être réduites anatomiquement exceptés pour certaines fractures 31 A3.1 ou 31 A3.2 présentant un trait de fracture simple. Ainsi, il parait plus judicieux d'opter pour une ostéosynthèse plus souple visant une consolidation indirecte. L'enclouage centromédullaire avec des implants en titane répond le mieux à cet objectif. Les plaques extra-médullaires sont de fait plus rigides et risquent d'empêcher la micromobilité nécessaire à la consolidation naturelle de la fracture. Les dispositifs extra-médullaires de type lame-plaque peuvent éventuellement garder une place dans le traitement de certaines fractures inter-trochantériennes simples pouvant être réduites anatomiquement et mises en compression, visant donc une consolidation directe (7). Néanmoins, ceci reste fortement débattu. Leur place principale reste la prise en charge des pseudarthroses où l'abord direct du foyer de pseudarthrose est nécessaire pour réaliser un débridement efficace (7, 22). De plus, il ne faut pas oublier que l'enclouage centromédullaire réalisé à foyer fermé garde un

avantage biologique en préservant la vascularisation locale, l'hématome périfracturaire et en respectant le périoste.

Depuis maintenant plusieurs années, il est d'un commun accord au sein de la communauté orthopédique que les fractures sous- et inter-trochantériennes du fémur présenteront moins de complications et nécessiteront moins de reprises chirurgicales lorsqu'elles sont traitées par enclouage centro-médullaire (4,7,10,20,21). Les vis-plaques dynamiques de type DHS et CHS n'ont plus de place dans le traitement de ces fractures instables (4,7,20,21). Quant aux lames-plaques de 95° ainsi que les plaques locking du fémur proximal, elles ont des indications très limitées et sont, pour la plupart des auteurs, réservées aux reprises chirurgicales lors d'une pseudarthrose ou d'une consolidation en position vicieuse nécessitant une ostéotomie correctrice du fémur proximal (7,20).

Alors que l'enclouage centromédullaire a clairement démontré sa supériorité, le fait de recourir à un clou court versus un clou long reste débattu pour les fractures inter-trochantériennes sans extension diaphysaire (AO /OTA 31.A3). La plupart des études réalisées n'ont pas clairement démontré d'avantage de l'enclouage long (23). Les avantages principaux des clous courts sont : une durée opératoire plus courte, moins d'irradiation lors de l'imagerie per-opératoire, des pertes sanguines moins importantes, la diminution du risque embolique liée à l'alésage centromédullaire et un moindre coût qu'un clou long (3). Les clous longs quant à eux présentent un avantage biomécanique : ils présenteront une stabilité accrue liés à un bras de levier plus important et ils protégeront la diaphyse fémorale restante contre l'apparition d'une fracture sous l'implant (3,23). Une étude cadavérique récente réalisée en 2022 par C. Linhart et al. a étudié la mobilité au niveau d'un trait de fracture reverse oblique de type 31.A3 ostéosynthésée par enclouage centromédullaire court et long avec un PFNa (23).

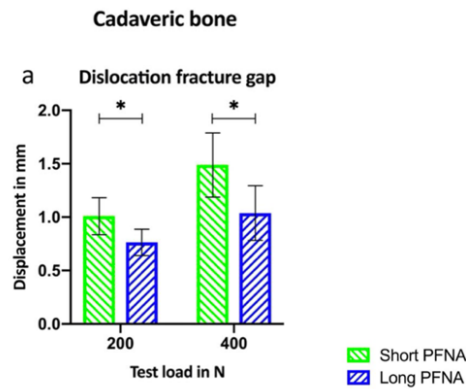


Figure 10 : comparaison du déplacement au niveau du trait fracturaire lors de la mise en charge lors d'une fracture inter-trochantérienne reverse oblique ostéosynthésée par un clou PFNa court ou long (23)

Lors d'un enclouage par clou long, on retrouve une diminution statistiquement significative de la mobilité interfragmentaire de l'ordre inframillimétrique (diminution du déplacement de 0.25mm lors d'une contrainte axiale de 200N et une diminution de 0.45mm pour 400N (23). Vu les valeurs extrêmement faibles de la réduction de déplacement avec un clou long, les auteurs de l'article ne savent pas donner de choix optimal quant au choix de la longueur du clou (23).

Finalement, il faut choisir le type de verrouillage au niveau du segment proximal. Ce segment est soumis à des contraintes énormes en compression et en tension et est souvent très court. Ainsi, sa fixation reste limitée et risque de compromettre les résultats de l'ostéosynthèse si elle est insuffisante (24). On dispose de nos jours d'une multitude d'options de verrouillage proximal des clous :

- une vis cervicale de gros diamètre, souvent 10.5mm, avec une stabilité rotatoire grâce à son verrouillage
- une lame cervicale de 10.5mm avec également une stabilité rotatoire
- deux vis cervicales de 6.5mm ascendantes dans le col fémoral (mode Recon)
- une vis de 5.0mm descendante dans le petit trochanter
- deux vis de 6.5mm croisées



Figure 11 : verrouillage proximal par une vis cervicale de 10.5mm (7)



Figure 12 : verrouillage proximal par une lame cervicale de 10.5mm



Figure 13 : verrouillage proximal Recon par deux vis de 6.5mm (7)



Figure 14 : verrouillage proximal par deux vis de 5.0mm croisées (7)

À nouveau, la littérature n'apporte pas de réponse claire concernant le verrouillage proximal optimal (7,25). Par rapport à un verrouillage « classique » par une grosse vis cervicale, les implants de type Recon avec 2 vis ascendantes ou croisées ont démontré une résistance et une rigidité plus importante (26). Une méta-analyse récente réalisée par Nherera et al. (1) démontre une diminution du taux de fracture des implants, une diminution des reprises chirurgicales et une diminution de la douleur ressentie par les patients en utilisant un verrouillage proximal avec 2 vis cervicales de petit diamètre (InterTan) comparé à une vis cervicale de gros diamètre (PFNa). Ceci est expliqué par la stabilité rotatoire accrue lors de l'utilisation de 2 vis cervicales (25,26) et également par la quantité de métal plus importante au niveau de la zone de faiblesse du clou (jonction clou – vis cervicale) avec une vis de plus petit diamètre (25). La plupart des auteurs conseillent l'utilisation d'une vis ou d'une lame cervicale de gros calibre verrouillée en rotation chez les patients ostéoporotiques mais préfèrent éviter cette option chez les patients jeunes avec un bon stock osseux (7). Même en cas de bon stock osseux, une seule vis descendante est insuffisante vu les contraintes importantes auxquelles sont soumises ce segment proximal très court (25) et il est donc conseillé d'opter pour un verrouillage par 2 vis cervicales en mode Recon ou de 2 vis croisées (7,26). Une étude biomécanique sur sawbones a démontré une supériorité mécanique du verrouillage en croix, néanmoins elle a été réalisée sur Sawbones et avec un seul implant et doit donc être interprétée avec prudence (26).

3.5 Techniques de réduction

Un facteur modulable ayant une influence majeure sur le taux de complication des fractures sous- et inter-trochantérienne est la qualité de la réduction fracturaire (1,2,5,6,7). Il est exceptionnel que ces fractures avec un déplacement caractéristique en flexion, abduction et rotation externe se réduisent correctement uniquement par traction et manœuvres externes sur la table orthopédique (27,28). Réaliser l'enclouage d'une fracture non ou mal réduite rend alors très difficile l'obtention d'un point d'entrée et d'un trajet d'entrée correct et risque de causer un alésage excentrique du fragment proximal compromettant alors l'ostéosynthèse (27). De plus, il a été démontré que la persistance d'un varus augmente significativement le risque de complications et de reprise chirurgicale (1,2,7,9,10,14,24,28,29) Il est donc primordial d'obtenir une réduction correcte de la fracture avant de procéder à l'enclouage centromédullaire. Une multitude de techniques ont été rapportées pour obtenir cette réduction, avec bon nombre d'études démontrant de bons voir d'excellents résultats (24,28,30,31).

Les techniques à foyer fermées restent limitées. Néanmoins, une installation parfaite du patient, adaptée au pattern et au déplacement fracturaire permet dans certains cas d'obtenir une réduction correcte (7,31). Un élément primordial est avant tout d'avoir un relâchement musculaire total grâce à une curarisation optimale du patient (31). Le patient est installé en traction sur la table orthopédique. Il faut veiller à ne pas mettre le pied en rotation interne mais plutôt en position neutre voire en légère rotation externe (31). Ceci permet de contrer la déformation en rotation externe du fragment proximal. Un coussin placé sous la fesse ipsilatérale permet d'obtenir le même effet (31). Ensuite, il ne faut pas mettre trop d'adduction ni trop de traction au membre inférieur au risque de majorer la déformation en abduction du fragment proximal (31). Attention néanmoins à pouvoir obtenir un accès correct au point d'entrée. Finalement, en cas de déformation persistante en flexion, on peut tenter de surélever le fragment distal grâce à un appui postérieur appliquant une force postéro-antérieure, voir même à l'aide d'une béquille (31). On peut également tenter d'obtenir une réduction indirecte à l'aide d'un maillet ou d'un marteau stérile en appliquant une force dans la direction souhaitée. En cas de réduction suboptimale malgré une installation correcte, la

plupart des auteurs préconisent de procéder à une réduction percutanée ou ouverte de la fracture (7,9,24,28,31).

Il existe plusieurs techniques minimal invasives permettant de réduire les fractures sous-trochantériennes. Il faut bien entendu garder à l'esprit que chaque technique doit être adaptée au pattern fracturaire (31). Des broches de Steinman ou de Schanz peuvent être insérées de manière mono- ou bicorticale selon leur localisation afin de manipuler les fragments par un effet joystick (7,30,31). Si l'on place une broche dans la concavité du fragment proximal, elle peut de surplus servir de « blocking-screw¹ » et aider à éviter le varus lors de l'enclouage (7,31).

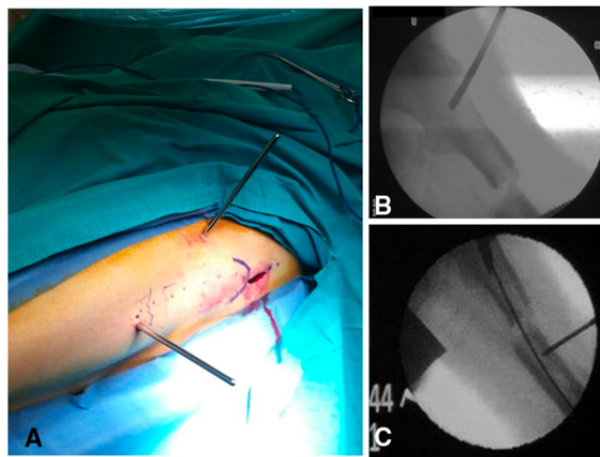


Figure 15 : Réduction d'une fracture sous-trochantérienne à l'aide de broches de Steinman percutanées (31)

L'avantage des broches joystick réside dans le fait que leur placement se fait à travers des incisions percutanées ce qui respecte la biologie locale. Par contre, leur utilisation impose au chirurgien de maintenir la réduction pendant toute la procédure afin d'éviter une perte de réduction, un alésage excentrique ou une mauvaise position finale des implants.

Ensuite, on peut recourir à des techniques de réduction directe de la fracture mais à travers des incisions percutanées. Ceci à l'avantage de pouvoir manipuler directement la fracture sans en compromettre de manière trop importante sa biologie (7,24,28,31). Pour ce faire, il existe de nombreux instruments utiles. On peut utiliser un « ball-spike-pusher » sur la corticale latérale du fragment proximal en prenant soin de ne pas casser l'esquille osseuse

¹ Les « blocking-screw » ou « poller-screw » sont des vis placées en dehors du clou afin de le guider lorsqu'il prend une trajectoire non désirée.

(31). Un crochet à os peut être appliqué à la face médiale du fragment distal afin de pouvoir le tirer latéralement et contrecarrer son adduction (31). Ceci nécessite cependant un abord un peu plus large et est difficilement réalisable en percutané. Outre ces techniques de manipulation directe des fragments, il est également possible de mettre en place des daviers de manière percutanée afin de maintenir la réduction tout au long de la procédure et de diminuer le risque de perte de réduction ou de fracture lors des manipulations des fragments (24,28,31). Un davier particulièrement utile pour les fractures reverse oblique est le davier collinéaire, illustré à la figure 18.



Figure 16 : réduction d'un fracture sous-trochantérienne à l'aide d'un ball-spike pusher en percutané (31)

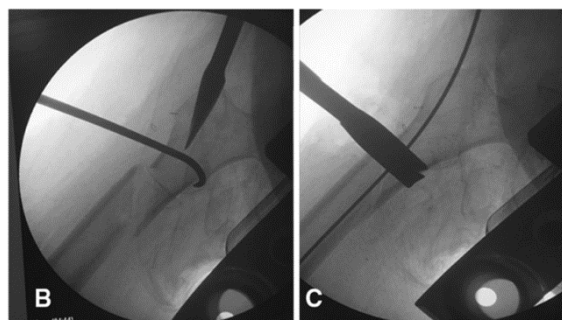


Figure 17 : réduction d'une fracture sous-trochantérienne à l'aide d'un crochet à os ou d'un davier de Verbrugge utilisés en percutanés (31)

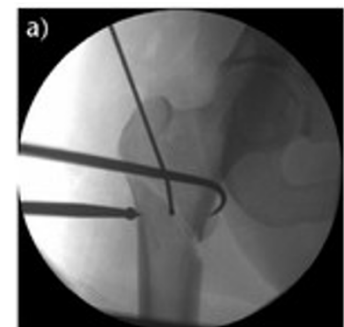


Figure 18 : réduction d'une fracture inter-trochantérienne reverse oblique à l'aide d'un davier collinéaire (31)

Pour l'ensemble de ces techniques minimal invasives, il veut veiller à être le plus respectueux de la biologie locale. Le but n'est pas de visualiser directement la fracture mais de se servir de techniques de réduction directe sous contrôle fluoroscopique. On retrouve dans la littérature plusieurs articles démontrant l'efficacité de ces techniques minimal invasives, rapportant des taux de consolidation très élevés des fractures traitées de manière efficace par ces techniques (24,28). Elles sont cependant exigeantes au niveau technique et doivent être parfaitement adaptées au pattern fracturaire afin d'obtenir de bons résultats.

Enfin, on peut également recourir à une réduction ouverte lorsque la réduction ne sait pas être obtenue par des moyens percutanés. L'abord chirurgical permettra certes d'améliorer la réduction mais au détriment de la biologie locale suite à plusieurs mécanismes (32):

- La perte de l'hématome péri-fracturaire riche en cellules inflammatoires, en médiateurs de l'inflammation et en cellules progénitrices qui permettent d'induire l'ossification endochondrale
- une dévascularisation locale au pourtour de la fracture liée aux lésions des tissus mous (principalement musculaires)
- une agression supplémentaire du périoste, déjà lésé par la fracture initiale.

Une réduction ouverte sera réalisée par un abord latéral direct transvastus ou de préférence subvastus (31). Lors de la dissection, il faut être le plus respectueux possible envers les tissus mous en évitant toute dissection inutile et en évitant le dépériostage excessif (31). Cette option est techniquement plus facile car la visualisation directe de la fracture permet une compréhension aisée du déplacement et un placement plus facile de daviers. Elle permet également la mise en place d'un cerclage si le pattern fracturaire le permet. Il est à noter que de nouveaux passe-cerclages ont été développés afin de permettre la mise en place d'un cerclage de manière minimal invasive. Leur utilisation n'est cependant pas aisée et leur risque principal est celui d'une lésion d'un tronc neuro-vasculaire lors du passage du dispositif (7,31).

Il faut aborder le sujet du point d'entrée optimal dans ces fractures. Depuis le développement des clous béquillés, le point d'entrée trochantérien est une option valable qui a comme principal avantage son accès facile, particulièrement chez les patients obèses (7,30). Cependant, il augmente le risque de varus, surtout si le point d'entrée se latéralise progressivement lors de l'alésage, par exemple chez les patients ostéoporotiques (31). Le point d'entrée piriforme est plus difficilement accessible mais diminue le risque de varus suite à sa position plus médiale. Néanmoins, il risque de léser le muscle pyramidal et est associé à un taux accru d'ostéonécrose avasculaire de la tête fémorale (par atteinte des branches ascendantes de l'artère circonflexe médiale et latérale au niveau de leur anastomose extra-capsulaire)(33). Ainsi, le point d'entrée optimal pour l'enclouage de ces fractures sous-trochantériennes serait un point d'entrée trochantérien modifié, légèrement plus médial au

sommet du grand trochanter et éventuellement un peu plus postérieur (7,28,31). Ceci évite les risques d'un point d'entrée piriforme et permet de diminuer le risque de varus. Il faut cependant adapter le point d'entrée au pattern fracturaire car il devra parfois être adapté lors d'une extension de la fracture au grand trochanter, rendant la chirurgie plus complexe.

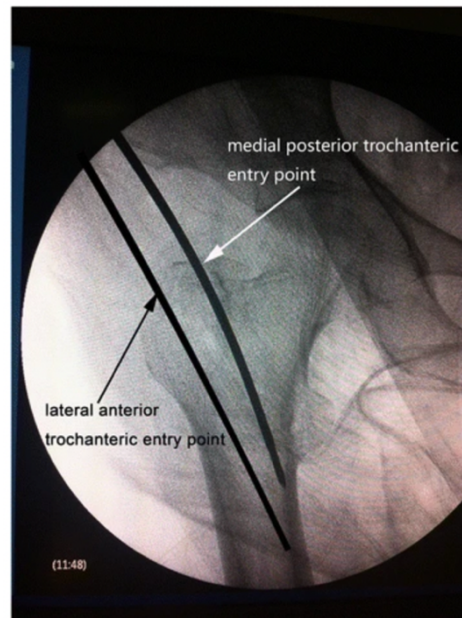


Figure 19 : variantes du point d'entrée trochantérien (31)

Le but de toutes ces techniques est d'obtenir une réduction la plus correcte possible afin d'éviter tout varus résiduel, de restaurer un mur médial pour supporter les contraintes en compression et d'obtenir une ostéosynthèse fonctionnant selon un mode « loadsharing² ». Ceci permet de stimuler la consolidation osseuse et protéger le matériel d'une fracture précoce. Vu le large choix des méthodes de réduction, il paraît logique de procéder par étapes en commençant par les techniques les moins invasives.

² Un implant fonctionnant d'une manière "loadsharing" prendra en charge une partie des contraintes lors de la mise en charge, l'autre partie sera prise en charge par l'os. A l'inverse, un implant « loadbearing » prendra en charge l'entièreté des contraintes (Ref RW).

3.6 La place du cerclage dans les fractures sous- et inter-trochantériennes

Le cerclage est un moyen de fixation extra-médullaire constitué d'un fil d'acier ou d'un câble qui est placé de manière circonférentielle autour de l'os et perpendiculairement à son axe principal (27). Il va exercer une force centripète sur les fragments osseux cerclés et est donc très utile pour réduire des fragments osseux déplacés de manière axiale (27). Il peut être utilisé selon plusieurs modes d'action : comme une aide à la réduction ou comme un implant propre permettant l'ostéosynthèse. Les cerclages sont utilisés de manière fréquente en traumatologie depuis de nombreuses années. En parallèle des succès thérapeutiques ont également été décrits. Il est donc apparu au sein de la communauté orthopédique une croyance que le cerclage était néfaste au niveau de la biologie locale en étranglant le périoste ainsi que son apport vasculaire à l'os sous-jacent (27). Une étude intéressante de la biologie et de la biomécanique du cerclage a été réalisée par S. PERREN en 2011 (27).

Contrairement aux croyances, les répercussions biologiques de la pression exercée par un cerclage sur l'os est minime (27). L'étude de S. PERREN, réalisée sur des moutons, a démontré que la zone d'hypoperfusion périostée sous un cerclage mesurait 0.36mm de large avec un câble conventionnel et moins de 0.3mm avec un câble tressé (27). Ceci s'explique par l'anatomie vasculaire des os longs où les vaisseaux terminaux provenant des muscles adjacents atteignent le périoste de manière radiaire, dans le plan axial. Le cerclage étant placé autour de l'os dans ce même plan axial, il respecte la majeure partie des vaisseaux terminaux avec une répercussion minime sur la vascularisation périostée (27).

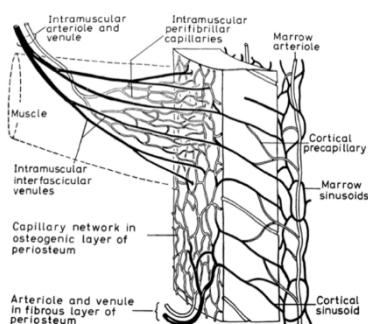


Figure 20 : Vascularisation périostée de l'os cortical (27)

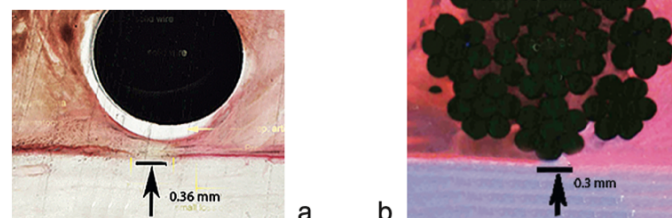


Figure 21 : Zone d'hypoperfusion du périoste sous un câble de cerclage classique à gauche et sous un câble tressé à droite (27)

Cependant, la technique utilisée pour placer le cerclage autour de l'os peut avoir des répercussions néfastes sur la biologie locale. Un exemple flagrant de mauvaise application d'un cerclage est l'étranglement d'un gros tronc artériel entrepris dans le cerclage. Ceci a été décrit notamment au niveau du fémur proximal avec une ischémie du membre après avoir écrasé l'artère fémorale profonde (7,31). Dans ce cas de figure, la vascularisation locale est bien entendu compromise. En dehors de cette complication gravissime, il a été démontré que la mise en place d'un cerclage de manière conventionnelle nécessitait inévitablement un décollement conséquent des tissus mous (27). En conséquence, même si l'effet du contact entre le cerclage et l'os peut être minime, nous pouvons tout de même compromettre la vascularisation locale en créant des dégâts tissulaires lors du passage du cerclage. Ce décollement des tissus mous peut néanmoins être minimisé en utilisant un passe cerclage Minimal Invasif (27,34). Ceci permet l'utilisation du cerclage tout en respectant au maximum la biologie locale (27).

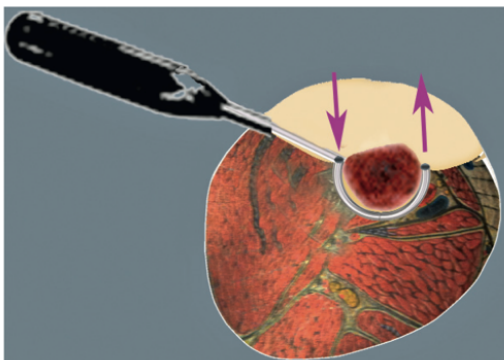


Figure 22 : Décollement des tissus mous lors de l'utilisation d'un passe cerclage conventionnel (27)

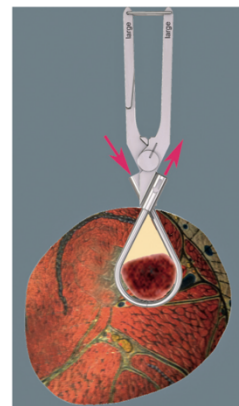


Figure 23 : Décollement réduit des tissus mous lors de l'utilisation du passe cerclage minimal invasif (27)

Au niveau biomécanique, le cerclage peut être fragilisé s'il est mis en tension de manière suboptimale. De fait, la stabilité générée par le cerclage peut être altérée par la quantité de déformation plastique au niveau du toron (27). Pour que le cerclage soit efficace, il faut que le dernier toron (celui le plus proche de l'os) cause une déformation plastique suffisante du câble afin de maintenir la tension au sein du cerclage. Si la force appliquée n'est pas suffisante et que le câble présente une déformation élastique, la tension ne sera donc pas maintenue. La figure 24 illustre ce phénomène.



Figure 24 : Différents types de torons lors de l'utilisation d'un câble classique avec leurs répercussions sur la tension transmise au cerclage (27)



Figure 25 : Crimp utilisé pour maintenir la tension dans un câble tressé (27)

Il est communément admis que les 2 câbles doivent être déformés de manière symétrique au sein du toron pour que le cerclage soit tendu de manière efficace (27). De plus, il faut être prudent lorsque le câble est coupé et replié contre l'os. Selon la direction dans lequel le toron est replié la tension peut être maintenue ou au contraire diminuée drastiquement (27). Finalement, une limitation de l'utilisation du cerclage est son application aux métaphyses des os longs. Un cerclage appliqué sur une métaphyse aura tendance à glisser vers la diaphyse où la circonférence corticale est moindre et perdra donc sa tension et son efficacité (7). L'utilisation de câbles tressés au lieu des cerclages classiques paraît donc plus adaptée (27). Au niveau biologique, le « footprint » d'un câble tressé est moindre. D'un point de vue mécanique, la tension qui y est appliquée est plus homogène et mieux maintenue dans le temps. En effet, elle ne compte pas sur la déformation plastique du câble grâce au « crimp » utilisé. De plus, il est plus simple d'application avec le passe cerclage Minimal Invasif.

Le recours au cerclage dans les fractures sous-trochantériennes reste le sujet le plus débattu dans leur prise en charge (1,2,5). Ce cerclage peut avoir pour but uniquement d'obtenir et de maintenir la réduction pendant l'enclouage centromédullaire ou alors peut être utilisé comme un réel implant afin d'augmenter la résistance de l'ostéosynthèse et de lutter contre les contraintes en distraction au niveau de la fracture (12,14,27). De par les forces centripètes qu'il exerce, le cerclage est très efficace pour réduire les fractures reverse oblique

et les fractures spiroïdes déplacées (27). Il peut également être utilisé dans certaines fractures plurifragmentaires afin de tenter de restaurer un mur médial en passant le cerclage derrière le petit trochanter.

Une étude réalisée par *J. Rehme et al.* a démontré que le cerclage améliore la mécanique de l'ostéosynthèse en augmentant la stabilité intrinsèque du montage (14). En effet, il améliore la réduction dans le plan axial et permet une bonne restitution du support cortical médial (14). Ainsi, les patients traités par enclouage centromédullaire augmenté d'un cerclage présentaient des meilleurs résultats fonctionnels que les patients traités sans cerclage additionnel (14).

Une étude biomécanique cadavérique réalisée par *T. Muller et al.* sur les fractures reverse oblique 31 A3.1 n'a quant à elle pas démontré d'augmentation statistiquement significative de la rigidité du montage lors de l'ajout d'un cerclage (12). Néanmoins, lors de la mise en charge cyclique des spécimens non cerclés, 90% ont présenté un échec de l'ostéosynthèse avec déplacement secondaire en varus du fragment proximal et apparition d'un diastasis significatif au niveau du trait de fracture. Les spécimens cerclés n'ont quant à eux présenté aucun échec de l'ostéosynthèse et il n'y a pas eu de perte de réduction (12). Une des limites de cette étude est bien entendu qu'elle a été réalisée sur des fémurs cadavériques et ne reflète donc pas forcément ce qui se passe in vivo.

Dans la littérature, on retrouve 2 méta-analyses récentes de grande envergure étudiant l'utilisation du cerclage dans de telles fractures (1,6). *A. Hantouluy et al.* ont analysé 6 études regroupant 415 patients traités pour une fracture sous-trochantérienne : 117 patients ont été cerclés et 298 non. Ils ont démontré que les patients cerclés présentaient une durée opératoire et des pertes sanguines plus importantes ainsi qu'un risque infectieux majoré (6). Néanmoins, ces patients présentaient une durée de consolidation plus courte, une diminution du varus résiduel et une diminution du taux de reprises chirurgicales (6). *K. Chuk-Ho et al.* ont analysé 14 études regroupant 1718 fractures du fémur proximal dont 584 ont été cerclées et 1134 non. Ils n'ont quant à eux pas démontré de différence statistiquement significative concernant le risque de pseudarthrose, le risque infectieux, les pertes sanguines et le taux de reprise chirurgicale (1). Cependant, ils ont démontré une durée de consolidation

plus courte et des meilleurs scores fonctionnels chez les patients cerclés. Ceci est mis en lien avec une meilleure réduction chez ces patients et la restitution du mur cortical médial (1). Une autre étude réalisée par P. Codesido sur 90 patients âgés présentant une fracture sous trochantérienne démontre également de meilleurs scores fonctionnels à 12 mois et une durée d'hospitalisation plus courte chez les patients cerclés (5).

En conclusion, d'après la littérature, on ne retrouve pas d'augmentation statistiquement significative du taux de pseudarthrose chez les patients traités avec un cerclage (1,2,5). Les patients cerclés présenteraient une récupération fonctionnelle plus rapide et une durée de consolidation moindre. On retrouve néanmoins un risque infectieux légèrement majoré (6). Notons cependant que la plupart des études utilisent des passe cerclages Minimal Invasif afin de diminuer leur footprint biologique (1,5,27).

La plupart des auteurs font l'unanimité concernant la nécessité d'obtenir une réduction la plus anatomique possible de ces fractures (1,2,7,9,24,28,29). De fait, la persistance d'un varus a clairement été démontrée comme un facteur de mauvais pronostic avec un taux de complication accru (1,2,7,9,24,28,29). Si une bonne réduction ne peut être obtenue sur la table traction, il convient d'essayer en premier lieu avec des techniques percutanées : broches joystick, crochet à os, ball-spike pusher, davier colinéaire (7,24,28,31). Si ces techniques percutanées ne suffisent pas il faut éventuellement envisager une réduction ouverte avec mise en place d'un cerclage si l'anatomie fracturaire le permet tout en respectant au maximum les tissus mous (1,2,5,7,9,31). R.S. Yoon *et al* ont proposé un algorithme de traitement qui est repris à la figure 26 (7).

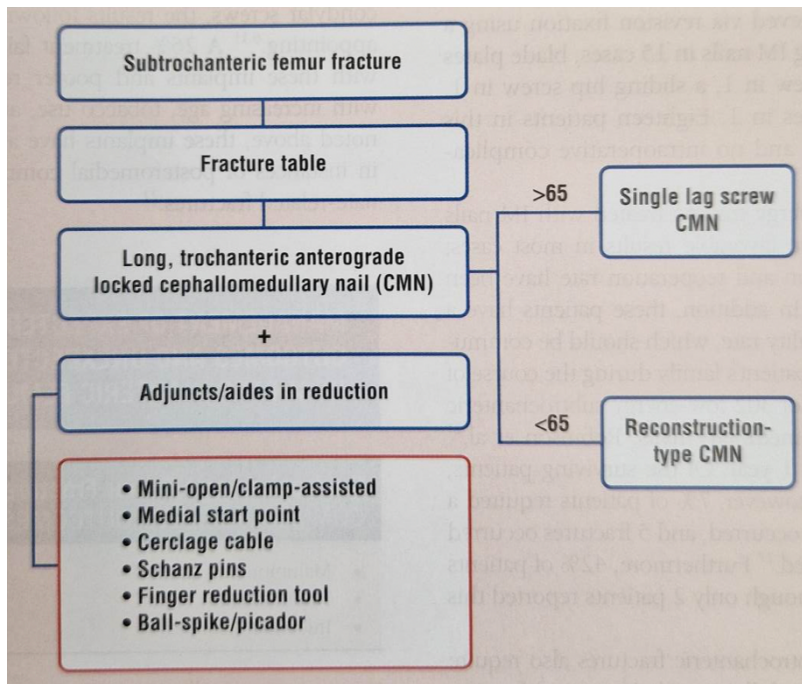


Figure 26 : Algorithme de prise en charge des fractures sous-trochantériennes par R.S. Yoon et al. (7)

3.7 Pronostic et complications des fractures inter- et sous-trochantériennes

Les complications fréquentes de ces fractures sont le déplacement secondaire en varus, la consolidation en position vicieuse, la non-consolidation (associée à des fractures du matériel d'ostéosynthèse), l'infection et le décès du patient (7,9,29,35). D'après les études, le taux de complication des fractures sous- et inter-trochantériennes va de 10% à 25% (2,3,7).

Le taux de complication dépend de la population étudiée. Certaines études sur des patients jeunes ayant présenté des traumatismes à haute énergie et traités par enclouage centromédullaire démontrent un taux de consolidation de 99% à 100% (36,37). Néanmoins, le risque de consolidation en position vicieuse est plus important chez ces patients suite à la perte de repères anatomiques lors de fractures souvent multifragmentaires et comminutives (7). La présence d'une comminution augmente le risque de déplacement secondaire en varus suite à la perte du mur cortical médial, même si la réduction initiale était anatomique (29). D'un point de vue fonctionnel, les patients ayant consolidé en varus seront à risque de boiterie et de douleurs résiduelles notamment suite à la perte d'efficacité de l'appareil abducteur (7,9). De plus, en cas de malréduction, il existe un risque d'inégalité de longueur des membres

inférieur et de trouble rotatoire (7). De rares cas d'ostéotomies correctrices sont décrites dans la littérature mais constituent une intervention lourde aux résultats mitigés (9).

Si l'on considère les patients plus âgés présentant des fractures sous- et inter-trochantériennes lors de traumatismes à basse énergie ; le taux de complication, de reprise chirurgicale et de mortalité est majoré (7). Le taux de mortalité chez ces patients est similaire à celui de toute fracture de hanche et avoisine les 25% à 1 an (7,9). Chez ces patients, on retrouve un taux plus important de déplacement secondaire, de perte de la fixation initiale et de non-consolidation, liés principalement à leur moins bonne qualité osseuse (7). Il n'est pas rare de voir un cut-out de la vis cervicale particulièrement si son positionnement initial n'était pas optimal. C'est également le cas s'il persiste un varus résiduel qui augmente les contraintes sur le matériel (7,35). Le risque de pseudarthrose des fractures sous-trochantérienne et inter-trochantériennes varie entre 5% et 10% dans la plupart des études (7,22,29,35). Néanmoins, il est fortement majoré dans les fractures atypiques sur Biphosphonates ou le risque de pseudarthrose peut atteindre 20% à 40% (18,35). Ces pseudarthroses sont souvent symptomatiques avec une perte d'autonomie du patient âgé ou finissent par causer une fracture de fatigue du matériel nécessitant une reprise chirurgicale (7,9,35). Ces reprises sont des cas complexes nécessitant souvent un abord du foyer de pseudarthrose, un débridement large du tissu fibreux et l'apport de greffe osseuse. Elles nécessitent ensuite une réduction la plus anatomique possible et une ostéosynthèse par lame-plaque, plaque locking ou enclouage centromédullaire (7,9). De manière exceptionnelle, ces complications peuvent nécessiter une arthroplastie fémorale de reprise avec un implant fémoral à fixation diaphysaire (7,35). Une étude de D. Krappinger et al. réalisée en 2018 retrouve 3 facteurs de risque hautement prédictifs d'une pseudarthrose des fractures sous-trochantérienne chez les patients de plus de 65 ans (35).

- La persistance d'un varus résiduel de $>5^\circ$
- La perte du mur cortical médial
- L'autodynamisation du clou par fracture de la vis de verrouillage distale statique dans les 3 premiers mois post-opératoires

Dans leur étude, les patients associant ces 3 facteurs de risque ont tous évolués vers une pseudarthrose (100%). Lorsqu'aucun de ces facteurs de risque était présent le risque était de 2.9%; il était de 23.8% avec un facteur de risque et de 52.9% lors de la présence de deux

facteurs de risque (35). Ces chiffres sont tout de même à interpréter avec prudence car cette étude incluait également les fractures atypiques sur bisphosphonates qui sont intrinsèquement de plus mauvais pronostic.

La présence d'un varus résiduel implique toujours un défaut de réduction. La perte du mur cortical médial peut par contre provenir d'un défaut de réduction, d'un fragment médial intermédiaire ou d'une comminution médiale (1,2,7,35). L'association des deux étant particulièrement néfaste sur la biomécanique du montage.

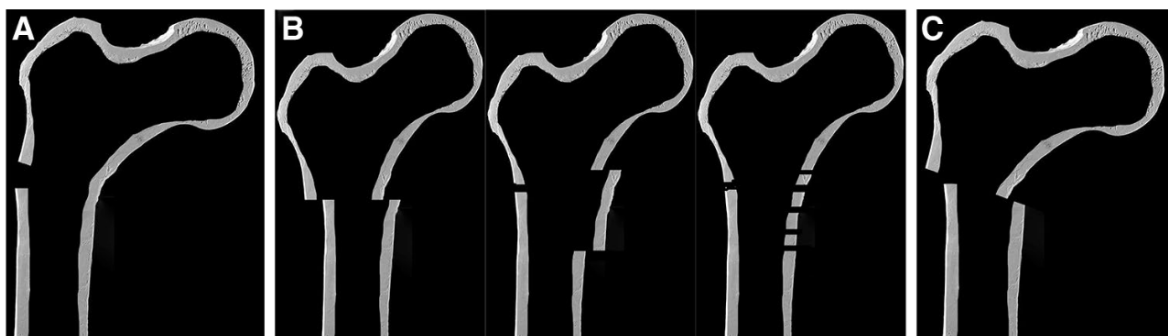


Figure 27 : Illustration schématique du varus résiduel (A), de la perte du support cortical médial (B) ou d'une association des 2 (C) (35)

Ceci renforce l'importance que l'on accorde à la qualité de la réduction de telles fractures, particulièrement dans la population âgée où le taux de complication est majoré. Une attention particulière sera apportée lors du traitement de fractures atypiques sur bisphosphonates vu leur haut taux de complications.

4 Étude au sein du CHU

Cette étude rétrospective porte sur l'analyse des patients opérés d'une fracture sous- et inter-trochantérienne au sein du CHU de Liège sur 8 années (entre novembre 2014 et septembre 2021). De nombreux paramètres seront étudiés : paramètres liés au patient, liés à la fracture, liés à la technique d'ostéosynthèse ainsi qu'à la qualité de la réduction obtenue. Le but est de trouver des facteurs modulables statistiquement significatifs qui influencent le risque d'échec thérapeutique. Comme abordé plus haut, les principaux objectifs de cette étude sont d'évaluer :

- le type d'implant qui donne le taux de complication le plus faible
- la qualité de réduction que nous devons obtenir afin de réaliser une ostéosynthèse à foyer fermée
- l'évolution des fractures traitées à foyer ouvert par rapport aux fractures traitées à foyer fermé.

4.1 Méthodologie

Nous avons récupéré de la base de donnée Omnipro l'ensemble des patients ayant été opérés d'une ostéosynthèse du fémur au sein du CHU de Liège entre novembre 2014 et septembre 2021. Ceci a été réalisé grâce au code opératoire « 276581 N425 » attribué à une « ostéosynthèse d'une fracture du fémur quel que soit le niveau ». Ces dates ont été choisies car la première correspond à la date à partir de laquelle les radiographies sont visualisables dans le Pax et la seconde correspond à la date à laquelle nous disposons d'un recul de minimum 1 an afin d'étudier l'évolution post-opératoire des patients opérés. Ceci nous a permis de récupérer une base de donnée initiale de 1899 patients opérés par tous les chirurgiens du CHU de Liège.

Une relecture des radiographies initiales a été réalisée avec l'aide du Dr F. Walin. Les fractures sous- et inter-trochantériennes (31.A3) ont été sélectionnées.

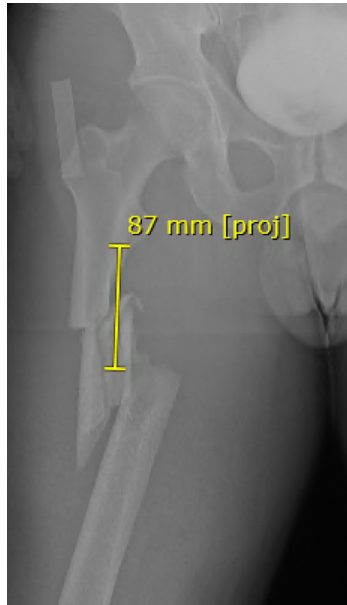


Figure 28 : Radiographie d'une fracture diaphysaire chez un patient traité au CHU de Liège en 2019

Une fracture a été considérée comme sous-trochantérienne si le centre de la fracture se trouvait dans les 5cm sous le petit-trochanter. Certaines de ces fractures présentaient une irradiation diaphysaire s'étendant à plus de 5cm sous le petit trochanter, elles ont été incluses si le trait de fracture principal était situé dans la zone sous-trochantérienne. Néanmoins, les fractures dont le centre se trouvait plus bas que la zone définie ont été considérées comme des fractures diaphysaires et ont donc été exclues.

Ceci nous a permis d'obtenir une base de donnée comportant 181 fractures sous- et inter-trochantériennes. Nous avons ensuite introduits plusieurs critères d'exclusion :

- Les fractures pathologiques sur métastases ou tumeurs osseuses primaires malignes ou bénignes (9 patients)
- Les fractures atypiques sur Biphosphonates (19 patients)
- Les patients « pédiatriques » n'ayant pas fini leur croissance, avec des cartilages de croissance encore ouverts (3 patients)
- Les patients ne présentant pas un suivi suffisant avec absence de suivi radiologique permettant d'étudier l'évolution post-opératoire (63 patients)
- Un patient a été exclu car il s'est présenté aux urgences 5 semaines après sa fracture sous-trochantérienne qui était déjà en voie de consolidation.

- Un patient a été exclu car il s'agissait d'un patient tétraplégique et nous avons considéré que l'absence de contraintes mécaniques au niveau de la région sous-trochantérienne modifiait la biomécanique et la biologie locale

Ceci nous a permis d'obtenir une population de 85 patients ayant présenté une fracture sous ou inter-trochantérienne avec un suivi radiographique de minimum 1 an. Nous avons étudié de manière conjointe les fractures sous- et inter-trochantériennes car leur traitement est relativement similaire.

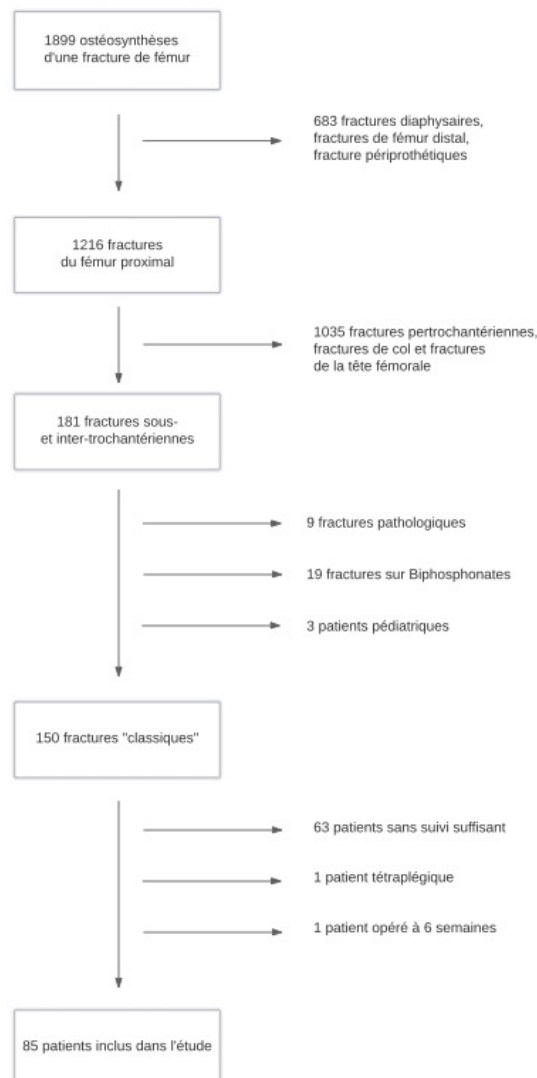


Figure 29 : Workflow de la récupération des données

Chez ces 85 patients, nous avons alors étudié une série de paramètres propres aux patients, propres à la fracture, propres à l'ostéosynthèse et nous avons étudié leur évolution post-opératoire sur base radiographique à 3, 6 et 12 mois. Les données médicales ont été récoltées grâce au dossier médical dans Omnipro, lors de la consultation pré-anesthésique. Les données radiographiques ont toutes été récoltées en procédant à une relecture des clichés réalisés lors de l'admission du patient aux urgences ainsi que les radiographies de contrôle post-opératoires et de suivi. Malheureusement, nous n'avons pas pu réaliser d'étude du score fonctionnel (Harris Hip Score) suite aux manques de données reproductibles à ce sujet dans les dossiers médicaux et suite au grand nombre de patients âgés ou déments présents dans la cohorte.

Les facteurs étudiés ont été :

Facteurs liés aux patients :

- Âge
- Sexe
- Tabagisme actif
- Comorbidités : diabète, insuffisance rénale, antécédents cardio-vasculaires

Facteurs liés à la fracture :

- Pattern fracturaire : simple ou comminutif
- Nombre de fragments : 2, 3 ou multifragmantaire
- Orientation du trait de fracture principal : spiroïde, oblique, transverse, reverse oblique
- Classification AO / OTA

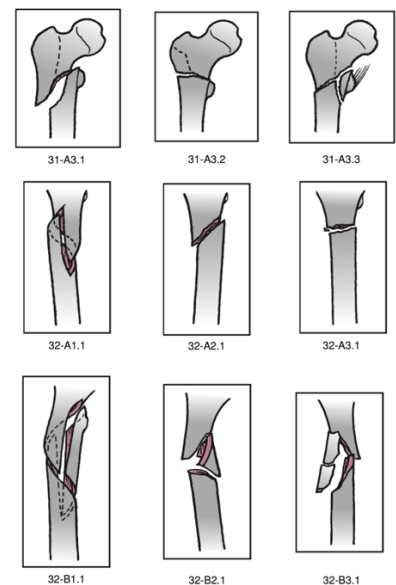


Figure 30 : Classification AO/OTA

Voici à titre d'exemples, les radiographies initiales de certains patients de l'étude avec leur classification AO/OTA.



Figure 31 : fracture 31 A3.1 : trait de fracture reverse oblique simple



Figure 32 : fracture 31 A3.2 : trait de fracture transverse simple

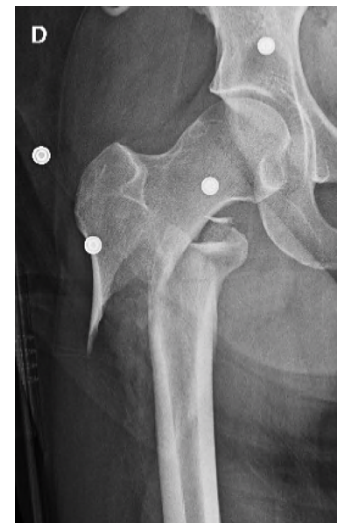


Figure 33 : fracture 31 A3.3 : trait de fracture reverse oblique avec comminution du mur médial et 3ème fragment postéro-médial



Figure 34 : fracture 32 A1.1 : fracture spiroïde simple à 2 fragments



Figure 35 : fracture 32 B1.1 : fracture spiroïde simple à 3 fragments



Figure 36 : fracture B3.1 : fracture transverse avec comminution du mur médial

Le pattern fracturaire a été considéré comme simple lorsque les traits de fractures ne présentaient pas de comminution, quelle que soit l'orientation du trait. Nous avons analysé le nombre de fragments présents en distinguant les fractures 2 fragments, les fractures 3 fragments (un seul fragment intermédiaire quelle que soit sa taille et sa localisation) et les fractures multifragmentaires lors de la présence de 4 fragments ou plus.

Nous avons également étudié l'orientation du trait de fracture principal de la fracture, à savoir celui séparant les 2 fragments principaux. Nous avons classé l'ensemble des fractures selon la classification AO/OTA. Les fractures 31.A3 sont les fractures inter-trochantériennes alors que les fractures 32.A et 32.B sont les fractures sous-trochantériennes pour lesquelles le centre de la fracture est situé entre le petit trochanter et une ligne imaginaire située 5cm sous celui-ci.

Facteurs liés à l'ostéosynthèse :

- Délai avant chirurgie
- Longueur du clou : court ou long
- Type de verrouillage proximal : vis cervicale, lame cervicale ou dual head screws (Recon)
- Point d'entrée : trochantérien, piriforme ou entre les deux
- Abord chirurgical de la fracture : foyer fermé, foyer ouvert ou en percutané
- Mise en place d'un cerclage ou non

Les clous TFNa courts présentent plusieurs longueurs de clous (de 160mm à 235mm). Néanmoins, vu la localisation identique de la vis de verrouillage distale, même avec les clous plus longs, ils ont tous été considérés comme des clous courts. Plusieurs types de verrouillage proximal sont présents : une seule vis cervicale de gros diamètre (10.5mm), une lame hélicoïdale (10.5mm), les clous en mode « Reconstruction » avec 2 vis cervicales de plus petit diamètre (6.5mm) ou une seule vis descendante (5.0mm). Par manque de données dans les protocoles opératoires, nous n'avons pas pu étudier le verrouillage statique ou dynamique de la vis cervicale. Le point d'entrée utilisé a été étudié sur base des radiographies post-opératoires et non sur le protocole opératoire.

Facteurs liés à la réduction :

- Qualité de la réduction : réduction anatomique, mauvaise réduction ou réduction acceptable
- Varus résiduel : si $>10^\circ$ varus
- Mur médial : compétent ou incompétent

La qualité de la réduction fracturaire a été étudiée par des mesures sur les radiographies de contrôle réalisées au 1^{er} jour post-opératoire. Les fractures ont été classées en 3 groupes. Le 1^{er} groupe comprend les fractures réduites de manière anatomique. Le 2^{ème} groupe comprend les fractures avec une mauvaise réduction. Nous avons considéré que la réduction était mauvaise lorsqu'au moins un des éléments suivants était présent : un diastasis interfragmentaire de >1cm, un varus de >10° ou la présence d'un trouble rotatoire majeur. Les fractures ne rentrant dans aucun des 2 premiers groupes ont été classées dans un 3^{ème} groupe qui a été considéré comme une réduction acceptable. Le varus résiduel a été étudié de manière isolée également. Nous avons défini la présence d'un varus résiduel lorsqu'il était de >10° par rapport au côté sain. Nous avons également étudié la compétence du mur médial. Lorsqu'il s'agissait de fractures simples et que la réduction était anatomique, nous avons considéré le mur médial comme compétent car il pourra prendre une partie des contraintes lors de la mise en charge du membre inférieur. A l'inverse, lors d'une réduction suboptimale et l'absence de contact fragmentaire en médial ou lors de fractures comminutives, le mur médial a été considéré comme incompétent. En cas de fracture avulsion du petit trochanter associé, le mur médial a également été considéré comme incompétent.

Facteurs post-opératoires

- Appui autorisé : d'emblée, à 6 semaines, à 3 mois
- Consolidation : à 3 mois, 6 mois et 1 an
- Déplacement secondaire
- Échec de l'ostéosynthèse (Failure)
- Dynamisation du clou
- Reprise chirurgicale

Nous avons ensuite étudié l'évolution radiographique de ces fractures en évaluant la consolidation à 3 mois, 6 mois et 1 an. La consolidation a été considérée comme acquise lorsque l'on retrouve des ponts osseux sur 3 des 4 corticales dans deux plans différents (face et profil). Nous avons considéré qu'il existait un déplacement secondaire dès qu'il y a eu une perte de réduction significative en comparant les radiographies post-opératoires immédiates aux radiographies de suivi. Un échec de l'ostéosynthèse a été considéré comme la survenue

d'une fracture de l'implant ou d'un cut-out de la vis cervicale. Nous avons également analysé la nécessité de dynamiser le clou centro-médullaire et de recourir à une reprise chirurgicale.

Sur base de ces données post-opératoires, nous avons défini qu'une complication était survenue en cas : de reprise chirurgicale, de fracture d'implant, de déplacement secondaire significatif ou de pseudarthrose. Concernant les patients ne présentant pas de consolidation à 12 mois, nous avons analysé la suite de leur dossier médical. De fait, certains patients ont tout de même fini par consolider malgré l'absence de geste chirurgical supplémentaire (3/85). Néanmoins, d'autres ont évolués vers une pseudarthrose et ont donc été inclus dans le groupe de patient présentant une complication malgré l'absence de déplacement secondaire, de fracture du matériel ou de reprise chirurgicale.

4.2 Analyse statistique

Dans cette étude, les variables continues ont été rapportées sous forme de moyenne et d'écart type (SD), de médiane et d'intervalle interquartile (Q1-Q3) et de valeurs extrêmes (Min, Max). Les variables qualitatives ont été rapportées à l'aide de tableaux de fréquence (nombre et pourcentage).

La variable de réponse était la survenue d'une complication postopératoire considérée comme la survenue d'une reprise chirurgicale, d'une fracture d'implant, d'un déplacement secondaire significatif ou d'une pseudarthrose. Une analyse de régression logistique a été appliquée pour étudier les différents facteurs de risque. Les résultats ont été rapportés sous forme d'odds ratio (OR) et leurs intervalles de confiance à 95 % (IC à 95 %) et leurs p-values (tableau 3). Une régression logistique simple (= univariée) a été effectuée pour chaque facteur de risque. Les facteurs de risque statistiquement significatifs ($p < 0,05$) ont alors été inclus dans un modèle de régression logistique multiple.

Les résultats ont été considérés comme significatifs au niveau d'incertitude de 5 % ($p < 0,05$). Les données manquantes n'ont pas été remplacées et les calculs ont toujours été faits sur le nombre maximum de données disponibles. Les calculs, visualisations et modélisations ont été effectués à l'aide de la programmation R-version 4.2.2.

4.3 Résultats

L'analyse statistique des différentes variables étudiées chez ces 85 patients est rapportée dans le Tableau 1. Ces variables sont rapportées pour la population totale et selon la survenue d'une complication ou non. Au total, 20 patients ont présenté une complication post-opératoire (23.52%).

Table 1. Descriptive statistics (N _{patient} =85)					
		N	Overall (N=85)	No Complication (N=65)	Complication (N=20)
Patient related factors					
Sex	Female	85	60 (70.6%)	45 (69.2%)	15 (75.0%)
	Male		25 (29.4%)	20 (30.8%)	5 (25.0%)
Age	Mean (SD)	85	72.7 (17.3)	73.6 (17.0)	69.8 (18.2)
	Median [Q1, Q3]		78.0 [66.0, 85.0]	79.0 [69.0, 86.0]	74.5 [62.5, 82.3]
	[Min, Max]		[20.0, 96.0]	[25.0, 96.0]	[20.0, 93.0]
Smoking	Non-smoker	68	50 (73.5%)	38 (76.0%)	12 (66.7%)
	Active smoker		18 (26.5%)	12 (24.0%)	6 (33.3%)
Diabetes	Non-Diabetic	83	70 (84.3%)	52 (82.5%)	18 (90.0%)
	Non-Insulin dependent Diabetic		10 (12.0%)	8 (12.7%)	2 (10.0%)
	Insulin dependent Diabetic		3 (3.6%)	3 (4.8%)	0 (0%)
IR	No	84	68 (81.0%)	52 (81.3%)	16 (80.0%)
	Yes		16 (19.0%)	12 (18.8%)	4 (20.0%)
Vasculaire	No	84	41 (48.8%)	30 (46.9%)	11 (55.0%)
	Yes		43 (51.2%)	34 (53.1%)	9 (45.0%)
Fracture related factors					
Pattern	Simple fracture	85	76 (89.4%)	58 (89.2%)	18 (90.0%)
	Comminutive fracture		9 (10.6%)	7 (10.8%)	2 (10.0%)
Fragments	2 fragments	85	34 (40.0%)	28 (43.1%)	6 (30.0%)
	3 fragments		38 (44.7%)	26 (40.0%)	12 (60.0%)
	4 fragments		13 (15.3%)	11 (16.9%)	2 (10.0%)
Orientation	Spiroid	85	27 (31.8%)	25 (38.5%)	2 (10.0%)
	Oblique		7 (8.2%)	5 (7.7%)	2 (10.0%)

Table 1. Descriptive statistics (N _{patient} =85)					
	Transverse	85	13 (15.3%)	10 (15.4%)	3 (15.0%)
	Reverse oblique		38 (44.7%)	25 (38.5%)	13 (65.0%)
AO/OTA classification	31 A3.1		16 (18.8%)	12 (18.5%)	4 (20.0%)
	31 A3.2		7 (8.2%)	6 (9.2%)	1 (5.0%)
	31 A3.3		34 (40.0%)	24 (36.9%)	10 (50.0%)
	32 A1.1		9 (10.6%)	9 (13.8%)	0 (0%)
	32 A2.1		1 (1.2%)	0 (0%)	1 (5.0%)
	32 A3.1		1 (1.2%)	1 (1.5%)	0 (0%)
	32 B1.1		15 (17.6%)	12 (18.5%)	3 (15.0%)
	32 B2.1		1 (1.2%)	1 (1.5%)	0 (0%)
	32 B3.1	1 (1.2%)	0 (0%)	1 (5.0%)	
Osteosynthesis related factors					
Delay (days)	Mean (SD)	85	0.894 (1.02)	0.954 (0.991)	0.700 (1.13)
	Median [Q1, Q3]		1.00 [0, 1.00]	1.00 [0, 1.00]	0 [0, 1.00]
	[Min, Max]		[0, 5.00]	[0, 5.00]	[0, 3.00]
Length	Short nail	85	36 (42.4%)	26 (40.0%)	10 (50.0%)
	Long nail		49 (57.6%)	39 (60.0%)	10 (50.0%)
Entry point	Trochanterian	85	76 (89.4%)	58 (89.2%)	18 (90.0%)
	Piriformis		1 (1.2%)	1 (1.5%)	0 (0%)
	In between		8 (9.4%)	6 (9.2%)	2 (10.0%)
Type	Cervical screw	85	72 (84.7%)	54 (83.1%)	18 (90.0%)
	Cervical blade		7 (8.2%)	6 (9.2%)	1 (5.0%)
	Dual screws Recon		4 (4.7%)	4 (6.2%)	0 (0%)
	Descending screws		2 (2.4%)	1 (1.5%)	1 (5.0%)
Abord	No	85	65 (76.5%)	48 (73.8%)	17 (85.0%)
	Percutaneous		0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Open		20 (23.5%)	17 (26.2%)	3 (15.0%)
Cerclage	No	85	69 (81.2%)	50 (76.9%)	19 (95.0%)
	Yes 1		9 (10.6%)	8 (12.3%)	1 (5.0%)
	yes 2		7 (8.2%)	7 (10.8%)	0 (0%)
Reduction related factors					
Reduction	Anatomical	85	24 (28.2%)	22 (33.8%)	2 (10.0%)
	Acceptable		35 (41.2%)	30 (46.2%)	5 (25.0%)
	Poor		26 (30.6%)	13 (20.0%)	13 (65.0%)

Table 1. Descriptive statistics (N _{patient} =85)					
Varus	No	85	63 (74.1%)	54 (83.1%)	9 (45.0%)
	Yes		22 (25.9%)	11 (16.9%)	11 (55.0%)
Medial wall	Incompetent	85	61 (71.8%)	42 (64.6%)	19 (95.0%)
	Competent		24 (28.2%)	23 (35.4%)	1 (5.0%)
Post-operation factors					
Weightbearing	Authorized from the outset	82	1 (1.2%)	1 (1.5%)	0 (0%)
	Support at 6 weeks		68 (82.9%)	54 (83.1%)	14 (82.4%)
	Support at 3 months		13 (15.9%)	10 (15.4%)	3 (17.6%)
Consolidation3M	No	81	75 (92.6%)	57 (90.5%)	18 (100%)
	Yes		6 (7.4%)	6 (9.5%)	0 (0%)
Consolidation6M	No	66	34 (51.5%)	20 (41.7%)	14 (77.8%)
	Yes		32 (48.5%)	28 (58.3%)	4 (22.2%)
Consolidation12M	No	82	9 (11.0%)	2 (3.1%)	7 (38.9%)
	Yes		73 (89.0%)	62 (96.9%)	11 (61.1%)
Displacement	No	84	73 (86.9%)	64 (100%)	9 (45.0%)
	Yes		11 (13.1%)	0 (0%)	11 (55.0%)
Failure	No	84	80 (95.2%)	64 (100%)	16 (80.0%)
	Yes		4 (4.8%)	0 (0%)	4 (20.0%)
Dynamisation	No	85	82 (96.5%)	65 (100%)	17 (85.0%)
	Yes		3 (3.5%)	0 (0%)	3 (15.0%)
Reoperation	No	84	74 (88.1%)	64 (100%)	10 (50.0%)
	Yes		10 (11.9%)	0 (0%)	10 (50.0%)

Au niveau des données épidémiologiques, on retrouve une nette prédominance féminine (70.6%) avec une moyenne d'âge de 72.7 ans reflétant donc que la majorité des fractures sont à basse énergie comme survenue chez des patients relativement âgés. Notre étude a de fait été menée au sein d'un centre de traumatologie de niveau 3 et comporte donc moins de fractures à haute énergie rencontrées chez des patients jeunes. La plupart des patients présentaient peu de comorbidités avec 73.5% de non-fumeurs, 84.3% de non diabétiques, 81% sans insuffisance rénale. Néanmoins la moitié des patients (51.2%) présentaient des comorbidités cardio-vasculaires.

L'analyse des critères anatomiques fracturaires retrouve une majorité de fractures simples (76/85) et seulement 9 patients présentant une fracture comminutive. Ceci confirme la présence d'une majorité de fractures à basse énergie. Une grande majorité des fractures sont des fractures spiroïdes (27/85) ou reverse oblique (38/85) et moins de fractures transverses (13/85) et obliques (7/85).

Concernant le traitement, la majeure partie des patients ont été opérés le jour de leur admission ou le lendemain (Moyenne 0.894 jours – SD 1.02). Les patients opérés au-delà de ce délais étaient pour la plupart sous traitement anticoagulant ou anti-agrégant retardant la chirurgie. Un clou court a été implanté chez 42.4% des patients (36/85) et un clou long chez 57.6% (49/85). Le tableau 2 compare les résultats entre ces deux groupes de patients.

Table 2. Complication and reduction variables by nail length.				
	Short nail (N=36)	Long nail (N=49)	Overall (N=85)	P-value*
Complications				
No	26 (72.2%)	39 (79.6%)	65 (76.5%)	0.731
Yes	10 (27.8%)	10 (20.4%)	20 (23.5%)	
Displacement				
No	30 (83.3%)	43 (89.6%)	73 (86.9%)	0.703
Yes	6 (16.7%)	5 (10.4%)	11 (13.1%)	
Missing	0 (0%)	1 (2.0%)	1 (1.2%)	
Reprise				
No	29 (80.6%)	45 (93.8%)	74 (88.1%)	0.181
Yes	7 (19.4%)	3 (6.3%)	10 (11.9%)	
Missing	0 (0%)	1 (2.0%)	1 (1.2%)	
Consolidation at 12M				
No	2 (5.9%)	7 (14.6%)	9 (11.0%)	0.463
Yes	32 (94.1%)	41 (85.4%)	73 (89.0%)	
Missing	2 (5.6%)	1 (2.0%)	3 (3.5%)	
Reduction				
Anatomical	11 (30.6%)	13 (26.5%)	24 (28.2%)	0.991
Acceptable	15 (41.7%)	20 (40.8%)	35 (41.2%)	
Poor	10 (27.8%)	16 (32.7%)	26 (30.6%)	

Table 2. Complication and reduction variables by nail length.				
	Short nail (N=36)	Long nail (N=49)	Overall (N=85)	P-value*
Varus				
No	26 (72.2%)	37 (75.5%)	63 (74.1%)	0.943
Yes	10 (27.8%)	12 (24.5%)	22 (25.9%)	
Mur_medial				
Incompetent	22 (61.1%)	39 (79.6%)	61 (71.8%)	0.174
Competent	14 (38.9%)	10 (20.4%)	24 (28.2%)	
*:P-value results from chi-square test				

Le verrouillage proximal a été réalisé par une vis cervicale chez 72 patients (84.7%), par une lame cervicale chez 7 patients (8.2%), par deux vis cervicales chez 4 patients (4.7%) et par une vis descendante chez 2 patients (2.4%). Sur les 72 patients avec un verrouillage proximal par une vis cervicale, 18 ont présenté une complication (25%). Sur les 7 patients avec une lame cervicale, 1 patient a présenté une complication (14.29%). Sur les 4 patients avec deux vis cervicales, aucun n'a présenté de complication (0%). Sur les 2 patients avec une seule vis descendante 1 patient a présenté une complication (50%). Néanmoins vu les valeurs faibles des échantillons dans ces groupes, aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée.

Sur les 85 patients inclus dans l'étude, une complication est survenue chez 20 patients (23.54%). A 12 mois, 9 patients n'avaient pas encore consolidé sur base radiographique (10.59%). Néanmoins 3 de ces patients ont fini par consolider malgré l'absence de geste chirurgical supplémentaire. 6 patients ont donc présenté une pseudarthrose (7.06%). Parmi ceux-ci, 4 ont également présenté un déplacement secondaire lors du suivi. 6 patients ont présenté un déplacement secondaire significatif sans survenue d'une pseudarthrose mais avec consolidation en position vicieuse (7.06%). 1 patient a présenté une infection superficielle (1.18%) nécessitant un lavage chirurgical sans changement des implants. 4 patients ont présenté un échec de l'ostéosynthèse (4.71%) : 2 patients ont présenté un cut-out de la vis cervicale nécessitant la mise en place d'une arthroplastie fémorale de reprise, 1 patient a présenté une fracture de la vis de verrouillage distale statique avec déplacement secondaire sévère en varus nécessitant une reprise de l'ostéosynthèse et 1 patient a présenté

une fracture du clou nécessitant la réalisation d'une cure de pseudarthrose avec nouvelle ostéosynthèse par enclouage centromédullaire. Chez 4 patients une reprise précoce de l'ostéosynthèse a été réalisée (4.71%) suite à une réduction considérée comme insuffisante sur les radiographies postopératoires (2/4) ou suite à un déplacement secondaire précoce (2/4). Deux patients ont été repris avec changement de l'ostéosynthèse vers une plaque : une lame-plaque 95° et une plaque locking de fémur proximal. Les deux autres ont été repris avec un nouvel enclouage centromédullaire après amélioration de la réduction à foyer fermé pour un patient et à foyer ouvert avec mise en place d'un cerclage pour l'autre. Au total, 10 patients ont dû être réopérés (11.77%) suite à une ou plusieurs de ces complications.

Sur les 9 patients n'ayant pas consolidé à 12 mois, 1 seul présentait une réduction anatomique en post-opératoire immédiat, ceci avait été obtenu grâce à un abord direct du foyer fracturaire et mise en place d'un cerclage. Les 8 autres patients présentaient soit une mauvaise réduction (6/9) ou une réduction acceptable (2/9). Tous les patients n'ayant pas consolidé à 12 mois présentaient une incompétence du mur médial après ostéosynthèse et 7 patients présentaient un varus résiduel de $>10^\circ$. Parmi ces 9 patients n'ayant pas consolidé, 7 patients ont été traité avec une ostéosynthèse à foyer fermé, sans abord chirurgical de la fracture. Chez les 2 autres patients, le foyer de fracture a été abordé directement avec dans 1 cas la mise en place d'un cerclage additionnel et dans l'autre cas uniquement la mise en place d'un davier le temps de l'enclouage.

Le Tableau 3 étudie la survenue d'une complication selon le sous-type fracturaire d'après la classification AO/OTA. Néanmoins, ces chiffres sont à interpréter avec prudence au vu du très faible nombre de cas pour certains pattern fracturaires et surtout lié au fait qu'il ne tient pas compte du traitement appliqué et de la qualité de la réduction.

Table 3. Complications by AO/OTA classification.										
	31 A3.1 (N=16)	31 A3.2 (N=7)	31 A3.3 (N=33)	32 A1.1 (N=9)	32 A2.1 (N=1)	32 A3.1 (N=1)	32 B1.1 (N=15)	32 B2.1 (N=1)	32 B3.1 (N=1)	Overall (N=85)
Displacement										
No	15 (93.8%)	7 (100%)	26 (78.8%)	9 (100%)	0 (0%)	1 (100%)	12 (85.7%)	1 (100%)	1 (100%)	73 (86.9%)
Yes	1 (6.3%)	0 (0%)	7 (21.2%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	2 (14.3%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (13.1%)
Failure										
No	15 (93.8%)	7 (100%)	30 (90.9%)	9 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	14 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	80 (95.2%)
Yes	1 (6.3%)	0 (0%)	3 (9.1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (4.8%)
Dynamisation										
No	16 (100%)	7 (100%)	32 (97.0%)	9 (100%)	0 (0%)	1 (100%)	15 (100%)	1 (100%)	0 (0%)	82 (96.5%)
Yes	0 (0%)	0 (0%)	1 (3.0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	3 (3.5%)
Reprise										
No	14 (87.5%)	6 (85.7%)	29 (87.9%)	9 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	12 (85.7%)	1 (100%)	0 (0%)	74 (88.1%)
Yes	2 (12.5%)	1 (14.3%)	4 (12.1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (14.3%)	0 (0%)	1 (100%)	10 (11.9%)
Consolidation 6M										
No	6 (54.5%)	2 (28.6%)	12 (46.2%)	6 (66.7%)	1 (100%)	0 (0%)	6 (66.7%)	0 (0%)	1 (100%)	34 (51.5%)
Yes	5 (45.5%)	5 (71.4%)	14 (53.8%)	3 (33.3%)	0 (0%)	1 (100%)	3 (33.3%)	1 (100%)	0 (0%)	32 (48.5%)
Consolidation 12M										
No	3 (20.0%)	0 (0%)	4 (12.1%)	1 (12.5%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (6.7%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (11.0%)
Yes	12 (80.0%)	7 (100%)	29 (87.9%)	7 (87.5%)	1 (100%)	1 (100%)	14 (93.3%)	1 (100%)	1 (100%)	73 (89.0%)

L'analyse statistique de ces données retrouve tout de même une tendance à un plus haut taux de complication dans les patterns fracturaires plus complexes pour les fractures sous-trochantériennes. A titre d'exemple, parmi les 9 patients avec des fractures 32 A1.1 correspondant aux fractures spiroïdes deux fragments, aucun n'a présenté de complication (0%). Par contre, sur les 15 patients présentant des fractures 32 B1.1 correspondant à des

fractures spiroïdes 3 fragments, 2 patients ont présenté un déplacement et une reprise chirurgicale (14.3%).

Concernant les fractures inter-trochantériennes, elles présentent tout de même un haut taux de complication quelle que soit le sous-type fracturaire. On retrouve plus de déplacements secondaires (21.2%) et d'échecs de l'ostéosynthèse (9.1%) chez les patients avec des fractures 31 A3.3. Concernant l'absence de consolidation à 1 an, ce sont les fractures 31 A3.1 qui paraissent le plus à risque (20.0%).

Le Tableau 4 étudie la survenue d'une complication et la qualité de la réduction selon la mise en place d'un cerclage ou non.

Table 4. Complication and reduction variables by Cerclage.				
	Cerclage-No (N=69)	Cerclage-Yes (N=16)	Overall (N=85)	P-value*
Complications				
No	50 (72.5%)	15 (93.8%)	65 (76.5%)	0.195
Yes	19 (27.5%)	1 (6.3%)	20 (23.5%)	
Displacement				
No	57 (83.8%)	16 (100%)	73 (86.9%)	0.226
Yes	11 (16.2%)	0 (0%)	11 (13.1%)	
Missing	1 (1.4%)	0 (0%)	1 (1.2%)	
Reprise				
No	58 (85.3%)	15 (93.7%)	74 (88.1%)	0.263
Yes	10 (14.7%)	1 (6.3%)	10 (11.9%)	
Missing	1 (1.4%)	0 (0%)	1 (1.2%)	
Consolidation at 12M				
No	8 (11.9%)	1 (6.7%)	9 (11.0%)	0.84
Yes	59 (88.1%)	14 (93.3%)	73 (89.0%)	
Missing	2 (2.9%)	1 (6.3%)	3 (3.5%)	
Reduction				
Anatomical	13 (18.8%)	11 (68.8%)	24 (28.2%)	0.00126
Acceptable	30 (43.5%)	5 (31.3%)	35 (41.2%)	
Poor	26 (37.7%)	0 (0%)	26 (30.6%)	
Varus				
No	48 (69.6%)	15 (93.8%)	63 (74.1%)	0.138
Yes	21 (30.4%)	1 (6.3%)	22 (25.9%)	
Mur medial				
Incompetent	54 (78.3%)	7 (43.8%)	61 (71.8%)	0.022
Competent	15 (21.7%)	9 (56.3%)	24 (28.2%)	
*:P-value results from chi-square test				

Après étude des statistiques descriptives, chaque facteur de risque potentiel a été étudié à l'aide de modèles de régression logistiques. Le tableau 5 rapporte les résultats sous forme d'Odds Ratio (OR) et de leurs intervalles de confiance à 95% (IC à 95%) ainsi que sous forme de leur p-value. L'Odds Ratio indique la quantité relative par laquelle la probabilité du

résultat augmente (OR supérieur à 1) ou diminue (OR inférieur à 1) lorsque la valeur de la variable indépendante correspondante augmente d'une unité. Dans le cas des variables indépendantes catégorielles, l'Odds Ratio représente le risque d'avoir une complication en comparaison avec une autre variable.

Une régression logistique simple (= univariée) a été effectuée pour chaque facteur de risque. Des facteurs de risque statistiquement significatifs (au niveau $p < 0,10$) ont été inclus dans un modèle de régression logistique multiple. Le modèle multiple final a été présenté après une procédure de sélection rétrospective du modèle.

Table 5. Risk factors associated with postoperative Complication (N=85)										
Variables	Reference group	Categories/Units	Simple logistic regression models		Multiple logistic regression model (N=85)		Final multiple logistic regression model (Backward selection) (N=85)		Final multiple logistic regression model 2 (Backward selection) (N=85)	
			OR (95%CI)	p-value	OR (95%CI)	p-value	OR (95%CI)	p-value	OR (95%CI)	p-value
Patient related factors										
Sex	Female	Male	0.75 (0.22, 2.24)	0.621						
Age		Years	0.99 (0.96, 1.02)	0.387						
Smoking	Non-smoker	Active smoker	1.58 (0.47, 5.07)	0.443						
Diabete	Non-Diabetic	Non-Insulin dependent Diabetic	0.72 (0.1, 3.22)	0.697						
		Insulin dependent Diabetic	NA	0.991						
IR	No	Yes	1.08 (0.27, 3.62)	0.901						
Vasculaire		Yes	0.72 (0.26, 1.98)	0.526						
Fracture related factors										
Pattern	Single fracture	Comminutive	0.92 (0.13, 4.23)	0.922						
Fragment s	2 fragments	3 fragments	2.15 (0.73, 6.97)	0.177						
		4 fragments	0.85 (0.11, 4.37)	0.853						
Orientatio n	Spiroid	Oblique	5.00 (0.51, 50.95)	0.148	13.73 (0.99, 214.09)	0.048	14.39 (1.05, 217.87)	0.042	14.39 (1.05, 217.87)	0.042
		Transverse	3.75 (0.54, 31.92)	0.180	6.64 (0.71, 80.34)	0.104	4.75 (0.56, 49.75)	0.157	4.75 (0.56, 49.75)	0.157
	Reverse oblique	6.50 (1.58, 44.38)	0.028	11.21 (2.15, 95.46)	0.010	11.75 (2.24, 100.51)	0.008	11.75 (2.24, 100.51)	0.008	
Osteosynthesis related factors										
Delay			0.76 (0.41, 1.27)	0.333						
Longueur	Short nail	Long nail	0.67 (0.24, 1.84)	0.430						
Point d' entree	Trochanterian	Piriformis	NA	0.992						
		In between	1.07 (0.15, 5.15)	0.934						
Type	Cervical screw	Cervical blade	0.50 (0.03, 3.21)	0.534						
		Dual screws Recon	NA	0.990						

		Descending screws	3.00 (0.11, 78.5)	0.446						
Abord	Open	Percutaneous	0.50 (0.11, 1.72)	0.310						
Cerclage	No	Yes 1	0.33 (0.02, 1.97)	0.309						
		Yes 2	NA	0.991						
Cerclage	No	Yes	0.18 (0.01, 0.96)	0.102						
Reduction related factors										
Reduction	Anatomical	Acceptable	1.83 (0.36, 13.63)	0.492	0.53 (0.07, 5.00)	0.551	1.02 (0.18, 8.18)	0.982		
		Poor	11.00 (2.53, 77.88)	0.004	2.25 (0.21, 30.64)	0.513	6.11 (0.80, 62.04)	0.092		
Reduction	Acceptable	Anatomical	0.55 (0.07, 2.79)	0.492					0.98 (0.12, 5.70)	0.982
		Poor	6.00 (1.86, 22.08)	0.003					5.98 (1.22, 33.66)	0.030
Varus	No	Yes	6.00 (2.04, 18.53)	0.001	3.24 (0.60, 19.17)	0.174	2.91 (0.55, 16.36)	0.207	2.91 (0.55, 16.36)	0.207
Mur medial	Competent	Incompetent	10.40 (1.96, 192.89)	0.026						
NA: model was unable to estimate OR due to low sample size of subgroup										

Concernant l'analyse univariée, 4 facteurs de risques sur 17 sont jugés statistiquement significatifs :

- L'orientation reverse oblique de la fracture ($p = 0.028$) expose à un risque plus élevé de complication par rapport à l'orientation spiroïde (OR = 6.50)
- Une mauvaise réduction ($p = 0.004$) augmente le risque de complication par rapport à une réduction anatomique (OR = 11.00) et également par rapport à une réduction acceptable ($p = 0.003$ et OR = 6.00).
- La présence d'un varus résiduel ($p = 0.001$) augmente le risque de complication par rapport aux patients sans varus résiduel (OR 6.00).
- La présence d'un mur médial incompétent ($p = 0.026$) augmente le risque de complication par rapport aux patients avec un mur médial restitué (OR 10.40).

La Figure 37 rapporte les Odds Ratios et leurs intervalles de confiance à 95% des variables étudiées selon l'analyse univariée. Outre les 4 variables citées ci-dessus, les autres n'ont néanmoins pas démontré de différence statistiquement significative ($p>0.05$) dans ce travail et le schéma doit donc être interprété avec prudence.

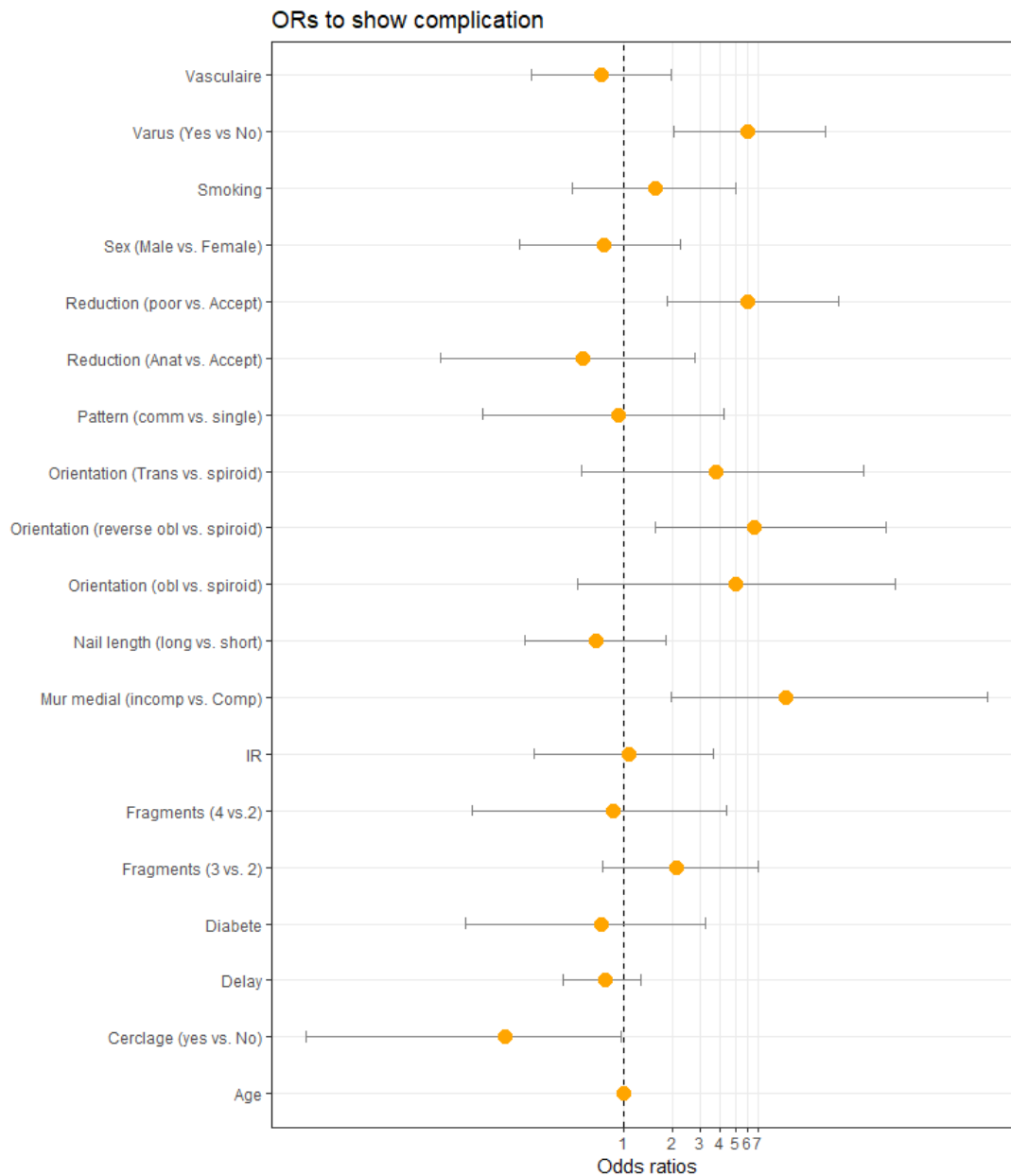


Figure 37 : Risk factors of table 5 univariately modeled for complication (N=85 patients).

Les modèles de régression logistique multiple final après une procédure de sélection rétrospective du modèle ne seront pas analysés dans ce travail suite aux fortes variations des résultats selon les variables incluses par sélection rétrospective pouvant amener à des résultats biaisés.

4.4 Discussion

On retrouve un taux élevé de complications (23.54%) et de reprises chirurgicales (11.77%) dans le traitement des fractures sous- et inter-trochantériennes. Ceci est en corrélation avec les données de la littérature (1,2,3). L'analyse des comorbidités du patient n'ont pas démontré de différences statistiquement significatives. On retrouve néanmoins une tendance à un taux accru de complication chez les fumeurs (OR = 1.58 mais $p = 0.443$). Les résultats de cette étude rejoignent la littérature au niveau des variables statistiquement significatives que sont la présence d'un varus résiduel et l'incompétence du mur médial (1,2,5,6,7). Il paraît clair que l'élément primordial dans la prise en charge de fractures sous- et inter-trochantériennes est d'obtenir une réduction la plus anatomique possible. Dans ce travail, nous avons créé 3 catégories concernant la qualité de la réduction afin d'essayer d'établir un cut-off quant à la réduction minimale nécessaire pour ne pas augmenter le risque de complication. L'analyse statistique est intéressante car elle démontre certes une augmentation légère du risque de complication lors d'une réduction acceptable vs anatomique (OR = 1.83) mais cette valeur est loin d'être statistiquement significative ($p = 0.492$). Par contre quand on compare le risque de complication lors d'une mauvaise réduction vs une réduction anatomique ou acceptable, on retrouve une forte augmentation du risque de complication dans les deux cas (OR respectifs de 11.00 et 6.00) et ces valeurs sont statistiquement significatives ($p = 0.004$ et $p = 0.003$). Les résultats de cette étude confirment donc qu'une meilleure réduction diminue fortement le risque de complication. Cependant, une réduction acceptable (définie comme un varus de $<10^\circ$, un diastasis de $<1\text{cm}$ et l'absence de trouble rotatoire majeure) permet également d'obtenir de bons résultats. Celle-ci pourrait donc être considérée comme la qualité minimale de réduction à obtenir lors de la prise en charge de ces fractures. La restitution d'un mur médial compétant est un élément de bon pronostic mais est rarement possible. Seules des fractures simples réduites anatomiquement permettront de restituer un mur médial compétant. En cas de fracture comminutive ou d'avulsion du petit trochanter, le mur médial sera rarement compétant même en présence d'une réduction anatomique.

Une technique permettant d'obtenir une bonne réduction lors du traitement de ces fractures est de les aborder chirurgicalement et de les cercler quand le pattern fracturaire s'y

prête. Lors de fractures simples, la mise en place d'un cerclage permet le plus souvent d'obtenir une réduction anatomique avec donc une absence de varus, et de restituer un mur médial compétant (1,2,6). L'analyse du Tableau 4 confirme que chez les patients cerclés aucun ne présentait une mauvaise réduction sur les radiographies de contrôle (68.8% anatomiques et 31.3% acceptable). De plus, les cerclages ont permis de restituer un mur médial compétant chez 56.3% de ces patients. Ces 2 valeurs sont d'ailleurs statistiquement significatives dans ce travail. Si l'on compare le taux de complication entre ces deux groupes, les résultats ne sont certes pas statistiquement significatifs mais restent tout de même interpellant. On retrouve 6.3% de complication chez les patients cerclés vs 27.5% chez les non cerclés. De plus, aucun patient traité avec un cerclage n'a présenté de déplacement secondaire contre 16.2% chez les patients non cerclés. Le fait d'augmenter l'ostéosynthèse avec un cerclage paraît donc avantageux au niveau biomécanique, ce qui rejoint la littérature (12,14). Néanmoins, la présence de seulement 16 patients cerclés incite tout de même à interpréter ces données avec prudence.

Qu'en est-il alors de la violation de la biologie locale lors de la mise en place d'un cerclage ? L'analyse statistique démontre que les patients ayant été cerclés présentaient un haut taux de consolidation à 12 mois (93.3%). Seul 1 patient cerclé n'a pas consolidé à 12 mois (6.7%) et une consolidation a été obtenue après dynamisation du clou et retrait du cerclage (réalisé pour prélèvement bactériologique afin d'exclure une infection). Si on analyse les patients non cerclés, 88.1% des patients ont consolidé à 12 mois. Sur les 8 patients n'ayant pas consolidé à 12 mois, 2 ont fini par consolider sans geste chirurgical supplémentaire. Les 6 autres patients ont évolué vers une pseudarthrose. Malgré l'absence de données statistiquement significatives à ce niveau, cette étude ne démontre certainement pas d'effet néfaste de la mise en place d'un cerclage par rapport à l'évolution de la consolidation osseuse. On pourrait donc conclure que l'avantage biomécanique et l'amélioration de la réduction obtenus grâce au cerclage supplante son effet délétère au niveau de la biologie locale. Par ailleurs, les patients cerclés dans cette étude l'ont été avec un passe cerclage conventionnel et non le Minimal invasif. Concernant le risque infectieux, le seul patient ayant présenté une infection superficielle dans cette étude avait été ostéosynthésé à foyer fermé. Néanmoins, il paraît logique que le fait d'aborder la fracture augmente théoriquement le risque infectieux

suite à une incision plus longue, une exposition osseuse plus importante et une augmentation du temps opératoire.

Concernant la longueur du clou utilisé, aucune différence statistiquement significative n'a pu être retrouvée dans cette étude. On retrouve tout de même une tendance à avoir moins de complications lors de l'utilisation d'un clou long (20.4%) plutôt qu'un clou court (27.8%). Un déplacement secondaire est survenu chez 16.7% des patients traités avec un clou court versus 10.4% chez les patients avec un clou long. Il pourrait donc y avoir un avantage de recourir à des clous longs lors du traitement de fractures sous- et inter-trochantériennes. Concernant le type de verrouillage proximal, les données ne sont pas suffisantes pour être statistiquement significatives avec des p-values très élevées. Il est donc difficile de comparer les vis cervicales aux lames cervicales suite au faible nombre de patients opérés avec une lame. Il faut tout de même remarquer que parmi les 4 patients opérés avec 2 vis cervicales ascendantes en mode Recon, aucun n'a présenté de complication. Malgré le faible échantillon de 2 patients, il paraît évident que le verrouillage proximal par une seule vis descendante de 5.0mm est insuffisant vu le taux de complication de 50%.

Ainsi, l'analyse des radiographies post-opératoires permet tout de même d'apprécier le risque de survenue d'une complication. En cas de réduction insuffisante d'après les critères établis dans cette étude, et surtout si plusieurs critères de mauvaise réduction s'accumulent, il faut tout de même envisager une reprise précoce de l'ostéosynthèse qui est un geste plus léger que de traiter une complication de type pseudarthrose ou fracture de matériel. Il faut néanmoins analyser avec prudence le pattern fracturaire car certaines fractures ne se prêteront pas à une réduction ouverte avec mise en place d'un cerclage.

Plusieurs limitations sont présentes dans cette étude. Les mesures réalisées sur les radiographies sont influencées par le positionnement du patient et la rotation fémorale. L'évaluation de la qualité de la réduction peut donc être influencée par la manière dont les radiographies ont été obtenues et pourrait donc induire certaines erreurs. Ensuite, la population de cette étude est biaisée suite au très grand nombre de patients gériatriques perdus de vue ou décédés précocement qui n'ont donc pas été inclus dans ce travail. Il est possible que certains de ces patients soient décédés suite à une complication du traitement

chirurgical (durée de chirurgie plus longue et pertes sanguines plus importante lors de la mise en place d'un cerclage, embolie graisseuse lors d'un enclouage long...). Ces données n'ont bien entendu pas pu être étudiées. Comparé aux études retrouvées dans la littérature, celle-ci traite en majeure partie de patients âgés victimes de traumatismes à basse énergie. Ainsi, les résultats obtenus dans ce travail ne peuvent pas forcément être appliqués aux patients jeunes victimes de traumatismes à haute énergie. De plus, il est possible que certains patients de cette étude aient en réalité présenté une fracture atypique sans qu'il n'y ait de signes radiologiques francs. Finalement, le fait d'avoir considéré un déplacement secondaire significatif comme une complication peut biaiser cette étude. De fait, certains patients ayant présenté un déplacement secondaire ont tout de même fini par consolider, ce qui est le but ultime du traitement. Néanmoins, vu les répercussions néfastes d'un déplacement secondaire sur la biomécanique de la hanche, nous avons tout de même voulu le considérer comme une complication. Ceci est surtout vrai chez les patients jeunes où de telles répercussions sur la fonction de la hanche seraient plus symptomatiques que chez les patients avec une demande fonctionnelle moindre. L'absence de scores fonctionnels dans cette étude est bien entendu une limitation importante. Elle aurait permis d'évaluer s'il existe une corrélation entre les manifestations radiologiques et leurs répercussions cliniques. A titre d'exemple, il est possible qu'une pseudarthrose reste tout à fait asymptomatique chez un patient gériatrique avec une faible demande fonctionnelle.

5 Conclusion

Cette étude démontre que l'élément primordial dans le traitement de fractures sous- et inter-trochantériennes est d'obtenir une réduction de qualité, d'éviter au maximum la persistance d'un varus et si possible de restituer un mur médial. Un varus résiduel de $<10^\circ$, un diastasis interfragmentaire de $<1\text{cm}$ entre les fragments principaux et l'absence de trouble rotatoire majeure paraît être un cut-off raisonnable quant à la qualité minimale de réduction que nous devons obtenir. Si celle-ci ne peut être obtenue par manœuvres fermées, il faut recourir à des techniques percutanées ou ouvertes afin d'améliorer la réduction.

La mise en place d'un cerclage à foyer ouvert paraît être une technique sûre et permet d'obtenir de bons résultats. Il diminue le taux de complications et de reprises chirurgicales et n'augmente pas le risque de pseudarthrose. L'utilisation d'un passe-cerclage minimal invasif permet de respecter au mieux la biologie locale lors de sa mise en place. Dans les traits de fracture simples, le cerclage permettra souvent d'obtenir une réduction anatomique et de restituer le mur médial. Ceci diminue les contraintes au niveau du clou et le risque de fracture de fatigue. Les fractures transverses et comminutives ne se prêteront pas à un cerclage et il faudra recourir aux diverses techniques percutanées afin d'obtenir une réduction suffisante.

Cette étude ne permet pas de privilégier un type d'implant. Il paraît plus prudent d'opter pour un clou long en cas d'hésitation et le mode de verrouillage proximal doit être adapté au cas par cas. Le verrouillage par 2 vis cervicales ascendantes pourrait avoir un avantage dans ces fractures instables.

Bibliographie

- (1) Kim CH, Yoon YC, Kang KT. The effect of cerclage wiring with intramedullary nail surgery in proximal femoral fracture: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022 Dec;48(6):4761-4774.
- (2) Hoskins W, McDonald L, Spelman T, Bingham R. Subtrochanteric Femur Fractures Treated With Femoral Nail: The Effect of Cerclage Wire Augmentation on Complications, Fracture Union, and Reduction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Comparative Studies. *J Orthop Trauma.* 2022 Apr 1;36(4):e142-e151
- (3) Jannelli E, Ghia C, Marta M, et al. Subtrochanteric femoral fractures : A case series of 194 patients treated with long and short intramedullary nails. *Orthopedic Reviewers* 2022, 14(6).
- (4) Rahme DM, Harris IA. Intramedullary nailing versus fixed angle blade plating for subtrochanteric femoral fractures: a prospective randomised controlled trial. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2007 Dec;15(3):278-81.
- (5) Codesido, P., Mejía, A., Riego, J. et al. Subtrochanteric fractures in elderly people treated with intramedullary fixation: quality of life and complications following open reduction and cerclage wiring versus closed reduction. *Arch Orthop Trauma Surg* 137, 1077–1085 (2017)
- (6) Hantouly, A.T., Salameh, M., Toubasi, A.A. et al. The role of cerclage wiring in the management of subtrochanteric and reverse oblique intertrochanteric fractures: a meta-analysis of comparative studies. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 33, 739–749 (2023)
- (7) Richard S. et al, « Subtrochanteric Femur Fractures», in Tornetta III Paul et al, Rockwood and Green's Fractures in Adults, Ninth Edition, Philadelphia: Wolters Kluwer, 2020, pp.2318-2340
- (8) Parker, Martyn J, « Trochanteric Hip Fractures», in Tornetta III Paul et al, Rockwood and Green's Fractures in Adults, Ninth Edition, Philadelphia: Wolters Kluwer, 2020, pp.2284-2317
- (9) Garrison I, Domingue G, Honeycutt MW. Subtrochanteric femur fractures: current review of management. *EFORT Open Rev.* 2021 Feb 1;6(2):145-151.

- (10) Socci AR, Casemyr NE, Leslie MP, Baumgaertner MR. Implant options for the treatment of intertrochanteric fractures of the hip: rationale, evidence, and recommendations. *Bone Joint J.* 2017 Jan;99-B(1):128-133.
- (11) Griffin JB. The calcar femorale redefined. *Clin Orthop Relat Res.* 1982 Apr;(164):211-4.
- (12) Müller, T., Topp, T., Kühne, C.A. et al. The benefit of wire cerclage stabilisation of the medial hinge in intramedullary nailing for the treatment of subtrochanteric femoral fractures: a biomechanical study. *International Orthopaedics (SICOT).* 2011, 35, 1237–1243.
- (13) Kilinc BE, Oc Y, Kara A, Erturer RE. The effect of the cerclage wire in the treatment of subtrochanteric femur fracture with the long proximal femoral nail: A review of 52 cases. *Int J Surg.* 2018 Aug;56:250-255
- (14) Rehme J, Woltmann A, Brand A, von Rüden C. Does auxiliary cerclage wiring provide intrinsic stability in cephalomedullary nailing of trochanteric and subtrochanteric fractures? *Int Orthop.* 2021 May;45(5):1329-1336.
- (15) Mohit Bhandari, Marc Swiontkowski. Management of Acute Hip Fracture. *The New England Journal of Medicine.* 2017 Nov 23;377(21):2053-2062
- (16) Rizkalla JM, Nimmons SJB, Jones AL. Classifications in Brief: The Russell-Taylor Classification of Subtrochanteric Hip Fracture. *Clin Orthop Relat Res.* 2019 Jan;477(1):257-261.
- (17) Steven J. Morgan, MD, « Fractures of the hip», in Jay R. Lieberman, MD, *AAOS Comprehensive Orthopaedic Review, Third Edition*, Rosemont: Wolters Kluwer, 2020, pp. 1008-1021
- (18) Yelena Bogdan, « Atypical Femur Fractures», in Tornetta III Paul et al, *Rockwood and Green's Fractures in Adults, Ninth Edition*, Philadelphia: Wolters Kluwer, 2020, pp.2341-2355
- (19) Nianye Zheng, Ning Tang, Ling Qin. Atypical femoral fractures and current management, *Journal of Orthopaedic Translation*, Volume 7, 2016, Pages 7-22

- (20) Matre K, Havelin LI, Gjertsen JE, et al. Sliding hip screw versus IM nail in reverse oblique trochanteric and subtrochanteric fractures. A study of 2716 patients in the Norwegian. Hip Fracture Register. *Injury*. 2013 Jun;44(6):735-42
- (21) Forward DP, Doro CJ, O'Toole RV, et al. A biomechanical comparison of a locking plate, a nail, and a 95° angled blade plate for fixation of subtrochanteric femoral fractures. *J Orthop Trauma*. 2012 Aug;26(8):498.
- (22) Babcock S, Kellam JF. Hip Fracture Nonunions: Diagnosis, Treatment, and Special Considerations in Elderly Patients. *Adv Orthop*. 2018 Nov 25;2018:1912762
- (23) Linhart, C., Kistler, M., Kussmaul, A.C. et al. Biomechanical stability of short versus long proximal femoral nails in osteoporotic subtrochanteric A3 reverse-oblique femoral fractures: a cadaveric study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023; 143, 389–397
- (24) Afsari A, Liporace F, Lindvall E, Infante A Jr, Sagi HC, Haidukewych GJ. Clamp-assisted reduction of high subtrochanteric fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Aug;91(8):1913-8
- (25) Herrera, L., Trueman, P., Horner, A. et al. Comparison of a twin interlocking derotation and compression screw cephalomedullary nail (InterTAN) with a single screw derotation cephalomedullary nail (proximal femoral nail antirotation): a systematic review and meta-analysis for intertrochanteric fractures. *J Orthop Surg Res* 13, 46 (2018)
- (26) Grisell M, Moed BR, Bledsoe JG. A biomechanical comparison of trochanteric nail proximal screw configurations in a subtrochanteric fracture model. *J Orthop Trauma*. 2010;24(6):359-363
- (27) Perren SM, Fernandez Dell'Oca A, Lenz M, Windolf M. Cerclage, evolution and potential of a Cinderella technology. An overview with reference to periprosthetic fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2011;78(3):190-9.
- (28) Mingo-Robinet J, Torres-Torres M, Moreno-Barrero M, Alonso JA, García-González S. Minimally invasive clamp-assisted reduction and cephalomedullary nailing without cerclage cables for subtrochanteric femur fractures in the elderly: Surgical technique and results. *Injury*. 2015;46(6):1036-41

- (29) Shukla S, Johnston P, Ahmad MA, Wynn-Jones H, Patel AD, Walton NP. Outcome of traumatic subtrochanteric femoral fractures fixed using cephalo-medullary nails. *Injury*. 2007 Nov;38(11):1286-93
- (30) Yoon RS, Donegan DJ, Liporace FA. Reducing subtrochanteric femur fractures: tips and tricks, do's and don'ts. *J Orthop Trauma*. 2015 Apr;29 Suppl 4:S28-33
- (31) Kokkalis ZT, Mavrogenis AF, Ntourantonis DI, et al. Reduction techniques for difficult subtrochanteric fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2019 Jan;29(1):197-204.
- (32) Luke A. Lopas et al, « Bone, Cartilage, and Tendon Healing», in Tornetta III Paul et al, Rockwood and Green's Fractures in Adults, Ninth Edition, Philadelphia: Wolters Kluwer, 2020, pp.43-60
- (33) John F. Keating « Femoral Neck Fractures», in Tornetta III Paul et al, Rockwood and Green's Fractures in Adults, Ninth Edition, Philadelphia: Wolters Kluwer, 2020, pp.2231-2283
- (34) Kang SJ, Bao FL, Huang DS, et al. Percutaneous Cerclage Wiring Combined with Cephalomedullary Nailing for Irreducible Subtrochanteric Fractures. *Orthop Surg*. 2021 Aug;13(6):1899-1911
- (35) Krappinger, D., Wolf, B., Dammerer, D. et al. Risk factors for nonunion after intramedullary nailing of subtrochanteric femoral fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 139, 769–777 (2019)
- (36) Starr AJ, Hay MT, Reinert CM, et al. Cephalomedullary nails in the treatment of high-energy proximal femur fractures in young patients: A prospective, randomized comparison of trochanteric versus piriformis fossa entry portal. *J Orthop Trauma*. 2006;20(4):240-246.
- (37) Wiss DA, Brien WW. Subtrochanteric fractures of the femur: Results of treatment by interlocking nailing. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(283):231-236