



HAL
open science

Fractures trochantériennes ostéosynthésées par clous centromédullaires courts : l'estimation visuelle peropératoire de la Tip-Apex Distance (TAD) est-elle concordante avec sa mesure postopératoire numérisée ?

Adrien Drouinaud, Armand Alain, Sébastien Caudron, Thibaut Cunique, Emilie Auditeau, Pierre-Sylvain Marcheix

► To cite this version:

Adrien Drouinaud, Armand Alain, Sébastien Caudron, Thibaut Cunique, Emilie Auditeau, et al.. Fractures trochantériennes ostéosynthésées par clous centromédullaires courts : l'estimation visuelle peropératoire de la Tip-Apex Distance (TAD) est-elle concordante avec sa mesure postopératoire numérisée ?. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2021, 107 (6), pp.794-802. 10.1016/j.rcot.2021.06.040 . hal-03400884

HAL Id: hal-03400884

<https://unilim.hal.science/hal-03400884>

Submitted on 16 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Mémoire original

Fractures trochantériennes ostéosynthésées par clous centromédullaires courts : l'estimation visuelle per-opératoire de la Tip-Apex Distance (TAD) est-elle concordante avec sa mesure post-opératoire numérisée ?

Trochanteric fractures treated by internal fixation using short intramedullary nails: does the visual intraoperative estimation of the Tip-Apex Distance (TAD) concur with its digital postoperative measurement?

Adrien **Drouinaud**¹, Armand **Alain**¹, Sébastien **Caudron**², Thibaut **Cuniqué**¹, Emilie **Auditeau**³, Pierre-Sylvain **Marcheix**¹

- 1- Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, CHU Dupuytren, 2, Avenue Martin Luther King, 87042 LIMOGES cedex, France
- 2- Service de radiologie, CHU Dupuytren. 2, Avenue Martin Luther King, 87042 LIMOGES cedex, France
- 3- Institute of Neuroepidemiology and Tropical Neurology, CNRS FR 3503 GEIST, 2 rue du Docteur Marcland, 87025 Limoges Cedex, France

Corresponding Author: Pierre-Sylvain Marcheix,

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, CHU Dupuytren, 2, Avenue Martin Luther King, 87042 LIMOGES cedex, France

psmarcheix@orange.fr

Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

Résumé

Introduction : La Tip-Apex Distance (TAD) est le seul facteur prédictif d'échec mécanique des ostéosynthèses des fractures trochantériennes. L'objectif principal de notre étude était d'évaluer la concordance entre l'estimation visuelle per-opératoire de la TAD et son contrôle post-opératoire sur des clichés numérisés. Notre hypothèse était que cette concordance était bonne.

Matériel et Méthode : Les patients présentant une fracture trochantérienne isolée ont été inclus dans notre étude. Des clichés per-opératoires étaient imprimés avec calcul manuel de la TAD. Les patients étaient revus à 6 semaines, 3 et 6 mois pour un contrôle radio-clinique avec calcul numérique de la TAD. Nous avons recueilli le type de fracture

(classification AO), le degré d'ostéoporose (index radiographique de Singh), l'expérience du chirurgien, l'âge et le score ASA.

Résultats : 98 patients ont été inclus dont 70 avec un suivi de 6 mois et des résultats radiographiques post-opératoires interprétables. L'âge moyen était de 87 ans, avec 77,14% de femmes et un score ASA moyen de 3. Le coefficient de concordance entre la TAD per et post-opératoire était de 0,7202 (IC 95%=0,4905-0,9499). Le taux de déplacements secondaires était de 3,28%. L'analyse univariée a mis en évidence l'absence d'association statistiquement significative entre la présence d'une TAD per-opératoire > 25mm et le type de fracture ($p=0,7290$), le degré d'ostéoporose ($p=0,5701$) et l'expérience du chirurgien ($p=1$).

Discussion/Conclusions : La concordance entre l'estimation visuelle per-opératoire de la TAD et sa mesure post-opératoire numérisée est forte. Les fractures instables, sur os ostéoporotiques, opérées par des jeunes chirurgiens ne sont pas des facteurs de risque de TAD per-opératoire > 25mm. Il est important de réaliser un travail pédagogique auprès des jeunes chirurgiens pour qu'ils connaissent le concept de TAD ainsi que la technique d'estimation visuelle per-opératoire puisque celle-ci permet de positionner la vis céphalique de façon fiable lors des ostéosynthèses des fractures trochantériennes.

Niveau de preuve : II

Mots-clés : Tip Apex Distance, concordance des mesures, TAD, fracture pertrochantérienne, déplacement secondaire.

Introduction

Dans sa vie, une femme sur cinq et un homme sur dix présenteront une fracture de l'extrémité supérieure du fémur, quelle qu'en soit la cause [1, 2]. L'incidence de ces fractures est estimée en France à 70 000 cas par an, parmi lesquelles 30 à 40% seulement des patients retrouveront leur état fonctionnel antérieur [3]. Ces fractures engagent le pronostic vital de la personne âgée et fonctionnel de la personne jeune.

Parmi ces fractures, presque 60% sont des fractures trochantériennes dont le traitement chirurgical de choix chez la personne âgée de plus de 70 ans est l'ostéosynthèse[4-6]. Celle-ci présente comme principale complication le déplacement secondaire caractérisé par « *le collapsus en varus de la fracture autour du matériel ainsi que le balayage de la vis céphalique à travers la tête fémorale* »[7]. Cette complication n'est pas rare puisque son

incidence peut atteindre 16% [3, 8]. Elle a comme conséquence majeure pour le patient une mortalité à 1 an pouvant aller jusqu'à 63% [9-11].

Une mesure radiographique appelée Tip-Apex Distance (TAD) initialement décrite par Baumgaertner et al semble se démarquer pour être le seul facteur prédictif d'échec mécanique de ces ostéosynthèses [8, 10, 12-19]. Une TAD > 25mm est un facteur de risque de déplacement secondaire. La plupart des blocs opératoires ne dispose pas de la technologie nécessaire pour effectuer cette mesure informatique en temps réel sur les clichés radiographiques réalisés durant l'opération. Dans ces cas-là, le chirurgien doit utiliser une autre technique et estimer visuellement la TAD en prenant des repères radiographiques bien définis [20]. A ce jour, aucune étude n'a évalué la concordance entre l'estimation visuelle per-opératoire de la TAD et son contrôle post-opératoire.

Nous avons pour objectifs de répondre aux questions suivantes :

- 1) Existe-t-il une concordance entre la TAD estimée visuellement sur les clichés per-opératoires et celle contrôlée sur les radiographies post-opératoires ?
- 2) Existents-ils des facteurs pré et per-opératoires pouvant expliquer une TAD per-opératoire supérieure à 25mm malgré les conséquences connues de déplacements secondaires ?
- 3) Une TAD per-opératoire inférieure à 25mm permet-elle d'obtenir un taux de déplacement secondaire inférieur à 5% ?

L'hypothèse de notre travail était qu'il existait une bonne concordance entre la TAD estimée visuellement sur les clichés per-opératoires et celle contrôlée sur les clichés post-opératoires numérisés.

Matériel et méthode

Il s'agissait d'une étude observationnelle de cohorte prospective, monocentrique, multi-opérateurs portant sur les patients opérés au sein de notre service d'Orthopédie-Traumatologie entre mai 2019 et novembre 2019. Notre étude a reçu l'avis favorable du comité d'éthique de notre institution (N°313-2019-79). Les critères d'inclusion des patients dans notre étude étaient : un âge supérieur à 70 ans au moment du traumatisme, une fracture isolée fermée extra-capsulaire de l'extrémité supérieure du fémur de type trochantérienne survenue lors d'une chute mécanique.

Au cours de l'inclusion initiale des patients, nous avons recueilli les données suivantes : l'âge, le sexe, le côté atteint et le score de l'American Society of Anesthesiology (ASA) [21].

Technique chirurgicale et implant utilisé

Les patients admis aux Urgences de notre institution pour fracture trochantérienne étaient traités au bloc opératoire pour ostéosynthèse sous anesthésie générale ou locorégionale, en décubitus dorsal sur table orthopédique. La fracture était réduite par manœuvres externes sous contrôle d'un amplificateur de brillance puis l'ostéosynthèse était réalisée par une voie d'abord latérale et une technique classique d'ostéosynthèse centromédullaire (clou centromédullaire court type Zimmer Natural Nail®, standard, 125°, longueur 215mm, diamètre 10mm).

Recueil des données radiographiques et suivi post-opératoire

Concernant l'acquisition radiographique nécessaire à la mesure de la TAD, la description initiale faite par Baumgaertner ne mentionnait pas de conditions précises de réalisation. Les variations de la TAD selon l'angle de rotation du membre inférieur et la position de l'amplificateur de brillance sont bien connues mais ne font pas l'objet de notre étude [22]. Nous ne cherchions pas à confirmer la validité de la TAD mais à établir une concordance entre l'analyse peropératoire de la TAD et sa mesure en postopératoire [7, 10, 12, 19, 23-25]. Ainsi, les clichés radiographiques per-opératoires étaient réalisés de face rotule au zénith et de profil avec inclinaison de la cuve de l'amplificateur de brillance de 15° pour compenser l'antéversion naturelle du col fémoral et ainsi obtenir un profil strict du col fémoral ce qui minimise les erreurs de rotation et donne une reproductibilité plus importante (**Figure 1**). L'appui complet était prescrit pour tous les patients en post-opératoire immédiat. Les radiographies de contrôle post-opératoire immédiates (J0 ou J1) n'étaient pas exploitées dans notre étude car la douleur ne permettait pas leur réalisation correcte. Les patients étaient revus pour un contrôle clinique et radiographique à 6 semaines, 3 mois et 6 mois post-opératoire avec des radiographies de hanche de face et de profil du col fémoral en incidence de Lequesne. La TAD post-opératoire a été calculée sur les clichés informatisés réalisés à 6 semaines postopératoire (*Picture Archiving and Communication System - PACS*). Nous avons

surveillé la survenue d'un déplacement secondaire jusqu'à 6 mois post-opératoire selon la définition de Baumgaertner et al.[7].

Mesure per-opératoire de la TAD

La TAD a été définie par Baumgaertner et al en 1995 (**Figure 2**)[7]. La TAD était estimée visuellement par le chirurgien sur les clichés réalisés avec amplificateur de brillance, selon la technique décrite par Berstock et al., et reprise par Wijeratna et al. en 2014 [20, 26]. Cette technique consiste à prendre comme référence visuelle le diamètre de la vis céphalique implantée, qui est connu et constant (10,5mm dans notre étude). Si le chirurgien parvient à maintenir une distance entre l'extrémité de la vis céphalique et l'apex de la tête fémorale inférieure à l'épaisseur visuelle de la vis céphalique, sur le cliché de face et de profil, alors la TAD est inférieure ou égale à 25mm. Dans le cadre de notre étude, nous avons imprimé ces clichés afin de pouvoir quantifier cette estimation visuelle par des mesures en utilisant la technique de mesure post-opératoire numérique (**Figure 3**).

Mesure post-opératoire de la TAD

Cette mesure était réalisée sur les clichés à 6 semaines post-opératoire à l'aide de l'outil numérique PACS selon la méthode décrite par Johnson et al. (**Figure 4**) [27]. La calibration de l'image était réalisée à l'aide du diamètre de la vis céphalique implantée (10,5mm pour tous les patients). Les mesures post-opératoires étaient effectuées par un chirurgien du service (AD) et contrôlées en aveugle par un radiologue indépendant (SC). Les mesures discordantes ont été relues par un troisième chirurgien (AA), la moyenne des trois mesures a été prise en compte dans ces cas-là.

Type de fracture, Degré d'ostéoporose et Expérience du chirurgien

Le type de fracture était déterminé sur les radiographies initiales selon la classification de l'AO/OTA et réparti en 2 groupes : fractures stables (A1) et instables (A2, A3)(**Figure 5**) [28]. Cette analyse radiographique a été réalisée indépendamment par deux chirurgiens du service (AD, AA). Les cas discordants ont été relus par un troisième chirurgien indépendant (TC). Le classement majoritaire a été retenu dans ces cas-là.

Le degré d'ostéoporose a été déterminé selon l'index radiographique de Singh et al. [29]. Le diagnostic d'ostéoporose était retenu pour un score inférieur ou égal à 3 (**Figure 6**). Dans notre institution, l'ostéosynthèse des fractures trochantériennes est classiquement

réalisée par un interne spécialisé en chirurgie orthopédique, sous la supervision directe d'un chirurgien sénior en salle d'intervention. L'expérience du chirurgien a été évaluée en fonction de l'avancée de sa formation chirurgicale. Nous avons donc réparti les 11 internes en deux groupes, selon qu'ils étaient dans leur première (7 internes) ou deuxième (4 internes) moitié d'internat.

Analyse Statistique

Les données recueillies dans un tableur Excel® et les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel Stata12® (éditeur Statacorp®). Le degré de significativité choisi était de 5%. Nous avons dans un premier temps réalisé des statistiques descriptives pour les variables étudiées. Les variables qualitatives (sexe, côté opéré, type de fracture, degré d'ostéoporose, expérience de l'opérateur, TAD > 25mm, déplacements secondaires) étaient exprimées par leurs effectifs et pourcentages. Les variables quantitatives (âge, score ASA) étaient exprimées par la moyenne, l'écart-type et les extrêmes. Pour répondre à l'objectif principal, nous avons évalué la concordance entre les deux méthodes de mesure de la TAD grâce au calcul du Kappa de Cohen K. Pour répondre aux objectifs secondaires, l'association entre les deux variables qualitatives « TAD » et « déplacements secondaires » a été évaluée par un test exact de Fisher. L'association entre la variable dépendante « TAD > 25mm » et les variables indépendantes « type de fracture », « degré d'ostéoporose » et « expérience du chirurgien » a été évaluée par une analyse univariée en utilisant le test du Chi 2. Ces variables d'intérêt ont ensuite été incluses dans un modèle multivarié de régression logistique pas-à-pas descendante et un test de Hosmer et Lemeshow a été réalisé pour déterminer une p-value.

Résultats

Entre mai 2019 et novembre 2019, 178 patients de plus de 70 ans présentant une fracture de l'extrémité supérieure du fémur ont été admis aux Urgences de notre institution. La **figure 7** représente la répartition des patients tout au long de notre étude. 98 patients ont été inclus dans notre étude. 70 patients ont pu être suivis pendant 6 mois avec des radiographies interprétables (71,5% des patients inclus). 28 patients présentaient un suivi inférieur à 6 mois ou un bilan radiographique ininterprétable

(28,6%). L'étude s'est donc déroulée sur une période d'un an au total (6 mois d'inclusion et 6 mois de suivi au dernier recul).

Le détail des données socio-démographiques de ces patients est présenté dans le **tableau 1**.

Résultats sur la concordance per et post-opératoire de la TAD

La TAD moyenne peropératoire était de 19,5mm (+-5,3) [min :8, max : 34]. 61 patients sur 70 (87,15%) avaient une TAD per-opératoire < 25mm, 6 (8,57%) avaient une TAD per-opératoire comprise entre 25 et 30mm et 3 (4,28%) avaient une TAD per-opératoire > 30mm. Parmi les 10 décès précoces, 4 (40%) avaient une TAD > 25mm en per-opératoire (comprise entre 25 et 28 mm) et 6 (60%) avaient une TAD per-opératoire < 25mm.

La TAD moyenne à 6 semaines était de 21,3mm (+-5,5) [min :9, max : 38]. Pour les 70 patients opérés et avec des radiographies post-opératoires interprétables, 65 (92%) avaient des mesures de la TAD per et post-opératoires concordantes. Le coefficient de concordance calculé à l'aide du test Kappa de Cohen était de 0,7202 (IC 95%=0,4905-0,9499). Il existait donc une forte concordance entre l'estimation visuelle per-opératoire de la TAD et sa mesure post-opératoire numérisée.

Parmi les 5 patients avec des résultats non concordants, 4 (80%) avaient une TAD post-opératoire > 25mm alors que la TAD per-opératoire était < 25mm. 1 patient (20%) avait une TAD per-opératoire > 25mm et qui a été contrôlée < 25mm en post-opératoire.

Facteurs pouvant influencer la survenue d'une TAD per-opératoire > 25mm

Parmi les 98 patients inclus, 16 avaient une TAD per-opératoire > 25mm. L'analyse univariée a mis en évidence l'absence d'association statistiquement significative entre la présence d'une TAD > 25mm et le type de fracture ($p=0,7290$), le degré d'ostéoporose ($p=0,5701$) et l'expérience du chirurgien ($p=1$) (**Tableau 2**).

Nous avons utilisé un modèle de régression logistique multivariée, afin de déterminer l'interaction entre les variables et de confirmer notre résultat précédent. La **figure 8** ne

met en évidence aucune association significative entre ces trois facteurs et une TAD per-opératoire > 25mm.

Déplacement secondaire et TAD

Le taux de déplacement secondaire dans notre étude était de 3,28% soit 2 patients. Tous les déplacements secondaires ont été observés pour une TAD per-opératoire < 25mm.

Discussion

L'hypothèse principale de notre étude a été vérifiée avec une concordance dite forte entre l'estimation visuelle per-opératoire de la TAD et son contrôle numérique post-opératoire.

Concordance de la TAD

Nous n'avons trouvé aucune étude publiée à ce jour évaluant la concordance entre la mesure estimée visuellement pendant l'intervention et la mesure réalisée et contrôlée sur des radiographies post-opératoires. La forte concordance constatée dans notre analyse statistique ($k=0,7202$ [IC95%=0,4905-0,9499]) permet d'affirmer qu'une estimation visuelle de la TAD sur des clichés per-opératoires est suffisante pour obtenir une TAD postopératoire inférieure à 25mm. Récemment, un nouvel outil est apparu sur le marché capable de calculer en temps réel la TAD lors de l'ostéosynthèse. Il s'agit du système ADAPT2.0® du laboratoire Stryker® qui permet une navigation per-opératoire afin d'ajuster la TAD et la longueur de la vis céphalique. Ce système a l'avantage d'être précis [30], mais présente comme inconvénients majeures son coût, la nécessité de se procurer l'ancillaire dédié, la compatibilité exclusive avec le clou Gamma 3® du même laboratoire Stryker® et les quelques erreurs de reconnaissance entre la paroi acétabulaire et la tête fémorale [31].

Utilité et utilisation de la TAD

Le concept de TAD a considérablement amélioré la pratique clinique et la survie des patients puisque Baumgaertner et al. ont prouvé d'une part que le taux de déplacement secondaire chutait de façon significative après l'introduction de la notion de TAD auprès

des équipes chirurgicale et d'autre part qu'il s'agissait du seul facteur significativement prédictif de déplacement secondaire [12]. Cependant, le positionnement de la vis céphalique est sujet à controverse avec une position « centre-centre » (centrée sur le cliché de face et de profil) longtemps considérée comme le gold-standard [7, 32]. Plus récemment, certains auteurs ont mis en évidence une stabilité équivalente du montage avec une vis céphalique positionnée dans le tiers inférieur sur le cliché de face et en position centrale sur le cliché de profil (position « inférieure-centre »)[33, 34]. Cette nouvelle référence tend à augmenter la TAD. Ce qui a conduit Kuzyk et al. à proposer une nouvelle TAD calculée sur une vis en position « inférieure-centre » : la calTAD (**Figure 9**) [35]. Cette nouvelle mesure n'a pas prouvé sa supériorité pour limiter le risque de déplacement secondaire par comparaison à la TAD « classique » [36]. Nous avons donc choisi d'utiliser pour notre étude la TAD « classique » qui est la mesure la plus couramment utilisée.

Par ailleurs, notre étude ne comportait que des clous centromédullaires. Or, la TAD a été calculée initialement pour les plaques vissées à compression. Deux études ont démontré la validité de la mesure de la TAD sur des clous centromédullaires comme facteur prédictif de déplacement secondaire [16, 37].

Facteurs pouvant expliquer une TAD per-opératoire > 25mm

Nous avons supposé qu'une fracture instable, un degré d'ostéoporose élevé ou une faible expérience du chirurgien pouvaient expliquer l'observation peropératoire d'une TAD > 25mm. Cependant, notre analyse statistique n'a révélé aucune association statistiquement significative entre ces trois facteurs et une TAD per-opératoire > 25mm. Ces résultats sont cohérents avec la littérature [8, 10, 13, 14, 16-19]. En ce qui concerne le type de fracture et le degré d'ostéoporose, il faut souligner qu'il s'agit peut-être d'un manque de puissance de notre étude en raison d'un nombre trop faible de patients puisque cela ne constituait pas notre objectif principal de travail. En effet, malgré des odd-ratios comprenant la valeur 1, nous pouvons observer que ces deux facteurs vont dans le sens d'une influence sur la TAD. En ce qui concerne l'expérience du chirurgien, nous pensons que les résultats non significatifs peuvent être dus à l'effort de pédagogie réalisé dans le service pour informer les chirurgiens du concept de TAD, de la technique de réalisation de l'estimation visuelle per-opératoire et des conséquences sur le taux de déplacement secondaire au long terme.

Déplacement secondaire

Dans notre étude, le taux de déplacement secondaire était de 3,28%. Ce taux est concordant avec la littérature puisque les chiffres rapportés peuvent varier de 0% à 16%, avec une moyenne à 5% [8, 10, 13, 14, 16-19]. Un symposium réalisé par la SOFCOT en 2018 portant sur les implications techniques et médico-légales des faillites d'ostéosynthèses chez près de 1000 patients, a mis en évidence un taux de faillite de 8% avec, entre autres facteurs prédictifs d'échec, le placement de la vis céphalique [38]. Il faut cependant distinguer le déplacement secondaire avec extrusion intra-articulaire du matériel et le déplacement secondaire sans extrusion du matériel. John et al. ont montré que la TAD n'était valable que pour évaluer le risque de déplacement secondaire avec extrusion intra-articulaire du matériel d'ostéosynthèse [16]. Une piste de réflexion concernant l'évaluation du déplacement secondaire sans extrusion du matériel d'ostéosynthèse pourrait résider dans l'analyse des patients présentant une mesure non concordante entre la TAD per-opératoire et post-opératoire. En effet, nous avons constaté dans notre étude que 4 patients présentaient une TAD < 25mm en per-opératoire et > 25mm en post-opératoire, sans qu'il n'y ait eu de déplacement secondaire avec extrusion du matériel par la suite. Nous pensons que la variation de cette TAD au fur et à mesure de la consolidation osseuse pourrait représenter une évaluation du déplacement secondaire sans extrusion du matériel d'ostéosynthèse.

Limites et points forts de notre étude

Une limite de notre étude est le suivi qui est relativement faible. Nous avons choisi ce délai car au-delà de 6 mois le déplacement secondaire n'est plus uniquement en rapport avec le positionnement de la vis céphalique mais avec un défaut de consolidation osseuse.

Une autre limite est le taux important de résultats non interprétables (28 patients sur 98 - 28,5%). Enfin, une dernière limite concerne le nombre de patients inclus qui ne permet pas une puissance statistique suffisante pour dégager des résultats satisfaisants sur l'analyse multivariée des objectifs secondaires. Nous observons en effet sur la représentation graphique que les intervalles de confiance des odd-ratios sont larges. Cependant, il ne s'agissait pas de l'objectif principal de l'étude et cela pourrait donc faire l'objet d'un autre travail.

Les points forts de notre étude sont son caractère original puisque jamais étudié sous cet angle auparavant, son design prospectif et l'homogénéité du traitement chirurgical pratiqué (clou centromédullaire uniquement) qui diminuent les biais potentiels quant à l'interprétation des résultats ainsi que la reproductibilité des radiographies et des mesures utilisées, les rendant ainsi comparables.

Conclusion :

L'ostéosynthèse par enclouage centromédullaire court est le traitement de choix de la fracture trochantérienne et une TAD < 25mm est le seul facteur prédictif connu à ce jour pour diminuer le risque de déplacement secondaire. Notre étude a permis de confirmer la forte concordance entre l'estimation visuelle per-opératoire de la TAD et son contrôle post-opératoire sur des radiographies numérisées.

Conflits d'intérêt : aucun

Sources de financement : aucune

Contribution des auteurs : AD, AA, SC, TC, PSM ont participé à l'élaboration du projet, l'étude des données, la rédaction et les corrections.

EA a participé à l'analyse statistique.

PSM a participé à la correction du manuscrit et à la supervision du projet.

Références

- [1] Landefeld CS. Goals of care for hip fracture: promoting independence and reducing mortality. *Arch Intern Med* 2011;171(20):1837-8.
- [2] Veronese N, Maggi S. Epidemiology and social costs of hip fracture. *Injury* 2018;49(8):1458-60.
- [3] Maravic M, Taupin P, Landais P, Roux C. Change in hip fracture incidence over the last 6 years in France. *Osteoporos Int* 2011;22(3):797-801.
- [4] Andalib A, Etemadifar M, Yavari P. Clinical Outcomes of Intramedullary and Extramedullary Fixation in Unstable Intertrochanteric Fractures: A Randomized Clinical Trial. *Arch Bone Jt Surg* 2020;8(2):190-7.
- [5] Duriez P, Devaux T, Chantelot C, Baudrier N, Hery JY, Mainard D, et al. Is arthroplasty preferable to internal fixation for the treatment of extracapsular fracture of the upper femur in the elderly? *Orthop Traumatol Surg Res* 2016;102(6):689-94.
- [6] Parker MJ, Handoll HH. Replacement arthroplasty versus internal fixation for extracapsular hip fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2006(2):CD000086.
- [7] Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindskog DM, Keggi JM. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77(7):1058-64.
- [8] Bojan AJ, Beimel C, Taglang G, Collin D, Ekholm C, Jonsson A. Critical factors in cut-out complication after Gamma Nail treatment of proximal femoral fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 2013;14:1.
- [9] Guzon-Illescas O, Perez Fernandez E, Crespi Villarias N, Quiros Donate FJ, Pena M, Alonso-Blas C, et al. Mortality after osteoporotic hip fracture: incidence, trends, and associated factors. *J Orthop Surg Res* 2019;14(1):203.
- [10] Morvan A, Boddaert J, Cohen-Bittan J, Picard H, Pascal-Mousselard H, Khiami F. Risk factors for cut-out after internal fixation of trochanteric fractures in elderly subjects. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104(8):1183-7.
- [11] Nasab SAM, Khorramdin E. The assessment of mortality and quality of life after intertrochanteric fracture of femur in patients older than 60 at Emam Khomeini Hospital of Ahvaz. *Pak J Med Sci* 2017;33(4):895-8.
- [12] Baumgaertner MR, Solberg BD. Awareness of tip-apex distance reduces failure of fixation of trochanteric fractures of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79(6):969-71.
- [13] Caruso G, Bonomo M, Valpiani G, Salvatori G, Gildone A, Lorusso V, et al. A six-year retrospective analysis of cut-out risk predictors in cephalomedullary nailing for pertrochanteric fractures: Can the tip-apex distance (TAD) still be considered the best parameter? *Bone Joint Res* 2017;6(8):481-8.
- [14] De Bruijn K, den Hartog D, Tuinebreijer W, Roukema G. Reliability of predictors for screw cutout in intertrochanteric hip fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(14):1266-72.
- [15] Fujii T, Nakayama S, Hara M, Koizumi W, Itabashi T, Saito M. Tip-Apex Distance Is Most Important of Six Predictors of Screw Cutout After Internal Fixation of Intertrochanteric Fractures in Women. *JB JS Open Access* 2017;2(4):e0022.
- [16] John B, Sharma A, Mahajan A, Pandey R. Tip-apex distance and other predictors of outcome in cephalomedullary nailing of unstable trochanteric fractures. *J Clin Orthop Trauma* 2019;10(Suppl 1):S88-S94.

- [17] Kashigar A, Vincent A, Gunton MJ, Backstein D, Safir O, Kuzyk PR. Predictors of failure for cephalomedullary nailing of proximal femoral fractures. *Bone Joint J* 2014;96-B(8):1029-34.
- [18] Lobo-Escolar A, Joven E, Iglesias D, Herrera A. Predictive factors for cutting-out in femoral intramedullary nailing. *Injury* 2010;41(12):1312-6.
- [19] Pervez H, Parker MJ, Vowler S. Prediction of fixation failure after sliding hip screw fixation. *Injury* 2004;35(10):994-8.
- [20] Berstock JR, Bradford OJ. Intraoperative estimation of tip-apex distance. *Techniques in Orthopaedics* 2012;27(1):83.
- [21] Mayhew D, Mendonca V, Murthy BVS. A review of ASA physical status - historical perspectives and modern developments. *Anaesthesia* 2019;74(3):373-9.
- [22] Lee KY, Kim SS, Kim HJ, Ha DH, Yoon HM, Do HS. Changes in Tip-Apex Distance by Position and Film Distance Measured by Picture Archiving and Communication System (PACS). *Hip Pelvis* 2015;27(1):36-42.
- [23] Geller JA, Saifi C, Morrison TA, Macaulay W. Tip-apex distance of intramedullary devices as a predictor of cut-out failure in the treatment of peritrochanteric elderly hip fractures. *International orthopaedics* 2010;34(5):719-22.
- [24] Parmar V, Kumar AJ. The importance of surgical education in the accuracy of implant placement during hip fracture fixation. *J Orthop Traumatol* 2009;10(2):59-61.
- [25] Rubio-Avila J, Madden K, Simunovic N, Bhandari M. Tip to apex distance in femoral intertrochanteric fractures: a systematic review. *J Orthop Sci* 2013;18(4):592-8.
- [26] Wijeratna MD. A 'TAD' easier to calculate! *Ann R Coll Surg Engl* 2014;96(4):320-1.
- [27] Johnson LJ, Cope MR, Shahrokhi S, Tamblyn P. Measuring tip-apex distance using a picture archiving and communication system (PACS). *Injury* 2008;39(7):786-90.
- [28] Müller ME, Nazarian S, Koch P. *Classification AO des fractures: les os longs*. Springer-Verlag; 1987.
- [29] Singh M, Riggs BL, Beabout JW, Jowsey J. Femoral trabecular pattern index for evaluation of spinal osteoporosis. A detailed methodologic description. *Mayo Clin Proc* 1973;48(3):184-9.
- [30] Herzog J, Wendlandt R, Hillbricht S, Burgkart R, Schulz AP. Optimising the tip-apex-distance in trochanteric femoral fracture fixation using the ADAPT-navigated technique, a longitudinal matched cohort study. *Injury* 2019;50(3):744-51.
- [31] Takai H, Murayama M, Kii S, Mito D, Hayai C, Motohashi S, et al. Accuracy analysis of computer-assisted surgery for femoral trochanteric fracture using a fluoroscopic navigation system: Stryker ADAPT((R)) system. *Injury* 2018;49(6):1149-54.
- [32] Davis TR, Sher JL, Horsman A, Simpson M, Porter BB, Checketts RG. Intertrochanteric femoral fractures. Mechanical failure after internal fixation. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72(1):26-31.
- [33] Kane P, Vopat B, Heard W, Thakur N, Paller D, Koruprolu S, et al. Is tip apex distance as important as we think? A biomechanical study examining optimal lag screw placement. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472(8):2492-8.

- [34] Lee CH, Su KC, Chen KH, Pan CC, Wu YC. Impact of tip-apex distance and femoral head lag screw position on treatment outcomes of unstable intertrochanteric fractures using cephalomedullary nails. *J Int Med Res* 2018;46(6):2128-40.
- [35] Kuzyk PR, Zdero R, Shah S, Olsen M, Waddell JP, Schemitsch EH. Femoral head lag screw position for cephalomedullary nails: a biomechanical analysis. *J Orthop Trauma* 2012;26(7):414-21.
- [36] Lopes-Coutinho L, Dias-Carvalho A, Esteves N, Sousa R. Traditional distance "tip-apex" vs. new calcar referenced "tip-apex" - which one is the best peritrochanteric osteosynthesis failure predictor? *Injury* 2020;51(3):674-7.
- [37] Yam M, Chawla A, Kwek E. Rewriting the tip apex distance for the proximal femoral nail anti-rotation. *Injury* 2017;48(8):1843-7.
- [38] Feron J, Loubignac F, Bel J. Faillites des ostéosynthèses: Implications techniques et médico-légales. Symposium SOFCOT 2018.

Figures et tableaux

Tableau 1 : Données socio-démographiques

Tableau 2 : Association entre TAD > 25mm et type de fracture, degré d'ostéoporose et expérience du chirurgien.

Figure 1 : Illustration de l'acquisition du cliché radiographique de profil peropératoire avec 15° d'inclinaison de la cuve.

A : installation

B : contrôle avant ostéosynthèse

C : contrôle du positionnement de la vis

Figure 2 : Tip Apex Distance (TAD) selon Baumgaertner, sur des radiographies de face (X_{ap}) et de profil (X_{lat}), adaptée au coefficient d'agrandissement [7].

D_{true} = diamètre connu du matériel d'ostéosynthèse tel que décrit dans la documentation du constructeur.

D_{ap} = diamètre de la vis céphalique mesuré sur le cliché de face.

D_{lat} = diamètre de la vis céphalique mesuré sur le cliché de profil.

Figure 3 : Quantification de l'estimation visuelle de la TAD per-opératoire sur les clichés d'amplificateur de brillance imprimés en fin d'intervention.

A et C : clichés de face et de profil de hanche après ostéosynthèse.

B et D : tracés des contours de la tête fémorale et du col (pointillés rouges), des lignes permettant de trouver l'apex de la tête fémorale (lignes rouges), de la TAD (ligne bleue) et du diamètre de la vis céphalique (ligne noire).

Figure 4 : Mesure de la TAD sur des clichés à 6 semaines numérisés selon la méthode de référence décrite par Johnson et al. [27].

Figure 5 : Classification des fractures du massif trochantérien selon l'AO/OTA [28].

A1 : fractures stables, A2-A3 : fractures instables (comminution du petit trochanter, absence de console médiale)

Figure 6 : Index radiographique de Singh pour l'ostéoporose [29].

Grade 1 : Disparition de toutes les travées osseuses sauf les travées de soutien de Delbet.

Grade 2 : Absence des travées trochantéro-diaphysaires et du faisceau arciforme céphalique.

Grade 3 : Affaiblissement du faisceau arciforme céphalique.

Grade 4 : Disparition des faisceaux trochantéro-diaphysaires.

Grade 5 : Affaiblissement des faisceaux trochantéro-diaphysaires.

Grade 6 : Fémur normal.

Figure 7 : Diagramme de flux de notre étude

Figure 8 : Représentation graphique des odd-ratios de la régression logistique multivariée.

Figure 9 : Illustration de la différence entre la TAD classique (à gauche) et la calTAD (à droite) proposée par Kuzyk et al. [35].

Figure 1 :

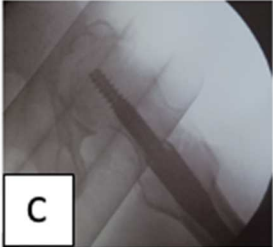
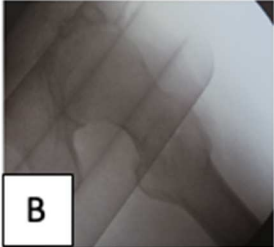


Figure 2 :

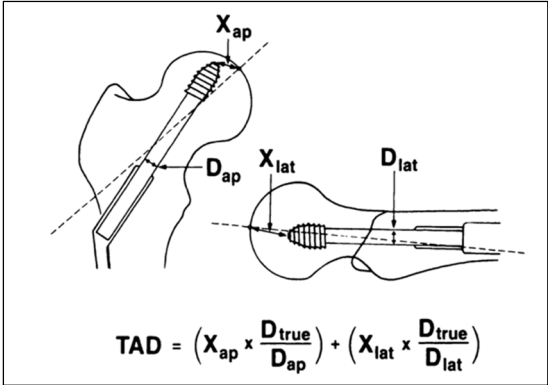
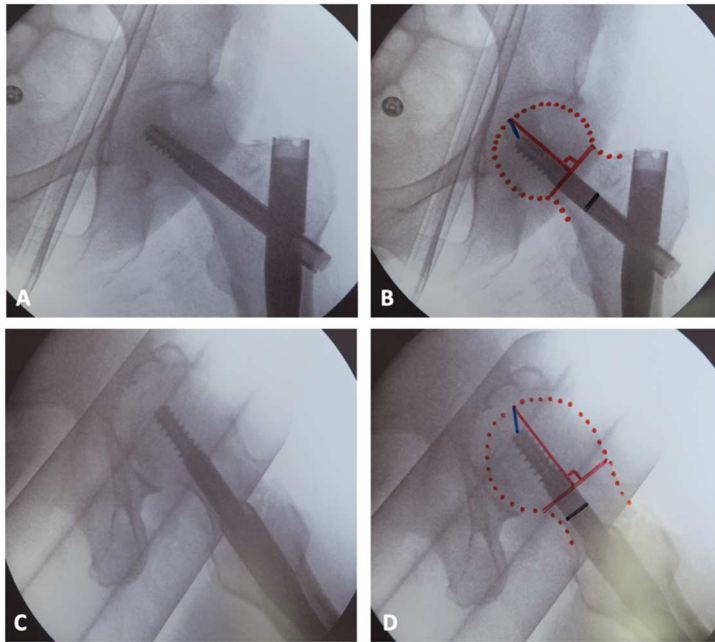


Figure 3 :



FACE	Mesurée	Réelle
TAD _{face} (mm)	8	$(8 \times 10,5) / 8 = 10,5$
Diamètre Vis Céphalique (mm)	8	10,5

$$\text{TAD}_{\text{totale}} = 10,5 + 9,45 = 19,95\text{mm}$$

PROFIL	Mesurée	Réelle
TAD _{profil} (mm)	9	$(9 \times 10,5) / 10 = 9,45$
Diamètre Vis Céphalique (mm)	10	10,5

Figure 4 :

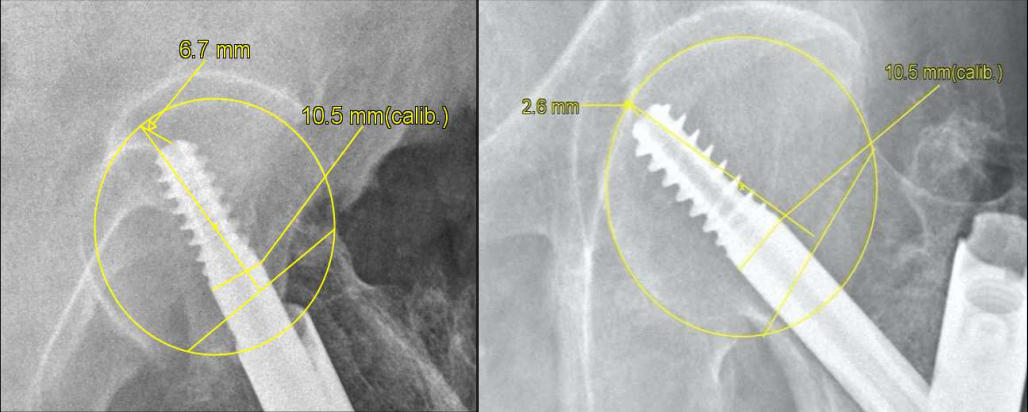


Figure 5 :

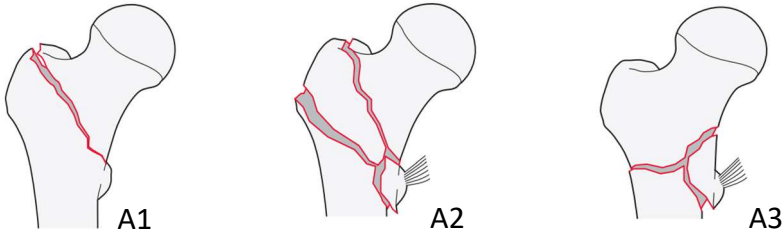


Figure 6 :

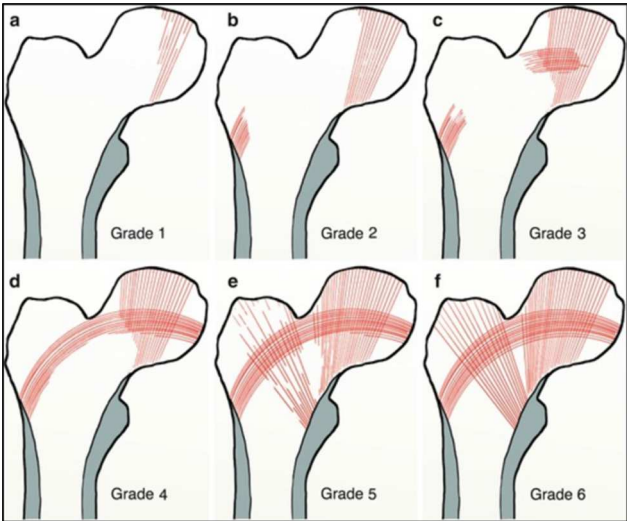


Figure 7 :

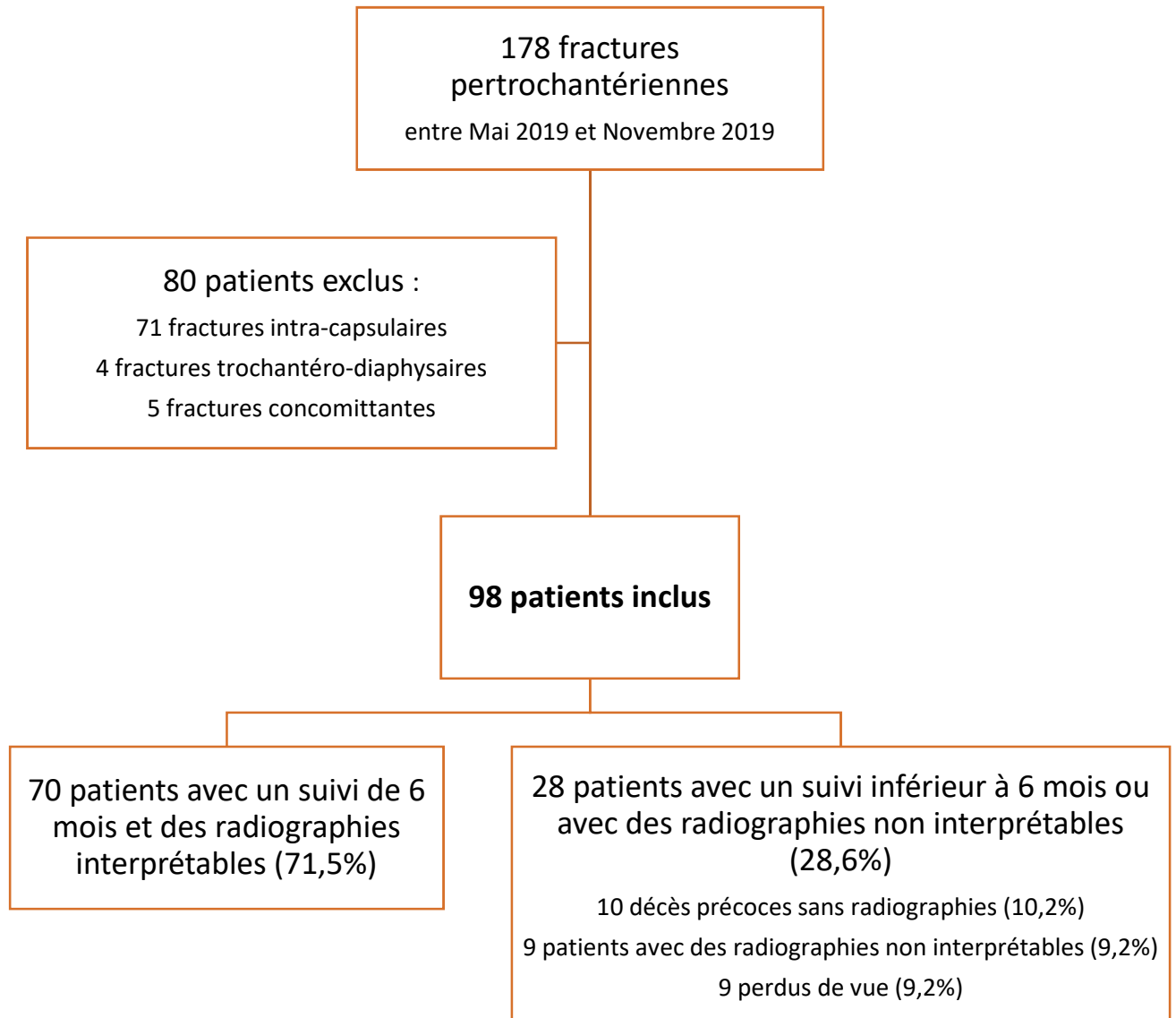


Figure 8 :

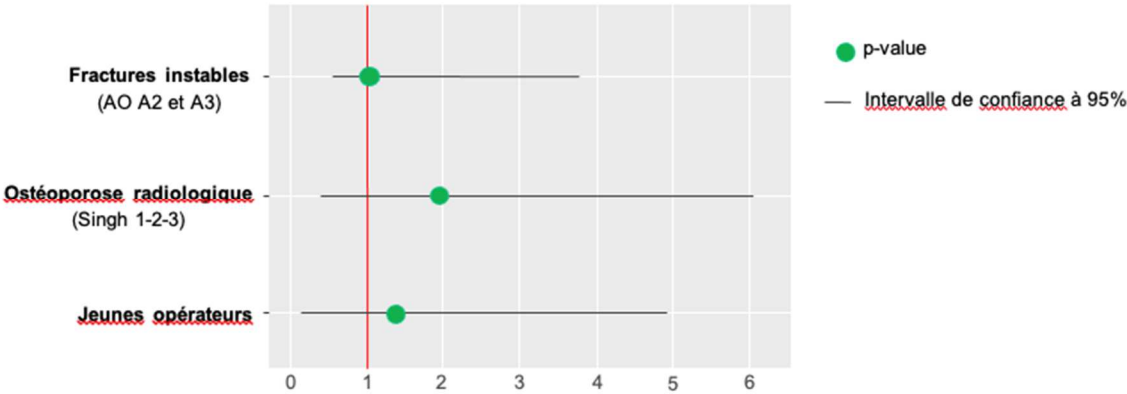


Figure 9 :

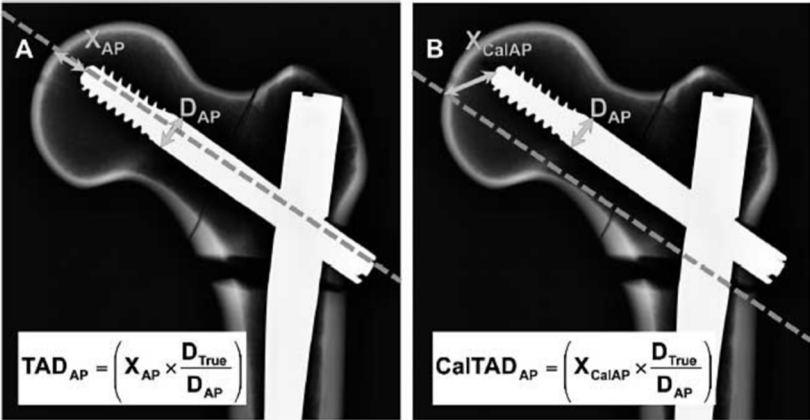


Tableau 1 :

Patients opérés avec radiographies interprétables		n=70
Age au moment de la fracture		87 ans (+/- 8 ans) [min : 70 ; max : 100]
Sexe		
Homme		16 (22,86%)
Femme		54 (77,14%)
Coté Opéré		
Droit		34 (48,5%)
Gauche		36 (51,5%)
Score ASA moyen		3 (+/- 0,81) [min :1 ; max : 4]
Types de Fracture		
Type 1		29 (41,4%)
Type 2		30 (42,8%)
Type 3		11 (15,8%)
Degré d'Ostéoporose		
Degré 1-2-3		48 (68,6%)
Degré 4-5-6		22 (31,4%)
Expérience du chirurgien		
Jeune opérateur		47 (67,1%)
Vieil opérateur		23 (32,9%)

Tableau 2 :

	Effectif (n)	Pourcentage (%)	p-value
Type fracture			0,7290
Type A1	7	43,75	
Type A2	5	31,25	
Type A3	4	25	
Degré d'ostéoporose			0,5701
Degré 1-2-3	12	75	
Degré 4-5-6	4	25	
Expérience du chirurgien			1
Jeune opérateur	12	75	
Vieil opérateur	4	25	