

Année 2020

UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE

UFR DE MEDECINE

MEMOIRE

Pour le DIU épaule coude

PAR

FASSOT, Guillaume

Né le 02/02/1993 à Annemasse (74)

Apport de la tomodensitométrie (TDM) en complément des radiographies standards pour l'indication thérapeutique face à une fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus chez le sujet de plus de 65 ans.

Apport de la tomodensitométrie (TDM) en complément des radiographies standards pour l'indication thérapeutique face à une fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus chez le sujet de plus de 65 ans.

Résumé

Introduction : Les fractures de l'extrémité proximale de l'humérus (FESH) sont des lésions fréquentes et en augmentation dans la population de plus de 65ans. La question de la chirurgie se pose lorsqu'elles sont déplacées, et trois possibilités sont alors à notre disposition : le traitement orthopédique, l'arthroplastie d'épaule et l'ostéosynthèse. Pour aider le chirurgien dans sa décision, actuellement le TDM est de recours facile pour comprendre la fracture et la classer.

Hypothèse : L'ajout de la TDM n'entraîne pas de modification thérapeutique par rapport à la radiographie standard bien réalisée.

Méthodes : Pour évaluer l'apport de la TDM dans la prise en charge des FESH, 50 dossiers ont été visualisé par 9 chirurgiens qui ont répondu à 2 questionnaires consécutifs à 2 reprises. Le premier sur la radiographie standard et le second sur la TDM. Ils portaient sur la classification de la fracture, sa prise en charge et sur l'intérêt de la TDM. La variabilité intra observateur pour le choix du traitement et la classification de Neer ont été calculé avec le taux d'accord et la coefficient AC1 de Gwet.

Résultats : Le traitement décidé sur les radiographies a été confirmé dans 67,7% des cas après visualisation du TDM. Si le traitement orthopédique était choisi, la décision était maintenue dans 67,92%. Si le traitement était une arthroplastie, ce choix était maintenu dans 76,96% et si s'était une ostéosynthèse ce taux tombait à 52,94%. Le taux d'accord était de 76,0% [72 ; 79,9] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,64 [0,58 ; 0,70] pour les radiographies seules et de 74,4% [70,4 ; 78,5] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,62 [0,56 ; 0,68] après ajout du TDM ($p=0.588$) pour la variabilité intra observateur.

Conclusion : L'apport du scanner apparait limité dans la prise en charge thérapeutique de la FESH chez le sujet de plus de 65 ans. Certaines situations, ont pourtant bénéficié de la TDM, lorsqu'une ostéosynthèse est envisagée, et lorsqu'il s'agit d'une fracture de Neer 4 engrenée en valgus.

Niveau de preuve : IV rétrospectif

1 INTRODUCTION

Les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus représentent 5% de l'ensemble de toutes les fractures [1]. Elles sont la troisième fracture la plus fréquente chez les patients âgés après la fracture de l'extrémité supérieure du fémur et de l'extrémité inférieure de radius. Leur incidence augmente de façon exponentielle et devrait tripler au vue de l'augmentation de ces dernières années passant de 32 pour 100 000 personnes en 1970 à 105 pour 100 000 personnes en 2002 [2,3]. A l'image des fractures de l'extrémité supérieure du fémur, elles vont donc devenir un vrai problème de santé publique.

Bien que leur diagnostic soit simple et que 80% soient non déplacées, les fractures les plus complexes posent le problème de leur indication thérapeutique.

Ainsi, trois principaux traitements peuvent être envisagés en fonction de la fracture (nombres de fragments, déplacement) et des caractéristiques du patient (comorbidité, demande fonctionnelle, qualité osseuse). Si la fracture est peu déplacée ou que le patient n'est pas éligible à une chirurgie, le traitement orthopédique donne de très bons résultats avec une bonne balance bénéfique/risque [4–6]. Quant à l'ostéosynthèse, on sait que chez les sujets âgés porotiques et atteint de comorbidités, elle donne de mauvais résultats surtout pour les fractures les plus complexes [7,8]. Dans ce cas la prise en charge repose sur l'arthroplastie d'épaule [3,9,10] avec de très bons résultats pour les prothèses d'épaule inversées dans cette tranche d'âge, que ce soit en première intention [11] ou en cas d'échec du traitement initial [12].

Aujourd'hui un examen tomодensitométrique (TDM) est très souvent préconisé dans le bilan per-opératoire [3,13]. Il permet notamment de déterminer précisément le nombre de fragments, de comprendre leur déplacement et ainsi classer ces fractures. Pour ce faire il existe plusieurs classifications dont la plus utilisée dans la littérature est celle de Neer [14,15]. L'intérêt de classer ces fractures est d'essayer d'en uniformiser la prise en charge. Cependant des études ont mis en évidence la très grande variabilité intra et inter observateur de ces classifications, ce d'autant que les fractures sont complexes (3 et 4 fragments) [15–19], et ce malgré la réalisation d'un scanner qui n'améliore pas ou peu la reproductibilité intra et inter observateur[13,20–25]. De plus il n'y a, à notre connaissance, peu d'étude démontrant que l'ajout du TDM en per-opératoire modifie l'indication thérapeutique posée à partir des radiographies simples, et qu'il améliore la reproductibilité de cette décision.

L'objectif de l'étude était donc d'évaluer l'apport réel de la TDM par rapport aux radiographies seules pour valider une indication thérapeutique face à une fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus chez un patient de plus de 65 ans.

L'hypothèse était qu'à l'instar de l'apport de la TDM dans la reproductibilité de la classification de Neer pour ces fractures, le TDM aurait un apport faible par rapport à l'indication thérapeutique posée à partir des radiographies simples.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Population

Pour cette étude, la base de données du Centre Hospitalier Universitaire de Clermont Ferrant a été utilisée afin d'obtenir les imageries nécessaires à cette étude. Entre janvier 2016 et décembre 2018, 376 patients de plus de 65 ans ont été victime d'une FESH. Parmi eux 52 n'avaient pas eu de radiographies de qualité suffisante (face stricte et profil axillaire) et 198 n'avaient pas bénéficié d'un TDM en coupe fine. Ainsi, 50 dossiers complets (radiographies et TDM) ont été tirés au sort parmi les 126 disponibles.

L'âge moyen était de 80 +/-8 ans [65 ; 96] dont 46 femmes et 4 hommes.

2.2 Protocole d'évaluation

Neuf chirurgiens ont participé à l'étude. Ils étaient répartis en 3 groupes : le premier comprenait 3 chirurgiens spécialisés dans la chirurgie de l'épaule, le second comprenait 3 chirurgiens non spécialistes en chirurgie de l'épaule et enfin le dernier comprenait 3 docteurs juniors.

L'étude était réalisée en 2 phases. Dans un 1^{er} temps, les 9 chirurgiens devaient répondre à un questionnaire (Annexe 1) pour chacun des 50 dossiers en utilisant uniquement les radiographies.

Un mois après, ils devaient répondre à un autre questionnaire (Annexe 2) pour les mêmes 50 dossiers mais en utilisant à la fois les radiographies et la TDM avec reconstruction 3D MPR (RadiAnt DICOM Viewer | FR[26]). Ces 2 phases étaient répétées à nouveau un mois plus tard.

Les questionnaires étaient constitués de 7 questions à réponses fermées concernant le type de fracture, le déplacement des fragments, le stock osseux et la morphologie de la glène, ainsi que l'indication thérapeutique retenue. Dans le questionnaire sur les radiographies seules, il était demandé si une TDM semblait nécessaire pour adapter la décision thérapeutique et si oui pourquoi (meilleure analyse de la fracture ou de la morphologie de la glène). Dans le questionnaire sur les radiographies et la TDM, il était demandé si la TDM avait apporté des éléments dans la prise de décision thérapeutique, et si oui le(s)quel(s) (meilleure analyse de la fracture ou de la morphologie de la glène).

2.3 Critères d'évaluation

Le critère principal de jugement de cette étude était de savoir dans quelle mesure, il y a eu changement dans la décision thérapeutique après la visualisation de la TDM par rapport à celle émise à partir des radiographies simples.

Les critères secondaires étaient : a) évaluer l'intérêt de la TDM a priori (une fois les radiographies évaluées) et à posteriori (une fois la TDM visualisé). Pour ce faire, les réponses de la question concernant l'indication thérapeutique (question 6) ont été croisées avec les réponses des questions sur la nécessité a priori de la TDM en plus des radiographies (question 7 du questionnaire sur radiographies seules) et sur l'utilité à posteriori de la TDM (question 7 du questionnaire sur radiographies et TDM). B) évaluer reproductibilité intra observateur de la décision thérapeutique à partir de la radiographie seule et avec la radiographie et TDM.

2.4 Méthodes statistiques

Les statistiques ont été réalisées avec le logiciel Stata v15 (StataCorp, College Station, Texas, USA). Les données ont été décrites par des fréquences et des pourcentages pour les critères catégoriels.

La relation entre le consensus de la classification de Neer, l'apport de la TDM et le changement de thérapeutique (entre radiographie seule puis avec ajout de la TDM), a été évaluée avec le test du chi².

Des analyses ont été réalisées pour évaluer la concordance intra évaluateur pour la radiographie seule puis avec ajout de la TDM et la concordance pour la classification de Neer avec radiographie seule puis avec ajout de la TDM. Les niveaux de concordance sont présentés par le taux d'accord avec leur intervalle de confiance à 95% et par le coefficient AC1 de Gwet avec son intervalle de confiance associé[27].

Les taux d'accord intra-observateur pour la classification (et le traitement) selon que l'évaluateur avait à sa disposition que la radiographie ou la radiographie et le TDM ont été comparés à l'aide du test du chi².

Tous les tests étaient bilatéraux et une p-value < 5% a été considérée comme statistiquement significative.

3 RESULTATS

3.1 Analyse de la population

Les évaluateurs ont jugé, selon la classification de Neer, qu'il y avait 12,83 % de fractures Neer 2, 33,72% de fractures Neer 3 et 53,44% de fractures Neer 4. Les fractures étaient considérées comme déplacée dans 71,5 % (36/50) et engrenée dans 41,7% (21/50). La calotte céphalique a été jugée déplacée en valgus dans 72,7 % (36/50), et en varus dans 27,3% (14/50). Un trait de refend intra céphalique a été retenu dans 15,2% des cas (8/50). Quant à l'état de la glène, elle a été jugée à risque ou insuffisamment évaluée par les radiographies seules dans 10,8% (5/50), si une arthroplastie était envisagée.

En ce qui concerne de la reproductibilité intra observateur pour la classification de Neer, le taux d'accord était de 67,3% [62,9 ; 71,7] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,53 [0,46 ; 0,59] pour les radiographies seules et de 76,4% [72,5 ; 80,4] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,68 [0,62 ; 0,73] (p = 0.002) après l'ajout de la TDM. La variabilité inter observateur, le taux d'accord était de 61,9% [58,7 ; 65,1] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,45 [0,41 ; 0,50] pour les radiographies seules et de 61,2% [58 ; 64,4] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,45 [0,41 ; 0,50] après l'ajout de la TDM, sans différence significative.

3.2 Changements constatés après ajout du TDM aux radiographies pour la décision thérapeutique

Le traitement décidé sur les radiographies a été confirmé dans 67,7% des cas après visualisation de la TDM. Dans les cas où le traitement orthopédique a été choisi après visualisation des radiographies, cette décision a été maintenue dans 67,92% lorsque la TDM a été visualisé en plus. Dans 18,09% le changement de décision s'est fait pour une arthroplastie et dans 13,99% pour un ostéosynthèse.

Si le traitement préconisé sur les radiographies était une arthroplastie, les chirurgiens confirmaient leur décision dans 76,96% avec la TDM. Ils se sont ravisés pour un traitement orthopédique dans 14,09% et pour une ostéosynthèse dans 8,94%.

Quand l'ostéosynthèse était le traitement choisi sur les radiographies, ce traitement était confirmé dans 52,94% des cas avec la TDM. Il a été révisé dans 21,43% en traitement orthopédique et dans 25,63% en arthroplastie (Figure 3).

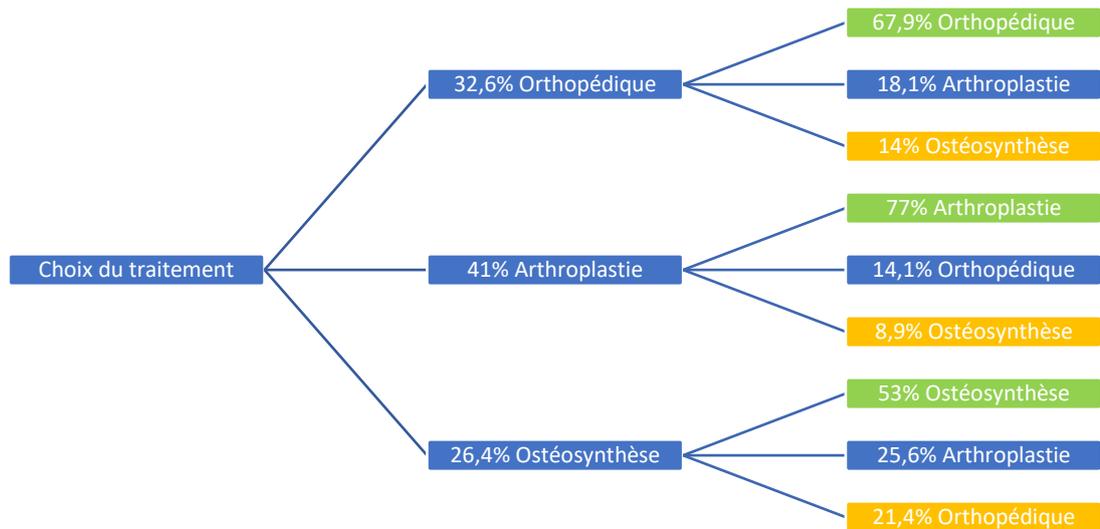


Figure 1 : Evolution du traitement après visualisation du scanner. En vert le traitement majoritaire après visualisation du TDM, et en jaune le traitement le moins choisi.

3.3 Reproductibilité intra-observateur pour la décision thérapeutique

Lorsque l'on a comparé la reproductibilité intra observateur pour le choix thérapeutique à partir des radiographies seules versus radiographies et TDM, aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée ($p=0.588$). Le taux d'accord était de 76,0% [72 ; 79,9] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,64 [0,58 ; 0,70] pour les radiographies seules et de 74,4% [70,4 ; 78,5] avec un coefficient Gwet's AC1 de 0,62 [0,56 ; 0,68] après ajout de la TDM.

3.4 Analyse de la question sur la nécessité à priori et sur l'utilité de l'ajout d'un TDM dans la prise en charge

A la lecture de la radiographie seule, la TDM a été demandée pour décider de la prise en charge dans 37,4 %. Estimant que cela permettait d'évaluer mieux dans 59,9% la fracture humérale, dans 16,9% sur la glène et dans 23,1% pour les deux. (Figure 1)

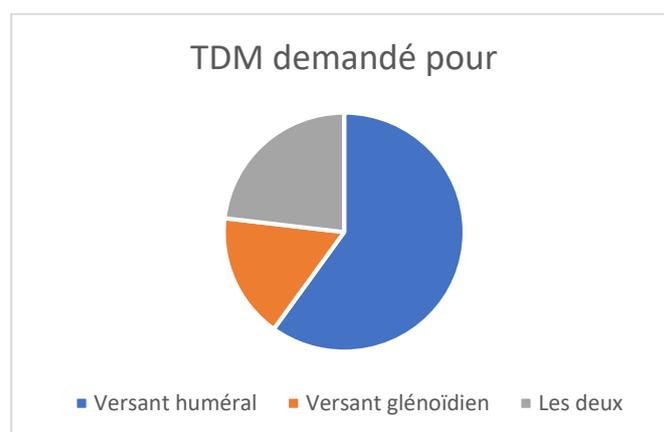


Figure 2 Repartition des besoins du TDM

Une fois la TDM visualisée (2^e phase de l'étude) (qu'il ait été demandé ou pas en plus de la radiographie), elle a été jugée comme utile pour la décision dans 38 % des cas.

Plus en détail, en regardant si la TDM a été demandé en plus de la radiographie, et si l'évaluateur l'a finalement jugé utile une fois visualisé, on obtient 4 groupes répartis comme suit :

- d'une part si la TDM a été demandée, elle a été jugée utile dans 62,6 % des cas et non utile dans 37,4% des cas ;

- d'autre part si la TDM n'a pas été demandée, elle a été jugée utile dans 23,3% des cas et non utile dans 76,7% des cas.

En revanche, même si la TDM a été jugée utile, elle n'a pas systématiquement été à l'origine d'un changement d'indication. En effet dans 56,9% des cas même si elle a été demandée et jugée utile, les chirurgiens n'ont pas modifié leur prise en charge.

Plus encore dans les cas où la TDM n'a pas été demandée après lecture de la radiographie et qu'elle n'a pas été jugé utile, les chirurgiens n'ont pas changé de prise en charge dans 79,63% (Figures 3)

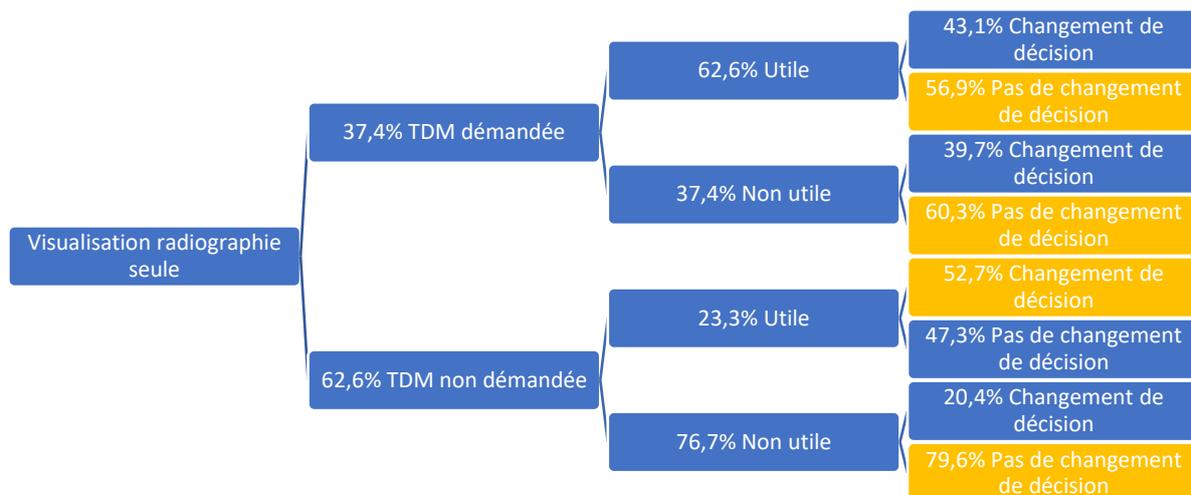


Figure 3 : Répartition des choix et décisions. En jaune les prises de décisions majoritaires

4 DISCUSSION

La TDM a fait changer de décision le chirurgien dans 32,3% des cas en moyenne. Selon le traitement choisi à partir des radiographies seules, le taux changement de décision était différent. En premier lieu, quand le chirurgien a voulu une ostéosynthèse, la TDM lui a apporté des informations supplémentaires lui faisant choisir un autre traitement dans 47%.

Dans le cas où l'arthroplastie a été choisie en première intention, les chirurgiens ont maintenu leur prise en charge dans 77% des cas et cette fois ci. Ceci peut s'expliquer car simplement avec les radiographies, le déplacement et la comminution font que le traitement orthopédique ou d'ostéosynthèse n'est pas envisageable. Le scanner était demandé dans ce cas pour mieux analyser la glène (soit 16,9% des cas).

Quand le traitement orthopédique était choisi sur les radiographies, les chirurgiens ont peu changé d'avis puisqu'ils ont confirmé leur prise en charge initiale dans 67,9% des cas. Ceci est logique car il s'agit majoritairement de fractures peu ou pas déplacées avec une évolution favorable dans les suites [12,29].

Il semble donc que la TDM ne soit pas utile dans tous les cas de fracture, et il nous a semblé intéressant de déterminer les situations où la TDM aurait le plus d'intérêt. Et on peut voir que dans le cas où le traitement par ostéosynthèse était choisi sur les radiographies, les changements étaient importants. On peut facilement expliquer cette situation car dans ce type de fracture, deux cas de figure peuvent se présenter. Soit la fracture est peu ou modérément déplacée, on sait alors que l'évolution en cas de

traitement orthopédique est souvent favorable. Soit la fracture est déplacée, ou du moins plus que prévu d'après les seules radiographies, et dans ce cas on sait qu'il existe potentiellement une perte de substance osseuse importante et qu'il sera préférable d'opter pour une arthroplastie dans cette tranche d'âge[28]. Dans ces cas, le scanner a apporté des informations complémentaires qui ont permis de mieux comprendre la fracture sur le versant huméral dans 59,9% des cas. Il s'agissait du même type de fracture que ceux pour lesquels les chirurgiens avaient jugé le TDM comme nécessaire et utile, soit des fractures Neer 4 dans 68,8%, avec la calotte céphalique déplacée en valgus dans 75% et engrenée dans 68,8%. Ainsi pour les cas où le scanner a été demandé et jugé utile, et pour lesquels il y a bien eu changement de décision. Et, fait intéressant, cela correspondait aussi aux dossiers pour lesquels le scanner n'a pas été demandé et jugé non utile mais pour lesquels les chirurgiens ont quand même changé d'avis. (Figure 4)



Figure 4 : Fracture type pour laquelle un scanner a souvent été jugé utile

A notre connaissance, il y a peu d'étude spécifique sur le sujet de l'apport du TDM pour la décision thérapeutique dans ces fractures du sujet de plus de 65 ans. Or l'intérêt principal d'un examen complémentaire est qu'il y ait une conséquence sur la décision thérapeutique. Or quand on regarde si la TDM a permis une augmentation de la reproductibilité du choix de prise en charge, on se rend compte que ce n'est pas le cas avec des taux similaires de 76% et 74,4% ($p=0.588$). Ceci est en accord avec la littérature qui retrouve une amélioration relative de la reproductibilité dans la classification de Neer [23,24], mais cette classification n'a pas une implication thérapeutique systématisée [16].

On peut donc penser que l'intérêt de ma TDM dans cette population est limité, ce que confirme le fait que la TDM n'ait été jugé utile que dans 38% des cas et que pour autant, elle n'ait pas été à l'origine d'un changement de décision à chaque fois. Il semble ainsi loin d'être à recommander de façon systématique devant toute fracture de l'humérus proximal, et particulièrement dans cette population âgée où le recours à une arthroplastie même secondairement en cas d'échec donne des résultats satisfaisant [12].

L'analyse des limites de cette étude, peut mettre en avant que seuls 50 dossiers ont été inclus, mais il s'avère que ce nombre est équivalent à celui de la majorité des études sur le sujet [13, 16, 18,19, 21, 23,30]. En revanche il semble important de rappeler que cette étude ne visait pas à déterminer si le traitement envisagé était le bon. En effet aucune donnée ne permet ici de savoir quelle a été l'évolution et le résultat fonctionnel des patients. Il s'agit d'une étude purement analytique ne prenant pas non plus en compte l'état général du patient, or on sait que les comorbidités jouent pour beaucoup dans la prise de décision finale [5].

Ces point fort sont d'avoir eu neuf évaluateurs et de leur avoir fait réaliser deux lectures à 1 mois de délai, ce qui augmente la fiabilité et la robustesse de cette étude. De plus, lorsque l'on compare nos résultats à un certain nombre d'études qui ont analysé la variabilité intra observateur pour la classification de Neer, nous retrouvons des résultats souvent similaires avec des coefficients moyens

allant de 0,45 à 0,64 [16, 20,20] voire inférieurs aux nôtres pour certaines études [21]. Ces études ont aussi montré l'intérêt limité de l'apport du scanner avec une amélioration faible de la reproductibilité pour classer les fractures avec des coefficients allant jusqu'à 0,72 [19,23]. Quant à la variabilité inter observateur, elle évolue toujours dans des plages d'accord modérées [16,19,20] sans pour autant vérifier leur intérêt thérapeutique.

L'idée de cette étude était de savoir si la TDM était utile de façon systématique dans ce contexte. Notre travail démontre que son intérêt pour la décision thérapeutique est limité, et ainsi que le préconise les règles de radioprotection, il faut limiter l'usage de ces examens irradiants aux seuls cas où ils modifieront la prise en charge [31]. Par ailleurs, ce pose la question du coût pour la société. A titre indicatif, en considérant les données actuelles si 20% des fractures font discuter un traitement chirurgical, que l'incidence de ces fractures est de 105 pour 100 000 habitant et que le coût moyen d'un examen TDM est de 119 euros [32]; l'économie réalisée pourrait être de plus d'1 million d'euros par an pour une fracture ne représentant que 5% du totale des fractures.

5 CONCLUSION

Dans cette étude, on a pu démontrer que dans la grande majorité des cas l'apport de la TDM est limité pour la prise en charge thérapeutique de la FESH chez le sujet de plus de 65 ans. A la lumière de ces éléments, il apparait qu'elle se justifie dans un nombre de situations bien particulières. Quant une ostéosynthèse semble envisageable, et de façon plus générale pour les fractures de Neer 4 engrenées en valgus, pour lesquelles on a observé des changements de décision de la part des chirurgiens. Ainsi en permettant de recentrer l'usage du scanner au cadre où il est utile, il semble possible de réaliser des économies pour l'hôpital publique et de limiter l'irradiation du patient.

6 Remerciement

Je tiens à remercier tous les chirurgiens qui ont acceptés de prendre de leur temps afin de répondre à ces questionnaires. Ainsi, je remercie le Dr Pierre Metais, le Dr Benjamin Bouillet, le Dr Roger Erivan, le Dr Sylvain Aubret, le Dr Hicham Riouach et le Dr Louis Rouquette ainsi que mes collègues internes Thomas Hacquart et Thomas Caputo pour leurs lectures radio.

Je remercie tout particulièrement le Dr Villatte qui m'a aidé à trouver l'idée de ce mémoire et qui m'a assisté dans son écriture.

Conflit d'intérêt : aucun

- [1] J H, Be N. Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus. *Clin Orthop* 1975;250–3.
- [2] Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the Epidemiology of Proximal Humeral Fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1976-2007 2006;442:87–92.
- [3] Favard L, Berhouet J, Bacle G. Fractures récentes de l'extrémité supérieure de l'humérus de l'adulte. *Wwwem-Premiumcomdatatraitessap14-50999* 2012.
- [4] Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 1970;52:1077–89.
- [5] Olsson C, Petersson CJ. Clinical Importance of Comorbidity in Patients with a Proximal Humerus Fracture: *Clin Orthop* 2006;442:93–9.
- [6] Hanson B, Neidenbach P, de Boer P, Stengel D. Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2009;18:612–21.
- [7] Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:427–33.
- [8] Klug A, Wincheringer D, Harth J, Schmidt-Horlohé K, Hoffmann R, Gramlich Y. Complications after surgical treatment of proximal humerus fractures in the elderly—an analysis of complication patterns and risk factors for reverse shoulder arthroplasty and angular-stable plating. *J Shoulder Elbow Surg* 2019;28:1674–84.
- [9] Handoll HH, Madhok R. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. In: *The Cochrane Collaboration, editor. Cochrane Database Syst. Rev., Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2003, p. CD000434.*
- [10] Du S, Ye J, Chen H, Li X, Lin Q. Interventions for Treating 3- or 4-part proximal humeral fractures in elderly patient: A network meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg* 2017;48:240–6.
- [11] van der Merwe M, Boyle MJ, Frampton CMA, Ball CM. Reverse shoulder arthroplasty compared with hemiarthroplasty in the treatment of acute proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2017;26:1539–45.
- [12] Torchia MT, Austin DC, Cozzolino N, Jacobowitz L, Bell J-E. Acute versus delayed reverse total shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humeral fractures in the elderly population: a systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2019;28:765–73.
- [13] Castagno AA, Shuman WP, Kilcoyne RF, Haynor DR, Morris ME, Matsen FA. Complex fractures of the proximal humerus: role of CT in treatment. *Radiology* 1987.
- [14] Carofino BC, Leopold SS. Classifications in Brief: The Neer Classification for Proximal Humerus Fractures. *Clin Orthop* 2013;471:39–43.
- [15] Kristiansen B, Andersen ULS, Olsen CA, Varmarken J-E. The Neer classification of fractures of the proximal humerus. *Skeletal Radiol* 1988;17:420–2.
- [16] Brien H, Noftall F, MacMaster S, Cummings T, Landells C, Rockwood P. Neer's Classification System: A Critical Appraisal. *J Trauma Acute Care Surg* 1995;38:257–260.
- [17] Ml S, Jd Z, T L, K K, F C, N S. The Neer classification system for proximal humeral fractures. An assessment of interobserver reliability and intraobserver reproducibility. *J Bone Joint Surg Am* 1993;75:1745–50.
- [18] Brorson S, Bagger J, Sylvest A, Hróbjartsson A. Low agreement among 24 doctors using the Neer-classification; only moderate agreement on displacement, even between specialists. *Int Orthop* 2002;26:271–3.
- [19] Sjöden GOJ, Movin T, Aspelin P, Guntner P, Shalabi A. 3D-radiographic analysis does not improve the Neer and AO classifications of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 1999;70:325–8.
- [20] Bernstein J, Adler LM, Blank JE, Dalsey RM, Williams GR, Iannotti JP. Evaluation of the Neer System of Classification of Proximal Humeral Fractures with Computerized Tomographic Scans and Plain Radiographs*. *JBS* 1996;78:1371–5.

- [21] Sjöden GOJ, Movin T, Güntner P, Aspelin P, Ahrengart L, Ersmark H, et al. Poor reproducibility of classification of proximal humeral fractures: Additional CT of minor value. *Acta Orthop Scand* 1997;68:239–42.
- [22] Petit CJ, Millett PJ, Endres NK, Diller D, Harris MB, Warner JJP. Management of proximal humeral fractures: Surgeons don't agree. *J Shoulder Elbow Surg* 2010;19:446–51.
- [23] Brunner A, Honigmann P, Treumann T, Babst R. The impact of stereo-visualisation of three-dimensional CT datasets on the inter- and intraobserver reliability of the AO/OTA and Neer classifications in the assessment of fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91-B:766–71.
- [24] Foroohar A, Tosti R, Richmond JM, Gaughan JP, Ilyas AM. Classification and treatment of proximal humerus fractures: inter-observer reliability and agreement across imaging modalities and experience. *J Orthop Surg* 2011;6:38.
- [25] Brorson S, Bagger J, Sylvest A, Hrobjartsson A. Diagnosing displaced four-part fractures of the proximal humerus: a review of observer studies. *Int Orthop* 2009;33:323–7.
- [26] RadiAnt DICOM Viewer | FR n.d.
- [27] Gwet KL. *Handbook of Inter-Rater Reliability, 4th Edition: The Definitive Guide to Measuring The Extent of Agreement Among Raters*. Advanced Analytics, LLC; 2014.
- [28] Dillon MT, Prentice HA, Burfeind WE, Chan PH, Navarro RA. The increasing role of reverse total shoulder arthroplasty in the treatment of proximal humerus fractures. *Injury* 2019;50:676–80.
- [29] DeFranco MJ, Brems JJ, Williams GRJ, Iannotti JP. Evaluation and Management of Valgus Impacted Four-part Proximal Humerus Fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1976-2007 2006;442:109–114.
- [30] Brorson S, Hróbjartsson A. Training improves agreement among doctors using the Neer system for proximal humeral fractures in a systematic review. *J Clin Epidemiol* 2008;61:7–16.
- [31] nucléaire A de sûreté. La protection des personnes exposées à des fins médicales n.d.
- [32] L'imagerie médicale en France, un atout pour la santé, un atout pour l'économie. Livre blanc du Conseil professionnel de la radiologie française (G4 Rx), Paris novembre 2016. n.d.

ANNEXE 1

QUESTIONNAIRE RADIO SEULES

INITIALES OBSERVATEUR :

- 1) Classification de la fracture selon Neer (Cf annexe) [plusieurs réponses possibles] ?
 - a. Neer 2
 - b. Neer 3
 - c. Neer 4
 - d. Luxation associée

- 2) Quel est l'état de la calotte humérale [plusieurs réponses possibles] ?
 - a. Déplacée en Valgus
 - b. Déplacée en Varus
 - c. Non déplacée
 - d. Comminutif (trait de refend intra céphalique)

- 3) La fracture est-elle engrenée [1 seule réponse] ?
 - a. OUI
 - b. NON

- 4) Considérez-vous la fracture comme déplacée [1 seule réponse] ?
 - a. OUI
 - b. NON

- 5) La morphologie et le stock osseux de la glène vous paraît-il à risque si on envisage une arthroplastie inversée [1 seule réponse] ?
 - a. OUI
 - b. NON
 - c. L'imagerie n'est pas de qualité suffisante pour répondre à cette question

- 6) D'après toutes les informations dont vous disposez, quel traitement préconisez-vous [1 seule réponse] ?
 - a. Traitement orthopédique
 - b. Arthroplastie
 - c. Ostéosynthèse

- 7) Pensez-vous qu'un TDM serait utile, et pourrait modifier votre décision thérapeutique à la vue des radiographies ?
 - a. OUI car il apporterait une meilleure description de la fracture
 - b. OUI car il apporterait une meilleure description de la glène ?
 - c. NON
 - d. Autres :
.....
.....

ANNEXE 2 (version TDM Q7)

- 7) Pensez-vous que le TDM a été utile, et a pu modifier votre décision thérapeutique par rapport aux seules radiographies ?
 - a. OUI car il apportait une meilleure description de la fracture
 - b. OUI car il apportait une meilleure description de la glène
 - c. NON
 - d. Autres :